

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

NILMA SOARES DA SILVA

**MODOS DE USO E O PROCESSO DE
APROPRIAÇÃO DO
CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO
POR ESTUDANTES DO
ENSINO FUNDAMENTAL**

Belo Horizonte

2009

NILMA SOARES DA SILVA

**MODOS DE USO E O PROCESSO DE APROPRIAÇÃO DO
CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO POR ESTUDANTES DO
ENSINO FUNDAMENTAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Educação da Universidade Federal de Minas
Gerais, como requisito parcial à obtenção do
título de Doutor(a) em Educação.

Orientador: Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar

Belo Horizonte

2009

DEDICATÓRIA

Aos meus filhos, Matheus e Lucas fontes de alegria e fortalecimento de minha caminhada.

Ao Luiz, pelo amor que me incentiva.

À minha mãe, Juraci, pelo exemplo de vontade de crescer sempre e pela ajuda nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Junior, pela competência, compromisso, respeito, dedicação, generosidade e pela amizade, tão importante em todos os momentos.

Aos professores componentes da banca de qualificação, Eduardo Fleury Mortimer e Otávio Aloísio Maldaner, que muito contribuíram para a conclusão desta tese.

Aos colegas do ENCI, principalmente ao Arjuna, pela disponibilidade e ajuda nas tarefas de tutoria.

Ao professor Carlos, pela gentil disponibilidade em abrir a sua sala de aula sem a qual esta pesquisa não seria possível.

Aos estudantes da 'sala de aula de ciências pesquisada', que contribuíram efetivamente para o levantamento dos dados analisados nesta pesquisa.

Às amigas Eliane e Penha, com as quais compartilhei e troquei muitas ideias durante o curso e principalmente pela amizade, pelo incentivo constante e pelo apoio.

Aos amigos e amigas Helder, Maria Emília, Carmen, Mairy, Ruth e Selma, pelo carinho e incentivo.

À Iara e à Fátima, pelo incentivo e ajuda nas correções e formatações dos textos.

À minha irmã Nelma e sobrinhos, pela alegria, respeito, apoio e incentivo constante.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
JUSTIFICATIVA	11
O PROBLEMA E AS QUESTÕES DE PESQUISA	14
VISÃO GERAL DOS CAPÍTULOS DA TESE	15
CAPÍTULO 1 - REFERENCIAIS TEÓRICOS	17
1.1 ESTUDOS SOBRE O CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO	17
1.1.1. A QUÍMICA NO CURRÍCULO DE CIÊNCIAS	17
1.1.2. PROPOSTAS QUE APONTAM DIREÇÕES PARA O TRABALHO COM O CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO	22
1.1.3. AS DIFICULDADES DOS ESTUDANTES REPORTADAS PELAS PESQUISAS	24
1.2. ESTUDOS SOBRE A FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS	29
1.2.1. A FORMAÇÃO DE CONCEITOS NA PERSPECTIVA SÓCIO-CULTURAL DE VYGOTSKY	29
1.2.2. OS CONCEITOS ESPONTÂNEOS E OS CONCEITOS CIENTÍFICOS	39
1.2.3. O CONCEITO: SUA DEFINIÇÃO VERBAL E ESCRITA	42
1.2.4. AS RELAÇÕES ENTRE A LINGUAGEM COTIDIANA E CIENTÍFICA	44
1.2.5. O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE ELEMENTO NA HISTÓRIA DO PENSAMENTO QUÍMICO	49
CAPÍTULO 2 - REFERENCIAIS METODOLÓGICOS: COLETA, TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	57
2.1 – A SALA DE AULA PESQUISADA	57
2.2 – AS RELAÇÕES ENTRE A METODOLOGIA E AS QUESTÕES DE PESQUISA	59
2.3. - ALGUMAS CATEGORIAS UTILIZADAS PARA ANÁLISE DE DADOS	63
CAPÍTULO 3 - A PRODUÇÃO DE SENTIDOS NAS INTERAÇÕES DISCURSIVAS EM SALA DE AULA	70
3.1. A SEQÜÊNCIA E A ABORDAGEM DE ENSINO	70
3.2. O MAPA DE EVENTOS	75
3.3. ANÁLISE DE EPISÓDIOS DE ENSINO: EVIDÊNCIAS DOS SENTIDOS EM CONSTRUÇÃO	77
3.3.1. O PRIMEIRO EPISÓDIO (AULAS 4 E 5): O FERRO DO PÉ DA CADEIRA	79
3.3.2. O SEGUNDO EPISÓDIO (AULAS 4 E 5): O QUE É UM ELEMENTO?	87
3.3.3. TERCEIRO EPISÓDIO (AULAS 9 E 10): EU PRECISO DA ATENÇÃO DE TODOS!	90
3.3.4. O QUARTO EPISÓDIO (AULAS 18 E 19): COMO OS CIENTISTAS IMAGINAM QUE É O PÉ DA CADEIRA	96
3.3.5. O QUINTO EPISÓDIO (AULA 17): REAÇÕES QUÍMICAS – DAS EVIDÊNCIAS ÀS EXPLICAÇÕES	104
3.3.6. O SEXTO EPISÓDIO (AULA 23): REPRESENTANDO UM FENÔMENO: A DECOMPOSIÇÃO DA ÁGUA OXIGENADA	114

3.3.7. O SÉTIMO EPISÓDIO (AULA 31): ESTABELECENDO DIFERENÇAS	122
3.4. PROCESSOS DE APROPRIAÇÃO E PRODUÇÃO DE SENTIDOS PELOS ESTUDANTES AO LONGO DA SEQÜÊNCIA DE ENSINO	128
CAPÍTULO 4 - A PRODUÇÃO DE SENTIDOS NOS TEXTOS ESCRITOS PELOS ESTUDANTES: AS AVALIAÇÕES ESCOLARES	134
4.1. ANÁLISE DA PRODUÇÃO DOS ESTUDANTES NA PRIMEIRA AVALIAÇÃO	135
4.2. A SEGUNDA PROVA	153
4.3. A PROVA FINAL	162
4.4. UMA REFLEXÃO ACERCA DAS PRODUÇÕES ESCRITAS DOS ESTUDANTES NAS AVALIAÇÕES FORMAIS E EM OUTRAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA SEQÜÊNCIA DIDÁTICA	169
4.5. ENTÃO, COMO OS ESTUDANTES USAM E SE APROPRIAM DESSA LINGUAGEM CIENTÍFICA?	170
CAPÍTULO 5 - A SALA DE AULA REVISITADA PELOS ATORES	174
5.1. A REFLEXÃO DE QUEM ENSINA: O OLHAR DO PROFESSOR	174
5.2. O PÓS - TESTE	179
5.3. A AVALIAÇÃO DOS ESTUDANTES SOBRE O PROCESSO	196
CAPÍTULO 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS	202
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	207
ANEXOS	215
ANEXO 1: Pós - teste	215
ANEXO 2: Questionário	217
ANEXO 3: O mapa de eventos	219
ANEXO 4: Protocolo de entrevista com o professor	231

LISTA DE QUADROS

1. Quatro classes de abordagem comunicativa	66
2. Intenções do professor	67
3. Intervenções do professor	68
4. O planejamento dos conteúdos do ensino ao longo do ano letivo (conforme unidades didáticas do livro didático adotado)	71
5. Atividades avaliadas na primeira etapa	71
6. Ações identificadas nas aulas	76
7. Os episódios escolhidos para análise	78
8. Episódio 1 - O ferro do pé da cadeira	87

9. Episódio 2 - O que é um elemento?	90
10. Episódio 3 - Eu preciso da atenção de todos!	96
11. Episódio 4 - Como os cientistas imaginam que é o pé da cadeira	103
12. Episódio 5 - Reações químicas – das evidências às explicações	113
13. Episódio 6 - Representando um fenômeno: a decomposição da água oxigenada	118
14. Episódio 7 - Estabelecendo diferenças	127
15. Tipos de respostas para a questão 4 letra a	155
16. Número de estudantes que responderam corretamente a questão 4, letra b	157
17. Questão 1 do pós - teste	180
18. Frequência de uso de termos ou expressões nas respostas à questão 1	184
19. Tipo de linguagem nas respostas dos estudantes à questão 1 do pós-teste	187
20. Frequência dos erros conceituais nas respostas à questão 1 do pós-teste	193
21. Padrões de respostas para a questão 4 do pós-teste	194

LISTA DE TABELAS

1. Respostas à questão 1 da primeira prova	136
2. Respostas à questão 2 da primeira prova	144
3. Respostas à questão 3 da primeira prova	146
4. Respostas à questão 8 da primeira prova	149
5. Respostas à questão 9 letra a da primeira prova	150
6. Respostas à questão 9, letra b da primeira prova	152
7. Questão 4 letra a da segunda prova	154
8. Respostas à questão 4 letra b da segunda prova	157
9. Respostas à questão 5 letra a da segunda prova	159
10. Respostas à questão 5 letra b da segunda prova	161

LISTA DE FIGURAS

1-a – Os estudantes apresentam dificuldades em diferenciar os índices nas fórmulas químicas.	155
1-b – A legenda não corresponde ao modelo	156
1-c – O estudante representa a quebra de ligações entre os átomos nos reagentes para ocorrer o rearranjo e formar os produtos	156
1-d – Representação correta de reagentes, produtos e legenda para a reação de formação da água	156

LISTA DE GRÁFICOS

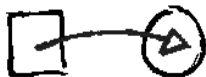
1. Respostas dos estudantes ao questionário	197
---	-----

RESUMO

Este trabalho relata uma pesquisa que investiga o uso e apropriação do conceito de elemento químico por estudantes do Ensino Fundamental. Para isso, acompanhamos uma sala de aula do 8º ano do Ensino Fundamental na qual o professor desenvolve um trabalho comprometido com a construção de conceitos científicos mediada pelas interações discursivas. Adotamos, como referencial teórico, os trabalhos de Vygotsky sobre o processo de construção de conceitos científicos numa perspectiva históricocultural do desenvolvimento humano. Investigamos as interações discursivas estabelecidas em sala de aula como forma de identificar o modo como os estudantes apropriam-se da linguagem típica do contexto em estudo, e, conseqüentemente internalizam gradativamente, em diferentes níveis, o conceito de elemento químico. Analisamos também as produções escritas dos estudantes com o objetivo de contrastar o entendimento dos estudantes acerca do conceito em estudo em outra forma de representação que é a linguagem escrita. Identificamos uma dinâmica discursiva que contribui para o processo de formação de conceitos e também avanços não só no uso do conceito de elemento químico como também dos conceitos de ciclo de materiais, átomo, molécula, substância, mistura e reação química, partes da rede de relações conceituais estabelecida na sequência de ensino acompanhada. Por outro lado, constatamos também problemas que se configuram no processo de formação do conceito e na permanência de uso indistinto de alguns desses conceitos. Cientes de que o conceito de elemento químico engloba dificuldades inerentes ao seu caráter abstrato, identificamos a contribuição do uso de uma abordagem que relaciona fenômeno, linguagem e representação através de modelos de partículas para um melhor entendimento desse conceito. Identificamos, ainda, a importância de uma intensificação no incentivo à escrita como uma importante ferramenta para a criação de um sistema conceitual coerente.

ABSTRACT

This paper reports a research that investigates the use and appropriation of the concept of chemical element by junior high students. To do this we followed an 8th grade classroom in which the teacher develops a work committed to the construction of scientific concepts mediated by discursive interactions. As theoretical reference we adopted the works of Vygotsky on the construction process of scientific concepts in a historical cultural perspective of human development. We have investigated the discursive interaction established in the classroom as a way to investigate how students appropriate themselves of the typical language of the study in context, and, thus gradually internalize, at different levels, the concept of chemical element. We have also analyzed students' written work aiming at contrasting their understanding of the concept under investigation in another form of representation, which is the written language. We have identified a discursive dynamics which contributes to the process of concept formation and also to developments not only in the use of the concept of chemical element, but also in the concepts of cycle of materials, atom, molecule, substance, mixture and chemical reaction, parts of the conceptual relations network established in the sequence of the analyzed learning process. On the other hand, we also verified problems which appeared in the process of concept formation and the continued indistinct use of some of these concepts. Aware that the concept of chemical element encompasses inherent difficulties to its abstract character, we have identified the contribution of the use of an approach which relates phenomenon, language and representation through particle models in the improvement of this concept understanding. We have also identified the importance of strengthening the incentive to write as an important tool for the creation of a coherent conceptual system.



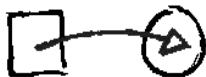
INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma pesquisa sobre a apropriação e uso do conceito de elemento químico inicialmente considerado problemático na educação básica. Os sujeitos da pesquisa são estudantes de ciências de uma turma do 8º ano do ensino fundamental.

O interesse por essa pesquisa surge do meu contexto de formação e trabalho. Como professora de química do 9º ano do ensino fundamental e das três séries do ensino médio, tenho presenciado a dificuldade que os estudantes apresentam em lidar com esse conceito fundamental, bem como as implicações trazidas para o desenvolvimento de idéias posteriores, mais complexas. A participação em projetos de pesquisa como o FoCo (Formação Continuada de Professores - UFMG/Cecimig), como parte da equipe de reformulação curricular de Química e Ciências da Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais e como co-autora de coleção didática de ciências para o Ensino Fundamental II, levou-me a interessar pelo estudo do processo de apropriação de conceitos estruturadores do pensamento químico.

O uso indiscriminado do termo elemento químico pelos estudantes do ensino médio tem mostrado que a compreensão deles sobre as substâncias e os materiais não tem se desenvolvido de maneira adequada na educação básica. Consideramos que desenvolver a compreensão a respeito de materiais não envolve apenas tomar consciência da ampla gama de diferentes materiais, mas também tomar consciência da matéria comum subjacente a todos os materiais, matéria da qual todos são formados.

Estudos sobre formação de conceitos científicos (VYGOTSKY, 2001; OLIVEIRA, 2005; DRIVER ET AL, 1994; LIMA, AGUIAR E MARTINS, 2005), indicam que as definições constituem uma etapa tardia no desenvolvimento de conceitos e que o desenvolvimento de conceitos científicos envolve o reconhecimento, pelos estudantes, dos contextos que demandam seu uso para o entendimento do mundo. Considera-se finalmente, que o processo de formação de conceitos científicos consiste no desenvolvimento de formas específicas de falar sobre e com o mundo, modos de dizer que carregam significados e relações com outros conceitos. Partimos, portanto, da



distinção entre a apresentação de uma definição e o processo, mais rico e complexo, de conceituação.

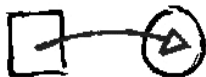
Compartilhamos com Vygotsky (2001, 2003, 2005), a idéia de que o desenvolvimento do significado das palavras exige o desenvolvimento de funções mentais superiores, tais como atenção voluntária, memória lógica, abstração e capacidade para comparar e diferenciar. Dessa forma, argumenta Vygotsky, o significado das palavras é socialmente construído. Como consequência para o ensino, parece ser importante propiciar interações sociais que favoreçam a discussão dos conceitos e a inserção destes em sistemas mais amplos de relações (FURLANI, 2003).

Apoiamo-nos também nas contribuições de Bakhtin (2003, 2004) e seguidores sobre o uso da linguagem em ambientes sócio-culturalmente instituídos, que oferecem uma ampliação dessas ideias na medida em que permitem examinar o processo de construção de sentidos por meio do discurso como função direta dos contextos sociais, imediatos ou mais distantes. Dessa forma, o uso da linguagem cotidiana e científica na sala de aula nos coloca diante dessas diferentes “vozes”, expressando diferentes linguagens sociais.

Com base nesses estudos e nessa problemática, a pesquisa que apresentamos tem como objetivo principal examinar a apropriação e o uso do conceito de elemento químico entre estudantes do 8º ano do ensino fundamental enquanto construção mediada de sentidos.

JUSTIFICATIVA

Como conceito estruturador do pensamento químico (LIMA E BARBOSA, 2005), elemento químico é de difícil definição a nível elementar, pois qualquer tentativa em definir tal conceito é carregada de uma teoria que compartilha a compreensão de significados abstratos. Por outro lado, sem tais noções, como falar sobre o mundo de materiais que nos rodeia e como iniciar as crianças e jovens nos modos de pensar da química?



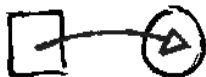
Segundo uma tradição já consagrada na educação em ciências, o mundo natural é apresentado de modo fragmentado, como uma sucessão de conteúdos em blocos estanques: no 6º ano - características do ambiente (ar, água e solo); no 7º ano - características dos seres vivos; no 8º ano - estruturas do corpo humano e no 9º ano física e química.

Essa organização, formalmente já existente nas práticas dos professores e em boa parte dos livros didáticos adotados, choca-se, no entanto, com a extensão e a fragmentação em que se justapõem os conteúdos em prejuízo das relações entre eles, dificultando o estabelecimento de relações e, portanto, a construção de modelos explicativos mais coerentes e consistentes.

Propostas para o ensino de química para a educação básica (LIMA E SILVA, 2007) indicam que o ensino de ciências voltado para a aquisição de uma cultura científica básica implica definir objetivos gerais e comuns aos diferentes campos disciplinares. Assim, é natural que, no ensino fundamental, prevaleça uma organização por área de conhecimentos e não por disciplinas. Nessa perspectiva é importante que, na área de ciências naturais, estabeleçam-se diálogos e conexões entre as abordagens de conteúdos químicos, físicos e biológicos.

Outra grande preocupação é quanto à extensão de como os conteúdos químicos vêm sendo tratados. Um número excessivo de informações prioriza a nomenclatura das substâncias, bem como a representação de suas estruturas e equações químicas, em detrimento do entendimento de seu significado. Lida-se com os conteúdos da química como se os nomes das coisas e suas representações pudessem anteceder ou substituir a compreensão delas (LIMA E AGUIAR, 2000).

As abordagens tradicionais também enfatizam a memorização, dando grande importância à capacidade do estudante em reproduzir classificações tais como: reações de simples troca, dupla troca; deslocamento e decomposição; funções ácido, base, óxidos, sais e hidretos; fenômenos físicos *versus* fenômenos químicos (LOPES, 1995; MACHADO, 1999).



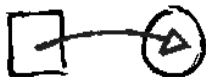
Como consequência desse ensino, aos estudantes não é dada a oportunidade de entender e de estabelecer relações entre as teorias criadas para explicar a constituição da matéria e o comportamento físico-químico dos materiais. As noções de átomo, elemento químico, substância, mistura, descontinuidade da matéria e a teoria de ligações, embora sejam essenciais no pensamento químico, são bastante abstratas e solicitam um estudo introdutório dos fenômenos da matéria.

É comum, por exemplo, um estudante concluinte da educação básica confundir as ideias de átomos e moléculas e não entender sua relação com os elementos e compostos. Mesmos os estudantes que são capazes de usar esses termos com relativa facilidade conferem a eles significados que estão distantes daqueles atribuídos pela química (NAKHLEH 1992).

A fragmentação no tratamento dos conteúdos de ciências também costuma ocorrer no interior de cada disciplina. Nesse caso, a fragmentação decorre de uma tentativa de se promover o ensino de um grande número de conceitos e detalhes que, numa primeira abordagem, criam obstáculos para que os estudantes compreendam aquilo que é essencial (MILLAR, 2003).

Nos últimos anos, essa tradição vem sendo confrontada pela necessidade de rever e rediscutir os critérios atualmente adotados para a seleção e sequenciação dos conteúdos de ensino, tendo em vista a função social da escola no ensino fundamental. Em um contexto de insatisfação, indefinição e debate, muitas têm sido as demandas por reformas curriculares para o ensino de ciências. Contudo, não nos escapa a avaliação de que há uma enorme defasagem entre aquilo que se propõe nos documentos oficiais de governo (PCN, PCN+, propostas curriculares das secretarias de Estado - CBC, etc.) e os resultados efetivamente alcançados com eles em sala de aula.

A busca por uma melhor compreensão sobre como a ciência é produzida e sobre o seu valor na sociedade é meta para o ensino fundamental proposta pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998). Nesse sentido, é fundamental a superação da fragmentação marcante no tratamento dos conteúdos na educação básica.



Todo esse cenário justifica o estudo apresentado nessa pesquisa que se situa em uma sala de aula de ensino fundamental, com características peculiares, que podem nos permitir um estudo detalhado dos processos de formação de conceitos estruturadores do pensamento químico. Acreditamos que, além de identificar modos de usos e de apropriação de conceitos científicos, esse estudo possa trazer desdobramentos para a construção de currículos de ciências e de química a nível fundamental e médio.

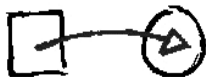
O PROBLEMA E AS QUESTÕES DE PESQUISA

O problema que gerou a pesquisa relatada neste trabalho concentra-se no conceito de elemento químico. Sobre esse conceito perguntamos:

Como os estudantes do ensino fundamental usam e se apropriam do conceito de elemento químico nas aulas de ciências? Como a abordagem metodológica utilizada pelo professor pode influenciar na evolução do uso desse conceito?

O estudo sobre a apropriação e o uso do conceito de elemento químico foi então desdobrado nessa tese em três questões de pesquisa:

- Como os estudantes de uma sala de aula de ciências do oitavo ano do ensino fundamental apropriam-se e usam o conceito de elemento químico ao longo de uma sequência de ensino orientada para seu desenvolvimento?
- Como o professor atua e organiza as atividades, intervenções e dinâmica discursiva na sala de aula estudada de modo a favorecer o desenvolvimento do conceito envolvido? Em que medida essas intervenções e dinâmica mostram-se adequadas e eficazes?
- A antecipação do estudo desse conceito no nível fundamental, com estudantes mais novos, baseada em uma abordagem que relaciona fenômeno, teoria e representação através de modelos de partículas pode auxiliar em uma apropriação mais eficiente desse ao longo da educação básica?



VISÃO GERAL DOS CAPÍTULOS DA TESE

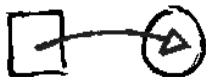
Além do capítulo introdutório esta tese apresenta mais seis capítulos.

O capítulo 1 apresenta os referenciais teóricos adotados na pesquisa. Iniciamos com discussões curriculares: analisamos criticamente o tratamento comumente dispensado ao conceito de elemento químico no currículo de ciências e de química; apresentamos uma revisão de pesquisas que indicam alternativas para seu tratamento no ensino fundamental e médio e que falam das dificuldades enfrentadas pelos estudantes na aprendizagem desse conceito. Na segunda parte do capítulo 1, apresentamos aspectos da teoria sócio-cultural de Vygotsky relativos à formação de conceitos científicos, apresentamos as contribuições da linguística sistêmico-funcional de Halliday para a análise que será feita dos textos produzidos pelos estudantes nas avaliações escolares e desenvolvemos um breve histórico do conceito de elemento na história do pensamento químico.

O capítulo 2 trata do desenho da pesquisa e dos cuidados metodológicos na coleta, seleção e análise de dados. Fazemos isso dialogando com os referenciais teóricos de modo a indicar algumas categorias de análise que serão utilizadas.

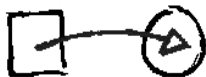
O capítulo 3 situa a sequência de ensino pesquisada no livro didático e no planejamento do professor. Apresentamos os episódios de ensino escolhidos para análise e as justificativas para essas escolhas. Com base nesses episódios, examinamos em detalhe a produção de sentidos nas interações discursivas na sala de aula pesquisada, assim como uma primeira indicação da evolução na apropriação e uso do conceito estudado.

O capítulo 4 apresenta as condições de produção escrita dos estudantes nas avaliações escolares, realizadas durante a sequência de ensino pesquisada, e nele, fazemos a análise dessas produções e de seus resultados. Nessa análise, procuramos evidenciar processos de apropriação da ciência escolar, além de identificar, na produção dos estudantes, uma possível apropriação dos modos de dizer da ciência. Fazemos, também, considerações sobre as relações entre escrita e oralidade na construção de conceitos científicos.



O capítulo 5 é destinado à apresentação de resultados de entrevistas realizadas com o professor. Consideramos, assim, o olhar do professor e também a avaliação dos estudantes sobre o processo. Além disso, apresentamos a análise das respostas dos estudantes ao pós-teste aplicado.

O capítulo 6 destaca conclusões que apontam para as características do processo do uso e apropriação do conceito de elemento químico no nível fundamental, indicando as contribuições, implicações e limites deste trabalho.



CAPÍTULO 1 - REFERENCIAIS TEÓRICOS

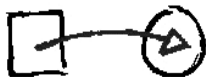
Este capítulo encontra-se dividido em duas partes. Na primeira delas, apresentamos estudos relacionados ao ensino do conceito de elemento químico na organização curricular do ensino fundamental e médio e as dificuldades de sua apropriação pelos estudantes, reportadas pela pesquisa em ensino de ciências. Na segunda parte, situamos esta pesquisa no campo dos estudos sobre a formação de conceitos numa perspectiva sociocultural, tendo como base os estudos de Vygotsky (2001, 2003, 2005). Destacamos algumas contribuições da linguística sistêmico-funcional de Halliday para a análise do texto científico escolar, as quais nos auxiliarão na análise da produção escrita dos estudantes. Concluimos com uma breve síntese da construção do conceito na história da química.

1.1 ESTUDOS SOBRE O CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO

1.1.1. A QUÍMICA NO CURRÍCULO DE CIÊNCIAS

Na introdução desta pesquisa, ressaltamos a importância que atribuímos ao estudo sobre o uso e a apropriação do conceito de elemento químico no ensino fundamental e médio. Como integrante de um grupo que atua em diversos projetos de pesquisa em ensino, reformulação curricular e formação continuada de professores de ciências, tenho participado de muitas discussões sobre a química no currículo de ciências para o Ensino Fundamental. Essa discussão não é recente e trabalhos nessa área já vêm sendo publicados e discutidos em congressos na área de ensino de química e ciências (MALDANER, 1992; CHASSOT, 1992; ZANON E PALHARINI, 1995, 1997; BONADIMAN ET AL 1995; LIMA E SILVA 2007).

O principal tema que emerge dessas discussões é a preocupação com o tratamento escolar da química com ênfase nos conteúdos gerando *“uma carência generalizada de familiarização com a área, uma espécie de analfabetismo químico que deixa lacunas na formação de cidadãos e cidadãs”* (ZANON E PALHARINI, 1995). Identificam-se,



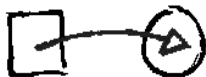
portanto, dificuldades no aprendizado de química que não se apresenta como significativo e válido do ponto de vista social.

Essas pesquisas dialogam com uma perspectiva que procura superar a forma fragmentada e distante que a química vem sendo abordada. Segundo Zanon e Palharini (1995), é necessário e possível iniciar os alunos numa certa abordagem da química muito antes da 8ª série - atual 9º ano. Em trabalho desenvolvido com crianças da 4ª série (5º ano) essas autoras ressaltam, dentre as palavras/conceitos de química intencionalmente utilizados de forma natural, a palavra substância, “uma das mais centrais na química, porém muitas vezes introduzida tardiamente nas escolas”. No contexto de estudo dos nutrientes presentes nos alimentos, as autoras exploram o uso da palavra substância mesmo sem defini-la de maneira completa ou formal, expandindo o seu uso para outros contextos. Destacamos aqui que esses trabalhos levam em conta o desenvolvimento da linguagem e de conceitos básicos, sem privilegiar o uso das simbologias, dos modelos teóricos e das fórmulas químicas.

Com a intenção de localizar o conceito de elemento químico no contexto curricular mais amplo, utilizamos as informações dos Conteúdos Básicos Comuns (CBC – SEEMG,2008) propostos pela secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais, versão 2008. Esses documentos apresentam em sua introdução, alguns objetivos, entre eles, o de estabelecer os conhecimentos, as habilidades e as competências a serem adquiridos pelos alunos na educação básica.

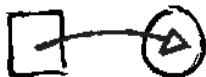
A Proposta Curricular (CBC) é compatível com os Parâmetros Curriculares Nacionais e inspira-se em várias de suas proposições. Sua primeira contribuição é a de destacar, de modo mais claro, as ideias básicas do currículo, ou seja, aquilo que não pode deixar de ser ensinado. Além disso, essa proposta avança na descrição mais detalhada dos tópicos do Conteúdo Básico Comum, com a intenção de orientar seu ensino.

No documento de ciências para o Ensino Fundamental, não são descritos tópicos ou habilidades referentes ao conceito de elemento químico. Já no CBC de química para o ensino médio, no eixo temático ‘Materiais’, no tema ‘Propriedades dos Materiais’, encontramos habilidades relacionadas ao conceito de elemento químico, tais como:



admitir que os materiais são constituídos por partículas e espaços vazios - modelo cinético molecular; reconhecer a relação entre as partículas que constituem os materiais e a diversidade de tipos de átomos (elementos químicos); entender que a combinação de átomos do mesmo tipo ou de átomos diferentes dá origem às substâncias simples ou compostas; identificar os símbolos dos elementos químicos mais comuns; localizar elementos químicos mais comuns na Tabela Periódica; utilizar o conceito de elemento químico em situações-problema; reconhecer que as substâncias podem ser representadas por fórmulas e reconhecer as fórmulas das substâncias mais comuns. Já em outro eixo temático ‘Modelos’ no tema ‘Constituição e Organização dos Materiais’, destacam-se as seguintes habilidades: identificar o símbolo dos principais elementos químicos na Tabela Periódica (TP); relacionar suas propriedades com a sua posição na Tabela; identificar a massa atômica de um elemento químico na TP; identificar o número atômico de um elemento químico na TP; entender que o conceito de elemento químico está associado ao de número atômico; entender a carga elétrica das espécies químicas elementares e os íons que podem formar; utilizar o conceito de elemento químico em situações-problema; saber que um mesmo elemento químico pode existir tendo diferentes números de nêutrons; utilizar sistematicamente a Tabela Periódica (TP) como organizadora dos conceitos relacionados aos elementos químicos; utilizar sistematicamente a TP como organizadora dos conceitos relacionados ao grupo em que se encontram os elementos químicos; utilizar sistematicamente a TP como organizadora dos conceitos relacionados ao período em que se encontram os elementos químicos; utilizar sistematicamente a TP como organizadora dos conceitos relacionados a algumas propriedades físicas das substâncias elementares e das fórmulas dessas substâncias.

Apesar de os documentos oficiais de orientação curricular (PCN’s e CBC, 2008) não darem ênfase, no ensino fundamental, ao estudo do conceito de elemento químico, destacamos na introdução desse trabalho as dificuldades enfrentadas pelos estudantes do ensino fundamental e médio em relação ao seu uso e apropriação nos contextos nos quais esse conceito emerge como ferramenta essencial para o seu entendimento, como por exemplo, nos processos que envolvem as transformações químicas (MALDANER, 2000). Entendemos que tais dificuldades, juntamente à natureza instrumental desse



conceito e às possibilidades de sua apropriação progressiva, justificam um estudo dos processos de formação desse conceito em sala de aula do 8º ano do ensino fundamental, em uma abordagem adaptada para esse nível de ensino.

Esse contexto de estudo foi forjado considerando-se a proposta pedagógica da escola, as concepções de ensino e aprendizagem do professor e a coleção didática adotada. Destacamos o nosso papel como co-autores da coleção didática adotada e nos colocamos também interessados na identificação dos usos que são feitos das sequências didáticas propostas na coleção didática e, sobretudo, da adequação dessas às necessidades e possibilidades de formação dos estudantes, apesar desse não ser o foco nesta pesquisa.

Para desenvolver tal pesquisa, estivemos vigilantes para o devido distanciamento, que nos torna críticos o suficiente para apontamentos relacionados a possíveis fragilidades das atividades e abordagens propostas na coleção didática, norteadas por uma concepção de ensino de ciências bem definida e ancorada na perspectiva sócio-cultural adotada nesta pesquisa. Voltaremos, no capítulo 3, ao detalhamento dessa abordagem didática ao estudo do conceito de elemento químico e, no capítulo 2, aos cuidados metodológicos adotados no desenvolvimento da pesquisa.

O grupo APEC (Ação e Pesquisa no Ensino de Ciências), do qual fazemos parte, vem discutindo e apresentando propostas de organização curriculares, por meio da publicação de trabalhos desenvolvidos na área de ensino de ciências, formação de professores de ciências e produção de material didático para o ensino fundamental (LIMA ET AL, 1998; LIMA ET AL, 1999, LIMA, AGUIAR, 2000; LIMA, AGUIAR, BRAGA, 2000; LIMA, AGUIAR, MARTINS, 2003; LIMA, 2003; SILVA, 2003; APEC, 2004; BRAGA, 2003; PAULA, 2004; LIMA, BARBOZA, 2005; LIMA, SILVA, 2007; APEC, 2005, 2008; SILVA, AGUIAR, 2008).

Baseando-se em orientações curriculares oficiais, já citadas na introdução desta pesquisa, o grupo APEC assume, na proposição de abordagens de ensino, uma educação mais dialógica, na qual o aluno configura-se como o sujeito da aprendizagem e a sala de aula como um espaço coletivo de produção de significados. Isso implica, por sua vez,



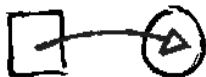
propor e vivenciar atividades nas quais se possa tomar consciência de alguns aspectos em relação aos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema desenvolvido e aos contextos que permitem a discussão em direção a pontos de vista cientificamente aceitos. Nessa direção, procuramos pensar em um currículo a partir de contextos relacionados a vivências dos estudantes e a temas contemporâneos. A perspectiva científica é introduzida no contexto de tarefas e temas relevantes e sustentada por meio de argumentos e evidências consistentes, de modo a fundamentar as ideias da ciência que são, então, disponibilizadas para um trabalho semiótico de significação. Desse modo, pretende-se que o diálogo e a argumentação sejam o fio condutor de uma educação efetivamente comprometida com o desenvolvimento da autonomia moral e intelectual dos estudantes.

Ainda se referindo às concepções curriculares para o ensino de ciências no nível fundamental, os autores (APEC, 2003; PAULA, 2004) apresentam a necessidade de promover a compreensão da natureza das ciências como meta do ensino de ciências. Nesse sentido, os PCNs indicam que é necessário

Compreender a Ciência como um processo de produção de conhecimento e uma atividade humana histórica, associada a aspectos de ordem social, econômica, política e cultural. (MEC/SEF, 1998 p.33).

Os relatos extraídos da história das ciências são introduzidos como uma atividade de investigação, e os conceitos e teorias tratados como resultado de um intenso processo de criação de ideias e representações. Tais teorias foram historicamente submetidas às críticas de outros cientistas, às pressões e restrições impostas pela cultura e pela sociedade e desenvolvidas em minucioso trabalho de verificação experimental, confronto teórico e argumentação.

A perspectiva apontada pelos PCNs, e presente também no CBC (SEEMG, 2008), sobre o trabalho com eixos temáticos tem a intenção de promover uma abordagem integradora dos saberes. Uma alternativa é a construção do currículo a partir de temas, que por sua natureza, requerem diálogo entre saberes de biologia, química e física. Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos nessa área, como a organização curricular por meio de situações de estudo (MALDANER; ZANON, 2004). Segundo esses autores, a

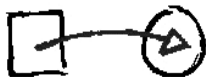


concepção e a organização curricular, nessa perspectiva teórica, passa a privilegiar as interações entre sujeitos na relação pedagógica e é através delas que o ser humano aprende, desenvolve-se e constitui a consciência do passado, de seu tempo e de seu futuro. É nesse contexto curricular que se localiza esta pesquisa.

1.1.2. PROPOSTAS QUE APONTAM DIREÇÕES PARA O TRABALHO COM O CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO

Propostas alternativas para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta vêm sendo discutidas no ensino fundamental e médio (CAVICCHILI E ROCHA, 2005). Acredita-se que um modelo de partículas possa permitir o entendimento tanto do conceito de substância que, sendo simples ou composta, seja reconhecida em termos dos átomos ou moléculas de que são constituídas e quanto do conceito de matéria, a partir da qual as coisas são formadas, sendo reconhecida como base comum de todos os materiais. Esses estudos indicam que a teoria cinético-molecular pode oferecer um modelo que ajuda a esclarecer e a explicar a diversidade de materiais e substâncias, bem como as relações entre uns e outros.

Mortimer (1994), em sua pesquisa sobre a evolução do atomismo em sala de aula, indica que o desenvolvimento de ideias sobre a natureza, a constituição microscópica e a descontinuidade da matéria para os gases pode estar antecedendo o desenvolvimento de substâncias gasosas para materiais no estado sólido ou líquido, pois, dessa forma, seria mais fácil para os estudantes compartilharem do modelo de partículas cientificamente proposto. Segundo o autor, espera-se uma ampla progressão do desenvolvimento iniciado pelos estudantes com a percepção de um objeto, mais tarde tomando consciência do material de que o objeto é feito como algo independente do objeto. Posteriormente a percepção dos materiais e das substâncias que os constituem, separadamente, leva à noção de substâncias únicas, puras e à percepção de que a maioria dos materiais que encontramos são misturas de várias substâncias. Um estágio mais além desta compreensão envolveria o reconhecimento de que estas substâncias

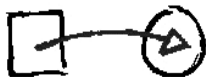


apresentam constituintes elementares que, combinados de diferentes modos, caracterizam e lhes conferem propriedades específicas.

Dessa forma, acreditamos na necessidade da introdução de ideias sobre a constituição dos materiais no ensino fundamental no sentido de desenvolver habilidades de pensamento que possam contribuir para construções mais complexas de significados no ensino médio.

Encontramos referências a pesquisas (TOLENTINO et al, 1986, 1988, 1989) que apontam o conceito de matéria sendo identificado em dois sistemas conceituais diferentes presentes nos livros didáticos: um referente à sua natureza e outro referente às suas formas de representação. Segundo esses autores, o primeiro permite aprender sobre o objeto de conhecimento da química, as substâncias, e o segundo permite, por sua vez, caracterizar a química como ciência experimental das substâncias. Nesses estudos o conceito de constituinte, à primeira vista, pode ser associado ao conceito de átomo, elemento químico, molécula ou substância, como se fossem sinônimos, mas muitas vezes possui um significado mais abrangente.

O conceito de constituinte é importante para a ciência química, admitindo-se que há níveis de organização que devem ser reconhecidos no estudo da matéria. A matéria é feita de substâncias, essas são feitas de constituintes e estes, por sua vez, de átomos que, se de mesmo número atômico, caracterizam os elementos químicos. Admitir que as substâncias são compostas por átomos é referir-se a uma de suas características, mas não àquilo que lhes dá identidade. Temos aqui então a substância como um conjunto de átomos que a caracteriza e, portanto, podemos ter constituintes diversos: moleculares (molécula), amoleculares iônicos (íon) ou amoleculares não iônicos (átomo) (TOLENTINO et AL, 1988). Os conceitos de átomo, elemento, íon e substância perpassam a ideia de constituinte, sendo a substância molecular ou amolecular, conceitos que se coordenam entre si tendo o mesmo nível de generalidade. Elemento químico, então, também é constituinte se analisarmos a constituição da matéria pela natureza de seus átomos (TOLENTINO et al 1989). Cabe aqui ressaltar a existência de isótopos, que caracterizariam substâncias diferentes, formadas por tipos diferentes do mesmo elemento químico, diferidos pelo número de massa.



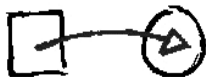
Segundo Tolentino et al (1988), essas distinções têm implicações psicológicas importantes para o ensino já que a noção de constituinte implica no domínio básico para o entendimento das propriedades dos materiais. Destacam-se então recomendações para o estudo das propriedades dos materiais como constituídos por substâncias, sendo essas os constituintes básicos. O estudo dos átomos e dos elementos químicos então só terá sentido, segundo esses autores, se inserido como parte desses constituintes básicos, caracterizando os materiais. Cabe ressaltar ainda que elemento químico não é átomo, cada elemento químico diz respeito a uma classe de átomos. Admite-se assim que há níveis de organização que devem ser reconhecidos no estudo dos materiais em níveis qualitativamente diferentes, o mundo macroscópico e o “microscópico”. Podemos dizer que o estudo dos materiais é foco do mundo macroscópico enquanto o estudo de seus constituintes, moleculares ou não, é foco do mundo “microscópico”. A capacidade de abstração exigida vai se alargando o que exige dos estudantes um nível de elaboração conceitual maior.

1.1.3. AS DIFICULDADES DOS ESTUDANTES REPORTADAS PELAS PESQUISAS

Apresentamos nesta seção dados da literatura relacionada às concepções prévias dos estudantes como forma de apontar os problemas envolvidos na aprendizagem dos conceitos que permeiam a aprendizagem sobre a constituição dos materiais. Fazemos essa opção porque acreditamos que eles podem indicar caminhos para a análise do processo de uso e apropriação do conceito de elemento químico, foco desta pesquisa.

Algumas ideias apresentadas por Pozo et al (1991) e descritas em sua pesquisa mostram que os estudantes atribuem propriedades macroscópicas aos átomos e moléculas, não conservam o seu tamanho, número e forma durante as transformações, não distinguem átomo de elemento e átomo de molécula, não associam os termos molécula e composto, não utilizam os átomos e moléculas para explicar as diferenças entre elemento, composto e mistura.

Autores como Hoding e Llorens (1985) e Gabel (1987) sinalizam em seus trabalhos as principais concepções alternativas que se têm encontrado em relação ao conceito de

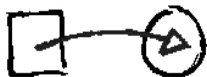


substância, tais como: identificação de substância como elemento e atribuição do significado de pureza cotidiana no lugar do conceito químico. Nesse caso, os estudantes consideram como substância o leite, o ar, a água potável, etc.

Os principais problemas apontados nos trabalhos feitos por Llorens e Holding (1985), demonstram a não distinção, pela maioria dos estudantes, entre: elemento e substância; elemento e composto; elemento e átomo. Em geral, são identificadas concepções em que os estudantes usam o termo elemento como na linguagem cotidiana, o que caracteriza a falta de compreensão das noções fundamentais da química e dos contextos nos quais eles são utilizados. Como exemplos, esses trabalhos indicam que os estudantes apresentam a concepção de elemento como algo simples, puro ou natural, referente a algo único ou a certas pessoas. Esses mesmos autores indicam que o conceito de elemento, ensinado nos cursos introdutórios de química, não é compreendido por um grande número de estudantes ingleses de 15 anos por eles investigados.

As principais concepções identificadas em Pozo et al (1991) mostram que os estudantes confundem o conceito de molécula com o de composto. Segundo esse autor, como no caso do conceito de elemento, confundido com algo simples, composto seria identificado como algo formado por outras unidades. Além dessa concepção, Holding (1985) detectou entre os estudantes a ideia de que os compostos químicos não apresentam composição fixa. Driver et al (1989) sugerem que essas ideias podem ser decorrentes de uma visão contínua da matéria. Dessa maneira, assinala a autora, se os estudantes não apresentam um modelo corpuscular da matéria, não conseguem explicar por que não variam as proporções com que se combinam os elementos para formar um composto.

Os resultados das pesquisas conduzidas por Sumfleth (1988), Driver et al (1989) e Caamano (1982) coincidem ao identificar, entre os estudantes, o uso indiferenciado das palavras “composto” e “mistura”. Esses autores atribuem esse resultado à falta de aquisição de conceitos operativos de mistura, substância, elemento e composto, que permitiriam diferenciar os componentes de uma mistura da decomposição de um



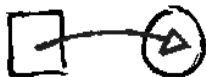
composto em seus elementos. Por outro lado, esses autores apontam também a inadequação da introdução precipitada de definições conceituais de teoria atômica.

Sumfleth (1988) assinala que o uso indistinto dos conceitos de mistura e substância pode ser atribuído ao fato de que a diferença entre os dois não pode ser identificada em nível macroscópico, e destaca a prevalência do concreto nas ideias dos estudantes. O caso das dissoluções ou misturas homogêneas são exemplos importantes nos quais as diferenças em nível perceptivo são inexistentes (POZO, 1981). Em algumas pesquisas (HOLDING, 1985), nas quais se destaca o entendimento das representações, salienta-se que, por seu caráter essencialmente simbólico, constitui um problema para um grande número de estudantes. É Holding que também aponta problemas relativos ao conceito de substância e mistura e indica que as misturas heterogêneas, já que podem ser reconhecidas facilmente em nível macroscópico, não apresentam tantas dificuldades como as soluções.

Driver et al (1989) afirmam que o pensamento guiado pelo que está imediatamente dado constitui um obstáculo à construção de modelos mentais explicativos para entidades que não são diretamente percebidas. Nesse aspecto, faz-se necessário que os estudantes, no processo de construção de modelos científicos, elaborem modelos mentais para entidades que não são diretamente percebidas, descrevam um fenômeno utilizando-se de determinados parâmetros e levem em consideração as interações entre os parâmetros.

A existência de contradições entre conceitos científicos e formas de raciocínio que os estudantes apresentam, segundo Driver et al (1989), ocasiona o uso de conceitos indiferenciados. Quando interpretam fenômenos naturais, os alunos nem sempre sentem necessidade de efetuar distinções entre conceitos que são diferenciados pela ciência.

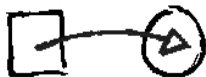
Essas pesquisas fazem parte de uma linha investigativa sobre as ideias alternativas dos estudantes, também chamadas de concepções errôneas ou concepções prévias. Tais estudos geraram ênfase a orientações construtivistas nas quais o aluno não é considerado uma “tabula rasa”, que passa a enfatizar a construção e reconstrução do conhecimento por parte do aluno. Ao final da década de 70, esse movimento marca a passagem de uma tradição de ensino mais centrada na transmissão do conhecimento



científico pronto e verdadeiro para a consideração das contribuições da psicologia cognitivista, concebendo a aprendizagem como evolução, reorganização ou mudança das concepções dos estudantes, cabendo ao ensino a sua promoção (SCHNETZLER, 2002). Os resultados dessas pesquisas apontaram para a resistência à mudança das concepções prévias dos estudantes e associaram a persistência dessas concepções ao fato de que a maioria dos professores não levaram em conta os resultados dessas pesquisas em suas práticas diárias (SCHNETZLER, 2002, SCHNETZLER E ARAGÃO, 1995).

A maior parte das pesquisas sobre as concepções alternativas dos estudantes não aponta para abordagens alternativas ou para análises de intervenções em sala de aula. Não há, tampouco, uma discussão consistente do papel da linguagem no processo de formação de conceitos e, por essa razão, são insuficientes para elaboração e análise de estratégias de ensino que possam minimizar essas dificuldades no entendimento de conceitos fundamentais. Essas constatações geraram pesquisas em grandes linhas de investigação como: estratégias e modelos de ensino para a promoção ou evolução conceitual dos estudantes; e o papel da linguagem na construção de conceitos científicos e concepções dos professores e modelos de formação docente (SCHNETZLER, 2002). Estamos considerando nesta tese posições epistemológicas que incorporam a dimensão sóciointeracionista à análise do processo de ensino e aprendizagem considerando as interações discursivas e a negociação de significados fundamentais na construção do conhecimento.

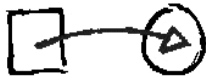
Driver et al (1994), indicam as tensões entre as tradições de pesquisa no ensino de ciências. Os autores apresentam uma visão de como os vários fatores da experiência pessoal, da linguagem e da socialização são interrelacionados no processo de aprendizagem das ciências em sala de aula. Para os autores, o conhecimento científico é, ao mesmo tempo, simbólico por natureza e socialmente negociado. Mesmo em domínios considerados simples pelos educadores, por exemplo, em conceitos introdutórios, entre eles o de elemento químico, os conceitos usados para descrever e modelar as estruturas conceituais não se desenvolvem naturalmente ou de maneira óbvia.



No contexto científico, essas construções fizeram parte de grandes esforços intelectuais, o que indica a impossibilidade de serem essas ideias científicas descobertas pelos estudantes por meio de sua investigação empírica. Os autores concluem que aprender ciências envolve não somente uma iniciação nas ideias e práticas da comunidade científica como também uma construção de sentidos dessas mesmas idéias e praticas em nível individual. Nesse contexto, ressaltam a importância do papel do professor como mediador entre o conhecimento científico e os estudantes, ajudando-os a dar sentidos aos significados atribuídos pela ciência.

Ao contrário da perspectiva piagetiana, Mortimer (2000) afirma que os indivíduos podem apresentar esquemas conceituais plurais apropriados a contextos sociais específicos, denominados perfis conceituais. Na perspectiva sóciointeracionista fundada em Vygotsky (2001, 2003, 2005), o entendimento e o conhecimento científico são construídos quando os indivíduos engajam-se socialmente em conversações e atividades sobre problemas e tarefas comuns, em um processo dialógico. A aquisição desses modos de falar e pensar sobre o mundo não implicaria a substituição ou a submissão dos conceitos cotidianos por/aos conceitos científicos, mas na tomada de consciência de situações para as quais os conceitos científicos mostram-se necessários e adequados.

Nessa perspectiva, Driver et al (1994) apontam que o desafio estaria, portanto, em ajudar os estudantes a apropriarem-se dos modelos da ciência, reconhecendo os seus domínios de aplicabilidade e o modo de usá-los. Para esses autores, uma maneira importante de introduzir os estudantes em uma comunidade de conhecimentos é através do discurso no contexto de tarefas relevantes. Um exemplo disto é a superação de obstáculos ao caráter descontínuo da matéria, como a dificuldade em admitir o vazio entre as partículas. Segundo Mortimer, essa não é uma questão a ser decidida apenas em evidências empíricas, mas pela negociação baseada em argumentos racionais e no uso de exemplos da história das ciências.



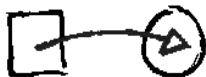
1.2. ESTUDOS SOBRE A FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS

1.2.1. A FORMAÇÃO DE CONCEITOS NA PERSPECTIVA SÓCIO-CULTURAL DE VYGOTSKY

Conforme identificado por Vygotsky e colaboradores (2001, 2003, 2005), o estudo de formação de conceitos apresenta uma grande dificuldade relacionada à ausência de uma metodologia adequada que permita aprofundar no processo de formação dos conceitos e no estudo de sua natureza psicológica. Segundo esse autor, os métodos tradicionais de estudo dividem-se em dois grupos: métodos de definição e métodos de estudo da abstração. O primeiro investiga os conceitos já formados na criança através da definição verbal de seus conteúdos. Alguns inconvenientes caracterizam esse método como inadequado, pois segundo Vygotsky, lida com o resultado da formação de conceitos, sem captar a dinâmica, o desenvolvimento, o fluxo, o começo e o fim do processo. Esse método também lida quase que exclusivamente com a palavra, deixando de lado o vínculo dessa com o significado atribuído pela criança e com o significado real, em uma relação apenas objetiva com a realidade.

Em geral, de acordo com Vygotsky (2001), nos processos nos quais as definições são o ponto de partida no estudo dos conceitos, o conceito é retirado de sua relação natural, fora do vínculo com processos reais de pensamento em que surge. Não há mostras da palavra em ação, na solução de um problema ou no seu emprego em situações reais. Nessa forma de estudo, o entendimento do conceito é considerado de forma fossilizada e imutável.

No segundo grupo de métodos que estudam a formação de conceitos, tenta-se superar as deficiências dos métodos verbais de definição. Eles baseiam-se na elaboração da experiência direta com o conceito. Ignora-se então a palavra, o papel do símbolo no processo de formação de conceitos. Segundo Vygotsky (2001), *“os métodos tradicionais de estudo dos conceitos caracterizam-se igualmente pelo divórcio da palavra com a matéria objetiva; operam ou com a palavra sem matéria objetiva ou com matéria objetiva sem palavras”*.



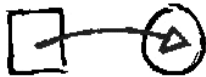
Vygotsky utiliza uma nova abordagem para a psicologia que se ancora em três ideias centrais sobre as quais esta pesquisa também se baseia: (i) as funções psicológicas têm um suporte biológico, pois são produtos da atividade cerebral; (ii) o funcionamento psicológico fundamenta-se nas relações sociais entre o indivíduo e o mundo exterior, as quais se desenvolvem num processo histórico; (iii) a relação homem/mundo é uma relação mediada por sistemas simbólicos (OLIVEIRA, 1993).

Numa perspectiva históricocultural do desenvolvimento humano, consideramos o processo de conceitualização como uma prática social mediada pela palavra e pelo outro (FONTANA, 2000). Caracterizamos esta pesquisa no campo de estudos de formação de conceitos que insere as condições funcionais de surgimento do conceito. Nesse contexto, o conceito é constituinte de um processo vivo e complexo de pensamento, exercendo sempre alguma função de comunicar, assimilar, entender e resolver um problema. Dessa forma, procuramos identificar como a prática educativa escolar mediatiza as elaborações conceituais dos estudantes e o seu desenvolvimento. Para isso, adotamos como referencial teórico metodológico as ideias defendidas, principalmente por Vygotsky (2001, 2003, 2005). Apoiamo-nos também em autores como Wells (2008), Wertsch (1991), Halliday (1993) e Mortimer e Scott (2003) que se inserem em linhas de pesquisa sobre a formação e a evolução de conceitos nessa mesma tradição sociocultural.

Continuamos nesta seção apresentado as ideias da teoria vygotskyana sobre a qual nos apoiamos para realizar as análises dos dados apresentados nos capítulos 3, 4 e 5 desta tese.

Em Vygotsky (2001), encontramos referências aos trabalhos de Rimat (1925), que estudou o processo de formação de conceitos em adolescentes e apresenta conclusões importantes descritas a seguir:

Podemos estabelecer, com segurança, que só ao término do décimo segundo ano manifesta-se um nítido aumento da capacidade da criança para formar, sem ajuda, conceitos objetivos generalizados. Acho sumamente importante chamar a atenção para este fato. O pensamento por conceitos, dissociado de momentos concretos, faz à criança exigências que excedem suas



possibilidades psicológicas antes dos doze anos de idade (Rimat, 1925, p. 112, apud Vygotsky, 2001, p. 155).

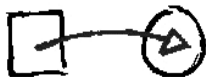
Consideramos, assim, a amostra escolhida para esta pesquisa significativa desse grupo de adolescentes que estão começando a desenvolver processos que levam à formação de conceitos e ao pensamento abstrato. Característica essa que é extremamente importante na significação de elemento químico, entidade abstrata, constituinte dos materiais que nos rodeiam.

Vygotsky aponta que as associações simples entre a palavra e o objeto não são suficientes para a construção de um conceito. Esse autor ressalta a complexidade dessa construção que só ocorre, segundo ele, no curso de uma operação complexa voltada para a solução de um problema.

No processo de ensino e aprendizagem, é comum a memorização de definições, o que não garante a compreensão dos conceitos nelas envolvidos e muito menos de suas relações. Geralmente os estudantes utilizam operacionalmente as definições introduzidas precocemente e não utilizam os conceitos de modo adequado. A definição, que deveria ser uma síntese, geralmente se torna o ponto de partida, o que compromete a aprendizagem dos conceitos. Esse panorama, comum a conceitos científicos abstratos, caracteriza o tratamento comumente utilizado para o conceito de elemento químico, na maioria das vezes apresentado como definição iniciando os estudos sobre teoria atômica.

Para Vygotsky, a palavra é o instrumento direto da formação de conceitos e a linguagem, é o meio fundamental do pensamento, portanto indissociável da forma mais elaborada de pensamento: o pensamento verbal. Desse modo, de acordo com Vygotsky, estamos considerando que a construção de sentidos dá-se na relação com os outros em ambientes sociais. Utilizamos este princípio definido pelo autor:

Todas as funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro, no nível social, e, depois, no nível individual; primeiro entre pessoas (interpsicológico) e, depois, no interior da criança (intrapicológico). Isso se aplica igualmente para a atenção voluntária, para a memória lógica e para a formação de conceitos. Todas as funções superiores originam-se das relações reais entre indivíduos humanos (Vygotsky, 2003, p.75).



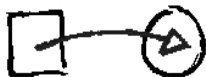
Em Vygotsky (2001), encontramos ainda referências a trabalhos desenvolvidos por seus colaboradores que apontam a palavra como meio de compreensão mútua entre as pessoas:

Na formação de conceitos é precisamente essa circunstância que desempenha o papel decisivo; diante da necessidade de estabelecer uma compreensão mútua, um determinado complexo de sons adquire certa significação e, assim, torna-se palavra ou conceito. Sem esse momento funcional de compreensão mútua nenhum complexo de sons poderia tornar-se veículo de significado algum e nenhum conceito poderia surgir (Vygotsky, 2001, p. 159).

Diante dessas condições, entendemos que as palavras podem não ter, em determinadas circunstâncias, o mesmo significado de conceitos, mas imitam a função desses e podem servir de meio de comunicação e compreensão entre professor e aluno. Segundo Vygotsky (2001), essas formas de pensamento não devem ser consideradas como conceitos, mas como equivalentes funcionais. Esses equivalentes configuram-se, no pensamento da criança, em usos que diferem quanto aos adultos, em sua composição, em sua estrutura e em seu modo de operação.

Para Vygotsky, a internalização, ou seja, a reconstrução interna de uma operação externa é relacionada a um processo social, e baseia-se na análise de mecanismos semióticos ou simbólicos, especialmente na linguagem, que é mediadora entre o funcionamento individual e social. Dessa forma, o acompanhamento do processo de ensino pode caracterizar a construção das ideias em um espaço social. Considera-se, então, que o processo de construção das funções mentais superiores _ termo usado por Vygotsky para nomear a atenção voluntária, a memória lógica, o pensamento abstrato e a ação intencional _ acontece a partir de uma ação entre sujeitos (plano interpessoal), que se transforma em uma ação do sujeito (plano intrapessoal) (FREITAS, 2007).

Ainda para Vygotsky, todas as funções psíquicas superiores têm como traço comum o fato de serem processos mediados que incorporam o emprego de signos, no caso, a palavra, como meio fundamental de orientação e domínio nos processos psíquicos. A chave para o processo de formação de conceitos está, então, no emprego funcional da palavra ou signo. Em suas pesquisas, Vygotsky aponta que o emprego funcional do



signo ou palavra é o meio através do qual o adolescente apropria-se de suas operações psicológicas e orienta a atividade no sentido de resolver problemas que tem pela frente.

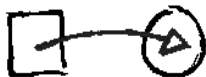
Tomamos então, com apoio em Vygotsky, como determinantes no processo de formação de conceitos as tarefas que se assentam no tripé: problema colocado, necessidade surgida ou estimulada e objetivos colocados; todos permeados pelo meio social. A colocação de um objetivo que pode ser atingido através do uso de conceitos é, para o adolescente, um dos momentos funcionais imprescindíveis que podem nos auxiliar na compreensão do processo de formação de conceitos.

Nas condições de uso dos conceitos em contextos relevantes, desenvolve-se a sequência didática que acompanharemos e que será descrita no capítulo 2 desta tese. Consideramos o emprego significativo da palavra como meio para a formação de conceitos e o fator desencadeante da transformação intelectual que caracteriza a transição entre o pensamento infantil e o pensamento do adolescente.

Vygotsky (2001) indica estudos sobre a ontogênese dos conceitos e escreve:

Esse estudo da ontogênese dos conceitos mostra que a evolução do inferior para o superior não se dá pelo crescimento quantitativo de vínculos mas de novas formações qualitativas; entre outras coisas, a linguagem, que é um dos momentos fundamentais na construção das formas superiores de atividade intelectual, insere-se não por via associativa como uma função que transcorre paralelamente mas por via funcional como meio racionalmente utilizado” (Vygotsky, 2001, p. 174).

Consideramos, assim, a análise do processo discursivo em sala de aula importante na apresentação de particularidades do processo de conceitualização, na medida em que articula e entrelaça as dimensões histórica, cultural, individual, pragmática, pedagógica e ideológica (FONTANA, 2000). Diante desse contexto, o papel do professor torna-se determinante, sem com isso negar o papel fundamental daquele que aprende. Ao interagir com o educador, o estudante vai, aos poucos, internalizando o que é construído nas relações, de forma ativa, utilizando o seu próprio referencial. Inicialmente, palavras são repetidas, para mais tarde tornarem-se palavras próprias, o seu próprio ponto de vista (BAKHTIN, 2003).



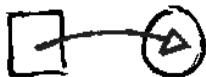
Em Freitas (2007), algumas questões são lançadas e aproveitamos delas para ilustrar a nossa preocupação com as relações que se estabelecem na sala de aula, centrando, nesse momento, no professor:

Qual é a sua contribuição para o desenvolvimento de seus alunos? Quem são esses alunos? Em que etapa do desenvolvimento estão? Como compreender essa etapa não apenas no que ela traz de biológico mas, principalmente, nas interações com o contexto sócio-histórico-cultural? Como olhar os estudantes a partir das experiências que trazem do mundo no qual nasceram e estão se desenvolvendo? Como interagir com eles numa relação dialógica e educativa? Como, ao trabalhar o conteúdo das disciplinas, podem contribuir para o seu desenvolvimento? Como fazer da sala de aula um lugar de encontros de sujeitos que se influenciam mutuamente e do qual todos saem transformados? (FREITAS 2007, p. 20)

Para compreendermos essas relações, lançamos mão do conceito de mediação e da relação dialética entre linguagem e pensamento, discutidos por Vygotsky. O autor estabelece que o homem não tem acesso direto aos objetos do conhecimento, mas um acesso mediado, que é possibilitado por sistemas semióticos, destacando-se neste ponto o papel da linguagem. Desse modo, a mediação é um processo dinâmico no qual as relações com o outro ou com instrumentos culturais modelam as ações das pessoas.

A abstração e a generalização, processos que conduzem a sistemas simbólicos de representação mental, também constituem formas de mediação e incluem-se no processo de desenvolvimento do pensamento e na construção das funções mentais superiores. Portanto, a linguagem é, para Vygotsky, uma forma de ordenar o pensamento em categorias conceituais, nas quais o significado é compartilhado pelos usuários dessa linguagem.

Wells (2008) aprofunda esse entendimento ao dizer que os conceitos existem na esfera das relações sociais e não poderiam ser considerados entidades mentais estáveis, pertencentes a indivíduos. Para esse autor, conceitos são artefatos culturais, construídos colaborativamente produzidos que constituem a esfera do que é ‘dado como conhecido’, em um dado momento histórico. Assim, é fundamental distinguir os processos de apropriação de conceitos por indivíduos em situações e com propósitos específicos e a existência dos conceitos em uma esfera supra-individual, como ferramentas de



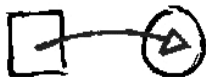
pensamento para solução de problemas em uma dada esfera de atividade humana. O autor conclui: “por sua natureza abstrata e descontextualizada, os conceitos devem ser sempre interpretados ou reconstruídos de acordo com as particularidades das situações nas quais eles são utilizados” (Wells, 2007, p. 38).

Para Freitas (2007), Vygotsky usa a expressão *significado da palavra* para designar a unidade entre pensamento e linguagem.

A palavra sem significado não é palavra, mas um som vazio, portanto, o significado é um traço constitutivo indispensável à palavra. Daí que o significado é um fenômeno do discurso. Por outro lado, o significado é também um fenômeno do pensamento, pois o significado da palavra não é senão uma generalização ou um conceito. Dessa maneira, toda formação de conceitos é um ato do pensamento. (Freitas 2007, p.22)

Procurando mostrar como os conceitos formam-se, Vygotsky (2001, 2003, 2005) propõe evoluções genéticas no uso da palavra que explicam as transformações na forma de pensar e que resultam na formação de conceitos: o pensamento sincrético, o pensamento por complexos e o pensamento por conceitos. Descrevemos a seguir cada um desses estágios, ressaltando que, para Vygotsky, não existe uma hierarquia determinante na existência de um após o outro e nem mesmo de faixas etárias que caracterizam essas formas de pensamento.

O primeiro estágio, o pensamento sincrético, é caracterizado pela capacidade de se fazer agrupamentos de objetos de forma desorganizada, baseado somente nos atributos diretos desses objetos. Alguns momentos marcam esse estágio, sendo eles o período da tentativa e erro, o período da organização visual da criança, e o período em que a criança já consegue agrupar elementos tirados de grupos ou amontoados diferentes. Vygotsky descreve esse estágio como “*uma tendência infantil a substituir a carência de nexos objetivos por uma superabundância de nexos subjetivos e a confundir a relação entre impressões e o pensamento com a relação entre objetos*”. O pensamento sincrético, portanto, é importante justamente por apresentar esse amontado de nexos subjetivos, entre os quais podem ser selecionados, no processo de desenvolvimento de pensamento, nexos que correspondam à realidade e que podem, do ponto de vista da criança, lembrar o significado dado à palavra pelo adulto.

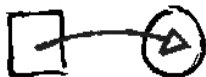


Nesse estágio também podemos associar esta forma de significar com os modos em que professor e aluno se comunicam no espaço escolar. Em geral, estudantes e professores partilham os mesmos significados conceituais, que podem ser inicialmente “coincidentes”, mas que se diferem psicologicamente nos modos de operar. Essa coincidência parcial, segundo Vygotsky, é suficiente para que professor e aluno se entendam.

No segundo estágio, o pensamento por complexos, as relações estabelecidas começam a superar as impressões subjetivas, demonstrando certa coerência e objetividade, mas as ligações entre os objetos ainda são concretas e factuais. Em todos os estágios mencionados encontram-se formas de pensamento que conduzem, de acordo com Vygotsky, à formação de vínculos, ao estabelecimento de relações entre diferentes impressões concretas, à unificação e à generalização de objetos particulares, ao ordenamento e à sistematização de toda a experiência da criança. O autor considera que no pensamento por complexo os vínculos passam de subjetivos a objetivos e que efetivamente existem entre os objetos. Trata-se de um progresso no modo de pensar no qual ocorre a unificação de objetos homogêneos em grupos comuns de acordo com leis estabelecidas por vínculos objetivos. Apesar de ter características de coerência e objetividade, superiores ao pensamento sincrético, ainda se difere do pensamento conceitual.

Segundo Vygotsky (2001, 2005), o complexo baseia-se em vínculos factuais que se revelam na experiência imediata que se expressa no vínculo de objetos a grupos levando em conta a semelhança física entre eles. Comparando o pensamento conceitual do pensamento por complexo, poderia se dizer que, enquanto no primeiro se reflete um vínculo essencial e uniforme e uma relação entre os objetos, no segundo ocorre um vínculo concreto, factual e fortuito.

Nas investigações de Vygotsky e seu grupo, são observadas cinco fases básicas de sistema complexo: o complexo do tipo associativo, do tipo coleções, do tipo em cadeia, do tipo difuso e o pseudoconceito. A seguir, passamos descrever as características gerais de cada uma dessas fases.



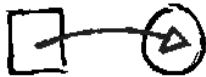
No complexo do tipo associativo, os elementos que compõem o grupo podem ter qualquer semelhança factual com o núcleo básico do complexo. O vínculo pode ser a cor, a forma, tamanho, etc.

No complexo do tipo coleções, ocorrem combinações de objetos e impressões concretas das coisas em grupos especiais. Nesses grupos, encontram-se componentes que não se parecem fisicamente, mas apresentam vínculos de complementaridade. Por exemplo, peças de vestuário, objetos da cozinha, brinquedos, objetos do quarto, etc. Nessa forma de pensamento por complexo, não se incluem na coleção exemplares repetidos dos objetos que possuem a mesma característica. A coleção baseia-se em vínculos e relações de objetos que são estabelecidos na experiência prática, efetiva e direta da criança.

No complexo em cadeia, há uma junção dinâmica e consecutiva de elos isolados numa única corrente, com transmissão de significado de um elo para o outro. O atributo inicialmente escolhido pode variar ao longo do processo e não há coerência quanto ao tipo de conexão. Dessa forma, a amostra original não tem uma importância fundamental. O complexo em cadeia não possui núcleo, mas há relações entre elementos isolados. Uma importante diferença entre o conceito e o complexo em cadeia é que neste não há vínculo hierárquico nem relações hierárquicas entre os traços (VYGOTSKY, 2001, p.186).

No complexo do tipo difuso, ocorrem generalizações que não se relacionam com uma proximidade prática ou concreta. Dessa forma, os vínculos se constituem por meio de traços indefinidos, na medida em que o complexo combina objetos que estão fora do conceito prático da criança. Grupos são formados por meio de conexões difusas e indeterminadas.

No complexo do tipo pseudoconceito, há uma grande semelhança com o conceito real. De acordo com Vygotsky (2001), a equivalência entre complexo e conceito levou à falsa suposição de que a atividade intelectual do adulto já estivesse embrionariamente presente no pensamento infantil e que nenhuma mudança ocorreria na puberdade. Segundo o autor, a transição do pensamento por complexos para o pensamento por conceitos muitas vezes não é percebida, pois os pseudoconceitos coincidem, em



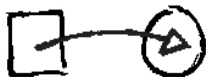
conteúdo, com os conceitos, mas diferem-se nos tipos de operações mentais que se estabelecem em sua forma funcional. Diante dessas características, pode ocorrer a coincidência na referencialidade material, mas uma discordância no significado da palavra, ou seja, a criança e o adulto são capazes de indicar um referente por meio da mesma palavra, mas as operações mentais nas quais se basearam são bastante diferentes.

Considerando o pensamento na forma de complexos como o estágio em que predomina a generalização de atributos, Vygotsky indica que o conceito também pressupõe a discriminação, a abstração e o isolamento de determinados elementos e, ainda, a habilidade de examinar esses elementos discriminados e abstraídos fora do vínculo concreto e factual em que são dados na experiência (VYGOTSKY, 2001). Nessa fase, aparecem os conceitos potenciais, nos quais os atributos que incluem o objeto em um grupo comum representam um atributo privilegiado, abstraído do grupo concreto de atributos aos quais está efetivamente vinculado. O domínio do processo de abstração, acompanhado do desenvolvimento do pensamento por complexos, pode levar à formação de conceitos. Para Vygotsky existe uma relação entre a abstração e a palavra:

O conceito surge quando uma série de atributos abstraídos torna a sintetizar-se, e quando a síntese abstrata assim obtida se torna forma basilar de pensamento com o qual a criança percebe e toma conhecimento da realidade que a cerca... É precisamente com ela [a palavra] que a criança orienta arbitrariamente a sua atenção para determinados atributos, com a palavra ela o sintetiza, simboliza o conceito abstrato e opera com ele como lei suprema entre todas aquelas criadas pelo pensamento humano.

Destaca-se neste ponto a adolescência como um período em que o pensamento estabelece-se por conceitos. Embora seja nessa fase que as formas primitivas de pensamento vão ganhando novas potencialidades, não podemos considerar que o processo esteja concluído. Vygotsky aponta momentos de crise e amadurecimento do pensamento e o caráter transitório característicos dessa fase.

Nesta pesquisa, procuramos identificar como os estudantes usam e se apropriam do conceito de elemento químico e utilizamos as ideias de Vygotsky para compor nossas análises sobre como esse conceito estabelece-se no discurso da sala de aula pesquisada e nas produções escritas dos estudantes. As evoluções genéticas no uso da palavra - que

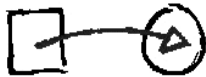


explicam as transformações na forma de pensar e resultam na formação de conceitos apontadas nos parágrafos anteriores como: o pensamento sincrético, o pensamento por complexos e o pensamento por conceitos - serão aportes teóricos que nos auxiliarão nas análises apresentadas nos capítulos 3, 4 e 5.

1.2.2. OS CONCEITOS ESPONTÂNEOS E OS CONCEITOS CIENTÍFICOS

Como destacamos anteriormente, a base para a investigação da formação de conceitos utilizada por Vygotsky está no significado que o indivíduo atribui à palavra. Dessa forma, duas raízes são destacadas na formação do conceito nas crianças. A primeira delas é o desenvolvimento da generalização que, desde muito cedo, começa a fazer com que o indivíduo selecione e agrupe objetos de acordo com suas características concretamente presentes. Compõem essa fase os estágios apresentados na seção anterior. A segunda caracteriza-se pela forma com que o indivíduo faz distinções entre os objetos e promove relações cada vez mais abstratas. Algumas características consideradas mais importantes que outras pelo sujeito fazem com que ele construa hierarquias de características completando o processo da formação de conceitos. Essas possibilidades de operação mental não constituem uma relação direta com o mundo real, mas são mediadas por signos internalizados que representam o mundo. Nesse caso, o indivíduo liberta-se da necessidade de interação concreta entre os objetos e seu pensamento.

Para Vygotsky, esses processos permeiam a formação de conceitos. O autor escolhe como exemplares na descrição desses processos a distinção entre dois tipos de conceitos, os espontâneos e os científicos. Segundo Vygotsky, o primeiro é formado pela criança no seu cotidiano, na experiência com as pessoas do seu meio e da sua cultura. Já os conceitos científicos não são formados a partir da observação direta e são adquiridos por meio da instrução, fazendo parte de um sistema organizado de conhecimentos. A capacidade de definir os conceitos por meio de palavras é adquirida no processo de aprendizagem escolar e relaciona-se aos conceitos científicos. Isso decorre do fato de que, segundo Vygotsky, a apresentação dos conceitos em um sistema



hierárquico, com estrutura lógica bem definida, é condição muito importante para o desenvolvimento psicológico do pensamento categorial.

Vygotsky (2005) discute a impossibilidade do ensino direto de conceitos e aponta a necessidade de dar oportunidades ao aprendiz de adquirir novos conceitos a partir do contexto linguístico geral. Nesse contexto, deparamo-nos com o uso irrefletido de ações cotidianas que podem se tornar conscientes à medida que são vivenciadas dificuldades para novas adaptações. Segundo o autor, tornar-se consciente de uma operação mental significa transferi-la do plano da ação para o plano da linguagem, isto é, recriá-la na imaginação de modo que possa ser expressa em palavras.

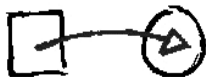
Para Vygotsky,

O aprendizado escolar induz o tipo de percepção generalizante, desempenhando assim um papel decisivo na conscientização da criança dos seus próprios processos mentais. Os conceitos científicos, com seu sistema hierárquico de inter-relações, parecem constituir o meio no qual a consciência e o domínio se desenvolvem, sendo mais tarde transferidos a outros conceitos e a outras áreas do pensamento. A consciência chega à criança através dos portais dos conhecimentos científicos (2005, p. 115).

Na sala de aula, o professor trabalha buscando a construção de conceitos científicos. Esses podem se modificar diante de realidades diferentes, fazendo parte de um processo social de interação com outros. Mais uma vez o papel do professor acentua-se na medida em que tomar conhecimento de como o estudante apropria-se dos conceitos é essencial para que possa criar situações de ensino que estimulem o estabelecimento de relações e, assim, possam levar a uma apropriação conceitual, em lugar de simples memorizações de uma palavra alheia que continua estranha e externa ao sujeito.

Ainda em Vygotsky, encontramos importante contribuição que relaciona os conceitos científicos e cotidianos:

Nos conceitos científicos que a criança adquire na escola, a relação com um objeto é mediada, desde o início, por algum outro conceito. Assim, a própria noção de conceito científico implica uma certa posição em relação a outros conceitos, isto é, um lugar dentro de um sistema de conceitos. É nossa tese que os rudimentos de sistematização primeiro entram na mente da criança, por meio do seu contato com os conceitos científicos, e são depois transferidos para os conceitos cotidianos, mudando a sua estrutura psicológica de cima para baixo (2005, p. 116).



As relações de ascensão dos conceitos espontâneos em contraponto ao movimento descendente dos conceitos científicos são para Vygotsky, conseqüência das diferentes formas pelas quais os conceitos surgem, seja em situações concretas ou mediadas em relação ao objeto. Nesse contexto ocorre o aparecimento de estruturas para o desenvolvimento dos conceitos espontâneos em relação à consciência e ao seu uso deliberado. Vygotsky ressalta a ausência de um sistema ou, relações de generalidade pouco desenvolvidas, como a diferenciação psicológica entre o conceito espontâneo e o científico.

Consideramos, de acordo com Vygotsky, que no discurso cotidiano os conceitos são, na verdade, noções gerais sobre as coisas e representam um estágio transitório entre os complexos, os pseudoconceitos e os conceitos (VYGOTSKY, 2001).

Nessa perspectiva, o material empírico desta pesquisa será composto pelo exame dos processos de uso e significação de conceitos, pelos estudantes e professor em uma sala de aula de ciências. Para tanto, trataremos do conceito de elemento químico, assim como aqueles conceitos – substância, mistura, ciclos de materiais, transformações químicas, entre outros – que aparecem na rede de relações em que os estudantes vão elaborando em suas produções orais e escritas nos contextos evocados nas situações de ensino e aprendizagem.

Em nossa perspectiva de análise, tratamos as produções discursivas dos estudantes, em condição oral e escrita, como formulações ou construções de acordo com as exigências da situação e não como reproduções de pensamentos já existentes internamente. Sendo assim, consideramos os conceitos como ferramentas (WERTSCH, 1998) que auxiliam o estudante a lidar com situações nas quais ele necessita propor explicações utilizando a linguagem científica. Situamos os indivíduos em lugares e momentos particulares, os quais participam de atividades que podem resultar em práticas historicamente desenvolvidas. Os conceitos são, portanto, produzidos colaborativamente e constituem o domínio do "aquilo que é conhecido" (WELLS, 2008). Desse modo, compartilhamos também com Wells (2008) a ideia de que o conceito de elemento químico existe no social e faz parte de uma rede de relações que não se configura como entidade estável que reside na mente dos estudantes.



Os conceitos são entendidos nesta pesquisa como formulações simbólicas que podem ser localizados em textos de vários tipos. Além disso, embora sejam dados como aceitáveis em um determinado momento e consolidados em sistemas culturais relativamente estáveis, os conceitos não são imutáveis. A história da ciência revela que todos os conceitos são passíveis de revisão e mudanças em longo prazo como resultado da contínua tentativa de adequá-los a novas necessidades que a compreensão e a ação humana vão forjando ao longo do tempo, como resultado de ininterrupto processo de produção cultural.

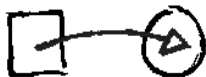
Segundo Wertsch (1991), os conceitos são ferramentas culturais que desempenham papéis importantes e diferenciados em situações distintas em que o seu uso é demandado. Para esse autor, nenhum conjunto particular de ferramentas conceituais é universalmente melhor para todas as ocasiões e, portanto, é inadequado categorizar alguns estudantes pela melhor utilização de conceitos e de outros como apresentando necessidades de corrigir equívocos, independente da atividade e do problema a ser resolvido.

Aprofundaremos nossas análises nas contribuições da concepção historicocultural dos processos de produção de significados nos capítulos 3, 4 e 5 no contexto de análise dos dados.

1.2.3. O CONCEITO: SUA DEFINIÇÃO VERBAL E ESCRITA

Destacando o conceito de elemento químico, pesquisado nesta tese, pretendemos identificar, nos processos discursivos e na produção escritas, formas de entendimento que nos permitam compreender o modo como os estudantes usam e se apropriam dele em situações de sua aplicação.

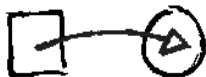
Em estudos amparados pelas ideias vygotskyanas, deparamo-nos com a possibilidade da discrepância entre a formação do conceito e a sua definição verbal. Para Vygotsky (2001), a existência de um conceito e a consciência desse conceito não coincide quanto ao momento do seu surgimento, nem quanto ao seu funcionamento. O adolescente pode



formar o conceito e empregá-lo em situação concreta, mas, ao ser demandada a sua definição verbal, esta se mostra restrita em comparação à aplicação. Encontramos, então, a situação em que o adolescente aplica a palavra como conceito e define-a como complexo, o que caracteriza a forma de pensamento nessa fase de transição. Outra dificuldade que, de acordo com Vygotsky, só é superada ao término da idade de transição, consiste na transferência do significado do conceito elaborado para novas situações concretas.

Já na escrita, encontramos diferenças que indicam a possibilidade de um aumento no grau de dificuldade em relação à definição verbal. Na escrita, o tom de voz e o conhecimento sobre o assunto são excluídos e o adolescente deve utilizar mais palavras e com maior clareza. Para Vygotsky, a escrita é a forma de fala mais elaborada. Torna-se necessário o rascunho, chamado por Vygotsky como fala interior. Para esse autor tanto a definição verbal quanto a escrita não são uma simples tradução da fala interior, mas uma transformação da estrutura predicativa e idiomática em sistematização articulada e inteligível para os outros. Identificamos momentos exemplares dessas formulações teóricas na análise das dinâmicas discursivas estabelecidas na sala de aula pesquisada e nas produções escritas dos estudantes nas avaliações escolares.

Tais ideias encontram ressonância na obra de Bakhtin (2003), que elabora uma distinção entre gêneros de discurso primários e secundários. Os gêneros primários são mais simples e dão-se nas condições da comunicação discursiva imediata da vida cotidiana. Já os gêneros secundários “surgem nas condições de um convívio cultural mais complexo e relativamente muito desenvolvido e organizado (predominantemente escrito)” (Bakhtin, 2003, p. 263), ligados às atividades científicas, artísticas, políticas e outras. Durante o processo de sua formação, esses gêneros secundários absorvem e transmutam os gêneros primários (simples) e os alteram profundamente.



1.2.4. AS RELAÇÕES ENTRE A LINGUAGEM COTIDIANA E CIENTÍFICA

Nesta seção descrevemos as ideias de Halliday (1993) sobre sua análise das particularidades da linguagem científica e da linguagem cotidiana, baseada no que ele denomina linguística sistêmico-funcional. O termo sistêmico refere-se à visão da linguagem como rede de sistemas ou conjunto de opções interrelacionadas para a construção de significados e o termo funcional é empregado para indicar que a abordagem é usada com o objetivo de buscar a significação. Halliday trata dos diferentes registros que as diferentes comunidades constroem para usar a linguagem em diferentes funções, cada qual carregando suas próprias características gramaticais e semânticas (MORTIMER, 1998). Usaremos essas ideias no capítulo 4 desta tese para compor a análise da produção escrita dos estudantes nas avaliações escolares e no capítulo 5 na análise das respostas dos estudantes ao pós - teste.

Para Halliday (1993) a língua tem o poder de moldar a nossa consciência, proporcionando, assim, para cada criança, meios que usam para interpretar e manipular o ambiente à sua volta. A maior parte das novas palavras, e a classe de conceitos a que se referem, é aprendida espontaneamente no decurso das atividades cotidianas; apenas ocasionalmente elas são deliberadamente ensinadas. Partimos do pressuposto de que desde o nascimento, todas as crianças são rodeadas por um arcabouço cultural, que aprenderam conjuntamente com membros de sua convivência direta, e que compõem e restringem sua percepção de mundo. É no interior e através da participação em atividades conjuntas, e na interação linguística, que as crianças aprendem a língua materna.

No entanto, para Halliday, a linguagem científica não é apresentada às crianças e por elas aprendida do mesmo modo. Para esse autor, a linguagem da ciência tem características peculiares, para além de um vocabulário específico. Acrescenta ainda que a linguagem da ciência evoluiu no tempo e mudou muito nos últimos séculos e que essa evolução é explicável já que a linguagem da ciência avança com a ciência e os traços que a caracterizam não apareceram por acaso.



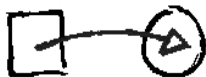
Nesse contexto, a complexidade da linguagem científica depende do ponto de vista, já que é uma linguagem para especialistas e tem uma lógica gramatical diferente. As ambiguidades que se apresentam podem causar problemas aos estudantes, em especial às crianças, pois a linguagem científica apresenta dificuldades ao aprendizado que se relacionam ainda ao vocabulário que se diferencia do senso comum, ao uso de jargões que são específicos de cada grupo social e muitas vezes também pelo seu uso simplificado.

Uma das tarefas da ciência consiste em organizar e classificar as coisas o que também se difere no contexto cotidiano e científico. Segundo Halliday, uma das formas com que a ciência organiza o mundo das coisas é classificando. Essa forma de organizar acarreta um uso excessivo e desnecessário de jargões. Considera-se que o uso de termos técnicos é imprescindível ao trabalho científico, pois eles codificam uma perspectiva resultante de anos de atividade científica. Entretanto, na educação científica, o exagero desse uso pode causar problemas de compreensão por parte dos estudantes iniciantes nesse mundo conceitual.

Em abordagens tradicionais, procura-se minimizar o problema definindo cada termo técnico evocado em um texto. Entretanto, tal esforço resulta em uma lógica de definições acopladas difícil de ser assumida por quem não adquiriu familiaridade com aquele quadro teórico e a quem as definições, assim apresentadas, aparecem como puramente arbitrárias e destituídas de sentido.

Sobre os textos científicos, Halliday considera que fazem circular a linguagem científica em diferentes gêneros que são adaptados aos diferentes aspectos da ciência que estão em questão. Ser um bom estudante de ciências requer o aprendizado da leitura e escrita em diferentes gêneros. Isso também requer a atenção dos professores para os gêneros que irão oferecer a seus alunos.

Diante dessas ideias apontadas por Halliday sobre a linguagem científica, concluímos que a disciplina de ciências apresenta-se como ferramenta fundamental usada para classificar, decompor, explicar e reconstituir investigações que embasam o olhar científico sobre o mundo. Segundo esse autor, o letramento científico precisa ser



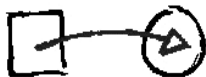
considerado tanto em termos do campo (conhecimento que está sendo construído) quanto do gênero. Na maioria dos casos, o conteúdo é explorado principalmente via oralidade, ficando a escrita restrita a definições, questões de respostas curtas, preenchimento de lacunas, etc. Esse estilo parece indicar a simples verificação do entendimento isolado de termos técnicos. Para Halliday, apesar de a linguagem cotidiana ser automática e muitas vezes ocorrer de modo irrefletido, a sua gramática é muito mais complexa. Por outro lado o processo de nominalização da linguagem científica aumenta a densidade léxica e os termos usados carregam significados interligados numa estrutura conceitual. Em Mortimer (1998) encontramos o seguinte trecho:

A linguagem cotidiana apresenta um mundo dinâmico, em que as coisas estão sempre acontecendo, como uma chama ou uma onda. Já na linguagem científica, esses acontecimentos e processos foram congelados pelo processo de nominalização, pois o mais importante é colocá-los em estruturas, como num cristal ou numa partícula (Mortimer, 1998, p. 104).

É importante considerar que a ciência é totalmente dependente da linguagem científica e aprender ciência implica a necessidade de aprender a sua linguagem. A dificuldade não é causada pelas palavras escolhidas, mas pela dificuldade de compreender as mútuas referências nas definições dos termos técnicos e a complexidade dos processos de raciocínio que evoca e engendra.

Halliday (1993) acrescenta que, para o aprendiz, alguns problemas são decorrentes dessas complexidades que transparecem em algumas características que se manifestam na linguagem científica, como:

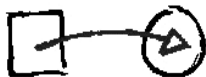
- O encadeamento de definições, no qual várias delas são apresentadas em sequência, muitas derivando de outras;
- As taxonomias técnicas, nas quais aparecem construções com alto grau de ordenação, em que cada termo tem uma definição funcional. Nesse caso, a não explicação de cada categoria pode confundir o leitor;
- O uso de expressões especiais, as quais são características de cada grupo social;



- A densidade léxica, com a qual se pode medir a densidade de termos técnicos e, portanto, a carga de significado de um texto, que, em geral, é baixa na linguagem falada e cresce com o texto escrito e, em especial, no texto científico;
- A ambiguidade sintática, na qual se notam proposições em que a relação não está bem definida, relações de causa e efeito em que não se sabe o que é a causa e o que é o efeito ou grupos nominais pouco precisos e polissêmicos;
- A metáfora gramatical, considerada mais agressiva do que a metáfora léxica (troca de palavras), a qual promove a troca de uma classe ou estrutura gramatical por outra, nominaliza processos e relações que se transformam em coisas;
- A descontinuidade semântica, na qual conclusões são tiradas a partir de premissas não explicitadas anteriormente ou por falta de algum elo na rede de relações.

De acordo com Halliday (1993), enquanto na linguagem comum predominam narrativas que relatam sequências lineares de eventos, a linguagem científica congela os processos, transformando-os em grupos nominais que são então ligados por verbos que exprimem relações entre processos. O autor considera que nesse processo, no lugar da substituição de um nome por outro, como na metáfora ordinária, ocorre a substituição de uma classe ou estrutura gramatical por outra. Desta forma, a linguagem científica substitui os processos, expressos normalmente por verbos, por grupos nominais. Segundo Mortimer (1998) isso pode constituir-se numa dificuldade para o estudante, acostumado a designar seres e coisas por nomes e processos por verbos. Identificamos, assim, que o estudante, ao usar a linguagem científica, começa a constituir um modo de pensar diferente, no qual os processos transformam-se em grupos nominais e os verbos não expressam mais ações e sim relações.

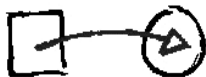
Pretendemos analisar a produção escrita dos estudantes levando em consideração as características apresentadas por Halliday, com o objetivo de compreender se o modo como os estudantes se apropriam e usam o conceito de elemento químico e todos os outros que fazem parte da estrutura conceitual no contexto da sequência didática,



principalmente, o conceito de substância, mistura e de reação química, são influenciados pelas marcas linguísticas do texto científico. Mortimer (1998) aponta que a análise da linguagem e de seu funcionamento em práticas discursivas concretas mostra que os membros de uma mesma comunidade, uma sala de aula de ciências, por exemplo, não constroem suas falas a partir de unidades linguísticas determinadas por palavras e sentenças encontradas nos dicionários, mas a partir de um conjunto de enunciados próprios àquele grupo.

Pretendemos analisar se há, nas produções escritas dos estudantes, avaliações e pós-teste, o uso de nominalizações, geralmente na forma de processos nominalizados e o uso de metáforas gramáticas, nas quais os processos são tomados como sujeitos de uma dada oração e os verbos são usados para estabelecer relações entre nomes. Daremos ênfase à nominalização e às metáforas gramaticais muito presentes no texto científico, o que nos dará informações sobre as aproximações entre o texto produzido pelos estudantes e o texto científico. Ressaltamos que a interação entre a linguagem científica, a linguagem científica escolar e a linguagem cotidiana são instrumentos de trabalho no dia a dia das salas de aula.

Segundo Mortimer (1998), qualquer fato científico, por mais objetivo que seja só adquire significado quando reconstruído no discurso científico escolar. Desse modo, examinaremos as características dessa linguagem escolar nos direcionando para a análise das interações na sala de aula pesquisada, procurando verificar como se relacionam os diferentes tipos de enunciados, registros e gêneros de modo a explicitar as dificuldades e avanços vivenciados pelos estudantes nessa sala de aula em um contexto específico de estudo.



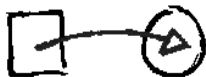
1.2.5. O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE ELEMENTO NA HISTÓRIA DO PENSAMENTO QUÍMICO

Para estudar o desenvolvimento dos conceitos científicos em sala de aula, pretendemos também nos apoiar em estudos da história do pensamento químico. Trata-se, nesse caso, de examinar como esses conceitos se constituíram historicamente e quais significados foram sendo a eles atribuídos. Acreditamos que a história do pensamento químico muito tem a informar os currículos e as práticas de sala de aula, uma vez que nos auxiliam a compreender algumas dificuldades dos estudantes, bem como o modo como algumas concepções foram sendo historicamente superadas (CASTRO, 2004).

Nesta pesquisa, o tratamento histórico desses conceitos será abordado não para justificar o seu ensino, mas para situá-los no contexto da pluralidade de sentidos que abarcam os seus usos ao longo da história da ciência.

No contexto escolar, afirma Castro (2004), a abordagem histórica passa a ser considerada como propiciadora de uma reflexão a respeito do conhecimento científico, tanto no que se refere a produtos quanto a processos. Essa abordagem promove o esclarecimento dos conceitos e redimensiona os erros e as dificuldades dos estudantes (GAGLIARD, 1988, SALTIEL E VIENNOT, 1985, apud CASTRO, 2004), ajuda os professores a examinar a relevância dos conceitos a serem ensinados, a eleger os conceitos estruturantes que integrarão o conteúdo curricular e a conhecer os obstáculos que se colocaram no caminho do seu desenvolvimento científico, de modo a compreender a real complexidade dos conceitos que ensina. Entender as razões e motivos que deram origem aos conceitos pode ainda tornar os conceitos científicos mais compreensíveis aos estudantes, e discutir a sua origem e a sua transformação ao longo do tempo faz com que eles sejam reconhecidos como objetos passíveis de construção.

Para Oki (2002) entre as possíveis estratégias para utilizar a história da ciência como impulso para a melhor compreensão do ensino será a identificação dos conceitos estruturantes das ciências e fazer uma análise da sua evolução histórica. Para Gagliardi (1998), apud Oki (2002), os conceitos estruturantes são aqueles que permitiram e impulsionaram a transformação de uma ciência, a elaboração de novas teorias, a

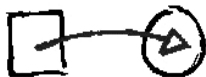


utilização de novos métodos e novos instrumentos conceituais. Consideramos assim, o conceito de elemento químico estruturante, juntamente aos conceitos de átomo, molécula, substância, reação química, etc.

Estudos (OKI, 2002; OLIVEIRA, 1995; BENSUAUDE – VINCENT E STENGERS, 1992) apontam os problemas com o uso do conceito de elemento químico ao longo da história da ciência. Segundo Oki (2002), o conceito de elemento começou a se estruturar a partir da necessidade de explicação das mudanças observadas na natureza. O uso dos termos elemento e átomo nos diferentes contextos mostram as divergências existentes nas explicações sobre as propriedades da matéria e suas transformações sustentadas em diferentes interpretações. Atualmente encontramos, em livros didáticos destinados ao ensino superior e traduzidos da língua inglesa (RUSSEL, 1981), o uso do conceito de elemento químico como se fosse substância simples.

Na história da ciência, as diferentes interpretações não se restringem ao problema das traduções, mas a concepções sobre a constituição da matéria. Na antiguidade, os filósofos gregos Tales, Anaximenes e Heráclito foram os primeiros a sugerir a composição elementar da matéria: Tales de Mileto considerou que o princípio fundamental responsável pela multiplicidade dos seres era a água; Anaximandro considerava que não era apenas um único princípio e Heráclito acreditava que esse princípio era o fogo. Outro filósofo grego, Empédocles, acreditava que todas as substâncias eram compostas por quatro princípios ou elementos primordiais: água, fogo, terra e ar. Aristóteles também pensava assim, e inclusive que as propriedades físicas das substâncias seriam derivadas das propriedades elementares. Para ele, o fogo teria as qualidades calor e secura; o ar, calor e umidade; a terra, frio e secura; e a água, frio e umidade. Aristóteles acrescentou, ainda, o quinto elemento ou quinta essência, o éter, considerando-o a matéria constituinte dos corpos celestes (OKI, 2002). Demócrito e Lêucipo, em torno de 400 anos A.C., utilizaram o termo átomo (do grego, "indivisível") para descrever o que, na sua concepção, seriam as unidades elementares da matéria.

Encontramos em Oki (2002) um trecho que descreve muito bem a concepção de elemento na filosofia grega:

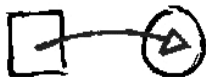


O conceito de “elemento-princípio” oriundo da filosofia grega revela uma ciência baseada nas qualidades aparentes dos corpos e que são percebidas pelos sentidos e o importante papel conferido à observação e à contemplação. Essa é uma ciência que concebe a realidade natural como um mundo hierarquizado com lugares pré-determinados para todas as coisas. (OKI, 2002, p. 22)

Durante o período medieval, os alquimistas árabes disseminaram a crença na transmutação de metais menos nobres em ouro. Os quatro elementos eram considerados constituintes de todas as substâncias podendo variar em sua composição pelas suas quantidades, sendo os metais considerados de outra natureza. No período alquímico, foram introduzidos ainda os “elementos-princípios” como enxofre-mercúrio e o sal, todos considerados princípios abstratos, numa concepção metafísica de elemento. O “princípio” enxofre seria responsável pela combustibilidade, o mercúrio pela metalicidade e o sal, causador da solubilidade dos corpos estava relacionado à estabilidade. A transmutação então seria possível pela modificação das proporções enxofre-mercúrio e o ouro seria o metal com composição ideal desses “princípios”.

Em 1661, o químico inglês Robert Boyle estabeleceu a diferença entre elemento e substância. Para Boyle, os elementos não eram princípios. Foi ele um dos primeiros a estabelecer vínculos teóricos para a interpretação dos fatos observados experimentalmente. Elementos químicos, em sua concepção, eram os corpos mais simples a partir dos quais se formavam os corpos mais complexos. Ele também distinguiu as substâncias em puras e compostas considerando as primeiras formadas por um único tipo de elemento e as outras como sujeitas à decomposição dando origem a mais de um elemento. As ideias de Boyle marcam a química nos séculos seguintes apesar de as concepções anteriores terem resistido até o século XVIII (OKI, 2002).

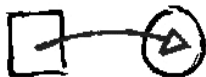
Em 1789, o químico francês Antoine-Laurent Lavoisier publicou o que pode ser considerada a primeira lista de elementos ou “corpos simples” baseada nas definições de Boyle. Com a utilização sistemática da balança, estabeleceu as primeiras leis ponderais, analisou a composição química do ar e identificou o oxigênio como substância responsável pela combustão. Também descobriu a composição química da água pela



combustão do hidrogênio e do oxigênio e, com base em resultados experimentais, formulou a lei da conservação de massa nas reações químicas. O *Tratado Elementar da Química*, escrito por Lavoisier, marcou a transição de uma herança alquímica e o saber químico metódico, característico da ciência moderna. Nesse tratado, Lavoisier referia-se aos elementos químicos como “princípio”, “elemento”, “substância simples” e “corpo simples” (TOLENTINO,1997). Lavoisier e outros sistematizaram os conhecimentos sobre as reações químicas, criando princípios fundamentais que são conhecidos como as leis que regem as massas dos reagentes químicos durante uma reação. Eram leis empíricas que, muitas vezes, não davam explicações para outros fatos questionados (TOLENTINO, 1997).

Ao identificar o oxigênio e explicar cientificamente o processo de combustão, Lavoisier questionou e desconfigurou a teoria do flogisto, elaborada por Georg Ernst Stahl, no século XVII. Stahl atribuía um "princípio combustível", o flogisto, às diferentes substâncias. Segundo ele, as substâncias ricas em flogisto, como a madeira, queimariam rapidamente. Já aquelas pobres em flogisto, como a água, não seriam combustíveis. O fato de as cinzas resultantes da combustão serem mais leves do que a substância original era visto por Stahl como uma prova da perda do flogisto durante a queima. Lavoisier demonstra que o peso dos metais aumenta quando são aquecidos e queimados, e mostra que a redução da massa de alguns materiais queimados deve-se à formação de compostos voláteis durante a combustão. As cinzas resultantes da queima da madeira, por exemplo, representariam apenas uma parte de sua massa inicial. Apesar desses méritos, Lavoisier considerou o calórico e a luz como elementos. O conceito atual de elemento químico evoluiu a partir de Lavoisier, precedido de certa maneira por Boyle, mas o que a ciência hoje considera como elemento químico difere do entendimento existente até o final do século XVIII. Antes disso a sílica e a alumina, por exemplo, ainda eram citadas na lista de Lavoisier, como elementos químicos.

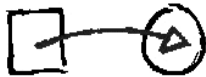
O aperfeiçoamento das técnicas de análise e de purificação de substâncias levaram à descoberta de novos elementos químicos. No campo teórico, destaca-se John Dalton, que aplica a teoria atômica dos gregos antigos e constrói as bases do modelo atômico



moderno. John Dalton é considerado o fundador da teoria atômica moderna. Ele apresenta sua teoria atômica em uma série de conferências realizadas na Royal Institution de Londres, entre 1803 e 1807. Para ele, toda matéria é constituída por partículas indivisíveis, os átomos. Retomando as definições dos antigos atomistas gregos, considera os átomos como partículas maciças, indestrutíveis e que não seriam modificados pelas reações químicas. Associa cada tipo de átomo a um determinado elemento químico. Os átomos de um mesmo elemento seriam todos iguais na massa, tamanho e demais qualidades. Dalton enunciou a “lei das proporções múltiplas”, que, estabelece mediante pesquisas posteriores a evidência da existência de átomos com massas próprias e invariáveis (TOLENTINO, 1997). Essa ideia prevalece até 1921, quando são descobertos os isótopos, ou seja, átomos de um mesmo elemento com massas diferentes. Dalton explica as reações químicas como resultado da separação ou da união entre átomos e usa o termo “átomos compostos” para designar as ligações entre essas partículas. Nesse contexto histórico, surge a “Teoria Molecular” apoiada nas hipóteses dos “pesos atômicos” e das relações volumétricas para as reações químicas envolvendo gases, estabelecidas por Joseph L. Gay Lussac (TOLENTINO, 1997).

No século XIX, vários cientistas percebem que há uma relação entre as propriedades de determinadas substâncias e o peso atômico dos átomos que as constituem. Aqui ocorre a passagem da crença na constituição da matéria por blocos que se repetem e que carregam consigo as propriedades do todo para uma constituição que pode ser dividida e que é caracterizada pelo peso atômico. Muitas classificações foram feitas até o início do século XIX, mas estas levavam em conta as substâncias simples e compostas ou utilizavam várias propriedades das substâncias (TOLENTINO, 1997). Com o surgimento da teoria atômica, ocorreram as primeiras tentativas de classificação levando em conta as possíveis relações entre os pesos atômicos e certas propriedades.

Em 1869, o químico russo Dmitri Ivanovitch Mendeleiev sistematiza o grande número de informações que estavam sendo enunciadas e amadurecidas entre os pesquisadores: classifica os 64 elementos químicos conhecidos à época e organiza-os pela ordem crescente de seu peso atômico. Buscavam-se evidências que demonstrassem a

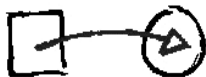


importância dos pesos atômicos como características dos blocos fundamentais da matéria (TOLENTINO, 1997). O conceito de elemento passou a ser vinculado ao conceito de átomo. Ao montar a tabela periódica relacionando o peso atômico dos átomos com as propriedades das substâncias, Mendeleiev enuncia a lei periódica: “as propriedades das substâncias simples, a constituição de seus compostos, assim como as propriedades desses últimos, são uma função periódica dos pesos atômicos dos elementos”. Ele usa esse critério para reunir os elementos químicos em famílias. Ao montar sua tabela periódica, percebe algumas lacunas e faz previsões para o seu preenchimento por átomos ainda desconhecidos, descrevendo suas possíveis propriedades. Mais tarde, as descobertas do gálio (1875), escândio (1879) e germânio (1886) confirmam suas previsões.

Em Tolentino (1997) encontramos o trecho que qualifica muito bem os feitos de Mendeleiev:

Na construção de sua classificação periódica, Mendeleiev não apenas sistematizou e organizou dados, mas também reformulou, desdobrou, elaborou conceitos e relações fundamentais na Química. Baseando-se nas noções de Avogadro, Laurent, Gerhardt e Canizzaro, Mendeleiev associou elemento a átomo e substância simples a molécula, estendeu o programa lavoisieriano do vai-e-vem entre corpo simples e composto, para elemento e substância simples. O elemento químico deixou de ser uma coisa palpável para ser um ente abstrato.

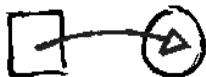
Até o final do século XIX, os cientistas acumularam conhecimentos sobre as propriedades físicas e químicas das diferentes substâncias. Conheceram o peso atômico dos átomos, a periodização dos elementos e aprofundaram os estudos sobre as reações químicas. O modelo atômico disponível, no entanto, ainda era o de Dalton, elaborado entre 1803-1807. Ignorava-se, no entanto, como e por que os átomos ligam-se entre si para formar as substâncias. Também era desconsiderada a existência dos isótopos. Esse quadro mudou radicalmente em 1897, quando Joseph John Thomson descobriu a primeira partícula subatômica, o elétron. A partir daí, todo o desenvolvimento da teoria química estaria centrado nas investigações sobre como o comportamento dos elétrons dos diferentes átomos determina a formação das substâncias. Rutherford vai mais além e introduz a ideias de núcleo para o átomo em 1911.



Apesar da organização periódica dos elementos de Mendeleiev ter contribuído imensamente para o conhecimento químico, juntamente aos modelos para o átomo de Thomson e Rutherford, todo o trabalho realizado baseou-se no conhecimento empírico e, portanto, algumas explicações sobre a periodicidade das propriedades físicas e químicas dos elementos não eram possíveis. A quantização da energia introduzida por Bohr e a natureza dual da luz como onda e partícula fizeram com que, em 1920, Louis de Broglie atribuísse o mesmo comportamento dual aos elétrons. Mais tarde, então, Schrödinger propôs uma equação de ondas para o elétron, que resulta no modelo atômico atualmente aceito. Inaugura-se então uma nova maneira de conceber o átomo agora constituído de partículas com descrições probabilísticas de localização e imersas em um contexto de incertezas associadas aos fenômenos quânticos.

Começando pelos gregos, Aristóteles, Lavoisier, Mendeleiev e a teoria moderna, constituímos um quadro de teóricos que apontam para uma identificação e descrição atômica e uma definição abstrata da existência dos elementos químicos como conjunto de átomos com o mesmo número atômico. Além disso, atualmente a sua caracterização considera a configuração eletrônica e os elétrons de valência responsáveis pelas ligações químicas. Os conceitos de isótopos e de nuclídeos (TOLENTINO et al, 1989) mudam a identidade do elemento químico que passa a reagrupar um número de isótopos distintos. Compreendemos atualmente que o elemento químico é uma entidade abstrata, constituída por átomos do mesmo tipo, sem referentes concretos. É importante considerarmos que as dificuldades em formular o conceito de elemento químico estabelecem uma importante relação entre o que é macroscopicamente observado e o que se imagina microscopicamente, ou seja, identificamos aqui a importância da capacidade de abstração no reconhecimento desse constituinte básico da matéria.

Todas essas constatações levam-nos a um contexto de pesquisa que não se centra no conceito pronto e acabado, na possibilidade de sua construção em curto prazo e baseado apenas em definições preliminares. Isso nos leva a considerar que esta pesquisa pode indicar formas de uso e de apropriação do conceito de elemento químico por estudantes. Para tanto, o desenho da pesquisa aponta para a investigação de um ambiente de ensino



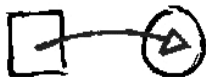
Faculdade de Educação da UFMG – Tese de Doutorado

**Modos de Uso e o Processo de Apropriação do Conceito de Elemento Químico
por Estudantes do Ensino Fundamental**

Autora: Nilma Soares da Silva

Orientador: Orlando Gomes de Aguiar Junior

e aprendizagem no qual as interações discursivas e abordagens metodológicas promovam um entrelaçamento das concepções teóricas aqui apresentadas.



CAPÍTULO 2 - REFERENCIAIS METODOLÓGICOS: COLETA, TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

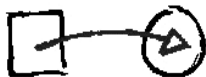
Este capítulo traz os referenciais metodológicos que norteiam esta pesquisa. É nesse capítulo também que se encontra descrita a metodologia empregada na coleta de dados, a caracterização da amostra pesquisada e a definição de algumas das categorias de análise de dados.

2.1 – A SALA DE AULA PESQUISADA

Para compreender o processo de produção de significados em uma sala de aula de ciências específica, optamos pelo acompanhamento das aulas de uma turma do 8º ano do ensino fundamental. As aulas foram gravadas em vídeo com o uso de duas filmadoras, uma na frente, com a qual obtivemos um apanhado geral da sala e outra atrás, a qual nos forneceu imagens, principalmente do professor e de suas intervenções orais e escritas. Essas aulas foram registradas em DVD. Também foram gravados áudios de trabalhos em grupos. Juntamente às gravações foram feitas anotações detalhadas das aulas em um caderno de campo. Todas as atividades produzidas no período de acompanhamento foram xerocadas e arquivadas.

A pesquisa foi realizada em uma escola da rede particular de ensino e na sala de aula de um professor que constrói um ambiente de aprendizagem compatível com os referenciais teóricos aqui adotados e que, portanto, apresenta um estilo de ensino que favorece as discussões e participação dos estudantes em inúmeras atividades. O livro didático adotado (APEC, 2004) é uma coleção inovadora no campo da educação em ciências e o professor faz o uso refletido e comprometido das inúmeras atividades que apresenta, além da mediação nas leituras em sala de aula. A escola adota a coleção desde 2004, sendo que a turma de 8º ano escolhida para a coleta de dados a utiliza desde o 6º ano. Nessa turma, os estudantes têm entre 12 e 13 anos e pertencem à classe média com amplo acesso a possibilidades de desenvolvimento cultural.

A turma é composta por 22 estudantes que apresentam comportamento agitado, típico da idade. Alunos e professor receberam nomes fictícios e as aulas escolhidas para análise destacaram-se devido ao papel que desempenham na sequência de ensino, que

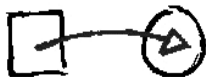


será justificado com mais detalhes no capítulo 3. As aulas de ciências ocorrem no período da tarde, às 3^{as} e 5^{as} feiras, sendo que na 5^a feira o horário de aula é após a educação física, o que deixa as aulas mais conturbadas pela maior agitação dos estudantes. Alguns estudantes são mais participativos e são destaques nos episódios escolhidos para análise no capítulo 3, como o Rafael e o Gustavo. Principalmente o Gustavo apresenta certa liderança por propor intervenções e explicações sempre consideradas pelo professor como exemplares, as quais são compartilhadas com toda a turma. Os demais estudantes são também participativos, mas menos envolvidos nas interações discursivas que ocorrem nessa sala de aula.

Na escola, os estudantes têm acesso aos serviços de acompanhamento pedagógico individualizado feito pelas coordenadoras do segmento; acompanhamento de estudos extra-turno feito pelas bibliotecárias em seu local de trabalho; lanchonete; oficinas de artes e esportes em horários extra-turno. Em relação aos recursos materiais, os estudantes têm acesso a biblioteca, a sala de informática, a mesas de tênis de mesa, a quadras de futebol/basquete e de vôlei e a mesas de estudo espalhadas pelos jardins da escola. A escola não possui um laboratório de ciências e as atividades experimentais são realizadas na sala de aula.

O professor de ciências é licenciado em Física pela UFMG em 1999 e vem trabalhando com ciências no nível fundamental há sete anos. A escola mantém estreitos vínculos com a Universidade na medida em que permitiu anteriormente a entrada de outros pesquisadores em sala de aula e tem atendido com frequência estagiários de cursos de licenciatura e pedagogia. A minha participação foi intencionalmente uma parceria que pretendia auxiliar o professor e ao mesmo tempo obter dados para a pesquisa. As características favoráveis como estrutura de aulas estável, material didático, professor e metodologia de ensino nos fizeram optar pela escola da rede particular de ensino.

A escolha em acompanhar, nesta pesquisa, a sala de aula de uma turma de 8^o ano deu-se devido à concentração de atividades relacionadas ao conceito de elemento químico na coleção didática escolhida pelo professor e adotada pela escola. Acompanhamos a unidade “As transformações dos materiais” composta por dois capítulos - “Os Minerais e a Vida” e “Compreendendo as reações químicas”. O estudo dos minerais na nutrição



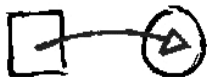
serve como contexto para a introdução do conceito de elemento químico e das relações entre elementos químicos, substâncias e misturas. Para tanto, discute-se a presença de alguns elementos químicos no nosso corpo e como passam a fazer parte dele, introduzindo o ciclo do cálcio e de outros elementos químicos. Por sua vez, o estudo das reações químicas oferece rico contexto de aplicação e desenvolvimento desse conceito, além da discussão sobre a ocorrência e caracterização de reações químicas. A sequência didática será apresentada com detalhes no capítulo 3 desta tese.

2.2 – AS RELAÇÕES ENTRE A METODOLOGIA E AS QUESTÕES DE PESQUISA

A coleta de dados ocorreu durante três meses, com a frequência de três aulas de ciências por semana. Duas aulas geminadas na 3ª feira e uma aula na 5ª feira. Ao todo foram filmadas trinta e seis aulas referentes à unidade 1 da coleção didática. Essas aulas foram transcritas e a análise e escolha dos episódios foi realizada juntamente com ajuda das imagens, o que nos ampliou as possibilidades de obter informações sobre as dinâmicas discursivas estabelecidas nessa sala de aula.

Obtivemos um conjunto de produções escritas composto por três avaliações, um exercício avaliativo e uma atividade feita em dupla em sala de aula. Fazem parte do conjunto de dados também um pós-teste (anexo 1), realizado sete meses após o término da filmagem das aulas e as entrevistas realizadas com o professor e com cinco alunos abordando suas respostas ao teste. Além desses, os alunos da turma responderam um questionário (anexo 2) sobre a efetividade das ações adotadas pelo professor identificadas nas aulas filmadas.

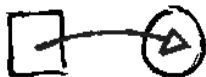
Voltando às questões de pesquisa apresentadas na introdução, justificamos o uso das diferentes fontes de dados como se segue. Para responder a primeira questão - Como os estudantes de uma sala de aula de ciências do oitavo ano do ensino fundamental se apropriam e usam o conceito de elemento químico, ao longo de uma sequência de ensino orientada para seu desenvolvimento? - analisaremos as aulas gravadas em vídeo e as produções escritas dos estudantes nas avaliações.



De acordo com o referencial teórico adotado nesta pesquisa, consideramos que as interações discursivas estabelecidas em sala de aula podem nos indicar o modo de como os estudantes apropriam-se da linguagem típica do contexto em estudo, e, conseqüentemente internalizam ou não os conceitos estudados. Já as produções escritas seguem como uma forma de complementar a análise, permitindo-nos ampliar informações sobre o processo acompanhado acerca dos conceitos em estudo em uma outra forma de representação que é a escrita. É importante ressaltar que consideramos os contextos e condições de produção do discurso, especialmente importantes no caso dos textos escritos, que são parte da avaliação formal da escola. Apesar de os estudantes terem realizado outras atividades de produção escrita, todas elas também avaliadas pelo professor, não encontramos subsídios para analisar a apropriação e uso do conceito de elemento químico, já que elas eram referentes a atividades propostas pelo livro didático que abordam a história da ciência. Tais atividades, consideradas muito importantes pelo professor, relacionam-se com a história da tabela periódica, de Lavoisier e da lei da conservação da massa. As duas atividades realizadas são compostas de um texto e questões para sua interpretação. Os estudantes as fizeram em dupla e entregaram ao professor.

Considerando a segunda questão apresentada - Como o professor atua e organiza as atividades, intervenções e dinâmica discursiva na sala de aula estudada de modo a favorecer o desenvolvimento do conceito envolvido? Em que medida tais intervenções e dinâmica mostram-se adequadas e eficazes? - analisaremos também as aulas gravadas em vídeo, o questionário respondido pelos estudantes e as entrevistas realizadas com o professor.

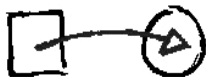
As anotações no caderno de campo, inicialmente contribuíram para a escolha das aulas da sequência que nos permitiram a identificação de episódios de ensino representativos do uso do conceito de elemento químico e da caracterização da dinâmica discursiva na sala de aula estudada em termos das intenções do professor, conteúdo, abordagem de ensino, padrões de interação discursiva e formas de intervenção (MORTIMER; SCOTT, 2002, 2003). Essa análise constituiu um trabalho apresentado no VI ENPEC (AGUIAR E SILVA, 2007), Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, o qual



contribuiu muito para a discussão dos dados e de sua validação. Outro trabalho também originou-se dessas discussões (AGUIAR, MENDONÇA E SILVA, 2007) e foi apresentado nesse mesmo encontro. Além disso, os episódios retirados dessas aulas fizeram parte da discussão no grupo de pesquisa Linguagem e Cognição em Salas de Aula de Ciências do qual fazemos parte. O primeiro trabalho (SILVA E AGUIAR, 2007) foi transformado em artigo e publicado na revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências.

Para compor o capítulo 3 desta tese e responder as questões 1 e 2 de modo satisfatório, escolhemos sete episódios representativos do modo como os estudantes usam e apropriam-se do conceito estudado durante a sequência didática e como o professor organiza as atividades desenvolvidas.

Posteriormente, o questionário respondido pelos estudantes (anexo 2), que será apresentado e analisado nos capítulos 3 e 5, também consolidou nossa escolha das aulas e dos episódios para análise, pois nele identificamos as ações adotadas pelo professor e consideradas pelos estudantes como formas que os ajudam a aprender ciências. Além disso, foi realizado um mapeamento de todas as aulas filmadas que foram assistidas várias vezes, compondo dados para constituir um mapa de eventos (anexo 3) que foi confeccionado também com a ajuda das anotações do caderno de campo. Essas anotações nos auxiliaram na identificação de um conjunto de vinte e uma ações utilizadas pelo professor durante suas aulas. Com esse conjunto de ações construímos um questionário (anexo 2) intitulado -“O que mais nos ajuda a compreender/ aprender ciências?”. Os estudantes escolheram entre as opções 1 (para aquelas ações que ajudam pouco a aprender ciências), 2 (para aquelas ações que ajudam a aprender ciências) ou 3 (para aquelas ações que mais ajudam a aprender ciências) referentes à importância que atribuem a cada uma das ações para a sua aprendizagem de conceitos em ciências. Esse questionário foi aplicado pelo professor que durante a aplicação salientou a possibilidade da introdução de outras ações que os estudantes não tenham localizado na listagem e de indicarem também outros comentários que achassem importantes.



Juntamente a esses materiais, utilizamos as impressões do professor em duas entrevistas realizadas, uma antes da primeira prova e outra no final da sequência de ensino. Em relação ao professor, também foram mantidas sistematicamente conversas antes e depois das aulas, o que nos ajudou muito no entendimento dos seus propósitos e até mesmo para conversar sobre as angústias geradas pelo tempo curto para realização de todas as atividades propostas no livro didático e sobre a indisciplina e dispersão dos estudantes durante as aulas. Sobre esses propósitos e angústias discutiremos com mais detalhes nos capítulos 3 e 5 desta tese.

O pós-teste (anexo 1) foi constituído por questões elaboradas de acordo com alguns pressupostos que consideramos importantes na aprendizagem dos estudantes. Esse teste constituiu-se de cinco questões discursivas nas quais o contexto era o ciclo do carbono na natureza. As questões abordavam o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, análise de equações químicas representativas dos fenômenos da fotossíntese e respiração relacionadas à ideia de ciclo, nas quais os estudantes deveriam apontar substâncias, fórmulas, número de átomos, além de explicar sobre a ocorrência ou não do átomo de carbono em substâncias diferentes. Em seguida, os estudantes avaliaram uma afirmativa baseada na fórmula da glicose e finalmente foram solicitados a explicar sobre a presença dos sumidouros de carbono, relacionando o álcool com a gasolina em termos de suas contribuições como poluentes. Em todas as questões do teste, os estudantes analisaram e explicaram situações as quais evocavam a utilização dos conceitos de elemento, substância, transformação e ciclo de materiais.

O teste foi aplicado no final do mês de novembro, sete meses depois da conclusão da sequência didática. Naquela ocasião, solicitamos a identificação de cada estudante. Não ficamos satisfeitos com o envolvimento dos estudantes na atividade. A dispersão foi grande e muitos não se interessaram em responder com a atenção que esperávamos. Essa situação pode ser justificada pelo cansaço que eles já apresentavam, pela proximidade do término do ano letivo e pela falta de motivação por uma tarefa não avaliada pelo professor. Os resultados do teste serão discutidos no capítulo 5.

Diante da identificação de respostas vagas, ou até mesmo falta delas em alguns testes, e por outro lado, de boas respostas em outros, optamos por escolher cinco estudantes,



entre bons e maus resultados no teste, para uma entrevista com o objetivo de nos aproximar melhor de seus modos de pensar. Para essa escolha, contamos com a ajuda do professor com indicações de estudantes que poderiam contribuir mais em uma entrevista no sentido de não se intimidarem com o gravador e com a minha presença. Essas entrevistas foram gravadas apenas em áudio e transcritas. Não utilizamos as entrevistas com os estudantes para análise, mas as consideramos importantes no processo de aproximação com os dados coletados.

Para a terceira questão apresentada na introdução - a antecipação do estudo desse conceito no nível fundamental, com estudantes mais novos, baseada em uma abordagem que relaciona fenômeno, linguagem e representação através de modelos de partículas pode auxiliar em uma apropriação mais eficiente desse ao longo da educação básica? - partimos do pressuposto de que, após as análises dos dados para compor as respostas para as questões 1 e 2, possamos concluir sobre essas possibilidades as quais apresentaremos de modo detalhado e aprofundado nos capítulos 3, 4 e 5 desta tese.

2.3. ALGUMAS CATEGORIAS UTILIZADAS PARA ANÁLISE DE DADOS

A escolha pela gravação das aulas faz parte de uma metodologia de pesquisa que pretende superar uma limitação associada às análises que empregam a transcrição do discurso produzido, que, por mais sofisticadas que sejam, não possibilitam a incorporação mais sistemática de dados não verbais (MORTIMER ET AL 2007). Segundo esses autores, a categorização feita diretamente sobre a imagem em vídeo das aulas possibilita uma análise do discurso, que leva em consideração um conjunto de modos de comunicação e não apenas a linguagem verbal.

A análise desse conjunto de dados nos fornece pistas para compreender os gêneros de discurso que circulam na sala de aula pesquisada por meio da descrição e análise das diferentes estratégias enunciativas aí utilizadas. Pretendemos, assim, caracterizar a sala de aula pesquisada por meio da dinâmica discursiva representativa das interações entre os componentes e das linguagens sociais utilizadas (MORTIMER E SCOTT (2003); TOURINHO (2008); SILVA (2009)).



Utilizaremos o conceito de gênero de discurso como um conjunto de estratégias usadas pelo professor para produzir, em interação ou não com os estudantes, os enunciados na sala de aula de ciências pesquisada (MORTIMER ET AL, 2007). Ao caracterizar essa sala de aula em termos dos gêneros que permeiam as dinâmicas discursivas, pretendemos identificar os processos de significação e de apropriação do conceito de elemento químico.

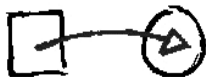
Para Wertsch (1998), os casos concretos de discurso se dão na forma de enunciados. A noção de enunciado deriva de Bakhtin (1986, p.71 apud WERTSCH 1998), como a unidade real de comunicação discursiva. Na teoria bakhtiniana, o enunciado reflete as condições específicas e as finalidades das diferentes esferas da atividade humana, não só por seu conteúdo temático e por seu estilo verbal, mas também por sua construção composicional. Os enunciados relacionam-se, portanto, com as especificidades de uma dada esfera de comunicação (MORTIMER ET AL, 2007).

Para Bakhtin e Wertsch, as diversas formas de linguagem proporcionam diferentes focos organizativos de elementos discursivos que os falantes adotam e utilizam de maneiras únicas quando produzem enunciados. Para Bakhtin:

Um gênero de discurso não é uma forma de linguagem, mas uma forma típica de enunciado; como tal, o gênero inclui também uma certa classe típica de expressão que lhe é inerente. No gênero, a palavra adquire uma expressão típica particular. Os gêneros correspondem a situações típicas de comunicação discursiva, a temas típicos e, conseqüentemente, também a contatos particulares entre os significados das palavras e da realidade concreta de acordo com certas circunstâncias típicas. (BAKHTIN, 1986, p.87 apud WERTSCH, 1998)

Os gêneros discursivos podem ser considerados modos de mediação ou situações de produção de significados. Eles desempenham um papel tanto na produção quanto na compreensão do discurso.

Com intuito de obter a perspectiva de como o professor trabalha com os estudantes para desenvolver os significados na sala de aula, utilizaremos algumas das categorias da ferramenta de análise do discurso das salas de aula de ciências propostas por Mortimer e

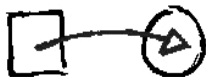


Scott (2002, 2003), e ampliadas por Mortimer et al, (2007), Tourinho (2008) e Silva (2009). Tais categorias permitir-nos-ão caracterizar a abordagem comunicativa estabelecida na sala de aula pesquisada, assim como os padrões de interação emergentes e as intervenções e intenções do professor. Para a análise dos dados, adotamos o conceito de abordagem comunicativa (Mortimer e Scott, 2002, 2003; Scott, Mortimer e Aguiar, 2006) que fornece a perspectiva sobre como o professor trabalha as intenções e o conteúdo do ensino por meio das diferentes intervenções pedagógicas. Nesse contexto, os autores caracterizam a abordagem comunicativa por meio do discurso estabelecido entre alunos e professor e entre alunos. Esse discurso então pode se constituir em duas dimensões, sendo a primeira: discurso dialógico ou de autoridade. De acordo com esses autores:

...quando esse trabalho é desenvolvido, a abordagem do professor pode ser caracterizada ao longo de duas dimensões. A primeira pode ser caracterizada como um contínuo entre dois pólos extremos: o professor considera o que os estudantes têm a dizer do ponto de vista do próprio estudante; ou o professor considera o que o estudante tem a dizer apenas do ponto de vista da ciência escolar. A primeira dessas posições é chamada de abordagem comunicativa dialógica – mais de um ponto de vista é considerado e idéias são exploradas – e a segunda, abordagem comunicativa de autoridade – apenas um ponto de vista é considerado. (MORTIMER E SCOTT, 2002)

A segunda dimensão de análise dos autores volta-se para a interatividade, definida em termos da participação dos estudantes na interação verbal com professores. O discurso é considerado interativo quando mais de uma pessoa participa de sua elaboração e não-interativo quando apenas uma pessoa o produz.

Em nossa análise, caracterizamos o discurso nos episódios escolhidos indicando a perspectiva de como o professor trabalha com os estudantes para desenvolver as ideias na sala de aula de ciências. O quadro a seguir mostra as combinações possíveis entre as dimensões dialógica e de autoridade e tipos de discurso interativo e não interativo, que podem gerar quatro classes de abordagem comunicativa. Essas abordagens podem se relacionar ao papel do professor ao conduzir o discurso da classe, mas também podem se aplicar para caracterizar as interações que ocorrem apenas entre estudantes.



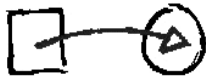
DISCURSO	INTERATIVO	NÃO-INTERATIVO
DIALÓGICO	<i>Interativo / Dialógico</i>	<i>Não-interativo / Dialógico</i>
DE AUTORIDADE	<i>Interativo / de autoridade</i>	<i>Não-interativo/ de autoridade</i>

Quadro 1: Quatro classes de abordagem comunicativa (MORTIMER; SCOTT, 2002, 2003)

Consideramos que as sequências de falas, que podem ser de natureza dialógica ou de autoridade, sejam enunciadas individualmente ou entre pessoas. A consideração de diferentes perspectivas é que caracteriza o discurso dialógico.

Outra categoria proposta por Mortimer e Scott (2002, 2003), como ferramenta de análise do discurso das salas de aula que utilizaremos é a identificação dos padrões de interação que emergem quando professor e aluno alternam turnos de fala. Os autores apresentam alguns tipos de interação como os triádicos I-R-A (Iniciação do professor, Resposta do aluno, Avaliação do professor), os padrões não triádicos constituídos por cadeias de interação fechadas (I-R-P-R-P-R-A, nas quais P corresponde a uma fala do professor para sustentar a produção discursiva do estudante e dar prosseguimento à sua fala) ou cadeias abertas (do tipo I-R-P-R-P-R..., nas quais o professor não faz uma avaliação final). Há ainda outros tipos de padrão, por exemplo, os que envolvem a iniciação de sequências pelos próprios estudantes (MORTIMER ET AL, 2007). Esse último tipo, iniciação feita pelos próprios estudantes, interessa-nos particularmente nessa pesquisa, pela frequência em que ocorrem nessa sala de aula e, sobretudo, pelas evidências que nos oferecem dos modos como os estudantes usam e apropriam-se do conceito de elemento químico.

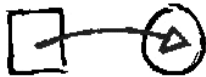
Em relação às formas de intervenções do professor, utilizaremos as 21 ações caracterizadas diretamente nas aulas filmadas, apresentadas e utilizadas para a análise dos episódios de ensino no capítulo 3. Juntamente a essas ações identificadas nas aulas específicas desse professor, utilizaremos em nossas análises as intenções do professor e



as formas de intervenções pedagógicas relacionadas no trabalho de Mortimer e Scott (2003) como apresentados nos quadros 2 e 3 a seguir:

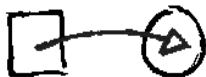
Intenções do professor	Foco
Criando um problema	Engajar os estudantes, intelectual e emocionalmente, no desenvolvimento inicial da ‘estória científica’.
Explorando a visão dos estudantes	Elicitar e explorar as visões e entendimentos dos estudantes sobre ideias e fenômenos específicos.
Introduzindo e desenvolvendo a ‘estória científica’	Disponibilizar as ideias científicas (incluindo temas conceituais, epistemológicos, tecnológicos e ambientais) no plano social da sala de aula.
Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas, e dando suporte ao processo de internalização	Dar oportunidades aos estudantes de falar e pensar com as novas ideias científicas, em pequenos grupos e por meio de atividades com a toda a classe. Ao mesmo tempo, dar suporte aos estudantes para produzirem significados individuais, internalizando essas ideias.
Guiando os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e responsabilidade por esse uso	Dar suporte aos estudantes para aplicar as ideias científicas ensinadas a uma variedade de contextos e transferir aos estudantes controle e responsabilidade (Wood et al., 1976) pelo uso dessas ideias.
Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da ‘estória científica’	Prover comentários sobre o desenrolar da ‘estória científica’, de modo a ajudar os estudantes a seguir seu desenvolvimento e a entender suas relações com o currículo de ciências como um todo.

Quadro 2: Intenções do professor (Mortimer e Scott, 2003)



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

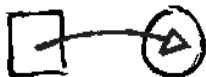
Quadro 3: Intervenções do professor (Mortimer e Scott, 2003)



Além desses parâmetros, contamos com as importantes contribuições de Ogborn et al (1996) para a análise e discussão sobre as formas de explicar e a produção de significados nas salas de aulas de ciências.

Considerando outro conjunto de dados, as produções escritas dos estudantes, ancoramos nas ideias de Carvalho e Oliveira (2005), os quais consideram que a discussão de ideias e a escrita de textos nas aulas de ciências têm se consolidado como importante ferramenta para a criação de um sistema conceitual coerente. Para Carvalho, falar, ouvir e procurar uma explicação sobre os fenômenos, depois escrever e desenhar, isto é, expressar-se em diversas linguagens, solidifica e sistematiza os conceitos aprendidos. No caso desta pesquisa, ressaltamos a importância do exame das produções escritas como forma de identificar formas de pensar dos estudantes, durante e ao final da sequência de ensino. Consideramos que os textos produzidos nas avaliações, levando em conta o contexto social de sua produção, fazem parte da caracterização das formas com que os estudantes usam e apropriam-se do conceito de elemento químico na sala de aula pesquisada.

Ao considerar a abordagem bakhtiniana que aponta os enunciados como um elo na cadeia de comunicação verbal, ressaltamos que, ao escolher as aulas para análise, consideramos um todo representativo da rotina da sala de aula pesquisada. A sequência didática e os critérios para as escolhas das aulas e episódios de análise estão detalhados no capítulo 3 desta tese.



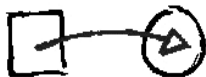
CAPÍTULO 3 - A PRODUÇÃO DE SENTIDOS NAS INTERAÇÕES DISCURSIVAS EM SALA DE AULA

Neste capítulo apresentamos a sequência de ensino pesquisada, situando-a no contexto da coleção didática adotada e no planejamento do professor. Apresentamos também as concepções de ensino e as ações implementadas pelo professor ao longo da sequência. Caracterizaremos as aulas filmadas por meio de um mapa de eventos no qual estarão presentes a data e número da aula, as atividades realizadas e sua tipologia, o tema e as ações adotadas pelo professor (anexo 3). Escolhemos episódios de ensino que serão analisados do ponto de vista das intenções e intervenções do professor, abordagem comunicativa e dos padrões de interação, apresentando evidências dos sentidos em construção (MORTIMER E SCOTT, 2002, 2003). Finalmente concluiremos com a caracterização dos processos de apropriação e produção de sentidos pelos estudantes ao longo da sequência de ensino pesquisada.

O objetivo de caracterizar a sequência de ensino juntamente às análises dos episódios é o de responder as questões apresentadas na introdução desta tese: Como os estudantes de uma sala de aula de ciências do oitavo ano do ensino fundamental apropriam-se e usam o conceito de elemento químico ao longo de uma sequência de ensino orientada para seu desenvolvimento? Como o professor atua e organiza as atividades, intervenções e dinâmica discursiva na sala de aula estudada, de modo a favorecer o desenvolvimento dos conceitos envolvidos? Em que medida tais intervenções e dinâmica se mostram adequadas e eficazes?

3.1. A SEQUÊNCIA E A ABORDAGEM DE ENSINO

A sequência de ensino que faz parte desta pesquisa enquadra-se no planejamento anual do professor e está em sintonia com a organização proposta pelo livro didático adotado. Para o 8º ano do ensino fundamental, o livro *Construindo Consciências* (APEC, 2004) está dividido em quatro unidades, que foram distribuídas pelo professor em seu planejamento anual, conforme indicado no Quadro 4.



Unidade	Meses
1. As transformações dos materiais	Fevereiro, março e abril
2. O nosso corpo é dinâmico	Maior, junho e julho
3. História natural da sexualidade	Agosto e setembro
4. O organismo humano e suas interações com o ambiente	Setembro, outubro, novembro e dezembro

Quadro 4: O planejamento dos conteúdos do ensino ao longo do ano letivo (conforme unidades didáticas do livro didático adotado)

Como apresentado na introdução deste trabalho, é a unidade 1 que faz parte de nossa análise quanto ao uso e apropriação do conceito de elemento químico. O tempo destinado a essa unidade corresponde à primeira etapa do ano letivo.

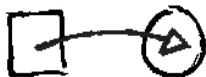
Nas primeiras aulas do ano letivo, o professor propôs à turma um contrato de trabalho, assim chamado por ele, que inclui orientações para estudo e organização dos materiais – caderno de notas e pasta de Ciências Naturais. Nessas aulas inaugurais, o professor anunciou ainda que o caderno ou pasta seria avaliado ao final da primeira etapa, em data a ser combinada. O aluno também seria responsável pela avaliação, uma vez que soube de antemão quais eram as metas propostas.

Outras atividades são avaliadas e os 30 pontos destinados à primeira etapa foram assim distribuídos:

Atividade	Valor (pontos)
Atividades semanais	10
Avaliações mensais	8
Caderno/ pasta e auto-avaliação	4
Avaliação final	8

Quadro 5: Atividades avaliadas na primeira etapa

Dentre as atividades semanais, foram avaliados o Para Casa, as atividades do livro e outras atividades propostas pelo professor, realizadas em duplas ou em pequenos grupos em sala de aula. Duas avaliações mensais e uma final foram realizadas, cujos resultados serão analisados no capítulo 4 deste trabalho.

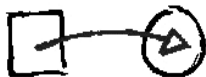


A abordagem de ensino da coleção didática é compartilhada pelo professor, que segue fielmente as atividades propostas. Há momentos em que ele propõe outras que se enquadram no mesmo estilo metodológico. A coleção é fruto de um trabalho desenvolvido por uma equipe de pesquisadores que atua em diversos projetos de pesquisa em ensino, reformulação curricular e formação continuada de professores de Ciências, Biologia, Física e Química.

Em linhas gerais, as concepções sobre o papel da educação em ciências no Ensino Fundamental que permeiam a coleção e que são apontadas na assessoria pedagógica (APEC, 2004), podem ser sintetizadas em alguns pontos fundamentais:

- A certeza de que é importante trabalhar as ideias prévias dos estudantes, para promover a aprendizagem das ideias e recursos intelectuais produzidos pelas ciências;
- A convicção de que é possível trabalhar as ideias prévias dos estudantes, organizando os conteúdos do currículo de ciências em torno de temas vinculados às vivências dos estudantes;
- A disposição de promover maior comunicação entre os saberes das várias disciplinas que compõem a área de Ciências Naturais;
- A clareza de que é necessário escolher e privilegiar certas ideias-chave que estruturam o saber das Ciências Naturais e promover de modo progressivo oportunidades para que os estudantes possam compreendê-las e apropriar-se delas;
- A necessidade de promover reflexões sobre a natureza das ciências e suas relações com a tecnologia e a sociedade contemporânea.

Na coleção, os conteúdos habitualmente tratados no curso de ciências no Ensino Fundamental são reorganizados de modo que as ideias estruturadoras do pensamento científico possam ser revistas e relacionadas entre si. Assim, os temas tradicionalmente tratados nos quatro últimos anos do Ensino Fundamental (ar, água e solo no 6º ano, seres vivos no 7º, corpo humano no 8º e conteúdos de Química e Física no 9º) são trabalhados nesta coleção com uma abordagem e seriação diferentes da tradicional. Essa

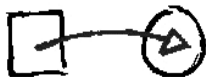


mudança, bem como outras, decorre, segundo os autores, da prioridade à integração entre as disciplinas que compõem a área de Ciências Naturais. Isso contribui para a abordagem dos conceitos nos contextos de vivência dos alunos e para promover a compreensão dos recursos criados pelas ciências para explicar os fenômenos naturais.

Na concepção de currículo e de educação em ciências dos autores destacam-se ideias que configuram importantes metas para o ensino de ciências. Entre elas: o aluno como sujeito da aprendizagem; a sala de aula como espaço coletivo de produção de conhecimentos; a aprendizagem de conceitos científicos nos contextos de uso; a aprendizagem de procedimentos e atitudes; a diversidade das atividades de ensino e aprendizagem; a compreensão da natureza das ciências como meta de ensino das ciências e uma abordagem integradora dos saberes disciplinares.

Na unidade 1, encontramos atividades intituladas: Trocando ideias, Faça em seu caderno, Mãos à obra, Ciência tem história, O que você aprendeu sobre, Pesquisando sobre, Ciência em debate, além de textos introdutórios e de sistematização. Essas atividades são classificadas de acordo com suas características e objetivos como problematizar, levantar ou organizar conhecimentos prévios, investigar, exemplificar e informar, articular, avaliar e usar informações. O contexto das transformações dos materiais contempla o estudo dos minerais e a vida no capítulo 1 e das transformações dos materiais no capítulo 2.

A discussão iniciada no 8º ano introduz o conceito de elemento químico, inserido nos ciclos dos materiais na natureza assim como a ideia de que a vida guarda continuidade com elementos que compõem a matéria não-viva, o que promove uma aproximação entre a biologia e a química. O tema transversal saúde é contemplado em orientações sobre uma boa alimentação e cuidados na reposição mineral na prevenção da osteoporose. A noção de elemento químico é utilizada ao longo do capítulo de um modo preliminar e contextualizado. Não são apresentadas definições e nem feitas menções a modelos atômicos sofisticados que exigem maior capacidade de abstração, tópico reservado ao livro do 9º ano. Segundo os autores, é fundamental que o aluno compreenda que os elementos químicos na natureza encontram-se combinados, formando a variedade de substâncias encontradas em rochas e seres vivos. A tabela



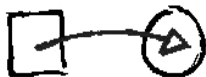
periódica é apresentada de modo contextualizado com ênfase na identificação e reconhecimento dos elementos químicos que fazem parte da dieta dos estudantes regulando uma variedade de funções no organismo. Vale ressaltar que a tabela periódica é apresentada na coleção didática, desde o 6º ano, com o objetivo de organizar, ampliar e sistematizar as informações sobre os diversos elementos químicos tratados ao longo dos capítulos. É destaque a abordagem a partir de contextos significativos de vivência dos estudantes, que vai assumindo progressivamente ideias mais abstratas. Dessa maneira, embora algumas atividades presentes no livro do 8º ano já façam menção a representações e modelos microscópicos, não é aprofundada a noção de átomo, assim como a ideia de descontinuidade da matéria ou, ainda, abordada a teoria de ligações químicas. Todos esses temas são retomados ou introduzidos no livro do 9º ano.

Em lugar de partir de uma definição, poucos exemplos e muitos exercícios, a estratégia adotada na coleção consiste em apresentar diversos contextos e situações problematizadoras, que permitem introduzir os estudantes em modelos e formas de pensar da química e, aos estudantes, aplicar tais ideias em situações novas.

O estudo das transformações dos materiais inicia com uma revisão das características iniciais e finais de alguns sistemas estudados nos livros do 6º e 7º anos para, em seguida, apontar evidências que auxiliem na identificação de reações químicas. Desse modo, alguns textos dessa unidade abordam aspectos de transformações já estudadas em anos anteriores.

No capítulo 2 da unidade, é feita a sistematização do estudo das reações – realizado nos livros de 6º e 7º anos –, introduzindo novas discussões sobre os fatores que afetam a sua rapidez e os aspectos relacionados com a absorção e a liberação de energia e conservação de massa. No volume do 6º ano, discutiu-se as transformações dos materiais, considerando as mudanças nas propriedades como evidências de uma reação e, no volume do 7º ano, tratou-se de alguns fatores que influenciam a rapidez das reações nos alimentos, tais como a temperatura e a presença de oxigênio ou de conservantes.

Uma vez caracterizada a abordagem do tema ‘Transformações de Materiais’ na coleção didática adotada, que se justifica pelo uso fiel e refletido que dela faz o professor,



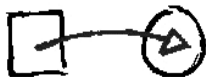
passamos a seguir a descrever as atividades de ensino desenvolvidas que constitui o que denominamos mapa de eventos.

3.2. O MAPA DE EVENTOS

O mapa de eventos apresentado no anexo 3 foi construído com a ajuda das anotações do caderno de campo e após assistirmos inúmeras vezes a todas as aulas filmadas. Cada aula foi detalhada em função das atividades propostas pelo professor, desenvolvidas de acordo com o livro didático.

A familiaridade com esse trabalho registrado no caderno de campo e revisitado por meio das aulas gravadas permitiu-nos identificar algumas ações recorrentemente utilizadas pelo professor. Listamos 21 ações e validamos a sua presença nas aulas por meio do questionário respondido por todos os alunos ao final da sequência de ensino¹. Essas ações foram identificadas aula a aula e listadas no quadro a seguir.

¹ Esse questionário será analisado no capítulo 5 da tese.



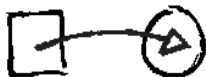
Ações identificadas nas aulas
1.O professor levanta perguntas para a turma antes de iniciar o trabalho sobre um tema de ciências.
2.O professor explora perguntas feitas pelos colegas sobre um determinado conceito ou tema.
3.O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma.
4.Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala.
5.O professor responde as perguntas feitas pelos colegas na sala de aula.
6.O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma.
7.O professor corrige exercícios feitos em casa ou na sala de aula.
8.O professor tira dúvidas dos alunos individualmente nos grupos ou na carteira.
9.O professor faz leituras comentadas do livro texto com a participação da turma.
10.O professor propõe exercícios ou atividades a serem feitos em dupla em sala de aula.
11.O professor explica a matéria e os alunos acompanham em silêncio.
12.O professor desenvolve aulas práticas manipulando ele mesmo o experimento e solicitando participação da turma na previsão e explicação dos resultados.
13.O professor propõe atividades experimentais a serem realizadas pelos alunos em grupos.
14.O professor discute os resultados dos experimentos com a participação da classe
15.O professor usa modelos, analogias e representações para explicar coisas que não vemos.
16.O professor propõe pesquisas e trabalhos a serem feitos em casa e os alunos trazem suas contribuições para discussão na sala de aula.
17.O professor faz sínteses ou conclusões gerais sobre um determinado assunto.
18.O professor solicita que os alunos façam sínteses ou conclusões sobre determinado assunto, auxiliando quando necessário.
19.O professor propõe debates e solicita dos alunos argumentos a favor ou contrários a um ponto de vista.
20.O professor relata como se desenvolveu uma determinada ideia científica.
21.Professor e alunos exploram exemplos do cotidiano de aplicações de um determinado conceito científico.

Quadro 6: Ações identificadas nas aulas

No total de 36 aulas filmadas, 13 foram geminadas e 3 foram destinadas à realização de avaliações. Consideramos então 20 aulas de trabalho com os capítulos 1 e 2 da unidade 1 do livro didático.

O quadro 6 dá-nos visibilidade à diversidade de ações encontradas nessas aulas. Agrupamos essas ações em subgrupos conforme indicado a seguir:

- Intervenções discursivas que buscam a participação dos estudantes: Ações 1 a 6
- Condução do trabalho em sala de aula: Ações 8 a 11 e 15, 16, 17, 20 e 21
- Condução de atividades experimentais em sala de aula: Ações 1, 12 a 14 e 21

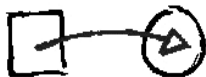


O objetivo de apresentar esses dados é dar maior visibilidade ao modo de como o professor trabalha. Verificamos que as estratégias 2 a 8 são muito utilizadas pelo professor e que fazem parte de um modo de conduzir as aulas caracterizado na abordagem comunicativa dialógica e interativa (MORTIMER; SCOTT, 2002, 2003), apresentada no capítulo 2 dessa tese. Já as estratégias 1, 9, 10, 17 e 21 são de utilização mediana e representam uma estrutura de organização das aulas com a consideração das ideias prévias dos estudantes, da leitura de textos presentes no livro didático, da realização de sínteses ou conclusões gerais e da exploração de exemplos do cotidiano em que se aplicam determinados conceitos científicos. As ações utilizadas em menor proporção são o uso de atividades experimentais demonstrativas ou realizadas em grupo pelos estudantes. No total de 20 aulas, foram realizadas em grupo 5 atividades experimentais e 3 foram conduzidas pelo professor com a participação dos estudantes. A menor frequência de tais atividades nas aulas justifica-se pela demanda de tempo e recursos. Entretanto, é preciso dizer que tais atividades tiveram um importante papel na sequência de ensino e geraram importantes desdobramentos, explorados pelo professor como será possível verificar em alguns episódios selecionados para análise.

As intenções e intervenções do professor juntamente à abordagem comunicativa e os padrões de interação (MORTIMER E SCOTT, 2003) serão identificados e analisados nos episódios de ensino que apresentamos a seguir.

3.3. ANÁLISE DE EPISÓDIOS DE ENSINO: EVIDÊNCIAS DOS SENTIDOS EM CONSTRUÇÃO

Diante de todo o material coletado, conforme procedimentos descritos no capítulo 2, fizemos opção pela escolha de episódios da sequência de ensino que fossem mais significativos do ponto de vista da abordagem comunicativa, da introdução e usos do conceito de elemento químico por estudantes e professor e da possível identificação de um processo de construção de significados no ambiente de sala de aula. Para isso, as ações adotadas pelo professor e identificadas no quadro 6 tiveram uma grande

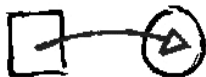


contribuição. Para a escolha dos episódios a serem analisados nesta tese, assumimos os seguintes critérios:

- I. Conteúdos do discurso, relacionados ao conceito de elemento químico;
- II. Presença marcante da participação dos estudantes, podendo ser discurso interativo e dialógico ou de autoridade;
- III. Episódios que geram um movimento de significação, que repercutem na sequência de ensino para além o momento da aula.
- IV. Variedade de propósitos de ensino e de estratégias enunciativas, que determinam a emergência dos enunciados, tais como: abertura para discussão, debates iniciais, introdução das ideias científicas, apropriação e uso dos conceitos em tarefas relevantes, extensão a novos contextos e relações com outros conceitos.

Apresentamos, no quadro a seguir, a identificação dos episódios que serão analisados e algumas características predominantes em cada um deles. Logo depois passamos a apresentá-los seguidos de suas análises.

EPISÓDIO	INTENÇÕES	CONTEÚDOS
1. O ferro do pé da cadeira	Criando um problema Explorando a visão dos estudantes	Minerais e alimentação; ciclos de minerais
EP. 2 – O que é um elemento?	Introduzindo e desenvolvendo a ‘estória científica’	Elemento químico
Episódio 3: Eu preciso da atenção de todos!	Introduzindo e desenvolvendo a ‘estória científica’	Elemento químico
Episódio 4: Como os cientistas imaginam que é o pé da cadeira	Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas com vistas à internalização.	Diferenciação entre elemento químico, substâncias e misturas, valendo-se do modelo de partículas. Diferenciação entre átomos e moléculas como constituintes da matéria
Episódio 5: Reações químicas – das evidências às explicações	Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas com vistas à internalização (agenda) Guiando os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso (a partir do problema assumido pelos estudantes)	Agenda: critério para identificar ocorrência ou não de reação química (análise das evidências). Nova agenda proposta pelos alunos e assumida pelo professor: busca de uma



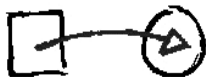
		explicação para a reação do sulfato de cobre com a palha de aço (causa das evidências)
Episódio 6: Representando um fenômeno: a decomposição da água oxigenada	Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas com vistas à internalização e na expansão de seu uso	Representação e fenômeno (a equação química e a reação correspondente) – Noções de estequiometria (balanceamento da equação) Modelo de reação química como rearranjo de átomos
Episódio 7 – Estabelecendo diferenças	Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas com vistas à internalização	Diferenciação entre elementos e substâncias e entre átomos e moléculas

Quadro 7 : Os episódios escolhidos para análise

3.3.1. O primeiro episódio (aulas 4 e 5): o ferro do pé da cadeira

O primeiro episódio faz parte das aulas 4 e 5, iniciando o capítulo 1 da sequência de ensino, são aulas geminadas de 50 minutos cada. Nessas aulas, identificamos a maioria das ações identificadas em toda a sequência de ensino pesquisada. Combinando os critérios I, II, III e IV, estabelecidos para a escolha dos episódios com o conjunto de ações do professor, consideramos o episódio muito significativo no contexto da sala de aula estudada.

Como ações do professor, encontramos nessas aulas e nos episódios que delas selecionamos: levantamento de perguntas para a turma antes de iniciar o trabalho sobre o tema; exploração de perguntas feitas pelos estudantes com a participação da turma; perguntas para conduzir raciocínios com a turma; respostas às perguntas feitas pelos estudantes; correção de exercícios feitos em casa; leituras comentadas do livro texto com a participação da turma; proposta de exercícios a serem feitos em dupla em sala de aula; intensa participação dos estudantes com perguntas sobre o tema da aula; explicação da matéria com o acompanhamento dos alunos em silêncio; uso de modelos, analogias e representações para explicar coisas que não vemos; sínteses e conclusões gerais sobre o tema; exploração de exemplos do cotidiano de aplicações dos conceitos estudados.



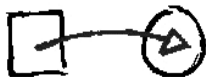
Analisamos, então, do ponto de vista da abordagem comunicativa, a dialogia e interatividade com o objetivo de identificar o papel do professor ao conduzir o discurso da classe e também para caracterizar as interações que ocorrem entre os estudantes. Analisamos também os padrões de interação que surgem na medida em que a dinâmica discursiva se desenvolve. Nessa análise consideramos as iniciações e as respostas de professor e alunos, a avaliação do professor, o feedback e as ações do professor que permitem o prosseguimento de fala do aluno (MOTIMER; SCOTT, 2002, 2003).

Neste primeiro episódio escolhido para análise, um mesmo estudante (Rafael²) expõe suas ideias acerca da possibilidade da ingestão de ferro metálico (retirado do pé de uma cadeira) para suprir as necessidades desse mineral no nosso organismo. Nas aulas 1, 2 e 3 o professor abriu o capítulo discutindo com os estudantes o ciclo do fósforo, representado por meio de um esquema ilustrado no livro didático, em que se apresentam as variadas ocorrências desse elemento químico nos ambientes e cadeias alimentares. Na primeira aula aqui analisada (quarta aula da sequência), os estudantes levaram os resultados de uma pesquisa solicitada pelo professor em que deveriam verificar, nos rótulos dos alimentos industrializados que eles consomem, a presença dos componentes listados nas questões propostas. Na aula anterior, o professor havia levado vários rótulos de alimentos para a sala e os estudantes foram solicitados a analisá-los buscando dados para responder às mesmas questões propostas. Os estudantes, em grupos, fizeram parte da atividade em sala e a concluíram em casa individualmente. O episódio analisado refere-se à discussão coletiva dessa mesma atividade.

As questões propostas na tarefa do livro didático foram:

1. Anote a composição do produto indicada no rótulo.
2. Verifique se o rótulo indica a presença de carboidratos, proteínas, gorduras e vitaminas.
3. Verifique se o rótulo indica a presença de sais minerais, tais como cálcio, ferro, fósforo, sódio e potássio.
4. Discuta com seus colegas: quais seriam as funções dos sais minerais em nosso organismo?

² Adotamos nomes fictícios para referir aos alunos.



Cabe destacar que a terceira questão dessa atividade pode reforçar a indiferenciação entre elemento químico e a forma pela qual esse elemento encontra-se nos sais minerais presentes nos alimentos que ingerimos. Essa distinção também não é feita no capítulo 1 da unidade estudada nas aulas acompanhadas. A pergunta deveria se referir “*a presença de sais minerais de cálcio, ferro, fósforo, sódio e potássio*”. Lembramos que o conceito de elemento químico ainda não havia sido apresentado e a atividade pretendia justamente fornecer contexto para seu desenvolvimento. No desenrolar da atividade em sala de aula, o professor não manifestou estranheza com relação ao enunciado da questão 3.

Apresentamos aqui a transcrição³ que compõe o primeiro episódio analisado, no qual alunos e professor participam de uma discussão sobre o ferro presente nos alimentos. Algumas questões envolvem a discussão sobre a origem do ferro dos alimentos e em qual forma ele é ingerido e absorvido por nosso organismo. O episódio registrado a seguir é um momento dessa discussão, que ocorre com intensa participação dos estudantes que, muitas vezes, falam ao mesmo tempo. O professor tenta organizar o debate e destaca, para discussão com a classe, o comentário feito pelo aluno Rafael, sobre a ingestão de terra como meio de obter sais minerais.

1.Rafael: Professor, eu acho que se comer terra faz bem. *((muitos falam ao mesmo tempo, mas a fala do aluno se destaca entre as demais))*

2.P: Vamos explorar essa ideia. Eu acho que na aula passada eu devo ter falado alguma coisa assim, sais minerais compõem o solo, não falei?

3.Alunos: falou!

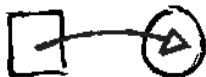
4.P: Gente, então a ideia do Rafael não é tão ruim assim, será que se a gente comer terra resolve a nossa necessidade de sais minerais? *((os alunos riem))*

5.A?: Eu já comi terra. *((inaudível, vários alunos falam ao mesmo tempo))*

6.P: Vocês estão falando dos micro-organismos que estão no solo, as bactérias podem fazer mal? Mas será que é só isso então, que se eu só comesse terra resolvia meu problema de sais minerais?

7.Geraldo: *((inaudível, ele tenta explicar mas há muito ruído na sala, pois outros alunos respondem ao mesmo tempo))*

3 Para os dois episódios analisados, utilizamos os símbolos **P**, para professor, **A?** para aluno não identificado, **Alunos**, quando muitos falam e, para alunos específicos, nomes fictícios. Apresentamos a transcrição por turnos de fala que estão numerados e alternam entre professor e alunos. Acrescentamos, ainda, comentários contextuais entre duplo parêntesis e itálico.



8.P: Mas a planta tem essa capacidade, e a gente não tem não?

9.Geraldo: Temos só que menor, eu acho que tipo, menor quantidade.

10.P: Mas olha só o Geraldo está falando o seguinte: A planta tem a capacidade de pegar os sais minerais do solo e pegar o que ela precisa e o que ela não precisa, eu tô perguntando para ele, será que nós, humanos, temos essa capacidade de comer terra e aproveitar...?

11.A?: não, comer terra não. *((intensa participação da classe, vários alunos falam e outros levantam a mão))*

12.P: Calma, vou ouvir todos, primeiro a Luana;

13.Luana: Mas a planta pega só o que precisa, a gente não teria essa capacidade, de pegar as coisas boas. *((muitos alunos tentam explicar ao mesmo tempo))*

14.P: Mas isso é uma coisa que tem que ser analisada, por exemplo, vocês sabem que o pé dessa mesa é feito de ferro, e o ferro é um dos sais minerais que a gente listou no alimento? *((o professor mostra o pé da mesa))*

15.A?: É.

16.P: Será que se eu comer um pedacinho de pé de mesa eu resolvo meu problema de ferro?

17.A?: Não!!! Tem que estar de forma comestível.

18.P: De forma comestível? Explica isso.

19.Rafael: se você fizer poeirinha com isso e comer aí não vai ser tão duro.

20.P: Ahhh! Se eu raspasse esse pé aqui e comesse esse pé raspado... Como é que é? Esse pé aqui da mesa não saiu da terra não? *((o professor mostra novamente o pé da mesa))*

21.A?: Acho que não.

22.P: O que vocês acham? Esse ferro aqui não saiu da terra?

23.A?: Saiu sim! Saiu da onde então?

24.Geraldo: É uma coisa que a gente já está adaptado a comer.

25.P: Você está falando que o organismo está adaptado a algumas substâncias e a outras não. Então o ferro, esse ferro de pé de mesa não? Mas e o ferro que estava lá na torrada, desculpa, o que tinha ferro? Fala pra mim.

26.A?: Pipoca de microondas.

27.P: Pipoca de microondas? Feijão preto? Mas será que este ferro que está no feijão ou na pipoca é diferente desse ferro aqui? *((o professor mostra novamente o pé da mesa))*

28.A?: *((inaudível, muitos alunos tentam responder))*

29.P: Quem acha que é o mesmo ferro?

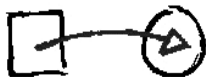
30.Rafael: É mas eu acho que é em menor quantidade.

31.P: Ok, está em menor quantidade. Muita pergunta e pouca resposta, né?

32.Luana: De onde vem esse ferro daqui? O ferro dos alimentos. *((a aluna mostra o caderno no qual fez as anotações dos rótulos de alimentos))*

33.P: Vamos tentar responder a pergunta da Luana.

34.Samuel: do milho



35.Luana: Não to falando do ferro não só da pipoca, porque tem outros alimentos com ferro. ((*a aluna fala para o Samuel*))

36.A?: Ué, do solo.

37.Samuel: o milho nasceu da terra...

38.Luana: como é que o ferro ia nascer assim do chão sei lá. ((*todos prestam atenção na Luana*))

39.Samuel: Vem do animal morto que cai na terra.

40.A?: Risos.

41.P: O ferro tem um ciclo semelhante aquele do fósforo. Você está lembrada? Então ele está presente no solo, aí a planta acaba absorvendo, esse ferro que vai parar lá no milho, o grão de milho vira pipoca e então a Luana vai comer a pipoca. Aí o ferro passa a fazer parte da Luana.

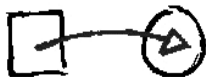
42.A?: Ai a Luana vira defunto e...

43.A?: Risos.

44.P: É um jeito de o ferro voltar para o solo.

45.Luana: então ferro é o que? Sei lá, é um pozinho? Um liquidinho?

O primeiro turno é marcado por um comentário de aluno que gera a sequência enunciativa desse episódio. O discurso do professor é dialógico e a participação dos estudantes sinaliza um modo característico desse professor interagir com seus alunos. Os estudantes perguntam, o professor reelabora e devolve a pergunta para a turma e tenta ouvir a todos (turnos 4, 6, 12, 14, 16 e 27). Nesse processo, as perguntas saem do campo mais imediato (*comer terra faz bem?*) e passam a configurar-se enquanto pontes entre o conhecimento cotidiano dos estudantes e alguns conceitos científicos que vão sendo introduzidos ainda que de forma não sistemática (*se eu só comesse terra resolveria o problema de sais minerais?; de onde vem o ferro da pipoca ou do feijão?; é o mesmo ferro do pé da mesa?*). No turno 4, encontramos um exemplo desse modo de conduzir a aula muito utilizado pelo professor em toda a sequência didática. O professor sempre faz o possível para que os comentários ou dúvidas de um colega sejam compartilhados por toda a turma. No turno 10, novamente o professor insiste na discussão de um ponto que será desenvolvido mais adiante em uma atividade sobre hortas hidropônicas, como o objetivo de promover o entendimento do que são os sais minerais e de como eles passam a fazer parte do corpo de animais e vegetais. É evidente que alguns estudantes acreditam que “comer terra faz bem”, outros não comeriam devido à presença de microorganismos. Mas a dúvida permanece. Então, como o ferro

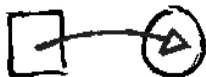


passa a fazer parte do nosso organismo? Os sais minerais encontram-se somente no solo? Muitas perguntas e poucas respostas são características da aula, propositalmente conduzida dessa forma, pelo fato de ser uma aula de início do capítulo. Nela o professor pretendia buscar, nas falas dos estudantes, ideias e formas de raciocínio a respeito do assunto que seria foco das aulas posteriores. Portanto, o propósito do professor, nessa aula, é o de problematizar o conteúdo e explorar as visões que os alunos têm a respeito dele (MORTIMER E SCOTT, 2003). Tal propósito coincide com o que Ogborn et al (1996) denominam “estabelecendo diferenças”, o que prepara uma explicação que está por vir, pelo estranhamento em relação ao que já se supunha conhecido e que se torna potencialmente problemático.

Esse debate de abertura constitui-se como espaço de interlocução sobre o tema e de construção de perguntas que servirão de contexto para a formação do conceito de elemento químico. O professor não introduz os conceitos evocados, mas antes constrói, com os estudantes, perguntas que apontam nessa direção. Além disso, começa a tratar do conceito de ciclo de materiais, que fornece base para a introdução do conceito de elemento químico na proposta de ensino adotada.

Podemos reconhecer nesse primeiro episódio, aspectos apontados por Scott et al (2006) como representativos da abordagem comunicativa interativa e dialógica, tais como: alto grau de interanimação de ideias, debate livre na sala de aula, espaço aberto para a exposição de ideias, trabalho cooperativo, iniciações e perguntas feitas por estudantes, relações mais simétricas entre os participantes e a inexistência de comentários avaliativos por parte do professor. Tal caracterização é bastante evidente, sobretudo no início do episódio (turnos 1 a 12).

Algumas ideias são desenvolvidas nesse trecho da aula, dentre as quais se destaca a ideia de ciclo. Inicialmente, a participação do aluno Rafael é marcante, pois inicia a discussão sobre a forma com que o ferro, identificado como um sal mineral importante para o nosso organismo, passa a fazer parte da constituição do nosso corpo. O professor dá voz ao aluno, considerando a importância da discussão, pois o conceito de elemento químico e de substância poderia começar a fazer parte do vocabulário dos estudantes.

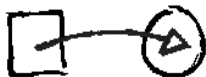


Além da ideia de ciclo, os estudantes questionam sobre a forma de absorção do ferro pelas plantas e pelo homem. Alguns acreditam na capacidade que as plantas têm de absorver do solo somente o que é necessário para a sua nutrição, mas não conseguem estabelecer uma comparação com o modo de nutrição humano. Outros parecem acreditar também que tudo que está no solo é sal mineral e que comer solo poderia fazer bem, pois esse seria fonte de ferro, o mineral em questão.

No turno 16, o professor introduz a questão sobre a possível diferença entre o ferro que constitui o pé da mesa e o ferro presente no solo. Essa é uma importante discussão que fundamenta a compreensão sobre a natureza da matéria e as propriedades apresentadas por ela quando formada por diferentes substâncias. A pergunta do professor é intencional, para promover a discussão sobre as diferentes formas de encontrar-se o ferro, ou seja, a questão proposta aos estudantes é: “*o ferro metálico é o mesmo ferro presente no solo?*”. A intenção é de antecipar e sinalizar uma relação entre o elemento ferro e as formas em que ele se apresenta – a forma metálica ou combinado a outros elementos - formando as substâncias presentes nos alimentos. Tal ideia não é apresentada nesse momento, mas o professor parece criar contextos para que, nas próximas aulas, ela apresente-se como modelo explicativo necessário e consistente.

No turno 19, o estudante Rafael apresenta uma hipótese de que a forma comestível para o ferro pode ser obtida transformando-o em uma “poeirinha”, provavelmente por ser considerada mais própria para a ingestão. Mais uma vez, o professor questiona sobre a forma em que se encontra o ferro nos alimentos (turno 20), contrapondo com o ferro do pé da mesa. Os estudantes participam da discussão (turnos 21 a 30) buscando respostas, apresentando suas ideias e refletindo sobre colocações dos colegas. No turno 30, após a insistente pergunta do professor sobre a comparação entre o ferro do pé da cadeira, metálico, e o ferro presente nos alimentos, o estudante Rafael retoma a sua ideia de igualdade, mas acrescenta que, nos alimentos, o ferro encontra-se em menor quantidade.

O episódio termina com a discussão sobre ciclo e com a insistente busca por respostas pela estudante Luana, que, nessa aula, ainda não se deu por satisfeita, apesar da tentativa do professor em responder às suas solicitações (turno 41). O professor retoma a ideia de ciclo discutida inicialmente, buscando reformular algumas respostas dos estudantes e

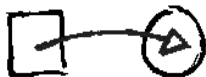


conferir legitimidade e autoridade à discussão. Embora predominantemente dialógica, vemos, ao final do episódio, a tentativa do professor em legitimar uma linha de raciocínio e um certo ponto de vista dentre aqueles que foram apresentados pelos estudantes ou introduzidos pelo ensino (como o ciclo do fósforo, citado por ele).

Em relação aos padrões de interação, encontramos frequentemente, nesse e nos outros episódios aqui analisados, iniciações feitas pelos estudantes. Essa característica compõe uma marca das aulas do professor e das estratégias por ele utilizadas para envolver os alunos na construção de sentidos para os conteúdos científicos. A partir de uma pergunta ou comentário feito por um estudante, ele desenvolve a aula ou parte dela tentando fazer com que a pergunta seja de interesse e discutida por todos. Tal estratégia é bem sucedida e, além da discussão aqui apresentada, o ‘problema do pé da mesa’ é evocado em outras aulas da sequência de ensino. Os padrões I-R-P-R (iniciação do estudante, resposta do professor, ação discursiva que dá prosseguimento à fala do estudante – em geral outra pergunta – resposta do estudante) são frequentes gerando cadeias expandidas. Os estudantes não apenas respondem as perguntas do professor, mas comentam, completam, respondem e criticam enunciados de outros colegas. Não encontramos com frequência esse tipo de interação em outros trabalhos que analisam episódios de ensino. Ao final da sequência, a cadeia fecha-se com uma síntese (S) do professor (padrão I-R-P-R...-S), na qual ele enuncia ideias relevantes a serem retomadas nesta aula e nas aulas posteriores.

Os entendimentos dos estudantes Geraldo, Luana e Rafael sobre o tema são bastante próximos de ações cotidianas e das aparências de objetos a eles familiares. A atividade permite um estranhamento com o universo que a química apresenta, o que fica evidente no enunciado final da aluna Luana (turno 45). Mesmo a aproximação pretendida pelo professor entre elemento químico e os minerais presentes na alimentação, mostra-se ainda distante dos modos de pensar dos estudantes, apesar dos progressos apresentados por Samuel que parece ser capaz de aplicar o conceito de ciclo no novo contexto que se apresenta.

O conceito de elemento químico não é sequer evocado, mas a ideia de ciclo de minerais na natureza é desenvolvida como uma possível ponte entre temas familiares aos



estudantes (alimentação, necessidades alimentares e rótulos de produtos comestíveis) e os conceitos químicos a serem desenvolvidos em resposta a tais contextos. Essa ausência justifica-se por ser esta uma aula introdutória, cujo propósito principal era de explorar e problematizar as ideias iniciais dos estudantes sobre os minerais presentes nos alimentos a partir da leitura dos rótulos de composição alimentar. Isso explica ainda a ausência de definições previamente estabelecidas ou introduzidas pelo professor e, ainda, a ausência de um fechamento dos temas tratados nessa aula.

Os principais aspectos do primeiro episódio foram sistematizados a seguir levando em conta os critérios de nossa análise:

Intenção do professor	Criando um problema/ Explorando a visão dos estudantes
Conteúdo	Criar condições para o desenvolvimento da estória científica
Abordagem	Interativo Dialógico
Formas de intervenção (Ações)	O professor: Explora perguntas feitas pelos estudantes e faz perguntas para conduzir o raciocínio com a turma, propõe debates e solicita dos alunos argumentos a favor ou contrários a um ponto de vista.

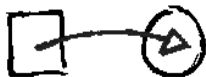
Quadro 8: Episódio 1 - O ferro do pé da cadeira

3.3.2. O segundo episódio (aulas 4 e 5): O que é um elemento?

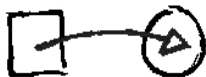
Nesse episódio, o professor começa a aguçar nos estudantes o interesse em compreender o que é um elemento químico. Ele faz parte das mesmas aulas, 4 e 5, mas ocorre depois da discussão sobre os exercícios feitos com os rótulos dos alimentos. Professor e alunos fazem uma leitura comentada de um texto do livro didático que apresenta o título: “O caso do cálcio”. No texto, o elemento químico cálcio é apresentado como um exemplo de mineral que participa da constituição do organismo humano, das conchas e dos minérios.

((A aluna Tatiana está lendo parte do texto e é interrompida pelo professor))

1. P.: Dá uma paradinha aí Tatiana, está até em negrito aí no livro, “*o cálcio é um elemento*”. E aí a gente vai voltar aqui, o que é ser um elemento?
2. Tatiana: É estar na tabela quântica!



3. P.: É estar na tabela quântica? Talvez você queira dizer a tabela periódica? Será que é isso então, que elemento...
 4. Aluno: Não!
 5. P.: Não, será que não é isso não? Não gostou dessa idéia não?
 6. Aluno: Elemento é alguma substância existente.
 7. P.: Será que carboidrato é um elemento?
 8. Alunos: Sim!
- ((Muitos alunos respondem))
9. Rafael: Professor, carboidratos são muitos, então não.
 10. P.: Peraí, carboidratos são muitos tipos de carboidratos, então ele não é um elemento. Eu preciso da concentração de vocês. Eu quero saber o que será essa história de elemento, por que o cálcio é um elemento? O Rafael está falando ali, que o carboidrato tem vários tipos. Basicamente foi isso! Ou eu estou falando bobagem?
 11. Gustavo: ((fala algo indicando o livro))
 12. P.: O Gustavo espertinho foi aqui um pouco na frente do livro, e ele viu a tabela periódica, eu tenho quase certeza que vocês já viram essa tabela.
 13. Alunos: Eu já vi!
- Ela é complicada!
- ((Falas simultâneas))
14. P.: Mas vocês já conhecem ela ao ponto de saber se ela é complicada? Olha a ideia do Gustavo, ele está falando o seguinte: Se ele é elemento, ele está aqui na tabela. Agora, não tem aqui na tabela o quadradinho do carboidrato! Por que não tem o quadradinho do carboidrato?
 15. Gustavo: Porque tem vários existentes.
 16. P.: Vocês estão ouvindo a ideia do Gustavo? Ela é importante! Ele está falando aqui, que não tem carboidratos, porque são vários, e você pega os elementos aqui para fazer o carboidrato. E é por isso que ele não está aqui.
 17. P.: Segundo o Gustavo eles são formados pelos elementos que estão aqui. O que vocês acham da ideia do Gustavo? Será que é isso? Carboidrato não é elemento, porque os elementos que estão aqui formam os carboidratos. Será que é isso?
 18. Luana: Pode ser, mas também pode não ser.
 19. P.: Será que o cálcio é formado por alguma coisa? Pois o Gustavo está dizendo que o carboidrato é formado de outros elementos. O cálcio é formado por outros elementos?
 20. Aluno: ele está aqui, como ele pode ser formado por outros elementos? Parece que ele é puro.
 21. P.: Ele é puro?
 22. Alunos: Também acho!
- ((Falas simultâneas))
23. Aluno: Mas de onde ele surgiu?
 24. P.: Se ele é puro da onde ele surgiu? De onde vem as substâncias, né Luana?
 25. Luana: Igual ao que ele falou que vem alguma coisa e forma uma pessoa, o que forma o cálcio? De onde ele surgiu?



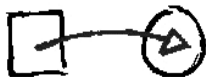
26. Gustavo: Se você pensar assim, metade dessa tabela aqui vai por água abaixo, só o que foi determinado nessa tabela é que são substâncias puras.
27. P.: Então a gente tem que investigar melhor essa ideia do Gustavo. Vamos só repetir ela rapidinho, essa tabela aí é uma lista de elementos, pegando esses elementos, você pode fazer outras coisas, por exemplo: carboidratos. Mas que tem outras coisas que não são feitos de nada, como o cálcio, o cálcio ele está chamando de uma matéria pura, o que vocês acham? Luana o que você acha dessa ideia do Gustavo?

Nesse episódio, destaca-se como intenção do professor a introdução e o desenvolvimento da ‘estória científica’. O discurso caracteriza-se como representativo da abordagem comunicativa interativa e dialógica com padrões muito parecidos com o episódio anterior. Essa abordagem parece-nos pouco efetiva para o propósito de introduzir um conceito afastado da experiência cotidiana dos estudantes. A atitude neutra do professor frente aos problemas colocados aos estudantes, que não sabem como responder ao que é solicitado - *o que é ser um elemento?* - não favorece o processo de busca de estabelecimento de pontes entre os esquemas de que dispõem os estudantes e os conceitos científicos evocados pelo professor.

A solução encontrada pelos estudantes à solicitação do professor consistiu na busca por um referente simbólico para o conceito. Um desses referentes é a tabela periódica, pois segundo os estudantes, se é elemento está na tabela. Outro referente remete à lista de nutrientes nos rótulos de alimentos, o que conduz à identificação equivocada dos carboidratos como elemento químico. Essa busca é, a nosso ver, característica dos complexos associativos descritos por Vygotsky.

A ideia de elemento como constituinte das substâncias é buscada pelo professor sem sucesso. Acreditamos que, nesse caso, apenas a chamada de atenção para o que seja elemento químico sinaliza uma primeira aproximação com uma das ideias principais do estudo na sequência didática, pois o conceito de elemento químico é demasiadamente abstrato para que os estudantes enunciem o seu significado nesse contexto.

As abordagens comunicativas não são, como se vê, boas ou ruins, mas adequadas ou inadequadas a propósitos de ensino. Nesse caso, o discurso dialógico não se apresenta como estratégia viável e efetiva para a introdução e desenvolvimento de um conceito científico abstrato e afastado da experiência concreta dos estudantes. Parece-nos



significativo que um professor experiente como aquele que acompanhamos tenha dificuldades em selecionar modos de interação apropriados às condições e conteúdos a serem desenvolvidos e ao momento da sequência de ensino, o que reforça a convicção da necessidade de incluir tal dimensão na formação de professores de ciências.

Os principais aspectos do segundo episódio foram sistematizados a seguir levando em conta os critérios de nossa análise:

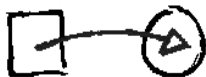
Intenção do professor	Introduzindo e desenvolvendo a ‘estória científica’
Conteúdo	Leitura orientada para a introdução da ideia de elemento químico
Abordagem	Interativo Dialógico
Formas de intervenção (Ações)	O professor faz leituras comentadas do livro texto com a participação da turma, propõe debates e solicita dos alunos argumentos a favor ou contrários a um ponto de vista.

Quadro 9 : Episódio 2 - O que é um elemento?

3.3.3. Terceiro episódio (aulas 9 e 10): Eu preciso da atenção de todos!

Antes das aulas 9 e 10, das quais fazem parte os episódios analisados nesta seção, os estudantes fizeram leituras e atividades orientadas pelo professor (aulas 4 e 5) sobre as necessidades diárias de cálcio por idade e sexo, a obtenção de cálcio pelo organismo e discutiram também sobre outros minerais importantes na nutrição humana como o cobre, o zinco e o ferro. Nessas discussões, ressaltou-se a presença dos minerais em seres vivos e não vivos e sua natureza cíclica no ambiente.

Foi realizada também, nas aulas 6 e 7, uma atividade experimental com o título “Hortas hidropônicas”. Nessa atividade, os estudantes discutiram sobre a importância dos minerais na nutrição vegetal e avaliaram também a necessidade do uso de adubos químicos em determinadas culturas em oposição aos ambientes naturais, como as florestas, nos quais, em geral, não há necessidade de adubação para o plantio. Foi feita a leitura dos rótulos do adubo químico utilizado para compor a solução para o plantio do feijão (atividade da horta hidropônica) com a identificação dos elementos químicos indicados nesses rótulos. Na aula 8, o professor levou os pés de feijão plantados (aulas 6



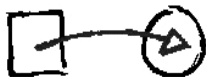
e 7) para a observação nos grupos de trabalho. Ainda na aula 8, os estudantes analisaram um quadro presente no livro didático com informações sobre os minerais essenciais à saúde. Os estudantes discutiram as informações em dupla destacando a importância de cada mineral para o organismo, os problemas causados pela sua deficiência e excesso e identificando alimentos nos quais os minerais são encontrados.

Nas aulas 9 e 10, o professor corrigiu as atividades realizadas em duplas e também realizou discussão coletiva sobre as respostas dos estudantes às questões de interpretação dos resultados da atividade “Horta Hidropônica”, agora com os pés de feijão já bem desenvolvidos e apresentando características diferenciadas relacionadas ao ambiente de cultivo (água ou solução nutritiva). Ao final da aula 10, o professor organizou uma sistematização sobre as discussões realizadas até o momento numa tentativa de melhorar a compreensão e o uso do conceito de elemento químico, mineral, substância e outros que surgem no contexto de estudo. O episódio a seguir é representativo dessa tentativa de sistematização.

((O professor pede a atenção da turma))

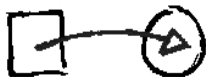
1. P.: Eu quero que vocês me ajudem a organizar algumas coisas aqui, eu preciso da atenção de todos agora, virem para o quadro. Luana, Rafael, virem aqui para o quadro, eu vou usá-lo agora. Eu vou começar a escrever algumas palavras aqui no quadro.
2. Luiz: Tem que anotar professor?
3. P: Não tem que anotar nada eu quero a atenção de vocês agora, vamos lá, escola, professor... ((o professor escreve várias palavras e letras no quadro: escola, professor, lápis, caneta, borracha, mochila, E,O,C,T,H))
4. P: E aí o que eu quero de vocês, eu mostro isso para vocês, essa bagunça que eu escrevi aqui no quadro, se eu pedisse para vocês organizarem isso de alguma maneira...
5. Valéria: Eu falei que isso pode ser o que tem na escola...
6. P: Então eu vou escrever outras palavras ((o professor escreve outras palavras)).
7. A: Tem no estacionamento.
8. P: Eu peço para vocês organizarem tudo isso, a Valéria está falando que classificaria tudo como coisas presentes na escola, é verdade, mas tem um H aqui, tem um E aqui, um S.

Nesses turnos de fala (1 a 8), o professor centraliza a atenção dos estudantes no quadro e cria grupos de palavras com a intenção de que os estudantes organizem palavras e letras de alguma forma. Depois de algumas tentativas, os estudantes tentam compreender aonde o professor quer chegar. O professor utiliza palavras, números,



letras, fórmulas, todos escritos no quadro na tentativa de agrupar conjuntos com características parecidas.

43. P: Então você Luana que estava perguntando onde é que eu queria chegar eu queria estabelecer uma relação para vocês entre, sétima série vamos concentrar? Vocês estão lembrados que a gente conversou sobre elementos? Eu estou querendo mostrar para vocês que os elementos formam outras coisas, assim como os números primos formam os outros números e assim como as letras formam palavras, ai eu queria uma ajuda de vocês com o seguinte: dessa lista aqui o que serão os elementos?
44. Alunos: Cobre, oxigênio, sódio, ferro. ((Muitos alunos respondem))
45. P: Se a gente seguir na mesma linha a ideia é que assim como os números primos formam os outros números, esses elementos, assim como os outros que eu não escrevi aqui formam as outras coisas, então por exemplo a água é formada...
46. Luiz: Ela é formada de alguns elementos, ela é formada por alguma coisa.
47. P: Ela é formada de alguma coisa, mas quais os elementos que formam a água?
48. Gustavo: Hidrogênio e Oxigênio.
49. P: Beleza, outro exemplo, o gás carbônico que é o CO_2 .
50. Gustavo: Carbono e oxigênio.
51. P: Agora reparem que, beleza, a gente está separando gaveta de elementos, eu marquei aqui, agora a gente já detectou algumas coisas que são formadas por elementos, a água é uma delas, o gás carbônico é outro exemplo, esses dois exemplos, água e gás carbônico eu coloquei aqui o que a gente chama de fórmula, essa fórmula mostra os elementos de que a água é formada né? Hidrogênio e Oxigênio, gás carbônico, o gás oxigênio. Mas e o Sangue que eu não coloquei nada? O sangue é formado por elementos também?
52. Gustavo: O sangue é feito de proteínas, tipo, a proteína por sua vez é feita de ferro, cobre oxigênio e vários elementos.
- ((respostas simultâneas, muitos alunos respondem))
53. P: O Gustavo está falando o seguinte. Antes de falar o que o Gustavo falou vamos classificar aqui primeiro, o carboidrato é elemento?
54. Sérgio: Não
55. P: Por que não?
56. Sérgio: Porque não está na tabela
57. Gustavo: Porque ele é formado de alguma coisa
58. P: Porque não está na tabela ou porque ele é formado de alguma coisa? É um pouco das duas coisas, o carboidrato é formado por outras coisas, vou falar para vocês, carbo-hidrato, esse carbo vem de carbono, e hidrato vem de hidrogênio, então principalmente carbono e hidrogênio, por isso que chama carboidrato, as proteínas vão ter carbono, vão ter hidrogênio, vão ter oxigênio.
59. Luiz: Mas tipo, duas coisas formam um elemento?
60. P: Como é que é? Se eu misturo duas coisas dá um elemento?
61. Luiz: Não, igual aos números você mistura os números dá outros números igual se você coloca dois elementos dá outro elemento.

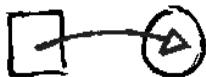


62. P: Dá outro elemento não. Olha só, quando eu pego dois elementos para formar a água, aí eu formo outro “*elemento*” que é a água?
63. A: Produto.
64. Gustavo: Material.
65. P: Outro material. O que vocês acham da idéia do Gustavo?
66. Luiz: Produto
67. P: Outro produto? Nesse caso é mais parecido com as letras e as palavras do que com os números, porque quando eu multiplico dois números primos da outro número não é.

Aqui ((o professor mostra os conjuntos no quadro)), quando eu pego letras eu formo outra categoria, quando eu tenho letras eu formo palavras, nesse sentido é mais parecido aqui, quando eu pego mais de um elemento eu formo materiais, eu formo substância, então eu peguei dois elementos ((o professor mostra os elementos no quadro)) para formar a substância água, eu pego dois elementos para formar a substância Gás carbônico, e assim por diante, eu peguei aqui o hidrogênio e o carbono que são elementos para formar as substâncias, que são os carboidratos.

68. Gustavo: E os carboidratos estão no leite...
69. P: Que foi o que a gente viu nos rótulos de alimentos né? Que o carboidrato fazia parte do pão dos biscoitos, etc... Só uma coisinha então, para terminar.

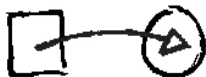
Nesse trecho (turnos 43 a 69) do episódio, os estudantes compartilham melhor da intenção do professor em utilizar a analogia de letras formando palavras como ponte para compreender a ideia de elementos formando substâncias. Há também uma diferenciação entre substância e mistura e nesse caso é importante a estratégia utilizada na qual o professor utiliza as palavras que estão escritas no quadro, sangue, por exemplo, para criar uma distinção entre elemento, que está na tabela, substância, que não está na tabela e as misturas, que são feitas de várias substâncias. No caso do carboidrato, já conhecido dos rótulos analisados anteriormente, ocorre a volta à pergunta que já tinha sido debatida, “*o carboidrato é um elemento*”? Os estudantes apresentam dois tipos de explicação: “*não porque não está na tabela periódica*”, nesse caso recorrem ao referente simbólico e o usam em várias situações no decorrer das aulas. Outra resposta foi: “*não porque ele é constituído de vários elementos*”, então não pode ser um elemento e sim uma substância. É importante ressaltar aqui a discussão que se desenvolve sobre a junção de dois elementos para dar outro elemento (turnos 60 a 67). O professor compreende que tal fato deve-se a uma aplicação inadequada da analogia com números primos e descarta essa analogia, concentrando-se naquela que associa elementos a letras e substâncias a palavras. Ele indica, ainda, a necessidade do uso correto dos termos elemento, produto e material e elege a expressão “*outro*



material” como mais adequado. Valendo-se da analogia, discute a composição de substâncias água e gás carbônico.

73. Pessoal olha só, uma última coisinha aqui, eu poderia fazer uma última comparação aqui que é a seguinte, todo mundo aqui já brincou com lego não já?
74. A: Já?
75. Norma: Eu brinco ainda.
76. P: Eu também brinco ainda. Norma, como é que nós podemos utilizar a ideia aqui, olha só.
77. A: Tem que pegar várias pecinhas para formar uma peça.
78. P: Como é que eu posso usar a ideia do lego para explicar essa coisa que eu estou querendo explicar?
79. A: Você pega várias pecinhas e faz um negócio grande.
80. P: Eu tenho aquela peça verde que eu faço a graminha, eu tenho a peça azul com 6 encaixes, eu tenho aquela peça pequenininha que eu faço farol, eu posso utilizar todas, essas peças para fazer brinquedos completamente diferentes, não é isso? Então eu tenho as peças e os brinquedos.
- ((Muitos alunos falam ao mesmo tempo))
81. P: No balde de lego, lá na parede do balde não vem uma lista das peças? Tantas pecinhas de cada? Então muito bem, então com um conjunto de cinquenta peças você consegue montar quantos brinquedos? A gente também tem uma lista de elementos, e esta lista de elementos é a tabela periódica, certo? Então quem está com livro aberto abre na página 20, a gente tem uns 100 elementos, e com esses 100 elementos eu construo diversas coisas na natureza, certo? Então eu queria só resumir as informações aqui, eu quero que vocês vão pra casa com isso na cabeça, assim como letras formam palavras, e os números primos formam os outros números os elementos formam as substâncias, formam as outras coisas, muito bem. E assim como o balde de lego tem uma lista de peças, a natureza também tem sua lista de elementos, essa lista de elementos é a tabela periódica.
82. Roberto: Hidrogênio, Oxigênio formam a água.
83. P: E o hidrogênio e o oxigênio formam a água e estão na lista que é a tabela periódica, a água não está na tabela, mas o hidrogênio e o oxigênio estão.

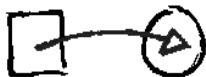
Ao final da aula (turnos 73 a 83), o professor ainda usa o exemplo do “*lego*” como artifício para indicar aos estudantes a natureza constituinte básica dos blocos assim como os elementos químicos. O uso do referente concreto continua sendo importante e é sustentado pelas analogias propostas pelo professor, além das referências feitas pelos alunos à tabela periódica e às fórmulas. Apenas em fases posteriores do desenvolvimento conceitual os estudantes poderão usar o conceito em sua forma mais abstrata sem a necessidade dos suportes acima mencionados.



Nesse episódio, destaca-se, como intenção do professor também, a introdução e o desenvolvimento da ‘estória científica’. As estratégias enunciativas neste episódio se diferem daquelas adotadas no episódio anterior. Embora continue a elaborar enunciados com a participação dos estudantes, o professor toma para si o protagonismo de quem tem algo importante a dizer e que quer ser ouvido. Ainda que contando com perguntas feitas à classe e esperando contribuições dos estudantes para elaborar seus enunciados, notamos nesse episódio uma intenção do professor em fornecer novos modos de pensamento e novas palavras para que os estudantes possam significar o que são os elementos químicos. Para isso recorre a analogias e indica a necessidade de atenção redobrada dos estudantes para o que ele tem a dizer. No princípio, o professor apenas sugere a analogia e espera que os estudantes complementem o que ele gostaria de enunciar e, apenas após o turno 43, toma para si a tarefa de apresentar as analogias e disponibilizá-las aos estudantes, mediante discurso interativo e de autoridade. Em suas ações, o professor apresenta analogias, cria situações para que os estudantes possam desenvolvê-la em situações exemplares familiares (água, gás carbônico, sangue, carboidratos, gás oxigênio), organiza ideias, direciona o raciocínio a ser desenvolvido pelos estudantes, avalia e corrige pontos de vista dos estudantes, reavalia as analogias de acordo com a compreensão que eles vão fazendo delas (números primos), e utiliza vários referentes analógicos para desenvolver a ideia de elemento como constituinte básico das substâncias. O professor compartilha com os estudantes duas idéias apresentadas: elemento como aquilo que está na tabela e como constituinte das substâncias.

Destacamos entre os estudantes a disposição em acompanhar o professor e o estabelecimento de vínculos entre os enunciados do professor / da ciência e os contextos familiares que lhes são apresentados (turnos 52, 68, 82).

Os principais aspectos do terceiro episódio foram sistematizados a seguir levando em conta os critérios de nossa análise:



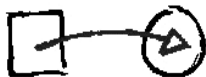
Intenção do professor	Introduzindo e desenvolvendo a ‘estória científica’
Conteúdo	Introdução de referentes concretos
Abordagem	Interativo de autoridade
Formas de intervenção (Ações)	O professor usa de modelos, analogias e representações, faz sínteses ou conclusões gerais e auxilia os estudantes em suas sínteses ou conclusões.

Quadro 10: Episódio 3 - Eu preciso da atenção de todos!

3.3.4. O quarto episódio (aulas 18 e 19): Como os cientistas imaginam que é o pé da cadeira

Este episódio é parte das aulas 18 e 19. Nessas aulas, o professor faz uma revisão do conteúdo trabalhado até então. Para contextualizar o que ocorreu entre as aulas 10 e as aulas que serão aqui apresentadas, passamos a descrever as atividades desenvolvidas até então.

Na aula 11, os estudantes realizaram uma atividade em duplas relacionada à classificação periódica dos elementos com ênfase na história de sua descoberta. Nesse contexto, os estudantes estudaram sobre a tabela periódica, identificando famílias e colunas, e a organização a partir do número atômico. Não foram discutidas com profundidade as grandezas número atômico e massa atômica. Nas aulas 12 e 13, os estudantes fizeram a primeira avaliação sobre os assuntos discutidos até então, que correspondem ao tema “Os minerais e a vida”, referentes ao capítulo 1 da coleção didática. Na aula 14, os estudantes iniciaram o capítulo 2 “Compreendendo as reações químicas” e fizeram uma discussão sobre o que é uma reação química com ênfase sobre as evidências de transformação. Nas aulas 15 e 16 os estudantes realizaram uma atividade experimental comparando os sistemas inicial e final de pequenos experimentos. Essa atividade foi discutida na aula 17 da qual faz parte o quinto episódio analisado neste capítulo. Nessas aulas, o professor utilizou-se de estratégias didáticas que variaram entre aulas expositivas, execuções e correções de exercícios, atividades



práticas em grupos, atividades demonstrativas, atividades de representação de reações químicas com massinha de modelar, atividades de interpretação de texto em duplas e uma prova.

Decidimos antecipar a apresentação do episódio das aulas 18 e 19 devido à maior proximidade com a discussão realizada no terceiro episódio. A decisão pela revisão (aulas 18 e 19 – quarto episódio) deu-se devido à identificação das dificuldades apresentadas pelos estudantes ao responderem as questões da prova aplicada. Para essa aula, o professor preparou slides com modelos de partículas com o objetivo de representar a constituição de diferentes substâncias. O propósito dessa aula era sistematizar a diferença entre elemento, substância e mistura considerada insatisfatória pelo professor nas respostas dadas pelos estudantes às questões da prova⁴.

É importante lembrar que, entre a aula 5 e 18, todas as atividades desenvolvidas (anexo 3) tiveram o objetivo maior de levar os estudantes a uma compreensão sobre a constituição dos materiais, tendo como contexto o ciclo dos minerais. Mas nenhuma atividade utilizando modelos de partículas foi realizada até então. No texto didático, são utilizadas fórmulas moleculares sempre que substâncias são citadas e a tabela periódica foi estudada apenas do ponto de vista da localização dos elementos químicos em colunas e períodos e da história de sua constituição. Também foi feita a diferenciação entre fórmula, para as substâncias e símbolo para os elementos.

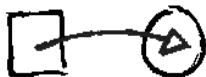
A seguir, apresentamos a transcrição do quarto episódio.

1.P: A coisa do ferro, Geraldo. *((o professor retoma uma pergunta feita anteriormente pelo aluno))* E as substâncias metálicas? O que eu estou chamando de substâncias metálicas, ferro metálico, cobre metálico, zinco metálico, aço, latão, etc., nessas substâncias um ou mais elementos estão ilustrados em estruturas como eu vou mostrar a seguir: *((o professor mostra slides com modelos de partículas, reproduzidas no telão para toda a classe))* Olha como os cientistas imaginam que é o pé da cadeira de vocês, diversos átomos de ferro empilhados e organizados. Vamos fazer uma diferenciação aqui, lá *((nos slides anteriores))* tem substâncias que chamamos de substâncias moleculares eu pegava, um oxigênio, outro oxigênio e formava uma molécula, mas tem uma diferença para o pé da cadeira, no pé da cadeira não tem uma estrutura que eu possa chamar de molécula, é um tanto de átomos do mesmo tipo todos enfileirados, empilhados, formando o ferro.

2.Rafael: Mas professor...

3.P: Aí não tem jeito de eu falar molécula de ferro, molécula do pé da cadeira, cadê molécula? Os átomos estão todos empilhados.

⁴ A análise das questões dessa avaliação e das respostas dos estudantes será feita no capítulo 4.



4.Rafael: Você não vai poder falar que esta molécula tem tantos de ferro, tantos e tantos de negócio, agora tem um tanto de átomos.

5.P: Certo, agora o que pode acontecer é como o aço, o aço é uma mistura de átomos de ferro com átomos de carbono, então o desenho não seria muito diferente não, mas entre um átomo de ferro e outro, tem um átomo de carbono, isso é o aço. Deu para entender? Muito bem.

6.P: Então, Geraldo e o resto da turma, tinha uma questão na prova assim: por que não podemos comer o pé da cadeira pra resolver o problema de ferro ou prá suprir as necessidades diárias de ferro?

7.A?: iii, já errei.

8.P: O nosso organismo, e o texto falava sobre isso, consegue absorver o ferro presente nas substâncias, mas se eu comer um pedaço de ferro o organismo não vai conseguir absorver esse ferro, esse ferro metálico, ou esse ferro organizado desta maneira.

((Terminam os slides e o professor entrega a prova))

9.Luana: Deixa eu ler?

10.P: Deixo, espera só um pouquinho Valéria, atenção a Valéria vai ler a questão dois e a gente vai conversar um pouquinho sobre a questão, Valéria pode ler:

11.Valéria: *((lê a questão da prova em voz baixa))* É possível meu organismo obter um elemento que eu não obtive na minha alimentação? *((o professor lê novamente a questão em voz alta))*

12.A?: Não

13.P: Por que não?

14.A?: Porque elementos formam substâncias.

15.P: Porque elementos formam substâncias, mas onde eu consigo elementos?

16.A?: Na natureza.

17.P: Na natureza, explica melhor.

18.A?: *((Inaudível, todos falam ao mesmo tempo))*

19.P: Peraí, Geraldo leia a sua resposta.

20.Geraldo: *((Geraldo começa a ler, em voz alta, sua resposta à questão))*: os elementos não podem ser criados em outros que não foram absorvidos pelo organismo, cada elemento tem seu ciclo e pode se misturar com outros elementos, mas não formam outros elementos.

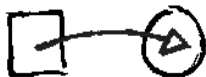
20.P: Ótimo, me empresta aqui Geraldo.

21.P: Resposta dois. *((o professor lê novamente a resposta do Geraldo))*: Os elementos químicos - resposta do Geraldo: os elementos não podem ser criados em outros que não foram absorvidos pelo organismo, cada elemento tem seu ciclo.

22.P: No livro, a gente viu isso, no livro tinha o ciclo do fosfato, o cálcio também tem no livro, então cada elemento tem seu ciclo, então o organismo não pode criar esse elemento do nada, ele tem que conseguir na alimentação. Eu tenho que pegar esse elemento em algum ponto do ciclo do elemento, tudo bem?

23.P: Vamos para a questão 3: É possível o organismo produzir novas substâncias a partir de elementos presentes nas substâncias que compõem os alimentos?

24.P: Vamos deixar a Luana tentar, Geraldo. Muito bem, o organismo não pode produzir elementos, ele tem que adquirir em outro lugar, da alimentação, mas e substâncias? O organismo pode criar novas substâncias? Sim? Não?



25.A?: Pode.

26.P: Pode? Quem dá um exemplo? Tem muitos exemplos aí ((o professor mostra o livro)) escritos, é só vocês lerem o que está aí. Olha, se eu quebro um osso do meu braço, esse osso depois de um tempo não vai crescer novamente? E fechar a fratura?

27.A?: Vai.

28.P: Vai né? Então eu não formei mais osso? Então eu formei uma nova substância a partir do cálcio que eu peguei no leite. Então pronto, o organismo consegue formar substâncias para formar osso.

29.A?: Depende do quebrado, se você deslocar muito ele não vai conseguir voltar mais.

30.P: É claro, nem precisa quebrar o osso, a gente não nasce deste tamanho e hoje não estou deste tamanho? Meus ossos cresceram, e onde meu organismo conseguiu mais cálcio para fazer mais osso?

31.A?: No cálcio

32.P: Nos alimentos que eu comi. Não só o cálcio, mas também outros.

((os alunos perguntam sobre notas e o professor explica; trecho não transcrito da aula))

33.A?: ((O aluno lê outra questão da prova))O ferro, zinco e o cobre são encontrados na natureza de forma apropriada para construir ferramentas? Justifique sua resposta.

34.P: Então se sair por aí, eu vou achar pedacinhos de ferro, zinco ou cobre, prontinho para fazer cadeira, martelo ou fio elétrico?

35.A?: Não.

36.P: Não. Muito bem André, o que que eu acho na natureza então?

37.A?: Minério.

38.P: Isso, eu acho minério de ferro, minério com cobre, minério com alumínio, e assim por diante, então eu tenho que pegar esse minério e fazer o material metálico. Tenho que pegar esse minério de ferro e fazer ferro metálico. Como é que está o ferro metálico? É só voltar no slide aqui olha ((o professor volta ao slide que apresenta o modelo de partículas para o ferro metálico)). Estão lembrados do átomo de ferro né? Eu não acho átomos de ferro organizadinhos assim, eu tenho o minério de ferro, por exemplo: Fe_2O_3 , é o minério de ferro, está vendo que eu falei uma fórmula? Então, eu estou me remetendo a uma substância, que substância é essa? Não é um elemento. Que substância é essa? Então tem ferro e oxigênio, lá na indústria metalúrgica o que eles vão fazer é pegar só o ferro do Fe_2O_3 e fazer isto aqui ((mostra novamente o slide)) para fazer o pé da cadeira, deu para entender?

39.Rafael: Professor faço idéia de quantos Fe_2O_3 são necessários para fazer o pé da cadeira.

40.P: Não é, quantas substâncias de Fe_2O_3 existem para fazer tanta cadeira.

41.P: É... bom, leia a B, que a gente vai responder.

42.Samuel: ((o aluno lê a questão)) Podemos suprir nossas necessidades de ferro comendo um pedaço da cadeira?

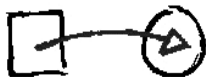
43.P: O que você respondeu?

44.Samuel: Não, pois nosso organismo não precisa de tanto ferro.

45.P: Não é bem isso.

46.Samuel: Não é totalmente certo, mas a idéia era essa.

47.P: Não é por isso que eu não posso comer um pedaço de ferro.



48.Rafael: Não, da maneira que o ferro está *((no pé da cadeira))* não permite que nosso organismo absorva ele.

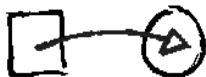
49.P: Exato. No finalzinho do texto tinha uma frase assim: O organismo não absorve o ferro metálico, o organismo só consegue absorver outras substâncias que contêm ferro, substâncias que estão presentes na nossa alimentação. Então se meu organismo não consegue absorver o ferro metálico, não adianta eu comer um pedaço de ferro.

Nesse episódio o uso dos termos átomo, molécula, elemento e substância é bastante explorado pelo professor. Esse uso foi se intensificando a partir do segundo episódio já apresentado. Consideramos esse uso representativo da intenção do professor em guiar os estudantes no trabalho com as ideias científicas com vistas à internalização, proporcionando assim contextos para que os estudantes utilizem esses conceitos adequada e progressivamente (MORTIMER E SCOTT, 2003).

Apesar das intenções do professor, em conversas nos finais das aulas e depois que ele fez a correção da primeira prova, houve, da parte dele, uma evidente frustração quanto aos resultados obtidos. Apresentamos alguns pontos que podem ter contribuído para tal resultado que, do meu ponto de vista, não foi tão ruim.

Na sequência didática desenvolvida, até então, nem o professor e nem o livro didático trouxeram definições e tampouco se valeram de modelo de partículas para representar ou diferenciar elemento químico, substância e mistura. Foram apresentados aos alunos, fórmulas e símbolos nos contextos de discussão na sala de aula ou nos textos do livro didático. Em muitos momentos das aulas que antecederam a prova, quando os estudantes utilizavam indiferenciadamente os termos elemento e substância, o professor detinha-se em dar mais exemplos. Apesar de seus esforços, o que mais marcou a diferença para os estudantes foi o fato de que os elementos eram aqueles que estavam na tabela periódica e aquilo que não estava na tabela era substância ou mistura de substâncias.

No episódio 4, o professor resolve se valer de outros recursos didáticos, como uso de modelos para a representação dos materiais, para dar suporte à diferenciação entre elemento, substância e mistura do ponto de vista da representação a nível microscópico. O uso das ideias científicas em outros contextos é agora sistematizado. É importante lembrar que a palavra átomo aparece nessas aulas pela primeira vez na voz dos

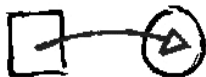


estudantes. O professor prossegue utilizando-a e identificando os átomos em seus modelos. Passa então a fazer parte do vocabulário das aulas de ciências, compondo as argumentações, dúvidas e explicações construídas com e pelos estudantes.

O aluno Rafael participa da aula e mostra outro nível de compreensão em relação ao ferro metálico (evocado no primeiro episódio) enquanto que outros alunos ainda apresentam dificuldades em relacionar a constituição do material com a presença de átomos, elementos, substâncias ou moléculas. No turno 4, Rafael acompanha o professor e a sua fala indica a compreensão sobre a diferença entre um material constituído por moléculas e outro, como o ferro metálico, constituído por átomos.

No turno 11, o professor corrige uma questão da prova sobre a possibilidade do nosso organismo obter um elemento que não existe em nossa alimentação. Os estudantes afirmam que não é possível, pois os elementos formam as substâncias que passam a fazer parte do nosso organismo. O professor dá continuidade e pergunta de onde vêm os elementos. Os estudantes afirmam que vêm da natureza. A ideia de ciclo aparece novamente, fato que indica uma boa utilização do conceito. O professor retoma a resposta dada por um estudante (turno 21) e a repassa para a turma considerando-a uma boa resposta. Cabe ressaltar aqui que, para a pergunta que aparece no turno 11, esperava-se mesmo uma resposta negativa, desconsiderando, nesse momento da discussão, a possibilidade de absorção de elementos químicos ou substâncias por outros meios, como através da respiração, por exemplo.

No turno 22, o professor dá um fechamento relembando os ciclos já estudados e passa para a próxima questão cuja discussão gira em torno da possibilidade do organismo produzir novas substâncias a partir de elementos químicos presentes nas substâncias que compõem os alimentos. O professor retoma a conclusão anterior da impossibilidade de criar novos elementos químicos, mas agora pergunta se isso não seria possível no que se refere às substâncias (turno 24). Os estudantes respondem e concordam com a possibilidade de formar novas substâncias e o professor prossegue (turnos 26 a 32) pedindo exemplos. Volta então ao ciclo do cálcio e usa, como exemplos, a reconstituição de fraturas e o crescimento de ossos.

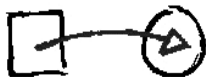


Uma outra questão é discutida (turno 33), relativa ao modo como se encontram na natureza os elementos químicos ferro, zinco ou cobre. “*Eles já estão prontos para fazer cadeira, martelo ou fio elétrico?*” Os alunos consideram que não é possível encontrar pedaços de metais prontos para a confecção de objetos. A discussão prossegue com a identificação da origem desses metais a partir do minério, presente na natureza (turno 37). O aluno Rafael faz um comentário a partir da explicação do professor considerando o quanto seria necessário usar de Fe_2O_3 para fazer o pé da cadeira. Ressaltamos aqui a participação desse aluno, interessado desde o primeiro episódio na constituição do pé da cadeira. Percebemos que, em relação ao primeiro episódio, há um avanço na compreensão que ele faz da constituição do pé da cadeira e também da origem do ferro metálico (turno 39).

A pergunta final remete-nos ao início do primeiro episódio, e novamente os alunos são questionados sobre a possibilidade de o organismo suprir as necessidades de ferro com a ingestão do ferro do pé da cadeira. O aluno Samuel lê a sua resposta (turnos 42 a 47) na qual considera que não é possível porque o nosso organismo não precisa de tanto ferro. Esta resposta indica a não compreensão da diferença entre o ferro metálico e aquele que faz parte das substâncias ingeridas a partir da alimentação. O professor indica que a resposta não é satisfatória e o aluno Rafael, mais uma vez responde indicando que da maneira que o ferro está no pé da cadeira, não é possível que o nosso organismo o absorva (turno 48).

Ao contrário do primeiro episódio, o professor assume um tom mais assertivo, centrado na perspectiva científica que foi desenvolvida nas aulas anteriores. Assim, além de oferecer estímulos para que os alunos apresentem seus argumentos (turnos 13 e 17), o professor organiza o debate propondo questões, marca ideias-chave (turnos 1, 22, 26, 38 e 49) e avalia sistematicamente a correção dos estudantes segundo a perspectiva científica (turnos 5, 20, 32, 36, 38, 40, 45 e 49). Trata-se, portanto, de uma abordagem comunicativa interativa e de autoridade. Os turnos dos estudantes são sempre seguidos por turnos do professor que corrige, avalia, complementa ou extrapola.

Quanto aos padrões de interação, encontramos em alguns momentos o mesmo padrão marcante do primeiro episódio I-R-P-R (iniciação do estudante, resposta do professor,



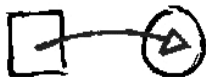
ação discursiva que dá prosseguimento à fala do estudante – em geral outra pergunta – resposta do estudante) e I-R-P-R...S (cadeias expandidas com síntese final). Nos demais turnos, o professor alterna em repetir a pergunta da prova, esperar respostas dos estudantes, avaliar a resposta, repetir a resposta dada para a turma, prosseguir com outra pergunta relacionada ao mesmo assunto ou prosseguir com outra questão da prova com padrões triádicos I-R-A. Esse ritmo predomina nessa e em outras aulas da sequência de ensino pesquisada, nas quais o professor corrige atividades ou provas.

Como estratégia enunciativa, o professor continua se valendo de ideias construídas em colaboração com os estudantes que vão sendo sistematizadas e compartilhadas com todos. Para tanto, assim como no episódio anterior, o professor apóia-se nos enunciados de estudantes que apresentam maior facilidade e interesse no trabalho com os conceitos científicos.

Os principais aspectos do quarto episódio foram sistematizados a seguir levando em conta os critérios de nossa análise:

Intenção do professor	Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas com vistas à internalização
Conteúdo	Ciclo dos minerais, Tabela periódica, Diferenciação entre átomo, elemento, substância e mistura, introdução de modelo de partículas
Abordagem	Interativo de Autoridade
Formas de intervenção (Ações)	O professor usa modelos, analogias e representações, faz sínteses ou conclusões gerais e auxilia os estudantes em suas sínteses ou conclusões, explora junto com os estudantes exemplos do cotidiano de aplicações de conceitos, organiza ideias, direciona o raciocínio a ser desenvolvido pelos estudantes, avalia e corrige pontos de vista dos estudantes e reavalia as analogias de acordo com a compreensão que os eles estão fazendo delas

Quadro 11: Episódio 4 - Como os cientistas imaginam que é o pé da cadeira

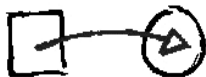


3.3.5. O quinto episódio (aula 17): Reações químicas – das evidências às explicações

O quinto episódio aqui analisado é exemplar para caracterizar vários momentos de produção de significados. Essa é a aula 17, que inicia o capítulo 2 da sequência didática “Compreendendo as reações químicas”. Ela ocorreu antes da aula da qual faz parte o quarto episódio, pois o professor iniciou o capítulo 2 antes de entregar a primeira prova. Na aula anterior, os estudantes fizeram uma atividade prática e realizaram seis experimentos com o objetivo de observar, comparar e descrever as características do sistema inicial e final após a transformação. A atividade foi feita em grupos e os estudantes manipularam os materiais em todos os experimentos propostos. Eles fizeram anotações no caderno e exercícios discutindo em qual sistema apareceram evidências de transformação como mudança de cor, produção de gás ou odor e outras que possivelmente seriam observadas. Os fenômenos estudados foram – Aquecimento de um fio de cabelo; Solução de sulfato de cobre II e esponja de aço; Vinagre e bicarbonato de sódio; Aquecimento de um recipiente com um cubo de gelo. Diante da análise dos sistemas e da consideração das evidências de transformações, os estudantes deveriam optar, justificando suas escolhas, por quais observações poderiam ser consideradas evidências da formação de novos materiais e em quais dos sistemas houve uma reação química. O professor então, na aula 17, faz a discussão desses resultados.

Apesar de ser uma aula introdutória ao conceito de reação química, percebemos uma significativa participação dos estudantes, principalmente do Rafael, Gustavo e Luiz, nas formas de argumentação e tentativas de formulação de explicações para os fenômenos observados. Nesta aula, o professor não tinha como objetivo explicar quimicamente como ocorriam as transformações, mas apenas identificar, por meio de comparações entre o estado inicial e final dos sistemas estudados, evidências de transformações e concluir sobre a possível ocorrência de uma transformação química.

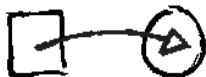
1. P. : Vamos começar nossa aula de ciências naturais!
2. P. : É, gente, olha só, o principal objetivo de hoje é conversar bastante sobre as atividades práticas da 3ª feira, né. Então eu deixei como para casa as perguntas 1,2,3 e 4 mas eu queria conversar um pouquinho sobre o quadro também. Então pegue o para casa, para casa. ((o professor começa a passar pelas mesas de estudo))
3. Al: Sobre o quadro?
4. P. 1 2 3 4, sobre o quadro também, tá?



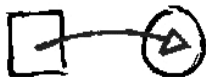
5. P. Para casa, para casa, para casa. ((o professor continua passando pelas mesas de estudo))
6. P. : Muito bem, vamos começar? ((o professor se posiciona à frente da turma)) Valéria já pegou o seu caderno? Já pegou o seu para casa? Ricardo, Samuel, tem caderno que não tá aberto ainda, isso significa que vocês não fizeram, é isso?
7. Alunos. Eu fiz, eu fiz.
8. P. Vou falar o que é para fazer para ficar mais claro.
9. P. Muito bem, então vamos discutir os resultados do exercício 1. Na 1 vocês fizeram um quadro sobre as transformações que fizemos, certo? Vamos analisar rapidinho, experimento por experimento. O primeiro...Vou seguir a ordem do livro, é o aquecimento de um fio do cabelo, não é? Então, qual que era a ideia? Comparar o estado inicial, com o estado final, depois que você aquecia o cabelo, descrevendo também durante a transformação. Eu queria que algumas pessoas falassem o que anotou. Como que vocês descreveram o cabelo ou estado inicial desse experimento?

Algumas marcas são características de todas as aulas desse professor. Como exemplos, temos o anúncio do início da aula de ciências naturais (turno 1) e o destaque para os objetivos da aula (turnos 2, 8 e 9). Os estudantes sempre aguardam o início (Vamos começar nossa aula de ciências naturais!) e não deixam o professor esquecer-se de sua frase introdutória. Quanto aos propósitos e objetivos das aulas, o professor sempre deixa claro quais atividades a serem desenvolvidas e a agenda a ser cumprida.

10. Tatiana: Antes ele estava normal, aí, durante ele foi queimando, aí ele ficou branco, enrolado.
11. P. Você falou bastante coisa aqui, você falou que no começo o cabelo tava normal e da cor normal, da cor normal significa que o lorinho, tava lorinho, o castanho, castanho e assim por diante.
12. Al: O meu não ficou branco, ficou só queimado e todo enrolado assim.
13. Tatiana: O meu não, ele ficou branco.
14. P.: Mas isso é durante, o que aconteceu durante?
15. Al: Ele foi queimando.
16. P: Ele ficou enrolado, né?
17. Al.: Ele ficou enrolado?
18. Al: Ele quase derretia.
19. P.: Quase derretia?
20. Al: (inaudível)
21. P.: Pois é, isso que eu tô achando estranho, Tatiana, o seu ficou branco? No final?
((Muitas falas simultâneas))
22. P.: Os experimentos que eu vi nas duplas, ele enrolava e ficava pretinho, não?
23. Gustavo: Professor, é como se tipo, é... ((inaudível))



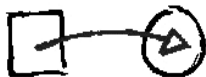
24. P.: Então além da mudança de cor, e além dele enrolar, tem o cheiro, né? O estado final, a gente pode falar que ficou mal cheiroso, ficou com um cheiro estranho, um cheiro que eu não sinto se eu pego o cabelo e cheiro, não tem, né? Um cheiro bem diferente, um cheiro que não existia antes. Todos concordam?
25. P.: Muito bem, esse foi o 1, no dois, solução de sulfato de cobre com a esponja de aço. Alguém saberia falar o que anotou sobre a esponja de aço e o sulfato de cobre?
((vários alunos pedem para falar))
26. P.: Muito bem, fala, vou escolher quem não anda falando nas aulas.
27. Al: A gente colocou o Bombril dentro do frasco com sulfato de cobre, o Bombril começou a enferrujar e o sulfato de cobre começou a esquentar, ficou mais quente.
28. P.: Muito bem observado, o tubo começou a se aquecer, todo mundo observou isso?
((vários alunos falam))
29. P.: Pode falar Valéria.
30. Valéria: ((A aluna faz uma descrição muito difícil de entender))
31. P.: Vocês me falaram que o tubo de ensaio ficou quente, que a cor do Bombril mudou, né? Avermelhado, né? Agora, Alguém notou mudança na cor do sulfato? Ou não?
32. Gustavo: Mudou, ele ficou mais claro.
33. Rafael: Ele ficou mais claro porque o sulfato foi tirado da água.
34. Gustavo: O cobre do sulfato de cobre. Tirando esse cobre do sulfato ele começou ficar mais clarinho, porque o sulfato de cobre é água e cobre, aí, tirando o cobre ficou com uma porcentagem maior de água do que de cobre.
35. P.: Beleza. Vocês concordam com essa ideia desses dois aqui? ((o professor se refere à turma toda)) Rafael e Gustavo. Eles estão falando que de alguma maneira, o sulfato foi, eles falaram isso de uma maneira diferente, mas o sulfato foi sendo usado de alguma maneira e a solução foi ficando menos azul. Vocês concordam com isso?
36. Al: Olha no livro professor, o livro mostra isso.
37. P. O livro, mostra isso? Há! Nas páginas seguintes, é verdade.
((Gustavo inaudível))
38. P.: Então vou falar sua ideia para todo mundo. O que vocês ((para a turma toda)) acham dessa ideia aqui. Pro Gustavo, o cobre do sulfato de cobre tá sendo utilizado de alguma maneira, então o Bombril tava ficando vermelho, ou avermelhado por causa do cobre, o que vocês acham disso?
39. Rafael: Eu acho que ele tá enferrujando, porque no sulfato de cobre tem oxigênio, aí tá enferrujando o alumínio mais rápido.
40. Tatiana: Quando eu peguei, ele despedaçou.
41. P. São coisas diferentes, aí é outra característica então, né, além de ficar vermelho, a consistência dele esfarelava fácil.
42. Tatiana: Ficou mais mole assim....
43. P. Então, tem duas ideias em jogo aqui. A primeira: será que o Bombril ficou avermelhado é por causa do cobre do sulfato de cobre?
44. Gustavo: Eu acho que tipo, esse oxigênio que ele está adquirindo, ficava meio vermelho, eu acho que vem do cobre, que está passando para o Bombril, nesse caso o cobre, é... o oxigê... houve uma reação mas o oxigênio não conseguiu utilizá-lo. ((trecho de difícil transcrição))



45. P. Você está meio que concordando com o Rafael, então será que o enferrujamento tem mais a ver com o oxigênio do sulfato, é isso?
46. Rafael: Sulfato de cobre, calma aí, mas o cobre...((olhando no livro))
47. P.: Você está olhando a fórmula aí, Rafael, é isso?
48. Rafael: A fórmula é $cu\ s\ o\ 4$.
49. P.: Cobre $s\ o\ 4$
50. Gustavo: o enxofre é $s\ o\ 4$ e o cobre é o
51. P. cobre enxofre e oxigênio
52. Rafael: e o oxigênio tem muito.
53. P. Vocês estão falando e eu quero saber a opinião da turma, é o seguinte, duas ideias apareceram. O Bombril foi ficando vermelho é por causa que o elemento cobre por alguma razão foi acumulando, parece que na opinião de vocês ele é avermelhado.
54. Gustavo: no enferrujamento, o cobre foi assim, ele sai da água, pro negócio, eu acho que, sei lá, de uma forma esse enferrujamento que o oxigênio provocou no Bombril atrai o cobre retirando ele que está misturado da mistura para o Bombril, no final o cobre fica mais claro.
55. P. Muito bem, os meninos estão muito inspirados hoje, mas eu quero saber o que o pessoal está achando dessa estória. Vocês concordam com a ideia do cobre, vocês acham que enferrujou por causa desse tal elemento oxigênio no sulfato de cobre?
56. Luiz: Professor, mas a esponja de aço também na água, ela enferruja também.
57. P. Então não tem nada a ver com o sulfato de cobre?
58. Luiz: Mas o cobre ajuda ele a enferrujar mais rápido eu acho.
59. Gustavo: Mas se a gente pensar bem ele ia enferrujar tanto na água quanto nessa substância, até mais nessa substância, o comum entre os dois é o oxigênio, o oxigênio que causa esse enferrujamento, isso a gente já sabe, já o cobre eu acho que ele vai, ele compõe junto com o oxigênio essa oxidação, ele vai de alguma forma ele vai mais rápido.
60. P. Eu vou ter que fazer uma coisa aqui parecida com a coisa da gasolina, como não é nosso objetivo hoje esgotar e dar todas as respostas sobre o funcionamento ou para onde foi os 50 kg da gasolina e nem o que aconteceu aqui, a gente vai deixar essa resposta para depois, a gente vai avançar, mas tem um tanto de coisa em aberto aqui, que a gente vai tentar responder depois.

((A aula continua com a discussão dos outros experimentos))

O que mais nos chamou a atenção nesse episódio foram as formas com que os estudantes argumentam e tentam propor explicações. Apesar de não chegarem ao entendimento final compartilhado nesse episódio e nem de o professor estabelecer um consenso final, é marcante a habilidade adquirida por alguns estudantes em argumentar seus pontos de vista para explicar os fenômenos que não lhes são familiares. Acreditamos que o desenvolvimento dessa confiança, de poder participar e interagir com os colegas e professor sem medo de falar algo errado foi adquirida no decorrer das aulas de ciências. Esses estudantes, principalmente o Rafael e o Gustavo acompanham a

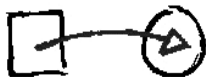


aula e usam o texto didático tentando compreender as fórmulas químicas das substâncias que fazem parte da atividade. A explicação científica para o aparecimento da camada avermelhada na lâ de aço e do clareamento da solução de sulfato de cobre é complexa e exige um grau de abstração e conhecimento de conceitos de oxiredução que ainda não foram estudados. Mesmo assim, o professor deixa que os estudantes exponham suas ideias, convoca a participação da turma e confronta argumentos diferentes.

Destacamos algumas características das ações do professor que apontam para a contribuição do estabelecimento de um discurso argumentativo. De acordo com Vieira (2007), algumas ações do professor são propícias à instituição da argumentação como: enunciar pontos de vista contraditórios com imparcialidade, abrir possibilidades ao debate, estabelecer um discurso dialógico e interativo, apresentar refutações e relativizar os pontos de vista argumentados, escutar os estudantes atentamente, gerenciar a discussão e sistematizar pontos de vista. Neste episódio, encontramos essas ações que contribuem para a construção de um modelo explicativo por meio da argumentação. Inicialmente identificamos uma abordagem comunicativa interativa e de autoridade (turnos 10 a 32), própria para o propósito de correção de atividade, que passa a interativa e dialógica na qual os estudantes já utilizam ideias em formação para propor explicações para os fenômenos. Nesse caso, os estudantes já apresentam uma série de elementos para compor seus argumentos e construir explicações.

Encontramos em Ogborn et al (1996) contribuições importantes para a discussão sobre as formas de explicar e a produção de significados. Segundo os autores, quando as pessoas não estão de acordo com suas opiniões têm a necessidade de explicar suas ideias conjuntamente, a não ser que já estejam dispostos, de antemão, em manter a discordância, o que não é comum no ambiente escolar, posto que esse privilegia a busca de consentimentos em relação ao conhecimento trazido pelo professor.

Nos turnos 10, 12, 13, 21 e 22, notamos a primeira diferença entre observações nesse episódio. A estudante Tatiana descreve que o cabelo, depois de aquecido, ficou branco e um colega contesta dizendo que o seu não ficou branco. O professor ouve um pouco mais e retorna para Tatiana questionando sobre a cor do cabelo. Na maioria dos grupos

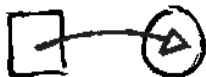


o cabelo ficou preto e não branco. A discrepância nesse caso se situa entre o observado, pelo professor e outros estudantes, o esperado, e a observação feita por Tatiana. O questionamento feito pelo professor nos turnos 21 e 22 indica, para a estudante, a necessidade de rever sua descrição.

Para Ogborn et al (1996), o que mantém viva a interação nas aulas e produz elevado e frequente nível de discussão e intervenção espontânea dos estudantes são as diferenças que existem entre suas observações, concepções e entendimentos. Se não estão de acordo, é natural que falem. Frequentemente falamos para resolver nossas diferenças. Os autores referem-se à tensão ou oposição entre pontos de vista e das situações que causam as tensões assim como as explicações que as minimizam.

No episódio aqui analisado, o professor coloca em desacordo a cor do cabelo após o aquecimento. Para ele e para outros estudantes, a aluna Tatiana deve rever a sua descrição. O professor não indica o erro, mas questiona e mostra o resultado da maioria. Essa é uma forma de agir muito frequente nas aulas desse professor. Na maioria das vezes em que ele abre para a participação dos estudantes, não há imposições de ideias, mas trocas e embates com o objetivo de chegar a um ponto em comum. Esse ponto em comum também não é imposto e muitas vezes não é alcançado na primeira discussão, como no episódio acima na discussão sobre o experimento com a lã de aço e o sulfato de cobre.

Ogborn et al (1996) sugerem metáforas para descrever e compreender as tensões que se apresentam nas aulas de ciências e que geram a necessidade de explicações e de possíveis construções de significados. Uma dessas metáforas é o atrito entre ideias diferentes que dá lugar à necessidade de explicar e de indicar direções para o pensamento. A imagem descrita é a do conflito como uma força guiando a comunicação. A outra metáfora é a distância que separa duas posições. Nesse caso, as explicações convertem-se em caminhos que preenchem um vazio. Uma terceira metáfora relaciona-se com a posse. A compreensão, que estava em alguma parte, passa a fazer parte do indivíduo.

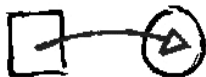


No caso do episódio analisado, podemos apontar para as diferenças entre o observado e descrito, a explicação científica e a explicação dos estudantes, e nesse caso não são conceitos do cotidiano e sim interpretações baseadas em conhecimentos anteriores alinhavados a conhecimentos em formação. Os estudantes já estudaram as reações de combustão e de oxidação do ferro no sétimo ano e reconhecem a necessidade do oxigênio para que essas transformações ocorram. Diante desse aparato conceitual, eles discutem sobre o enferrujamento da lâ de aço e a reação com a solução de cobre. Nos turnos 27, 32 a 34, 39, 44, 54, 56, 58 e 59, temos várias tentativas de explicação.

Inicialmente a intenção do professor era guiar os estudantes no trabalho com as ideias científicas com vistas à internalização no contexto da discussão das evidências das transformações estudadas como critério para identificar a ocorrência ou não de uma transformação química. Essa era a agenda do professor, mas um novo contexto surge e o professor passa então a guiar os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso (MORTIMER e SCOTT, 2003) a partir do problema assumido pelos estudantes, que passam a explicar as causas das evidências identificadas para a reação entre o sulfato de cobre e a esponja de aço.

O texto do livro didático, após essa atividade que agora discutimos, apresenta a explicação para o fenômeno. O estudante Gustavo parece ter lido essa explicação e tenta apresentá-la. Já Rafael acredita no enferrujamento e argumenta a seu favor referindo-se à presença do oxigênio no sulfato. A interlocução de Rafael muda a explicação de Gustavo, que passa a considerar a possibilidade de ter havido o enferrujamento. Para Rafael, que se apóia na fórmula do sulfato de cobre, o sulfato tem muito oxigênio, o que justifica o enferrujamento (turnos 46, 48 e 52). O professor busca a participação da turma expondo os dois pontos de vista apresentados, mostrando que eles traduzem diferentes soluções ao problema. Gustavo e Rafael parecem aceitar o desafio e constroem juntos uma explicação alternativa ao fenômeno, agora introduzindo o oxigênio como participante da transformação.

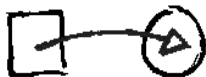
É muito significativo o interesse dos estudantes pelas fórmulas e suas interpretações (turnos 46, 48, 50 e 52). Em outras aulas da sequência, isso acontece várias vezes e um estudante chega a dar nome ao sulfato de sódio por comparação com a fórmula do



sulfato de cobre. Esse é um indicativo de apropriação de uma forma de representação química através das fórmulas e símbolos. Na sequência de ensino pesquisada não é objetivo o tratamento de nomenclatura e memorizações de fórmulas ou símbolos, mas como essas representações aparecem no texto didático e eles usam a tabela periódica para consulta, essa linguagem torna-se parte de suas explicações e tentativas de entendimentos. Podemos dizer que esses estudantes estão envolvidos em um mundo diferente, o mundo das explicações científicas. Elemento químico, substância e transformação são ferramentas que os estudantes utilizam no contexto de introdução ao estudo de transformações químicas.

Retornando às diferenças existentes entre professor e aluno nas aulas de ciências e que podem emergir na forma de conhecimentos, poder e interesses (OGBORN ET AL., 1996) encontramos ainda, nos episódios analisados, as possíveis explicações para os fenômenos do mundo físico. Nem sempre os fenômenos estudados pela ciência estão diretamente relacionados ao cotidiano e muitas vezes não há interesses despertados para as diferenças e possibilidades de dialogar com o outro, seja ele o professor, o livro didático ou os colegas de classe. Não podemos também considerar que as definições que os químicos apresentam sobre elemento, substância e reação química são de interesse dos estudantes e que eles apresentem ideias prévias sobre esses conceitos. Nesse episódio, o professor minimiza essas influências criando situações em que a classe é induzida a participar da discussão e ajudar no impasse que se coloca entre duas possíveis explicações dos colegas (turnos 34, 38, 43,45 e 53).

É importante lembrar o objetivo da atividade, comparar estados iniciais e finais de transformações e discutir sobre a possibilidade da ocorrência de reação química. Quando os estudantes extrapolam a pauta da atividade ao buscar uma explicação para o fenômeno, o professor incentiva a discussão e o embate de ideias, mas não fecha a explicação. De acordo com Mortimer e Scott (2003), em suas intervenções, o professor mantém o foco na exploração das ideias dos estudantes, trabalhando os significados no desenvolvimento da ‘estória científica’ e torna os significados disponíveis para todos os estudantes da classe. De acordo com Ogborn et al (1996), essa é uma estratégia, muitas vezes desenvolvida inconscientemente pelos professores, que faz com que os estudantes



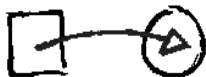
comprometam-se com uma postura mesmo antes de discutirem ou resolverem um problema. Segundo os autores, é um modo de distribuir as diferenças entre todos.

Esse fenômeno, interação entre a lã de aço e o sulfato de cobre, será analisado e discutido nas próximas aulas no contexto dos fatores que alteram a velocidade das transformações químicas. É por isso que, no turno 35, um estudante refere-se à explicação do livro e o professor a identifica nas páginas seguintes. Acreditamos que Gustavo já tivesse feito a leitura do texto e utilizou as ideias em sua explicação inicial, mas Rafael não, pois não havia nenhuma referência, no texto didático, ao enferrujamento da lã de aço.

No último turno, o professor encerra a discussão prometendo o retorno e o fechamento da discussão iniciada na aula. Nesse episódio, encontramos o que Ogborn et al (1996) denominam “o uso de promessas e expectativas”, que orienta e indica aos estudantes que existem questões que não foram respondidas, mas que serão abordadas oportunamente.

As explicações que emergem dos fenômenos estudados são o que Ogborn chama de prototípicas. Os contextos de estudo são subsídios para que os estudantes cheguem ao final da sequência didática com melhores habilidades em apontar evidências que auxiliem na identificação de reações químicas, conhecer e aplicar em contextos relevantes os fatores que afetam a rapidez de uma reação química, aplicar a ideia de conservação da massa nas reações químicas e interpretar corretamente modelos que representem as substâncias em nível molecular utilizando as ideias de átomo, elemento, molécula, substância e mistura.

A abordagem discursiva é interativa e de autoridade no início do episódio, compatível com o intuito de dar fechamento ao trabalho desenvolvido pelos grupos na atividade prática anteriormente realizada. Entretanto, quando os alunos extrapolam a atividade e passam a construir explicações para o fenômeno, a abordagem passa a ser, predominantemente interativa e dialógica. Nesse caso, os alunos usam evidências e ideias científicas na exploração de um problema novo para eles e o professor encorajava-os, dando liberdade para que desenvolvam uma solução ao problema. Notamos aqui



uma função diferenciada do discurso dialógico, que não se vale, como no episódio 1, da exploração e problematização das ideias espontâneas dos estudantes acerca de um tema, mas, ao contrário, vale-se da exploração de ideias científicas, já disponibilizadas, na solução de um problema novo para os estudantes.

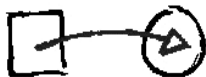
De modo compatível com essa análise, observamos nos turnos 1 a 30 padrões de interações do tipo I-R-A e, nos turnos seguintes, padrões mais complexos e abertos. Os propósitos da aula alternam entre ‘Guiar os estudantes no trabalho com ideias científicas com vistas à internalização’ (turnos iniciais) e ‘Guiar os estudantes na expansão do uso de ideias científicas em novos contextos, transferindo a eles responsabilidades’ (após o turno 30).

Como apresentado nesse capítulo e no seguinte, no qual analisaremos as produções escritas dos estudantes, esses alunos do Ensino Fundamental são capazes de argumentar e propor explicações que vão além do senso comum, de modo refletido e com o estabelecimento de relações. Por outro lado, os vínculos concretos continuam necessários para apoiar e sustentar esse trabalho e a capacidade de generalização mostra-se, em outros contextos, ainda limitada.

Os principais aspectos do quinto episódio foram sistematizados a seguir levando em conta os critérios de nossa análise:

Intenção do professor	Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas com vistas à internalização (início do episódio) e Guiando os estudantes na expansão de seu uso (turnos 30-60)
Conteúdo	Evidências como critério para identificar a ocorrência de reação química
Abordagem	Interativa de Autoridade no início do episódio Predominantemente Interativo Dialógico a partir do turno 30
Formas de intervenção (Ações)	O professor explora perguntas feitas pelos estudantes com a participação da turma, faz perguntas para conduzir um raciocínio, discute os resultados dos experimentos com a participação da turma, solicita que os estudantes façam sínteses ou conclusões sobre determinado assunto, auxiliando quando necessário, propõe debates e solicita dos alunos argumentos a favor ou contrários a um ponto de vista, explora exemplos do cotidiano de aplicações de um determinado conceito científico

Quadro 12: Episódio 5 - Reações químicas – das evidências às explicações

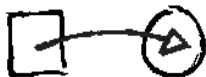


3.3.6. O sexto episódio (aula 23): Representando um fenômeno: A decomposição da água oxigenada

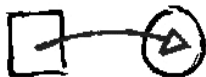
Neste episódio, ocorre uma discussão sobre a massa de um sistema antes e depois da ocorrência de uma transformação química. Antes da aula 23, na aula 20, o professor retoma a aula 17, na qual foi feita a discussão sobre as evidências que podem indicar a ocorrência de uma transformação química e retoma também um exercício que foi realizado ao final da aula 19, na qual o professor pediu aos estudantes que analisassem uma frase e corrigissem, se fosse necessário, do ponto de vista do uso dos conceitos de elemento químico, substância e mistura. Essa frase relacionava-se ao petróleo e muitos estudantes afirmaram que o petróleo é uma substância. O professor argumenta sobre a possibilidade da existência de uma fórmula e relaciona a substância como representada por uma fórmula e as misturas como não representadas por fórmulas. Nas aulas 21 e 22, os estudantes realizaram uma atividade experimental sobre os fatores que alteram a velocidade das transformações com ênfase no uso dos catalisadores inorgânicos e orgânicos.

A aula 23, então, foi dedicada à discussão sobre a atividade experimental, cujo reagente utilizado nas transformações foi a água oxigenada.

1. P.: Muito bem sétima série, vamos começar? Ana, vamos? Gente... Muito bem... Vamos começar nossa aula de ciências naturais, bom o que eu pretendo nesse último horário? Eu pretendo principalmente conversar com vocês sobre a aula prática de terça feira, a prática da água oxigenada, vocês estão lembrados? Só que, mais do que simplesmente conversar sobre as perguntas que estão no livro sobre aquela prática, eu queria analisar mais algumas coisas, aquela reação química, analisar fazendo alguns desenhos aqui no quadro, por exemplo, alguém se lembra da reação química analisada na aula passada? Como é que a gente representa a decomposição da água oxigenada?
2. Valéria explica ((inaudível))
3. P.: Mas tinha diferença? Nos dois experimentos eu estava fazendo com água oxigenada.
4. Valéria - Com água oxigenada, mas você colocava material diferente, ai a substância saía, eu acho que O_2 , eu acho que liberava O_2 .
5. P.: Que substância borbulhenta...
6. Rafael - Oxigênio
7. P.: Oxigênio, então eu já posso escrever assim, alguém se lembra da fórmula da substância água oxigenada?

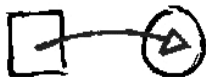


8. Alunos - H_2O_2
9. P.: Não é difícil escrever não porque é: água “*oxigenada*”, né? H_2O oxigenada H_2O_2 . Muito bem, então como é que eu represento esta transformação?
10. Luana - Com setinha H_2O e O_2 depois.
11. P.: Exato, então a água oxigenada se decompõe, reage formando água e O_2 .
12. Gustavo - Ali ((mostra no quadro)) a bolinha está ligada? H_2O ?
13. P.: Por quê? Ah! Peraí, é isso que eu quero analisar, olha só, então vamos pensar o seguinte, eu pegava o tubo de ensaio colocava um pouquinho de água oxigenada aqui...
14. Luana - Escreve a fórmula!
15. P.: Aí a primeira pergunta que eu dei para vocês era a seguinte: se fosse possível eu pegar uma regiãozinha dessa água oxigenada e ampliar, então esse setão aqui significa ampliação, essa voltinha aqui, esse pouquinho de água oxigenada eu ampliei. E se a gente ampliasse? O que a gente veria?
16. Rafael - As moléculas
17. P.: As moléculas, então eu preciso demonstrar aqui como essas moléculas são.
18. Valéria - Faz com bolinhas.
19. P.: Por isso eu pus o Douglas aqui de castigo olha, fazendo essas bolinhas ((o professor mostra as bolinhas de cartolina que ele trouxe par montar a equação no quadro)), então a primeira pergunta que eu tenho aqui é a seguinte, como é que eu posso montar aqui a água oxigenada?
20. Rafael - Duas vermelhas e duas azuis.
21. Aluno – Não, uma azul...
22. P.: Alá olha H_2O_2 . Bom, mais ia ter só uma?
23. Aluno - Não ia ter várias, mas isso forma o O_2 .
24. P.: Então enquanto eu vou montando outras aqui de água oxigenada, mas será que eu ia só ver moléculas de água oxigenada?
25. Aluno - Não iria ver oxigênio
26. P.: Mas pera aí, vamos pensar o seguinte, eu só joguei água oxigenada dentro do tubo tá? Só isso, não coloquei dióxido de manganês não coloquei batata, só pus a água oxigenada aqui, só ia ver moléculas de água oxigenada?
27. Rafael - De água também.
28. P.: Ah é, eu ia ver moléculas de água também?
29. Rafael - Sim, 10 volumes
30. P.: Ah Rafael, você lembrou desse detalhe, que o número de volumes da água oxigenada representa o quanto de água oxigenada eu tenho realmente naquele potinho? E que a água oxigenada que a gente compra na farmácia é uma mistura de água oxigenada e água, então eu tenho um pouco de água aqui também, e eu tenho que por, como é que seria a de água?
31. Aluno - H_2O .
32. Luana - Mais a de água não é dois negocinhos não?
33. Luana - Teria mais água.
34. P.: Ah, muito bem, vocês estão muito espertos hoje, eu tenho que colocar mais de água não é? Muito bem então eu vou por mais uma assim, apesar de eu não conseguir representar ali, mas eu



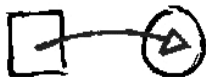
tenho mais de água que de água oxigenada, deixa ver se eu ponho mais uma aqui, para acabar. Muito bem, agora vem à pergunta que é a seguinte: Então quando eu amplio eu vejo moléculas de água e de água oxigenada mas vamos tentar desenhar agora e representar o que acontece com a água oxigenada para formar isso e isso ((o professor mostra no quadro a água e o gás oxigênio)). Gente olha só, vale à pena lembrar que essa transformação, essa reação química não acontece só quando a gente joga o dióxido de manganês não, ela fica acontecendo o tempo todo, estão lembrados que de um ano para o outro a água oxigenada não funcionava mais?

35. Gustavo - Mas para onde foi a molécula de ar?
36. P.: É isso que eu quero, vamos pegar uma de água oxigenada só, uma, então eu vou por mais uma aqui, vamos pegar essa aqui e essa aqui ((o professor monta no quadro as moléculas de água oxigenada utilizando as bolinhas de cartolina)), como é que eu iria conseguir transformar ela nisso [O₂] e nisso [H₂O] ?
37. Ricardo - Separando o oxigênio.
38. P.: A gente vai ter que separar os elementos que formam, beleza, então eu vou separar, essa molécula separa. Agora eu tenho que fazer isso aqui ((o professor monta a molécula de água do produto)).
39. Ricardo - Ai coloca uma de oxigênio com a de Hidrogênio e forma a água
40. Aluno - Vai faltar.
41. P.: Seguindo a sugestão do Gabriel aqui olha, eu já montei a de água, beleza, desmanchei a de água oxigenada e formei a de água, mas e aí?
42. Rafael – Há! E a outra você pega uma de oxigênio da outra molécula e forma o O₂, a de O₂ e essa aqui formando água.
43. P.: Há! E essa aqui forma água. Então olha só, o que a gente descobriu aqui, será que uma [molécula de água oxigenada] forma uma [molécula de água] e uma [molécula de gás oxigênio]?
44. Aluno – Não.
45. P.: Quantas a gente precisou aqui na verdade?
46. Rafael - Duas formam três.
47. P.: É, Duas de água oxigenada, eu tive que pegar as duas, formam quantas de água? E quantas de O₂? Então deixa assim mesmo. Então uma reação química o que é na verdade? É uma redistribuição, é uma reorganização do que forma as substâncias, eu tive que pegar as moléculas da água oxigenada, desmanchá-la e reorganiza para formar outras substâncias, agora se isso for acontecendo sem parar aqui dentro depois de muito tempo eu vou só ter água, lá no potinho, lá no tubo.
48. Rafael - E o oxigênio foi para fora.
49. P.: É isso que eu vou perguntar. O que acontece com o oxigênio?
50. Rafael - Sai.
51. P.: O oxigênio é gasoso, aí ele foi e misturou-se com o ar da atmosfera, essa reação é lenta mas para a gente acelerar a gente utiliza catalisadores. Então agora chegou o para casa então pega [o caderno e o livro] aqui. A [questão] número 1 diz o seguinte: Compare a rapidez da decomposição... ô gente, por que se chama decomposição da água oxigenada?
52. Gustavo – Porque, tipo, desfaz a água oxigenada.



Neste episódio, o professor apresenta como intenções de acordo com Mortimer e Scott (2003) guiar os estudantes no trabalho com as ideias científicas com vistas à internalização. Depois de retomar a representação da reação de decomposição da água oxigenada e as relações entre o fenômeno a nível macro e microscópico, vemos o professor propondo um novo problema e dando aos estudantes oportunidades para aplicarem os conceitos e ideias de átomos e re-arranjo de átomos nas reações químicas de modo a considerar a proporção de reagentes envolvidos e dos produtos da reação. É destaque a introdução da ideia de concentração nos turnos 24 a 34. Os estudantes auxiliam o professor na montagem do modelo para a solução de água oxigenada e a sua posterior decomposição com formação de oxigênio gasoso e água, no quadro, utilizando bolinhas de cartolina de cores diferentes (azul e vermelha). O referente concreto mais uma vez é observado pelos estudantes e utilizado pelo professor que solicita a ajuda dos estudantes na montagem das representações no quadro. Os estudantes utilizam as ideias discutidas em aulas anteriores e estabelecem diferenças entre o oxigênio que faz parte da molécula da água oxigenada e a substância oxigênio formada na reação. Além disso, os estudantes identificam a necessidade de transformar duas e não apenas uma molécula de água oxigenada para formar os produtos, pois, caso contrário, não haveria possibilidade de formação do gás oxigênio. Noções de estequiometria são introduzidas e os estudantes acompanham com interesse e desenvoltura nas respostas ao professor e nas sugestões dadas. É destaque, neste episódio, a interação entre os aspectos fenomenológicos, representacionais e a linguagem científica, os quais consideramos importantes na construção do pensamento químico e, em particular, do conceito de elemento químico.

O professor dá andamento à aula, dando oportunidades aos estudantes de falar e pensar com novas ideias, no caso, a conservação da massa nas reações químicas em sistemas fechados, modelo de reação química como rearranjo de átomos, noções de estequiometria e representações através de equações químicas, dando suporte para a produção de significados e internalização de ideias. Nesse contexto também surge a oportunidade de retomada dos conceitos de elemento químico e de substância e suas representações através de símbolo e de fórmulas.



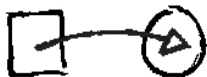
A abordagem comunicativa passa de interativa dialógica a interativa de autoridade na medida em que identificamos uma construção mediada de sentidos (turnos 35 a 47) na qual, em suas intervenções, o professor sintetiza os resultados da discussão e revê o progresso no desenvolvimento da estória científica desenvolvida até então (MORTIMER e SCOTT, 2003).

Os principais aspectos do sexto episódio foram sistematizados a seguir levando em conta os critérios de nossa análise:

Intenção do professor	Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas com vistas à internalização e na expansão do seu uso
Conteúdo	Estudo da equação representativa da decomposição da água oxigenada. Representações de fenômenos através de equações químicas e modelo de partículas
Abordagem	Predominantemente Interativa de Autoridade
Formas de intervenção (Ações)	O professor explora perguntas feitas pelos estudantes sobre um determinado conceito ou tema, faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma, corrige exercícios feitos em casa ou na sala de aula, tira dúvidas dos alunos individualmente nos grupos ou na carteira, explica a matéria e os alunos acompanham em silêncio, discute os resultados dos experimentos com a participação da classe, usa modelos, analogias e representações para explicar coisas que não vemos, faz sínteses ou conclusões gerais sobre um determinado assunto, solicita que os alunos façam sínteses ou conclusões sobre determinado assunto, auxiliando quando necessário.

Quadro 13: Episódio 6 - Representando um fenômeno: a decomposição da água oxigenada

Dando prosseguimento à sequência didática, nas aulas 24 e 25, o professor realiza uma atividade experimental demonstrativa para discutir o que ocorre com as massas dos materiais que se transformam durante uma reação química. O professor preparou o material: vinagre, bicarbonato de sódio, balão de aniversário, um frasco vazio, barbante e uma balança. Pesou o sistema antes da reação e depois da reação entre o vinagre e o bicarbonato de sódio em sistema fechado. A atividade teve como objetivo discutir as

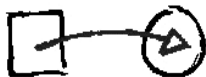


evidências de transformação e comparar os resultados das medidas de massa em sistemas abertos e fechados. Nessa aula, o professor estimula os estudantes a apresentarem e sustentarem seus pontos de vista – discurso argumentativo – e ao final, conduz a resposta científica ao problema proposto com a participação efetiva dos estudantes. A discussão gira em torno da massa do sistema antes e depois da reação química e da dúvida em relação à massa do ar (no caso, o gás produzido na reação é identificado como ar pelos estudantes). É destaque a participação do estudante Rafael, que explica a conservação de massa com a frase “*Eu acho assim, é porque os átomos são os mesmos e só estão separados de formas diferentes*”. Consideramos essa uma evidência de apropriação do conceito de átomo e de elemento químico por parte do aluno Rafael.

Nas aulas 26 e 27, os estudantes realizam em grupo um exercício avaliativo referente ao capítulo 2 da sequência didática pesquisada. Nesse exercício, a primeira tarefa foi realizada com massa de modelar e teve como objetivo o uso de um referencial concreto para que os estudantes pudessem melhorar a compreensão sobre elemento químico, substância e reação química. O professor orienta a atividade como destacado no trecho:

P.: É outro critério que a gente poderia adotar não é mesmo? Por exemplo, a gente poderia fazer todas ((as bolinhas)) da mesma cor, mas umas maiores e outras menores, as menores representam o hidrogênio as maiores representando, por exemplo, no caso aqui o oxigênio. Agora eu vou fazer uma sugestão para todos, vamos usar as cores, uma cor para cada átomo, não significa que o átomo tem cor, mas a gente não precisa diferenciar? Como é difícil fazer todas as bolinhas do mesmo tamanho exatamente a gente pode gerar uma confusão ao fazer bolinha pequena para hidrogênio e um pouquinho maior para oxigênio então vamos usar cores, tudo bem?

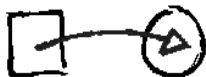
Nesse exercício avaliativo, os estudantes tiveram a oportunidade de formar moléculas com as bolinhas previamente identificadas pelas cores como representativas de cada elemento químico presente nas fórmulas. Foram montadas moléculas de água, gás hidrogênio, gás nitrogênio, gás oxigênio, metano, ferro metálico, sulfato de cobre, ácido acético e bicarbonato de sódio. Todas estas substâncias foram utilizadas em experimentos ou exercícios anteriores a esta aula. Alguns alunos tiveram dificuldades em montar as estruturas pelo fato de não conhecerem a disposição dos átomos, ou seja,



“quem se ligava a quem”. O professor orientou durante toda a atividade e escreveu as fórmulas estruturais no quadro, quando houve dúvida. Após a montagem das moléculas, os estudantes preencheram uma tabela indicando o número de átomos que usaram para representar a substância e quantos tipos de elementos químicos também utilizaram para representar as substâncias. Esse foi um momento bastante interessante e de aprendizagem significativa em relação à diferenciação entre elemento, átomo e substância. Os estudantes interagiram com seus pares e com o professor com bastante interesse.

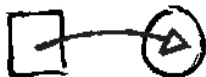
Na terceira tarefa, os estudantes responderam a uma questão na qual deveriam indicar qual seria a diferença entre átomo e elemento químico. As respostas a essa questão serão apresentadas e analisadas no próximo episódio. Na quarta tarefa, os estudantes, utilizando as moléculas representadas na tarefa 1, separaram os reagentes indicados nas equações químicas indicadas na tarefa e transformaram-nas em produtos. Mais uma vez, constatamos um momento de grande produção de significados sobre o conceito de reação química como um rearranjo de átomos e de conservação da massa.

Na aula 28, o professor realizou correção de exercícios e discussão coletiva. Os exercícios eram sobre a conservação da massa nas reações químicas, com ênfase na reação de decomposição da água oxigenada, nos fatores que alteram a velocidade dessa reação e na representação do fenômeno através da equação e de modelo de partículas. Professor e estudantes discutiram sobre outro fenômeno também relacionado com a água oxigenada: a reação de sua decomposição no fermento. Nesse contexto os estudantes avaliaram sobre vários aspectos da reação incluindo as evidências de transformação, a sua ação sobre os microorganismos e a ação da enzima presente no sangue sobre a sua decomposição. O professor enfatizou a representação da equação discriminando reagentes e produtos e destacando a importância de representar-se os estados físicos dos componentes de uma equação química. Novamente o professor representa a equação através de um modelo de partículas e, com a ajuda dos estudantes, escreve a legenda e faz o balanceamento da equação. O conceito de átomo e de elemento químico é retomado no contexto da representação e do balanceamento da equação. Foram corrigidos também nesta aula exercícios que se relacionavam com a



conservação da massa em reações que ocorrem em sistemas abertos como a queima do álcool em uma lamparina e a queima de uma esponja de aço. Nesse contexto, o professor recorda o que são as reações de combustão ressaltando a importância do oxigênio como reagente. Uma aluna conta que fez o experimento em casa e o professor pede que ela conte em detalhes. É importante ressaltar que os estudantes engajam-se na discussão sugerindo formas de representações além de se interessarem pelo processo de produção dessa substância. Surgem perguntas sobre “*como eles colocam gás no refrigerante?*” e também “*como ela (água oxigenada) clareia pelos?*”. O professor propõe também outro experimento para discutir sobre a massa do gás existente no refrigerante. Ao final da aula o professor retoma a pergunta inicial do capítulo 2 da sequência didática “*O que acontece com o combustível de um carro e em que produtos ele se transforma?*” A discussão encerra-se com a identificação de processos endotérmicos e exotérmicos.

Nas aulas 29 e 30, predominaram estratégias didáticas como aula expositiva com discussão coletiva sobre as reações químicas relacionadas a fenômenos ambientais como a poluição atmosférica, efeito estufa e chuva ácida. Novos conceitos foram introduzidos como acidez e basicidade e escala de pH. As aulas apresentaram uma grande diversidade de intervenções como característica das aulas geminadas nesta turma. Além da aula expositiva, foi realizada uma atividade demonstrativa “*Simulando a chuva ácida*” e outra atividade experimental em grupo com a identificação da acidez de sistemas como vinagre, água, hidróxido de sódio, e a solução produzida no experimento da chuva ácida. Os estudantes utilizaram o indicador universal de pH e, logo após a realização dos experimentos, resolveram exercícios juntamente ao professor. Na aula expositiva, o professor utilizou fórmulas do ácido sulfúrico e do ácido nítrico para representar os componentes da chuva ácida e os estudantes envolveram-se apresentando exemplos relacionados ao problema causado pela chuva ácida nos solos e nas plantações.



3.3.7. O sétimo episódio (aula 31): Estabelecendo diferenças

Neste episódio, o professor faz a correção do exercício avaliativo realizado nas aulas 26 e 27 descrito na seção anterior. O professor corrige item por item da tarefa 2, na qual os estudantes indicaram, em um quadro, o número de átomos e de elementos presentes nos modelos de moléculas feitos com as massinhas. Iniciamos pelo material ferro.

23. P.: Próximo, Ferro...

24. Alunos - Um átomo e um elemento.

((muitos alunos respondem))

25. Rafael - Um milhão de átomos!

26. P.: Por que um milhão de átomos Rafael?

27. Rafael - Porque o ferro metálico é um tanto de átomos.

28. P.: É, o Rafael tem razão, a gente colocou um e um aí, mas ele só está lembrando a gente que em uma barra de ferro existem muitos, muitos átomos de ferro formando a barra.

O trecho acima nos indica o entendimento do estudante em relação ao material ferro e a representação através da fórmula. Parece-nos que o Rafael percebe a diferença entre a representação da substância, sua constituição e o símbolo do elemento químico. Há aqui ainda uma distinção entre uma substância formada por moléculas e outra formada por átomos.

No próximo trecho, encontramos evidências da tentativa dos estudantes em compreender as fórmulas das substâncias em estudo.

32. P.: ...Próximo, Sulfato de cobre.

33. Alunos - Seis átomos. ((muitos alunos respondem))

34. P.: Seis átomos, um de cobre... Quais são eles?

35. Luiz – Cobre, sódio e oxigênio.

36. P.: Não, o que é o S? É o enxofre.

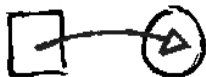
37. Roberto - Cu é junto né?

38. P.: Cu é o cobre, e quantos elementos?

39. Alunos - 3

40. P.: Cobre, enxofre e oxigênio

41. Roberto - Professor, depois de uma letra maiúscula se vier uma minúscula é porque é junto?



42. P.: Exato, que bom você ter percebido isso Roberto, é por isso que a gente não pode colocar, quando um elemento tem um símbolo e a primeira letra é maiúscula e a segunda é minúscula, a gente não pode colocar a segunda maiúscula se não a gente confunde, pensa que são dois elementos quando na verdade é um só.

Esta tentativa é constante em todas as aulas em que as fórmulas e símbolos aparecem. O professor sempre esclarece com muita paciência indicando a forma correta de se escrever e representar.

No trecho a seguir, destacam-se as relações estabelecidas pelos estudantes entre o conteúdo das aulas 29 e 30, no contexto das reações que formam a chuva ácida.

56. Gustavo : Professor o que acontece, o enxofre ele é ácido?

57. P.: Não, o enxofre, como a gente viu na aula passada ele pode formar ácidos como o ácido sulfúrico.

58. Gustavo: Mas, tipo, o elemento ele só pode ser considerado ácido se tiver o enxofre?

59. P.: A gente não classifica os elementos como ácidos ou básicos, a gente caracteriza as substâncias como ácidas ou básicas, está bom? Não dá para usar pH com os elementos, você tem os elementos, que formam as substâncias, aí as substâncias você mede o pH delas.

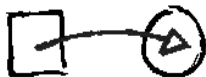
60. Gustavo: Mas tipo, o hidrogênio juntava com outra substância, mas todo ácido tem hidrogênio.

Gustavo não faz distinção entre o elemento químico enxofre e a substância ácida (ácido sulfúrico) parte do estudo na aula anterior. Essa é uma característica do pensamento por complexos no qual o estudante já estabelece relações com vínculos ainda factuais e que não estão de acordo com o conceito científico. Segundo Vygotsky (2001), é através destas relações que se estabelece a comunicação entre professor e aluno e abre-se para o esclarecimento e o estabelecimento de relações adequadas. O discurso que se estabelece é interativo e de autoridade com a intenção de checar e corrigir o entendimento dos estudantes com vistas à internalização das idéias científicas (MORTIMER e SCOTT, 2003). Nos turnos 58 e 60, identificamos erros conceituais que indicam a indistinção entre elemento e substância.

No trecho a seguir o professor corrige uma questão na qual os estudantes devem diferenciar átomo de elemento.

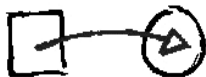
67. P.: ...qual a diferença entre átomo e elemento?

68. Luiz - O átomo é a unidade e o elemento é o conjunto de átomos do mesmo tipo.



69. P.: Olha, boa Luiz... Olha só o que o Luiz escreveu, o átomo é a unidade, vou até completar um pouquinho aqui, é a unidade que forma o quê? O átomo forma o quê?
70. Alunos – Substâncias.
71. Alunos – Moléculas.
72. P.: As moléculas né? E as moléculas formam as substâncias. E o elemento é um conjunto de átomos do mesmo tipo, vamos voltar nas massinhas, se eu tenho uma molécula de massinha montada e eu quero saber quantos átomos, o que eu tenho que contar?
73. Luiz - Contar quantas cores diferentes eu tenho
74. P.: Quantas cores ou quantas bolinhas?
75. Luiz – Não, o número de bolinhas. E o elemento é quantas cores.
76. P.: Quantas bolinhas é quantos átomos, então cada bolinha é a unidade que forma a molécula, então eu vou desenhar cinco bolinhas, que representam cinco átomos, então para contar quantos elementos eu conto o que?
77. Gustavo – Carlos, posso falar a minha porque eu acho que está meio errado.
78. P.: Espera só um pouquinho, só respondam para mim, para contar os elementos eu conto o que?
79. Alunos - As cores.
80. P.: Quantas cores, ou seja, o tipo de bolinha, o tipo de átomo não é? Então na hora que você moldava, por exemplo, você escolhia o azul para ser o átomo de Hidrogênio, mas não ficava a bolinha azul mais achatada, ou a bolinha azul mais inteira? Então esse átomo era diferente desse, mas o que eles tinham e comum?
81. Aluno - A cor.
82. P.: A cor, e é por isso que você sabia que era do mesmo tipo, por causa da cor.

Notamos a insistência do professor em retomar a atividade realizada com as massinhas para que os estudantes compreendam a diferença entre átomo e elemento químico. Nos turnos 69, 72, 78, 80 e 82, verificamos que, em suas intervenções, o professor dá forma e seleciona os significados, sempre ressaltando e deixando que os estudantes respondam suas perguntas bastante direcionadas. Sua intenção, de acordo com Mortimer e Scott (2003), é guiar os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e a responsabilidade desse uso. Aparece aqui a definição de elemento químico cientificamente aceita e o professor seleciona, marca e compartilha os significados com a turma. O uso do referente concreto, número de bolinhas para átomos e cores para elementos foi muito importante para os estudantes no estabelecimento das diferenças entre esses componentes. O uso dos referentes concretos foram as mediações que permitiram estabelecer analogias e



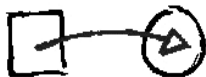
relação dos conceitos em formação com ‘coisas’, mesmo que em nível apenas representativo de realidades que nos escapam à observação direta.

No trecho a seguir, apesar do estudante Rafael iniciar com uma definição científica para elemento químico, notamos no prosseguimento uma completa confusão para outros alunos da turma.

83. Rafael - Professor, que nem eu coloquei aqui, os elementos são um conjunto de átomos do mesmo tipo.
84. P.: Os elementos são um conjunto de átomos do mesmo tipo... bacana, e átomos?
85. Ricardo - Um átomo é uma...
86. P.: O Rafael também quer falar, então a gente já falou, o que é o átomo Rafael?
87. Rafael - O átomo é uma coisa que eu não consigo enxergar.
88. P.: É uma coisa complicada.
89. Luiz - O átomo é uma unidade.
90. Sérgio - O átomo é uma substância.
91. P.: O átomo é uma substância ou o átomo vai formar moléculas e as moléculas vão formar as substâncias?
92. Roberto - O átomo forma moléculas?
93. P.: O átomo forma moléculas, você não pegou duas bolinhas vermelhas e juntou e falou que era oxigênio? Então você pegou um átomo, outro átomo, juntou e falou essa é a molécula de oxigênio.
94. Roberto - Ah tá, a molécula é tipo oxigênio, ferro...

Embora consiga distinguir em situações concretas átomos e elementos, o aluno Rafael não consegue encontrar palavras que possam expressar o que são os átomos. Os colegas Luiz e Sérgio procuram responder, Roberto mostra estranhamento à resposta incorreta de Sérgio e o professor procura esclarecer as relações entre as entidades envolvidas. No entanto, os estudantes continuam com dúvidas! O professor tenta avançar e não consegue.

95. Sérgio - Professor qual a diferença entre átomo e elemento?
96. P.: Então vamos para tarefa 5.
97. Tatiana - Professor qual a diferença entre molécula e elemento?
98. P.: Ô gente, me ajuda a ajudar a Tatiana, qual a diferença de molécula para elemento?
99. Sérgio - O elemento é o conjunto de moléculas?
100. P.: Não! O elemento é o conjunto de moléculas?

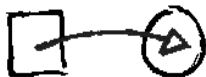


101. Sérgio – É. O elemento é o conjunto.
102. P.: Não. O Rafael leu aqui que o elemento é o conjunto de átomos do mesmo tipo, vamos apelar para a massinha de novo?
103. Aluno - Você falou que eram moléculas de oxigênio.
104. P.: Não, vamos apelar para a massinha de novo, só um pouquinho pessoal.

As questões apontadas por Sérgio e Tatiana indicam que esses alunos têm um entendimento ainda muito precário das ideias envolvidas. As relações que estabelecem entre átomos, elementos, moléculas e substâncias lembram aglomerados sincréticos e uma confusão generalizada acerca dos termos envolvidos. O professor busca retomar o sentido científico, corrigindo os enunciados e fazendo prevalecer, como não poderia deixar de ser, a voz de autoridade. Para tanto, ele lança mão do referencial concreto das massinhas de modelar de modo a diferenciar átomo, elemento químico e molécula de acordo com, respectivamente, a unidade, unidades de mesma cor e combinação de unidades (de mesma cor ou não) formando as substâncias.

No trecho a seguir, o professor inclui outro sistema que é o ar. Nesse contexto as explicações giram em torno das misturas. Nesta etapa da atividade os estudantes teriam que representar alguns sistemas com modelos de partículas.

192. P.: Isso. Muito bem, e o ar hein? O ar como que tem que se desenhar? O ar talvez fosse o mais legal de desenhar, porque você tem que desenhar uma série de moléculas, né? Olha só...
193. Aluno - Nitrogênio, oxigênio...
194. P.: Você tem que desenhar Nitrogênio, Oxigênio...
195. Luiz – A - r
196. P.: Argônio.
197. Luiz - E gás carbônico.
198. P.: Gente, o ar é uma substância ou uma mistura?
199. Alunos – Mistura.
200. P.: É uma mistura né?
201. Sérgio - O átomo forma o que?
202. P.: O átomo forma as moléculas e as moléculas formam as substâncias.
203. Sérgio - E o átomo é formado de que?
204. P.: Elétron, prótons e nêutrons, a gente chega lá.

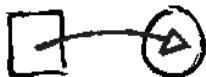


Nesse trecho, temos padrões triádicos de interação (I-R-A), com uma abordagem comunicativa do tipo interativa e de autoridade que predomina em todo o episódio. Os estudantes confirmam que o ar seja uma mistura e a pergunta sobre o átomo permanece. O professor, no turno 202, responde e não dá prosseguimento, pois essa discussão já se prolongou em toda a aula. De posse agora, não só da ideia de elemento químico como também de átomo, no turno 203, o aluno volta a uma pergunta importante que poderia esclarecer as dúvidas que surgiram inicialmente sobre o elemento químico. Os estudantes acreditaram inicialmente que o elemento químico, aquele que está na tabela periódica, não era formado por nada, então era uma “substância pura”. Essa discussão ocorreu devido à constatação de que as substâncias são formadas por elementos e não estão na tabela periódica, mas e os elementos? Do que são formados? Concluíram então que eram puros. Nesse episódio, encontramos a pergunta que daria prosseguimento a essa discussão, qual é a constituição do átomo? O professor responde, mas não prossegue com a discussão que não será feita mais no 8º ano. A estrutura atômica será retomada, de acordo com a organização do livro didático, no 9º ano.

Os principais aspectos do sétimo episódio foram sistematizados a seguir levando em conta os critérios de nossa análise:

Intenção do professor	Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas com vistas à internalização
Conteúdo	Diferenciação entre átomo, elemento, substância e mistura. Discussão sobre evidências, fatores que alteram a velocidade, representação através de equações. Lei da conservação da massa.
Abordagem	Interativo de autoridade
Formas de intervenção	Explora perguntas feitas pelos estudantes sobre um determinado conceito ou tema, faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma, corrige exercícios feitos na sala de aula, usa modelos, analogias e representações para explicar coisas que não vemos, faz sínteses ou conclusões gerais sobre um determinado assunto, solicita que os alunos façam sínteses ou conclusões sobre determinado assunto, auxiliando quando necessário.

Quadro 14: Episódio 7 - Estabelecendo diferenças



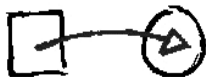
3.4. PROCESSOS DE APROPRIAÇÃO E PRODUÇÃO DE SENTIDOS PELOS ESTUDANTES AO LONGO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO

Retomando as questões que orientam esta pesquisa, podemos refletir sobre a abordagem característica dos episódios apresentados e o desenvolvimento e a evolução do uso do conceito de elemento químico pelos estudantes de 8º ano do nível Fundamental investigados.

Nos episódios de ensino analisados neste capítulo, encontramos subsídios para responder as questões propostas: *Como os estudantes de uma sala de aula de ciências do oitavo ano do ensino fundamental apropriam-se e usam o conceito de elemento químico ao longo de uma sequência de ensino orientada para seu desenvolvimento? Como o professor atua e organiza as atividades, intervenções e dinâmica discursiva na sala de aula estudada de modo a favorecer o desenvolvimento dos conceitos envolvidos? Em que medida tais intervenções e dinâmica mostram-se adequadas e eficazes?*

Nesses episódios e em toda a sequência didática, o professor tem como objetivo constituir maneiras de inserir os estudantes nas discussões propostas acerca dos conteúdos: ciclo dos minerais; introdução do conceito de elemento químico; diferenças entre átomo, elemento químico, molécula, substância e mistura, além da introdução ao conceito de reação química. Estratégias didáticas foram adotadas, ações e intervenções do professor foram identificadas e destaca-se a consonância das concepções desse professor sobre o papel da educação em ciências no Ensino Fundamental com as proposições assumidas pela coleção didática utilizada. Diante disso, encontramos um professor muito envolvido no papel de conduzir os estudantes numa desafiante proposta de aprender ciências. Os conceitos científicos são introduzidos e na medida em que se relacionam com outros conceitos ou outros fenômenos mudanças vão ocorrendo. O conceito de elemento químico, reação química, substância e tantos outros não permanecem os mesmos, mas movimentam-se e relacionam-se com os contextos estudados.

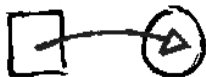
As explicações sobre os fenômenos nos quais o conceito de elemento químico está inserido não decorrem facilmente das definições deles. Desse modo, identificamos nos



episódios analisados uma intenção que está por trás das atividades desenvolvidas ou das estratégias de ensino utilizadas: o uso e a apropriação de conceitos científicos. No capítulo 4, apresentamos algumas definições comuns em livros didáticos de Ensino Superior, Médio e Fundamental que, em geral, são apresentadas no início das sequências de ensino e que, a princípio não fazem relação com nenhum contexto, mas abrigam um conjunto de conceitos que não fazem sentido para os estudantes. O conceito de elemento químico faz parte de um grande número de conceitos que apresentam sentidos variados no uso diário e até mesmo no uso científico. Elemento, como encontramos no dicionário refere-se a: (1) qualquer uma das quatro substâncias (água, ar, terra e fogo) consideradas na ciência antiga como componentes do universo físico; (2) parte constituinte de um todo; (3) pessoa tomada como componente de um todo social, indivíduo; (4) meio social ou ambiente; (5) recurso, subsídio, informação; (6) usado como indeterminador de pessoa (originado na linguagem militar e, depois, também na policial); (7) química: constituinte da matéria composta de átomos de mesmo número atômico, com propriedades e características únicas (HOUAISS, 2002). Essa pluralidade de sentidos está presente nos repertórios dos estudantes. Por isso, denominar qualquer partícula como elemento é uma forma de evocar um componente, sem se preocupar com o conceito científico.

Na história da ciência, como apresentamos no capítulo 1, com certeza não temos a mesma ingenuidade e descompromisso com o uso do conceito sem ambiguidades. A construção das ideias hoje aceitas cientificamente teve um caminho longo e com várias discordâncias. Em consonância a esses referenciais, o professor não adotou a construção de sentidos únicos e inequívocos como um ponto de partida do ensino e aprendizagem nessas aulas de ciências naturais. A concepção de aprendizagem que ignora essa realidade está associada a um modelo de ensino por transmissão que se assenta na lógica da explicação acabada e que procura transferir conhecimentos prontos e cristalizados por meio de definições. Consideramos que o tratamento desse conceito, nos níveis fundamental e médio, aumenta a complexidade do fazer docente em sala de aula.

Nos episódios apresentados e analisados neste capítulo, caracterizamos um professor que proporciona ambiente rico e interessante, por meio de perguntas sobre situações

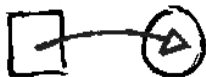


problemas e sistematizações, com adequação de conteúdos e forma de dizer, das próprias falas dos estudantes. Essas condições contribuem para que eles possam responder com liberdade, sem pressão do certo ou errado, e assim aprenderem a selecionar as informações pertinentes e relevantes de todo o trabalho desenvolvido. Contamos com um professor engajado e muito atento a esse processo. Os estudantes expressam-se com dificuldades, indicando que apresentam ainda pontos de vista não consolidados e apenas evocados na fala, mas em construção, com ajuda e partilha com colegas e professor. O professor então ouve com paciência, sustenta o raciocínio dos estudantes por meio de perguntas, introduz discretamente em suas perguntas a palavra que falta aos estudantes, criando um ambiente propício ao desenvolvimento cognitivo (CARVALHO, 2004).

Ao organizar a aula para a discussão sobre os experimentos realizados em grupo, concordamos com Carvalho (2004), que ressalta as contribuições do conjunto de ações adotadas pelo professor para a compreensão dos conteúdos das ciências

...a aula proporciona espaço e tempo para a sistematização coletiva do conhecimento e da tomada de consciência do que foi feito. Ao ouvir o outro, ao responder ao professor, o estudante não só relembra o que fez como também colabora na construção do conhecimento que está em discussão. O desenvolvimento de atitudes científicas vai sendo proposto e sistematizado (HARLEN 2000) e é nessa etapa que existe a possibilidade de ampliação do vocabulário dos estudantes com a ajuda por parte do professor da melhora na argumentação de suas idéias proporcionando uma real comunicação entre eles (HARLEN 2001) É o início do “aprender a falar ciência” (LEMKE, 1997).

Nas pesquisas desenvolvidas por Carvalho (2004), as características apontadas na citação são a parte mais difícil de desenvolver nas atividades de ensino programadas por sua equipe e utilizadas nas pesquisas em salas de aula de ciências das séries iniciais. A autora aponta a necessidade de investir-se mais em pesquisas que contribuam para o preparo de profissionais que “faça as perguntas certas, argumente com novas idéias e contra exemplos, a fim de proporcionar um ambiente criativo intelectualmente, isto é, uma sala de aula em que os estudantes se sintam à vontade para argumentar, para expor o que pensam e assim terem a oportunidade de modificar os seus conceitos espontâneos sobre os fenômenos apresentados evoluindo para os conceitos científicos”. Acreditamos

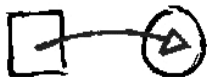


que, nos episódios analisados, encontramos um exemplo de professor com essas características.

Muitos estudantes continuam com as ideias iniciais, que indicavam a crença de que o ferro metálico presente no pé da mesa não seria adequado para a ingestão, devido à grande quantidade do elemento químico. Já outros, como o Rafael, desenvolvem uma compreensão mais sofisticada da constituição desse material e da impossibilidade de o organismo absorver o ferro na forma metálica. O fato da questão introduzida pelo aluno no primeiro episódio ser retomada em vários outros momentos da sequência de ensino mostra o potencial desse tipo de participação na construção de sentidos no ensino de ciências (AGUIAR, MORTIMER E SCOTT, 2009; AGUIAR, MENDONÇA E SILVA, 2007) e, particularmente, na construção e uso de conceitos estruturadores, como elemento químico.

Referenciando-nos às ideias de Bakhtin (2004), consideramos a construção de significados nos episódios analisados como um processo de reconhecimento e compreensão dos signos mediados por valores ideológicos. A compreensão está mediada pela atribuição de valores, tomada de decisões e o uso dos conceitos em contextos diferenciados. Como exemplo, indicamos o esforço dos estudantes em propor argumentos e construir explicações para as diferenças entre o ferro metálico e o ferro presente nos alimentos, o uso das representações através de modelos de partículas e a utilização das fórmulas. O contexto de construção de significados é um fator favorável ao reconhecimento da palavra. A palavra está sempre carregada de um valor ideológico. Na sala de aula de ciências, pelo menos duas linguagens sociais, a científica e a cotidiana, estão presentes.

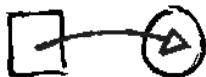
Notamos um avanço na utilização, não só do conceito de elemento químico, como também do conceito de substância, átomo e de reação química e uma aproximação entre essas diferentes linguagens sociais. Encontramos também indicações do desenvolvimento de outras habilidades como a capacidade de construir modelos explicativos por meio da argumentação. Tratando-se do nível Fundamental, 8º ano, destacamos a importância do trabalho com esses conceitos, mesmo que em nível



elementar, para a compreensão de aspectos da constituição dos materiais e do desenvolvimento de outros conceitos mais elaborados nos próximos anos de instrução.

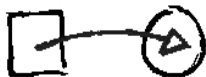
Encontramos nesses episódios uma caracterização do pensamento dos estudantes denominado nos trabalhos de Vygotsky e apresentado no capítulo 1 desta tese como representativa do pensamento por complexos. Nesta fase do desenvolvimento e no contexto desta pesquisa, os estudantes começam a articular ideias seguindo certa relação objetiva entre os fenômenos, os objetos, as representações e os conceitos. Notamos que os estudantes fazem junções a determinado grupo de componentes tendo como referência um núcleo, a constituição dos materiais. A esse núcleo pode se juntar qualquer elemento que possa com ele ter alguma correspondência. Em outras situações, os estudantes também consideram a não existência de um núcleo, mas a presença de elos capaz de relacionar um objeto ao grupo tendo como referência uma particularidade de um dos objetos do grupo. De outra forma, os grupos podem ser formados com base na percepção de imagens concretas. O pensamento gerado a partir de imagens conexas difusas e indeterminadas pode construir conexões de complexos ilimitados devido a sua infinita abrangência. A criança, que pensa por complexos, e o adulto, que pensa por conceitos, encontram-se no entendimento recíproco em uma relação verbal. O verdadeiro pensamento por conceitos exige, segundo Vygotsky (2001), a capacidade de síntese abstrata. O conceito se forma, então, quando a sequência das marcas abstraídas é novamente sintetizada, e quando a síntese abstrata produzida é colocada como base do pensamento, com o auxílio da qual a criança pode conceituar e compreender a realidade que a cerca. Esse autor considera que é característico da idade de transição entre a criança e o adulto as idas e vindas entre o pensamento por conceitos e por complexos; suas palavras são utilizadas como conceitos, mas definidas como nos complexos. Consideramos que, mesmo ao final da adolescência, de acordo com Vygotsky (2001), o processo de formação conceitual continua prosseguindo durante a idade adulta, por meio do contato com novos conteúdos, com novas interações sociais.

Identificamos nos episódios analisados poucas marcas do uso do conceito de elemento químico através da linguagem verbal. Marcas importantes remetem-nos a identificação de um avanço no estabelecimento de relações e usos mais refletidos do conceito. Em



suas participações, os estudantes necessitam de vínculos concretos como a tabela periódica, a representação através de fórmulas, símbolos, equações e modelos de partículas, além do uso de analogias (letras e palavras, peças de brinquedo de montar) e de massinhas de modelar. A abstração e o uso do conceito em contextos diferentes daqueles explorados nas atividades ainda não ocorre de forma satisfatória do ponto de vista científico, o que nos leva a acreditar que as elaborações ainda estão no campo dos complexos.

O referencial teórico-metodológico utilizado nesta pesquisa caracteriza os episódios analisados dentro de uma dinâmica que considera a construção dos conceitos como um processo sócio-cultural, e, portanto histórico, ou seja, um processo interativo em que o professor atua como mediador no desenvolvimento do estudante na medida em que disponibiliza, oferece suporte para a construção e sistematiza com ele os conhecimentos científicos.



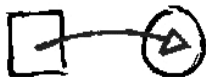
CAPÍTULO 4 - A PRODUÇÃO DE SENTIDOS NOS TEXTOS ESCRITOS PELOS ESTUDANTES: AS AVALIAÇÕES ESCOLARES

Neste capítulo, apresentamos as produções escritas dos estudantes nas respostas dadas às questões propostas em avaliações aplicadas durante a sequência de ensino que faz parte desta pesquisa. Inicialmente nossa intenção era de acompanhar também outras formas de produção escrita dos estudantes, mas, no contexto da sala de aula que acompanhamos, tal produção ocorreu, basicamente, em atividades realizadas em casa (com consulta ao livro didático e a materiais de apoio), por isso nos concentramos nas avaliações formais da disciplina.

Nosso objetivo, ao analisar essas produções, é o de complementar a análise e o entendimento acerca do uso e da apropriação que os estudantes fazem do conceito de elemento químico e de outros conceitos a ele relacionados e evocados em resposta aos contextos estudados.

Procuramos, assim, responder a duas das questões desta pesquisa. São elas: “Como os estudantes de uma sala de aula de ciências do oitavo ano do Ensino Fundamental apropriam-se e usam o conceito de elemento químico?” e “A antecipação do estudo desse conceito no nível Fundamental, com estudantes mais novos, baseada em uma abordagem que relaciona fenômeno, linguagem e representação através de modelos de partículas pode auxiliar em uma apropriação mais eficiente deste?”

Adotamos duas perspectivas complementares: faremos uma análise dos conteúdos do discurso dos estudantes, de modo a revelar modos de pensar e relações que vão sendo por eles estabelecidas no diálogo que vão tecendo com as palavras alheias que lhes vão sendo apresentadas pelo professor; além disso, focaremos nossa análise também na estrutura composicional de escrita dos estudantes, privilegiando estrutura em relação ao conteúdo de seus dizeres. Para reconhecer, nessa estrutura, as marcas de apropriação do discurso científico escolar, valemo-nos da gramática funcional de Halliday (1993) e iremos comparar a estrutura do texto científico nos manuais de ensino superior, do texto científico escolar do livro didático adotado e do texto escrito produzido pelos estudantes em tarefas escolares.



Examinaremos três avaliações aplicadas, sendo que as duas primeiras contemplaram apenas questões dissertativas ou de preenchimento de lacunas e a última constou de questões fechadas e apenas uma questão aberta.

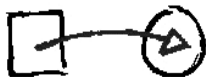
4.1. ANÁLISE DA PRODUÇÃO DOS ESTUDANTES NA PRIMEIRA AVALIAÇÃO

A primeira avaliação tem um total de dez questões. O tema é “As transformações dos materiais” e refere-se ao primeiro capítulo da unidade 1 do livro didático. Esse capítulo tem o título “Os minerais e a vida”. O professor optou por utilizar as questões do final do capítulo do livro texto, aplicando-as do mesmo modo como foram ali propostas.

Escolhemos para análise as questões 1, 3, 8 e 9 (letras a e b) porque elas permitiram que os estudantes apresentassem ideias sobre o ciclo dos elementos químicos na natureza e noções sobre o significado do conceito de elemento químico e de transformação.

Analisamos as respostas de sete estudantes ao longo dessas questões procurando identificar se eles apresentavam a ideia de ciclo, a ideia de transformação e se compreendiam a constituição das coisas. As questões 1 e 9 da avaliação tratam, respectivamente, da constituição e origem dos constituintes do ovo da galinha e de chapas e fios elétricos. Sobre essa constituição, avaliamos se, do ponto de vista ontológico, os estudantes conseguiam diferenciar elemento químico de substância e se compreendiam, a partir da ideia de ciclo, a transformação dos materiais contidos no alimento ingerido pela galinha e do minério utilizado para a extração de metais. A partir desse ponto, procuramos entender como eles explicam a constituição do ovo e a composição dos metais. No primeiro caso, procuramos identificar nas respostas dos estudantes a presença dos minerais que, ingeridos pela galinha nos alimentos e envolvidos em transformações, passam a constituir a casca e a gema do ovo.

Outras questões analisadas apontam para generalizações a partir das situações anteriores. Por exemplo, a questão 3 remete à possibilidade de formar novos elementos químicos ou novas substâncias a partir da alimentação. Isso permitiu inferir sobre a



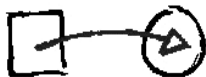
possível diferenciação, pelos estudantes, entre os conceitos de elemento químico e substância.

A escolha dos sete estudantes dos quais as respostas na primeira prova foram analisadas ocorreu depois da realização do pós teste (anexo 1), e baseou-se no melhor aproveitamento de alguns deles, como o Gustavo, o Guilherme, o Rafael e a Norma. A escolha do Samuel ocorreu devido a sua participação nos episódios analisados no capítulo 3. O Ricardo e o Luiz foram incluídos devido às suas participações na entrevista realizada após o teste. Apenas a Norma e o Guilherme não participaram da entrevista ao final da coleta de dados, pois não estavam presentes nos dias marcados para a realização destas.

Apresentamos a seguir as respostas à primeira questão, na qual esperava-se nas respostas dos estudantes a utilização da ideia de ciclo.

Tabela 1: Respostas à questão 1 da primeira prova

Aluno	Respostas
Gustavo	Estes elementos já estiveram no solo, foram absorvidos por algum vegetal, que por estarem na dieta de algum animal foi comido e junto com esse vegetal, o fósforo e o cálcio foram digeridos e acabam virando o ovo deste animal.
Rafael	Uma planta retira os minerais do solo, uma galinha come a planta junto com os minerais e a galinha passa os minerais para o ovo.
Samuel	Vieram da água e de alguns alimentos que a galinha comeu. Eles vieram dos alimentos que a galinha comeu, e o cálcio e o fósforo ajuda a produzir o ovo.
Norma	Esses minerais vieram dos alimentos e da água que a galinha consomem. A galinha quando está produzindo o ovo ela libera essas substâncias que são mantidas no ovo.
Ricardo	Esses minerais vêm do alimento que a fêmea come, assim pegando os minerais precisos para o formamento do ovo.
Luiz	Do organismo da galinha porque quando a galinha coloca o ovo, o ovo sai do organismo dela e dentro do organismo dela produz os minerais e quando a galinha vai fazer o ovo ela já coloca os minerais no ovo até mesmo para o pintinho nascer.



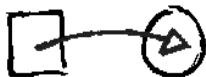
Guilherme	O fósforo é retirado do solo, é adicionado em adubos, o adubo é usado para plantação de milho e a galinha come o milho. Ela pode ingerir cálcio através dos alimentos que come pois as plantas retiram sais minerais do solo.
-----------	---

Para essa questão, além de avaliar a compreensão da ideia de ciclo dos elementos na natureza, avaliamos também a compreensão sobre transformação, apesar de que, até este momento da sequência de ensino, o conceito de transformação química, enquanto processo no qual há formação de novas substâncias, não tivesse sido sistematizado.

Apenas o Luiz, entre os sete estudantes, não apresentou a ideia completa de ciclo. A resposta esperada deveria contemplar a presença do mineral no alimento, depois no organismo da galinha e depois no ovo.

Na análise dessa e das demais questões, encontramos variações de respostas que apontam para entendimentos diversos acerca da ideia de transformação química, que diferem da conceituação científica. Assim, encontramos nas respostas dos estudantes as ideias de transformação como: 1. simples mistura; 2. mudança de estado físico, nesse caso identificada como modificação; 3. transmutação, ou seja, uma coisa vira outra sem que nada se conserve na transformação; 4. deslocamento de constituintes de um sistema para outro. Essas categorias foram identificadas depois de uma cuidadosa leitura das respostas de todos os estudantes e não apenas daqueles sete cujas respostas estão aqui apresentadas a título de exemplo.

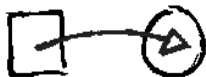
Identificamos um paralelismo de nossos achados com resultados relatados em pesquisas na área de ensino de química, como Anderson (1986, 1990), Aragão (1991), Lopes (1995), Mortimer (1995), Justi (1997), Rosa (1998), Schnetzler (1998), realizadas com alunos de diversos países e idades. Para além desse paralelismo, o contexto das questões e do estudo que estava sendo iniciado, relativos à incorporação de minerais nos organismos, confere uma novidade aos achados que serão aqui relatados. Não podemos tampouco perder de vista que as noções de transformação e de ciclos de materiais estão sendo aqui examinadas considerando sua contribuição na construção do conceito de elemento químico.



A relação entre transformação e mistura aparece na resposta dessa questão e em outras que mostramos a seguir. Nessa questão, a resposta do aluno Gustavo é um exemplo de compreensão de transformação como mistura. A resposta a essa 1ª questão de outros alunos, como Rafael e Norma, remetem à idéia de transformação apenas como deslocamento dos minerais presentes no alimento para o ovo. A relação entre transformação e mudança de estado físico ou modificação aparece na questão 3 que será analisada a seguir.

Não há, no enunciado da questão 1, a diferenciação entre elemento químico e mineral. Tal diferenciação também não foi apresentada nas aulas anteriores à aplicação da prova. Esse é um ponto que, na esfera do conhecimento científico, faz bastante diferença. Em geral, os termos mineral e sal mineral são empregados como sinônimos. Cientificamente a palavra mineral designa toda substância natural presente na crosta terrestre, sendo as rochas agregados naturais formados por um ou mais minerais. Podemos dizer que na natureza os elementos químicos são encontrados em substâncias compostas chamadas de minerais, que, por sua vez, estão presentes nas rochas (CANTO, 1996). Apesar da importância dessa diferenciação na constituição do conhecimento químico, minerais ou sais minerais e elementos químicos são tratados de modo indiferenciado no texto didático e pelo professor na sequência didática.

Acreditamos que, nesse nível de ensino, a distinção entre a forma iônica, presente nos minerais e a forma elementar ou metálica, não seria significativa. Na sequência didática analisada, ainda não foram abordados aspectos relacionados à estrutura da matéria, como modelos para o átomo. Até mesmo o trabalho com modelo de partículas está se iniciando. Apenas foram feitas discussões acerca da forma como os elementos metálicos encontram-se no minério e nos objetos como panelas, fios e chapas. Nesses casos, fez-se referência, por exemplo, à impossibilidade do nosso organismo absorver o ferro metálico, mas sim, aquele que se encontra nos alimentos. Outra discussão foi feita ressaltando a diferença no aspecto do minério de ferro e uma peça de ferro metálico, além de referências ao processo realizado nas siderúrgicas para a transformação do minério em metal.



Temos, então, a inexistência de definições dos conceitos envolvidos, até mesmo pela impossibilidade de fazê-lo sem que fosse necessário evocar teorias e modelos da química como ponto de partida e não de chegada, partindo-se do universo de coisas e processos mais próximos às vivências dos estudantes. Assim, não existe, a princípio, na sequência didática, a intenção de definir os conceitos de elemento químico, mineral, nutriente ou substância. Essas expressões são utilizadas ao longo do texto e vão sendo trabalhadas até o final do capítulo do livro didático, como caracterizado no capítulo 3 dessa tese.

Para nos auxiliar na análise das respostas às questões das provas, recorreremos antes às definições de elemento químico e de substância nos manuais de Ensino Superior (I), no texto científico escolar do livro didático de Ensino Médio (II, III) e Fundamental (IV) e no livro didático adotado (V). Encontramos definições para elemento químico como:

(I) Elementos são substâncias simples, fundamentais. Os elementos resistem a todas as tentativas se serem fragmentados em substâncias mais fundamentais, mais simples. (RUSSEL, 1981, p. 33)

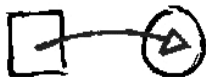
(II) Elemento químico é o que há em comum nas substâncias simples que sofrem alotropia e também nas substâncias compostas, que por decomposição fornecem as substâncias simples formadas por esse elemento (FONSECA, 2001, p.163).

Elemento químico é um conjunto de átomos com o mesmo número atômico. (FONSECA, 2001);

(II) Elemento químico é um conjunto de todos os átomos com o mesmo número atômico (Z).(FELTRE, 2001)

(III) A idéia de que as substâncias são constituídas por uns poucos elementos é muito antiga. Aristóteles, por exemplo, falava na existência de quatro elementos: água, ar, terra e fogo. Os elementos aristotélicos não tinham o mesmo sentido de hoje.(MORTIMER E MACHADO, 2002, p. 96)

Só após a descoberta dos prótons foi possível formular um novo critério para a identificação de elementos químicos, que os relacionava a um modelo do



átomo. Segundo esse novo critério, átomos de um mesmo elemento químico possuem o mesmo número de prótons no seu núcleo. Esse número passou a ser designado como número atômico, uma vez que é usado para identificar os elementos químicos. (MORTIMER E MACHADO, 2002, p. 96)

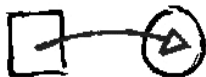
(IV) Os elementos são formados por um conjunto de átomos com o mesmo número atômico e, por isso, quimicamente idênticos. (GEWANDSZNAJDER, 2004, p.45)

(V) Minerais são materiais que compõem a crosta terrestre, a camada que reveste a superfície da terra(...) O cálcio (Ca) é um dos elementos químicos que compõem a crosta terrestre. (APEC, 2004, p.9 e 12).

Podemos comparar a combinação de elementos formando moléculas com a combinação de letras do alfabeto formando palavras. Assim como nem todas as letras podem ser combinadas de modo a formar palavras, os elementos químicos também se combinam de acordo com afinidades. Alguns arranjos são possíveis, outros não. (APEC, 2004, p.20).

Ao refletir sobre as formas com que esses livros apresentam o conceito, encontramos muitos problemas. A referência a número atômico, alotropia, substância simples, e decomposição nas definições de elemento químico engloba outras dificuldades inerentes a outros conceitos que, na maioria das vezes, não foram estudados antes de sua apresentação. Ao optar por apresentá-los antes de mencionar tais noções elementares em situações familiares aos estudantes, a química apresenta-se apenas como um sistema abstrato de definições arbitrárias. Isso é diferente no exemplo V, no qual esses conceitos se inserem em uma proposta que é um convite ao pensar a constituição e transformações dos materiais à nossa volta, e no exemplo III, no qual o conceito insere-se na história da ciência. No exemplo V, retirado do livro didático adotado pela escola e usado na sequência didática pesquisada, não há definição prévia, mas contextos de aplicação das palavras, que ganham sentido de forma diferenciada. Elemento químico não é definido, mas a expressão é usada, exemplificada em situações relevantes. Segundo os autores

O uso de uma mesma idéia em variadas situações torna úteis e operacionais os conceitos e modelos eleitos como centrais ao pensamento científico. Uma vez



utilizadas pelos estudantes, em contextos apropriados, as novas palavras ou expressões são incorporadas ao seu universo conceitual. (APEC, 2004, assessoria pedagógica)

Muitos problemas na aprendizagem do conceito de elemento químico são decorrentes dessas complexidades que transparecem nas características que se manifestam na linguagem científica apontadas por Halliday (1993) e discutidas no capítulo 1 desta tese. São marcas que encontramos nas definições apresentadas anteriormente nos exemplos I, II e IV para os conceitos estudados. Com tantas dificuldades apresentadas por esse tipo de linguagem no contexto da aprendizagem dos conceitos de elemento químico, será que essas definições, como apresentadas nesses exemplos, fazem sentido para os estudantes?

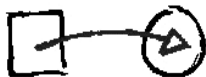
Percebemos que os conceitos de elemento químico, substância, átomo, mistura, molécula e outros aparecem nos textos dos estudantes nessa e nas questões seguintes como entidades abstratas às quais os estudantes conferem atributos. Essa composição é uma mescla de conceitos, linguagens cotidianas, narrativas e incorreções.

Consideramos o modo como os estudantes apresentam suas respostas muito mais próximo do modo narrativo do que da linguagem dos textos científicos. O seguinte trecho de Lima (2005), ajuda-nos a caracterizar esse modo narrativo da escrita dos estudantes:

A narrativa é um gênero que faz parte da história da humanidade: O homem, antes de conhecer cientificamente, constrói historicamente o que conhece (SCHMITZ, 1993, p.3). Bruner (1992,1997, 1998) também concebe a narração como sendo um modo especial de se pensar e, provavelmente, o mais natural e o primeiro, com base no qual se organiza a própria experiência. (LIMA, 2005, p. 47)

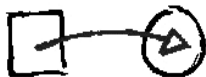
Apesar disso, nem todos os estudantes são escritores eficientes, e, por isso, temos textos de difícil compreensão não só do ponto de vista teórico como também estrutural.

A princípio, a linguagem narrativa e a linguagem científica são muito distintas. Encontramos em Ogborn et al (1996), uma analogia estrutural entre as explicações científicas e as histórias nas quais a narrativa é predominante. Segundo os autores, nas histórias é possível imaginar um elenco de protagonistas, caracterizados por suas



habilidades e características. Esses protagonistas, juntos, tomam parte em uma série de eventos, cujo desenrolar e cujas consequências derivam de sua natureza. Segundo os autores, as explicações científicas apóiam-se em uma ontologia que define o estatuto dos protagonistas (elétrons, genes, etc.) que têm poderes próprios de ação e que interagem em sequências de eventos (uma corrente elétrica flui, proteínas são formadas, etc.). A analogia entre as explicações científicas e as histórias é justificada pelos autores pelo fato de que cada um desses protagonistas demanda um bom número de conceitos e esquemas abstratos interrelacionados e o grau de entendimento que o aprendiz vai compondo depende, em grande parte, do número e alcance dessas relações e da possibilidade de aplicá-los para explicar eventos do mundo em que vivemos.

Consideramos que os textos dos estudantes aproximam-se do que Bronckart (1999) identifica como constituídos por uma heterogeneidade composicional. Segundo esse autor, a maioria dos textos apresenta diversidade das sequências e de suas modalidades de articulação. Baseando também em outros estudos (Adam, 1992), Bronckart caracteriza as sequências textuais como unidades estruturais relativamente autônomas, que integram e organizam fases, que, por sua vez, combinam diversas proposições, podendo a organização linear do texto ser concebida como o produto da combinação e da articulação de diferentes tipos de sequências. Em seu trabalho, descreve cinco tipos básicos de sequências textuais que são a sequência narrativa, descritiva, argumentativa, explicativa e dialogal. Essas diferentes sequências podem ser combinadas em um texto, em várias modalidades. Consideramos que os textos escritos pelos estudantes são textos explicativos com um modo narrativo predominante, ou seja, os estudantes explicam de modo narrativizado. As sequências narrativa e a explicativa, de acordo com Bronckart, assumem diferenças principalmente quando as explicações originam-se na intenção e na estrutura composicional. Desse modo, as suas respostas assumem uma situação inicial a ser explicada e desenvolve-se por meio dessa problematização e de sua resolução, sendo que as nominalizações (Halliday, 1993) apresentam-se como marcas textuais. Quanto ao modo narrativo, destaca-se nas explicações dos estudantes o encadeamento de ideias, também com uma intriga inicial, a necessidade de explicar um fato, um acontecimento



ou fenômeno, que se desenvolve apresentado muitas vezes um encadeamento cronológico e pouco uso de nominalizações e metáforas gramaticais.

Percebemos que a narrativa aparece pouco nos textos didáticos tradicionais (I, II e IV) e faz-se perceber mais na escrita e no discurso dos estudantes. A formalidade e a superioridade linguística caracterizam tradicionalmente as intenções do discurso de professores, textos didáticos e cientistas. Essas características apontam para um discurso da ciência que se encontra longe da subjetividade e da forma narrativa, ao contrário do discurso dos estudantes.

A explicação dada para a presença de fósforo e potássio na gema e na casca do ovo da galinha ganha dimensões que se assemelham a uma narrativa. Elemento químico, transformação química, absorção de nutrientes e substâncias, tornam-se protagonistas da ‘estória científica’ a ser contada. Estabelecer relações entre essas entidades é uma tarefa difícil para o estudante e também para o professor na sala de aula.

Na questão 2 da primeira avaliação, além de analisar a capacidade de diferenciar elemento químico de substância, continuamos com a atenção para a ideia de transformação. É importante observar que a questão aponta para a necessidade do estudante em compreender que no organismo os elementos químicos não são criados e sim ingeridos na alimentação e, portanto, fazem parte de um ciclo já contextualizado na questão anterior. Se o estudante não compreende ainda a diferença entre elemento químico e substância, pode responder considerando a possibilidade de criação de novos elementos químicos que não fazem parte de sua alimentação, ou seja, uma ideia de transmutação.

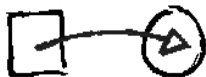
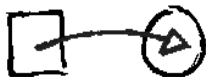


Tabela 2: Respostas à questão 2 da primeira prova

Questão 2: É possível ao organismo criar um elemento químico que não faz parte de sua alimentação? EXPLIQUE sua resposta.	
Aluno	Respostas
Gustavo	Não, os elementos químicos não podem ser criados de outros que foram absorvidos pelo organismo. Cada elemento tem seu ciclo, ao longo dele ele pode misturar com outro elemento, mas não formar este outro elemento.
Rafael	Não, porque o organismo só transforma os elementos em outras substâncias.
Samuel	Não, porque o nosso organismo não pode produzir um elemento sendo que a gente não ingere ele.
Norma	Não, pois os elementos se misturam mas não viram outro elemento e sim uma substância. Ex. $2H + O \rightarrow H_2O$ /hidrogênio + oxigênio = água/ elemento - elemento - substância.
Ricardo	Não, pois para formar elementos é preciso de certos minerais, se não há esses minerais no alimento, é impossível que o organismo produza um elemento sem os recursos básicos.
Luiz	Sim, dois elementos diferentes no nosso organismo, quando se misturam, geram outro elemento. Assim pode fazer um novo elemento que não ingerimos.
Guilherme	Não, porque os elementos estão na natureza, nas plantas nos solos, etc. ou foram criados pelo homem em laboratório. O organismo pode criar novas substâncias mas não elementos.

Sobre a diferenciação entre elemento e substância, temos estudantes que explicitam ideias claras e outros que não diferenciam essas duas categorias. Os alunos Gustavo, Rafael, Norma e Guilherme apresentam em suas respostas evidências da compreensão de que os elementos químicos são absorvidos enquanto sais minerais através da alimentação e da água, mas que não é possível ao organismo criar novos elementos químicos.

No quarto exemplo, é interessante notar que a aluna Norma tenta mostrar com fórmulas a diferença entre elemento e substância, apesar de representar de forma errada as



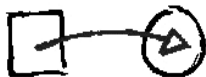
substâncias hidrogênio e oxigênio. Para ela são elementos químicos que formam a água e, enquanto tais, ela os representa de modo consistente.

Outros exemplos mostram que alguns estudantes não conseguem diferenciar elemento químico de substância e usam as denominações indistintamente, como ocorre nas respostas do Ricardo e Luiz. Para Luiz, a ideia de transmutação associada à de transformação como mistura, aponta para a possibilidade do uso de palavras do vocabulário científico para compor a resposta, sem o devido entendimento e estabelecimento de relações corretas.

Na resposta do aluno Samuel, encontramos lacunas em relação à sua compreensão, pois ele afirma não ser possível porque não os ingerimos, mas não apresenta maiores detalhes em sua explicação.

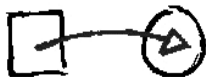
É importante ressaltar que, entre esses estudantes, nos que apresentaram respostas nas quais encontramos evidências da compreensão sobre a origem dos elementos químicos no nosso organismo são encontradas relações com processos de mistura, transformação e formação de novas substâncias. Isso é uma evidência de que a resposta a essa questão não é simples e demanda a relação entre conceitos, por exemplo, substância e transformação, que ainda estão sendo introduzidos pelo ensino. Cabe lembrar também que é no próximo capítulo da programação didática do professor que o conceito de transformação química será sistematizado.

Na questão 3, temos a possibilidade de complementar a resposta à questão 2 no que se refere à possibilidade de produzir-se novas substâncias a partir da alimentação. Se não é possível produzir novos elementos químicos, é possível produzir novas substâncias? Espera-se que, ao responder essa questão, o estudante explicita sua compreensão sobre a diferença entre elemento e substância.

**Tabela 3: Respostas à questão 3 da primeira prova**

Aluno	Respostas
Gustavo (Noronha)	Sim, os elementos durante nossa ingestão podem passar por misturas e transformação de estados, criando novas substâncias, não novos elementos.
Rafael	Sim, o organismo mistura alguns elementos para formar outras substâncias.
Samuel	Sim, pois essas substâncias nós estamos ingerindo aí o organismo pode produzir novas substâncias.
Norma	Sim, pois os elementos que existem nos alimentos são iguais as letras formam palavras, eles formam outras substâncias.
Ricardo	Sim, pois com os minerais necessários é possível criar outros elementos, quando o organismo quiser.
Luiz	Sim, se no nosso organismo se mantiverem dois elementos se gera um novo elemento. Podemos comer dois alimentos e os minerais desses alimentos se misturarem e formarem um novo mineral.
Guilherme	Sim, porque o organismo retira os elementos da comida e os mistura formando o nosso corpo. O sangue tem oxigênio com outros elementos, por exemplo.

Essa terceira questão evoca nos estudantes a ideia de transformação como mistura, como se vê nas respostas dos alunos Gustavo, Rafael, Luiz e Guilherme. Uma possível razão desse entendimento talvez possa ser decorrente da analogia das letras formando palavras, mencionada pela aluna Natália e utilizada pelo texto didático e pelo professor durante as aulas. Outra possível origem desse entendimento pode ser identificada nas imagens do químico como sujeito que opera misturas, bastante recorrente em diversos estudos sobre concepções de estudantes acerca da química e acerca da noção de transformação (ANDERSON, 1986, 1990; ARAGÃO, 1991; LOPES, 1995; MORTIMER, 1995; JUSTI, 1997; ROSA, 1998; SCHNETZLER, 1998). É possível evocar, ainda, a influência de experiências vividas pelos estudantes no cotidiano, com apelo aos elementos observáveis tomados como manifestações do que ocorre no plano dos constituintes dos materiais em transformação. Não há limites entre o observável ou



fenomenológico e o nível explicativo ou atômico molecular. Essa constatação, realizada em diversas pesquisas e relatadas por Rosa (1998), aponta para a contribuição dessas imagens para as dificuldades dos estudantes em compreender o papel dos modelos teóricos na interpretação de fenômenos e a deficiência na construção de outros conceitos fundamentais do conhecimento químico, como, por exemplo, os de elemento químico e substância.

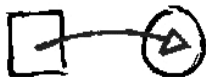
Nessa mesma questão, o aluno Gustavo introduz ainda a transformação de estado como indicativa da formação de novas substâncias. Dentre as categorias citadas anteriormente, a resposta enquadra-se na concepção chamada modificação, na qual revela a conotação de mudança de estado físico, de forma ou de aparência durante a transformação.

Já para a diferenciação entre elemento químico e substância, temos respostas que indicam a compreensão como a do Gustavo, a do Rafael e a da Norma. Em sua resposta, essa aluna recorre à analogia, utilizada pelo professor e pelo texto didático, que associa o elemento com as letras do alfabeto e as palavras com as substâncias.

Outros alunos demonstram não diferenciar elemento químico de substância e usam de maneira confusa esses termos. O Aluno Samuel utiliza apenas a palavra substância e não nos fornece condições de inferir a sua compreensão. O aluno Ricardo refere-se à formação de elementos o que confirma a não compreensão da diferença entre elemento e substância já sinalizada na questão 2. Já o aluno Luiz faz uma completa confusão entre o que seja transformação, mistura, elemento e substância.

Halliday (1993) adverte que, para desenvolver critérios de avaliação cientificamente orientados, é preciso estar atento ao tipo de conhecimento que se quer construir em ciências e aos caminhos pelos quais os cientistas inserem conhecimento em textos. As representações que as pessoas têm dos cientistas, de suas ferramentas e ambiente de trabalho não conferem centralidade à linguagem, a não ser pela lembrança do seu grande número de termos técnicos.

Ciência e senso comum baseiam-se em critérios diferentes de organização da realidade. Acredita-se que o conhecimento de senso comum pode ser um importante ponto de partida para aprender ciências, pois as diferenças podem ser percebidas pelos estudantes



e confrontadas pelo professor. Desse ponto de vista, a aula de ciências torna-se um híbrido semiótico, não predomina somente a linguagem científica, mas também a linguagem cotidiana e a linguagem escolar.

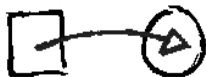
Em relação às questões 2 e 3, conseguimos visualizar muito bem esse híbrido nas respostas dos estudantes. A busca pela melhor forma de explicar, e essa melhor forma eles sabem que deve se aproximar da linguagem científica, acarreta um uso de palavras que ainda não se transformaram em conceitos.

Na questão 2, já encontramos respostas que se referem à impossibilidade de formar-se novos elementos, mas sim de novas substâncias. O uso do termo substância em contraposição ao processo de formação comparado ao de elemento é um indício de que o estudante já consegue estabelecer relações e diferenças entre os dois conceitos.

Para Bruner (1998), existem dois modos de funcionamento cognitivo que, de maneira diversa, ordenam a experiência e constroem a realidade. São complementares, mas irreduzíveis um ao outro. Enriquecem juntos o pensamento com princípios operativos e critérios próprios. Para esse autor, uma boa história e um bom argumento são tipos naturais diferentes.

Esses modos de pensamento são, segundo Bruner (1998), de dois tipos, o paradigmático que busca convencer da veracidade e estabelece a verdade por meio de provas formais e empíricas e o narrativo, que busca convencer da semelhança com a vida e estabelece verossimilhanças.

Durante as aulas que antecederam a primeira avaliação, os estudantes fizeram uma atividade simulando o cultivo de plantas por hidroponia. Eles plantaram duas amostras de feijão na areia e deixaram que suas raízes ficassem mergulhadas em uma solução nutritiva preparada com adubo inorgânico e outra em água da torneira. Com essa atividade, o professor esperava que os estudantes verificassem as diferenças no crescimento das plantas em condições diferentes e também que compreendessem a importância da utilização do adubo em algumas ocasiões. Além disso, a atividade pode instaurar um conflito com a ideia de que a planta come terra, pois os estudantes



verificam que ocorre o desenvolvimento com as raízes mergulhadas em soluções e não plantadas na terra.

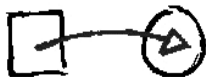
A questão oito faz relações com esta atividade e, além disso, propõe que o estudante indique o que realmente a planta retira do solo.

Tabela 4: Respostas à questão 8 da primeira prova

Questão 8: Muitas pessoas acreditam que as plantas “comem terra” para se desenvolver. Em nossas aulas, entretanto, vimos que as plantas (como o feijão, por exemplo) podem se desenvolver com suas raízes mergulhadas em soluções nutritivas que têm as mínimas quantidades de nutrientes. Baseando-se nessas informações e em outros conhecimentos, RESPONDA: as plantas “comem terra”? Quando plantadas no solo, o que as plantas realmente retiram dele?

Aluno	Respostas
Gustavo	Sais minerais em quantidades nas quais precise para sobreviver.
Rafael	Não, as plantas quando estão plantadas no solo retiram sais minerais e água.
Samuel	Não, elas não comem elas sugam só os nutrientes. Elas retiram dela os nutrientes necessários para a sobrevivência dela.
Norma	Não, as plantas retiram do solo sais minerais e água.
Ricardo	Não, elas retiram os sais minerais e nutrientes.
Luiz	Não, as plantas quando plantadas retiram com suas raízes os minerais essenciais para sua sobrevivência.
Guilherme	As plantas não comem terra elas retiram os sais minerais necessários para a sua sobrevivência.

As respostas indicam uma boa compreensão sobre não ingestão de terra, mas sim a retirada, pelo vegetal, dos nutrientes necessários do solo e da água. O aluno Samuel utiliza a expressão “sugam só os nutrientes” como se planta tivesse condições de escolher e “tomar” apenas o que ela necessite. A aluna Norma faz diferenciação entre os sais minerais e a água, como se fossem absorvidos separadamente. Já o aluno Ricardo diferencia sais minerais de nutrientes e não menciona a água como necessária para a sobrevivência da planta e como meio de transporte de minerais, assim como os alunos



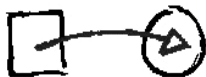
Gustavo, Samuel, Luiz e Guilherme. Não encontramos nas respostas referências a elementos químicos, substâncias ou transformação.

A análise das respostas à questão nove permitiu-nos concluir sobre a compreensão dos estudantes sobre a diferenciação entre elemento químico e substância, desta vez, na forma de minério e metálica.

Tabela 5: Respostas à questão 9 letra a da primeira prova

Aluno	Respostas
Gustavo	Não, eles não são encontrados concentrados no mesmo lugar, geralmente são encontrados misturados com outros elementos, e das mais diversas formas e estados físicos.
Rafael	Não, o ferro, o zinco e o cobre são encontrados em forma de minério.
Samuel	Não, porque eles são achados em minério é ele tem que ser derretido e etc. para virar ferramentas, chapas e fios elétricos.
Norma	Não, os elementos passam por transformações, misturas, processos que os deixam assim.
Ricardo	Não, pois é preciso passar por uma série de transformações dentro de indústrias próprias.
Luiz	Não, alguns deles precisam ir ao forno em alta temperatura, outros o homem tem de transformar. Resumindo: o homem tem de mexer nos minerais para eles virarem ferramentas, chapas, etc.
Guilherme	Não, eles são encontrados em forma de minério e precisam passar por um processo de transformação para serem utilizados.

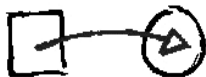
Todos os sete estudantes concordam que os metais ferro, zinco e cobre não são encontrados de forma pronta para fazer ferramentas, chapas e fios elétricos. Entretanto, em suas respostas, os estudantes não mostram explicitamente que compreendem que, ao serem encontrados na forma de minério, essas espécies não correspondem à forma metálica. Ou seja, esperava-se que os estudantes respondessem que tais elementos não são encontrados na forma metálica, e sim, na forma de minério passando por



transformações para se tornarem metálicos, como reponde o aluno Guilherme. A diferenciação entre forma iônica e metálica não era esperada, pois os estudantes ainda não tinham tido acesso a modelos atômicos, que seriam introduzidos no ano seguinte na proposta didática adotada pelo professor. Os alunos Rafael, Samuel e Guilherme referem-se ao minério como forma diferente na qual se encontram os metais, já os outros apenas citam que eles (cobre, ferro e zinco), têm que passar por transformações para se tornarem metálicos como nas ferramentas. Apenas a aluna Norma usa a palavra elemento, mas não explicita a sua compreensão sobre a diferenciação entre o elemento e a substância metálica.

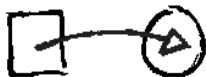
Nessas respostas de estudantes a questões de avaliação escolar, parece-nos importante destacar as escolhas feitas pelos estudantes e, nesse sentido, não apenas o que dizem mas também o que silenciam, os termos que evitam ou que não parecem adequados ao contexto de uma dada questão. Assim, nas respostas dadas às questões 8 e 9 é notório a ausência das palavras elemento e substância.

O item b da questão nove remete à discussão sobre a possibilidade de se ingerir ferro metálico para suprir as necessidades diárias de ferro. Essa questão foi amplamente discutida em debate aberto e bastante dialogado entre professor e alunos na 4ª aula da sequência de ensino.

**Tabela 6: Respostas à questão 9, letra b da primeira prova**

Questão 9 b): RESPONDA: podemos suprir nossas necessidades nutricionais diárias de ferro comendo um pedaço do pé da cadeira onde você está sentado? EXPLIQUE sua resposta.	
Aluno	Respostas
Gustavo	Não, a maneira na qual o ferro está concentrado no pé da cadeira não permite que nosso organismo absorva.
Rafael	Não, porque precisamos de ferro ainda mineral
Samuel	Não, porque nosso organismo não processa tanto ferro.
Norma	Não, o ferro passa por máquinas e por vários processos para deixar duro, resistente. Então nós não iríamos suprir nossas necessidades assim.
Ricardo	Não, porque o ferro que nós comemos não é o mesmo ferro que vemos em carros, bicicletas, placas, etc. O ferro que comemos é o que se localiza nos alimentos.
Luiz	De certa forma sim, precisamos ingerir o mineral que falta ou que você precisa, não importa onde esteja na terra, na madeira e etc.
Guilherme	Não, porque o ferro da cadeira passou por um processo diferente do que está numa planta.

Com exceção do Luiz, os outros estudantes concordam que não é possível suprir as necessidades de ferro ingerindo ferro metálico. Ao explicarem, afirmam que o nosso organismo não absorve o ferro metálico, que precisamos do ferro ainda mineral ou que o ferro dos alimentos é diferente. Por outro lado, o aluno Samuel, por exemplo, parece achar que não há diferença, somente a quantidade no pé da cadeira é grande e o nosso organismo não consegue processar tanto ferro. A aluna Norma parece entender que da forma que está no pé da cadeira o ferro é muito duro e resistente e talvez por isso nosso organismo não o absorva assim. O aluno Ricardo faz uma distinção em termos da localização do ferro do que propriamente na forma como o elemento apresenta-se. O ferro, em seu discurso, é ainda o objeto e não o elemento que constitui os objetos. Já o aluno Luiz não compreende mesmo a diferença entre o ferro presente nos alimentos e o

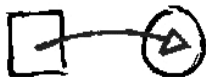


ferro do pé da cadeira e considera que ele pode ser ingerido de qualquer forma, que vai suprir as necessidades diárias de ferro dos organismos.

O resultado dessa primeira avaliação foi muito mal visto pelo professor que esperava resultados melhores. No entanto, no decorrer da sequência, percebemos o quanto o desenvolvimento do conceito de elemento químico é solidário ao do conceito de substância, já estudado, e transformação química, foco das próximas aulas referentes ao capítulo 2. Acreditamos que os conceitos científicos constituem sistemas de significação enquanto totalidades e, portanto, se desenvolvem nas relações que estabelecem entre um conceito e outros, e entre conceitos e contextos de aplicação. Isso demanda tempo e trabalho continuado ao longo do currículo (no Ensino Fundamental e Médio). No caso analisado nessa tese, o uso e a apropriação do conceito estudado prossegue, mas podemos concluir que, por ocasião da primeira avaliação, os estudantes revelam em suas respostas entendimento sobre o ciclo dos minerais, mas a maior parte dos 22 não utiliza corretamente os conceitos de transformação, de elemento químico e de substância. Mais tarde, identificaremos um avanço na compreensão das particularidades de cada um desses conceitos quando utilizados em situações de interpretação de modelos de partículas, representado reações, misturas ou até mesmo a composição de moléculas.

4.2. A SEGUNDA PROVA

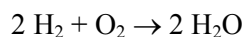
A segunda prova foi aplicada aproximadamente um mês e meio após a primeira. O tema continua sendo “A transformação dos materiais”, mas agora referente ao capítulo 2 “compreendendo as reações químicas” da coleção didática. A avaliação apresentou cinco questões dissertativas e teve como objetivo avaliar se o estudante era capaz de apontar evidências que auxiliassem na identificação de reações químicas, conhecessem os fatores que afetam a rapidez de uma reação química, se compreendiam a ideia de conservação da massa nas reações químicas e se interpretavam corretamente modelos que representassem as substâncias em nível molecular, utilizando corretamente as ideias de átomo, elemento, molécula e de substância.



Escolhemos para análise as questões que se referiam ao último objetivo proposto, ou seja, a interpretação de modelos. Sendo assim serão analisadas as questões 4 e 5. Dessa vez, não apresentaremos a análise por aluno, mas sim, da turma como um todo, utilizando às vezes, como exemplo, os estudantes escolhidos, para análise na primeira prova.

Tabela 7: Questão 4 letra a da segunda prova

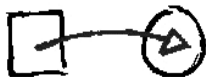
Questão 4: A formação da água pode ser representada pela equação química a seguir:



- a) REPRESENTE essa reação através de um desenho, indicando os reagentes e os produtos por meio de bolinhas. FAÇA uma legenda identificando as bolinhas presentes no desenho.
-

No momento dessa avaliação, os estudantes já utilizam informações e representações mais sofisticadas como as equações químicas. O trabalho com modelos foi desenvolvido durante as aulas com exercícios em duplas e na correção de exercícios feita pelo professor. Em um exercício avaliativo, realizado em duplas, o professor solicitou aos estudantes que representassem algumas moléculas utilizando massa de modelar e também, utilizando essas representações, que separassem os reagentes indicados por equações transformando-os em produtos também indicados nas equações. Alguns exercícios foram feitos para que os estudantes identificassem em equações ou fórmulas os números de átomos, elementos e substâncias presentes.

Vinte e dois estudantes fizeram a prova e os tipos de respostas para a questão 4, letra a, são apresentados no quadro a seguir (Quadro 14):



Tipo de resposta	Número de alunos
Representou corretamente	10
Representou apenas os reagentes corretamente	4
Representou apenas os produtos corretamente	4
Representou apenas o gás oxigênio corretamente	1
Representou apenas o gás hidrogênio corretamente	2
Representou corretamente as moléculas, mas não representou corretamente as quantidades.	1
Não representou corretamente	2

Quadro 15: Tipos de respostas para a questão 4 letra a

O número total é maior do que 22 porque tivemos respostas nas quais o aluno representa um dos reagentes corretamente e também representa o produto corretamente. Em geral, os estudantes mostram ter muita dificuldade com os índices nas fórmulas, como se vê nas seguintes figuras. Ao representar, por exemplo, 2H_2 , O_2 ou H_2O , muitas vezes não conseguem diferenciar o número de moléculas do número de átomos. (figura 1-a). Em outros casos, não apresentam legenda ou a legenda representada não corresponde ao modelo (figura 1-b). As figuras foram mantidas como estavam nas provas, inclusive com marcas de correção do professor.

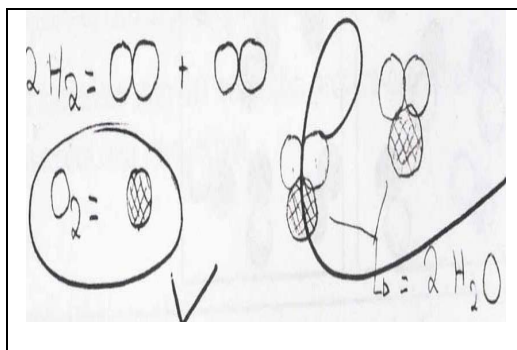


Figura 1-a – Os estudantes apresentam dificuldades em diferenciar os índices nas fórmulas químicas. No exemplo, como na equação só participa uma molécula de O_2 , esse estudante o representa por uma bolinha.

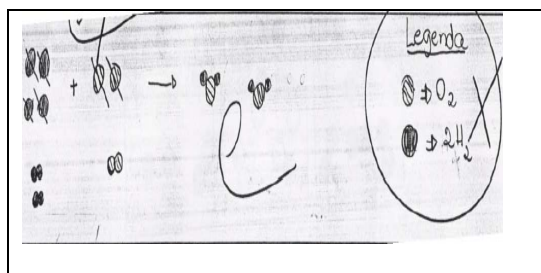
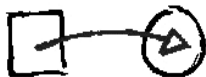


Figura 1-b – A legenda não corresponde ao modelo. Mais uma vez existe a confusão com os índices.

Um estudante representou, entre os reagentes e o produto, um modelo referente ao processo de quebra das ligações interatômicas nos reagentes, procedimento muito parecido com aquele realizado no exercício avaliativo feito em sala de aula, no qual os estudantes desmancharam os reagentes para formar os produtos (figura 1-c).

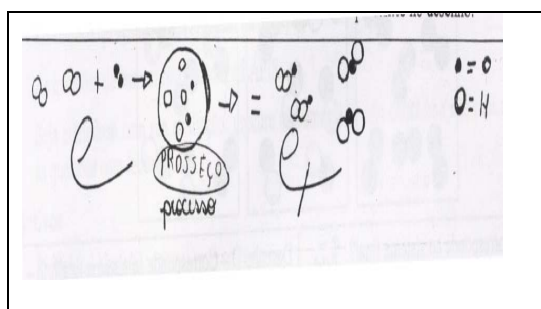


Figura 1-c – O estudante representa a quebra de ligações entre os átomos nos reagentes para ocorrer o rearranjo e formar os produtos.

A seguir, apresentamos um exemplo de representação correta (figura 1-d).

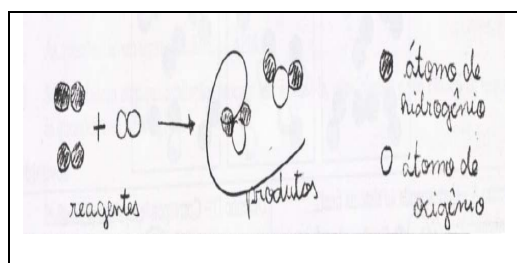
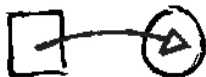


Figura 1-d – Representação correta de reagentes, produtos e legenda para a reação de formação da água.



Na questão 4, letra b, os estudantes indicaram, para cada espécie da equação de formação da água, o número de átomos, os elementos e as substâncias. No quadro a seguir, indico o número de estudantes que responderam corretamente (Quadro 16).

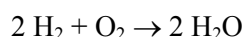
Total de Alunos	Responderam corretamente		
	Número de Átomos	Número de Elementos	Número de substâncias
22	9 (41%)	16 (72%)	10 (45%)

Quadro 16: Número de estudantes que responderam corretamente a questão 4, letra b

Mais uma vez, o número total de respostas não corresponde ao total de alunos, pois um estudante pode ter respondido corretamente o número de átomos e de elementos, por exemplo, como a seguir, indico as respostas dos sete alunos acompanhados nas respostas à primeira prova.

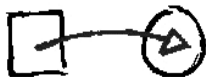
Tabela 8: Respostas à questão 4 letra b da segunda prova

4.A formação da água pode ser representada pela equação química a seguir:



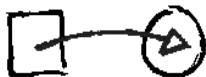
b) Indique o número de átomos, elementos e substâncias presentes na reação de formação da água.

Gustavo	Indicou corretamente
Rafael	Indicou corretamente
Samuel	Indicou apenas o número de elementos corretamente
Norma	Indicou apenas o número de átomos e de elementos corretamente
Ricardo	Indicou apenas o número de elementos e substâncias corretamente
Luiz	Indicou apenas o número de átomos e de elementos corretamente
Guilherme	Indicou corretamente



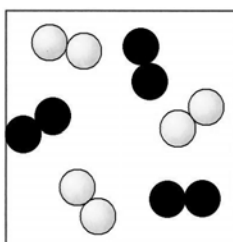
Notamos que o maior índice de acerto foi para a indicação do número de elementos químicos em relação aos átomos ou substâncias. Acreditamos que a simbologia seja mais concreta e entendida como letras que se repetem. Ao contrário das substâncias e dos átomos, que variam suas representações. O foco no que permanece pode ter ajudado na indicação correta para o número de elementos químicos.

Na questão 5, temos uma interpretação de modelo no qual os estudantes precisam, a partir de um sistema inicial, representado por modelo de partículas, escolher e justificar a escolha para a melhor representação do sistema final após uma reação química.

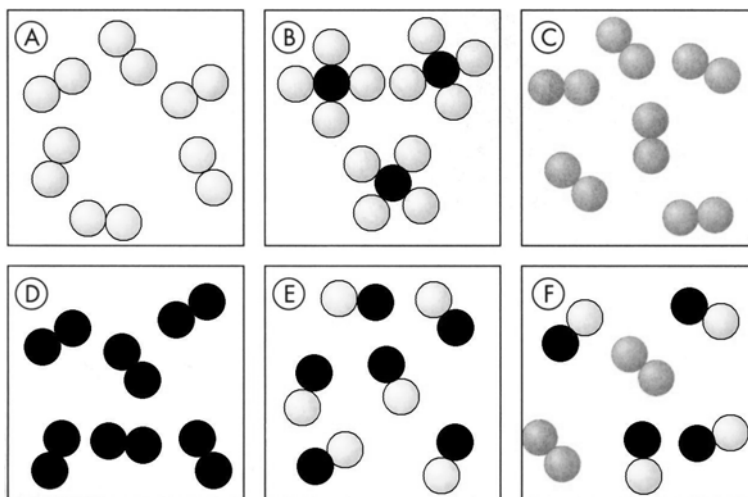
**Tabela 9: Respostas à questão 5 letra a da segunda prova**

Questão 5: Nos desenhos ao lado e abaixo, esferas de mesma cor indicam átomos de um mesmo elemento químico e esferas de cores diferentes, átomos de elementos distintos.

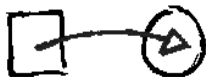
- a) O desenho representa moléculas inicialmente presentes em um sistema. Após uma reação química envolvendo essas moléculas, sabe-se que o sistema final corresponde a **um** dos desenhos abaixo. Analise-os e **ESCREVA** qual deles corresponde à situação final do sistema. **JUSTIFIQUE**, para cada um dos desenhos, por que ele pode ou não representar a situação final.



Sistema inicial



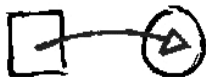
Aluno	Modelo escolhido	Justificativa
Gustavo	Sim para o modelo E.	Há a mesma quantidade de átomos e os mesmos elementos nos dois.
Rafael	Sim para o modelo E.	A quantidade e os tipos de átomos são os mesmos do sistema inicial.
Samuel	Sim para o modelo E.	Porque ele é o sistema final.
Norma	Sim para o modelo E.	Pois há 6 bolinhas pretas e 6 brancas.
Ricardo	Sim para o modelo E.	Porque os átomos estão apenas organizados de formas diferentes.
Luiz	Sim para o modelo E.	Pois as bolinhas reagiram e ficaram assim, do jeito que está no desenho E.
Guilherme	Sim para o modelo E.	Porque haviam 6 átomos brancos e 6 pretos no sistema inicial e no final também.



Entre os 22 estudantes que fizeram a prova, 19 escolheram corretamente o modelo E como representativo do sistema final. Em relação às justificativas, 5 estudantes justificaram satisfatoriamente, 7 justificaram parcialmente, 5 justificaram incorretamente e apenas 1 estudante não justificou a sua resposta. A resposta esperada deveria conter menções à manutenção das mesmas quantidades de átomos e os mesmos tipos de elementos químicos no sistema final. Poderia também girar em torno da forma de organização dos átomos, ou seja, os átomos são os mesmos assim como as suas quantidades, o que muda é a forma de como se organizam. Seria esse o conceito de transformação química, ou seja, formação de novas substâncias ou rearranjo de átomos em um sistema no qual a massa se conserva.

Como exemplificado na tabela anterior, consideramos as respostas do Gustavo e do Ricardo como satisfatórias; para o Rafael, a Norma e o Guilherme, parcialmente satisfatórias; e para o Samuel e o Luiz, insuficientes. Para esses últimos não há nenhuma explicação na justificativa, apenas “é assim que deve ser”. O Luiz ainda se refere a bolinhas, no lugar de elementos, átomos ou substâncias.

Na questão 5, letra b, temos o mesmo tipo de resposta da questão 4, letra b. Os estudantes tiveram que indicar para cada modelo representado nas opções de respostas para da letra a, o número de átomos, de elementos e de substâncias presentes. Dessa vez, os estudantes fazem essa indicação a partir da análise de modelos e não de equação química, como na questão 4b. A seguir, apresentamos o número de estudantes que responderam corretamente.

**Tabela 10: Respostas à questão 5 letra b da segunda prova**

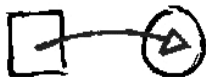
Questão 5 – b - PREENCHA corretamente a tabela abaixo, indicando o número de átomos, de elementos e de substâncias presentes em cada desenho.

Desenho	Número de átomos (% de acertos)	Número de elementos (% de acertos)	Número de substâncias (% de acertos)
A	63,6	68,2	59,0
B	54,4	63,6	50,0
C	63,6	72,7	59,0
D	63,6	68,2	59,0
E	63,6	59,0	59,0
F	63,6	68,2	50,0

Podemos notar que, em média, 65% da turma apontou corretamente as quantidades de átomos, de elementos e de substâncias presentes nos modelos. Para os modelos A, B, C, D e F, mais uma vez, há maior percentual de acertos para o número de elementos.

As representações através de fórmulas e equações ainda apresentam um grau de dificuldade grande. Isso é compreensível se considerarmos que, nesse ponto do planejamento anual, proposto pelo professor, esses são os primeiros contatos dos estudantes com esse tipo de representação. Pesquisas (NAKHLEH, 1992) apontam que, com frequência, os estudantes têm dificuldade para aceitar as equações químicas balanceadas como representações de rearranjos de átomos. Muitos alunos encaram o balanceamento de equações como um exercício puramente algorítmico.

Em sua pesquisa, Nakhleh aponta que, embora alguns estudantes sejam capazes de usar as palavras átomo, elemento, molécula e substância, eles não conseguem relacioná-las ao modelo corpuscular da matéria. O contrário também acontece, ou seja, eles compreendem os modelos e não associam as partículas corretamente. Isso indica que os estudantes possam estar presos ao modelo contínuo da matéria. Muitas vezes, simplesmente, eles anexam o modelo de partículas ao seu modelo contínuo.



A construção de uma estrutura cognitiva que possa representar corretamente o mundo abstrato dos átomos, elementos, moléculas, transformações e misturas não é uma tarefa fácil. As concepções existentes entre os estudantes, que vivem em condições culturais diferentes, a respeito da natureza corpuscular e cinética da matéria, são persistentes mesmo no nível de pós-graduação.

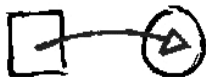
Nakhleh salienta que é necessário os estudantes comecem a compreender as diferenças entre átomos, elementos, íons e moléculas. Segundo o autor, os alunos necessitam de apoio também para discernir as condições em que se podem empregar apropriadamente cada um desses termos. Também para Nakhleh, os estudantes deveriam ser lembrados de que, se não puderem explicar um conceito em termos moleculares, eles realmente não o compreenderam.

4.3. A PROVA FINAL

A prova final foi aplicada 10 dias após a segunda avaliação. Os assuntos abordados nessa prova foram os dois capítulos estudados referentes aos “Minerais e a Vida” e “Compreendendo as Reações Químicas”. A prova apresentou 15 questões, das quais 14 eram objetivas. Escolhemos para análise as questões referentes à interpretação de modelos que representam substâncias em nível molecular, utilizando as ideias de átomo, de elemento, de molécula e de substância. Essas questões são as de números 10 a 15, sendo apenas a questão 15 aberta.

Segundo a análise do professor, “esta foi a primeira prova que a turma fez com este formato (toda fechada, com marcação de quadro de respostas)”. Segundo ele, o formato da prova foi uma “novidade” podendo ter contribuído para os resultados obtidos. Ainda de acordo com o professor, vale observar que isso poderia explicar o baixo rendimento de Tatiana (que mostrou bons resultados nas provas anteriores) e o alto rendimento de João (que até então não tinha se saído muito bem).

Há aqui uma diferença de análise, pois não a fizemos a partir da produção escrita e sim da quantidade de acertos, pois as questões são fechadas. Faremos inferências,



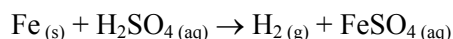
analisando o contexto dessa produção _ já apresentado no capítulo 3 e também nesse capítulo _ e examinando as habilidades exigidas para as respostas.

Nas questões escolhidas para análise, percebe-se um avanço na compreensão dos conceitos de átomo, elemento, molécula, substância e mistura. O índice de acertos foi alto nas questões 11, 12 e 14. Na questão 10 o índice foi menor e, na questão 13, todas as alternativas foram marcadas.

Seguem as questões com seus índices de acertos e uma análise das habilidades exigidas nas respostas de cada uma delas.

Questão 10

A presença do ácido sulfúrico (H_2SO_4) na chuva pode causar inúmeros problemas, entre os quais a corrosão do ferro. Tal corrosão se deve às reações entre este ácido e o ferro metálico (Fe). A equação que representa esse fenômeno é:



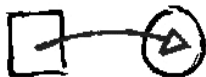
As afirmações a seguir referem-se a esta reação. Classifique-as em verdadeiras (V) ou falsas (F).

- I) O número de átomos é o mesmo nos reagentes e nos produtos. ()
- II) O ferro (Fe) participa de duas substâncias diferentes. ()
- III) O gás hidrogênio (H_2) está presente nos reagentes e nos produtos. ()
- IV) O ácido sulfúrico é um elemento químico. ()
- V) 7 átomos constituem o ácido sulfúrico. ()

A seqüência correta é:

- a) V, V, F, F, V.
- b) V, F, V, V, V.
- c) V, F, V, V, F.
- d) F, V, F, F, F.

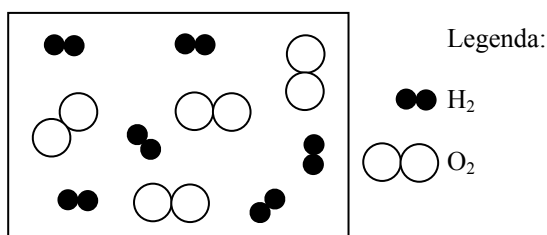
Entre os 22 estudantes que fizeram a prova, 9 (41%) responderam corretamente a essa questão. Acreditamos que as dificuldades encontradas são referentes à não diferenciação entre átomo, elemento e substância e também quanto à confusão que os estudantes fazem com os índices presentes fórmulas, seja referente ao número de átomos ou



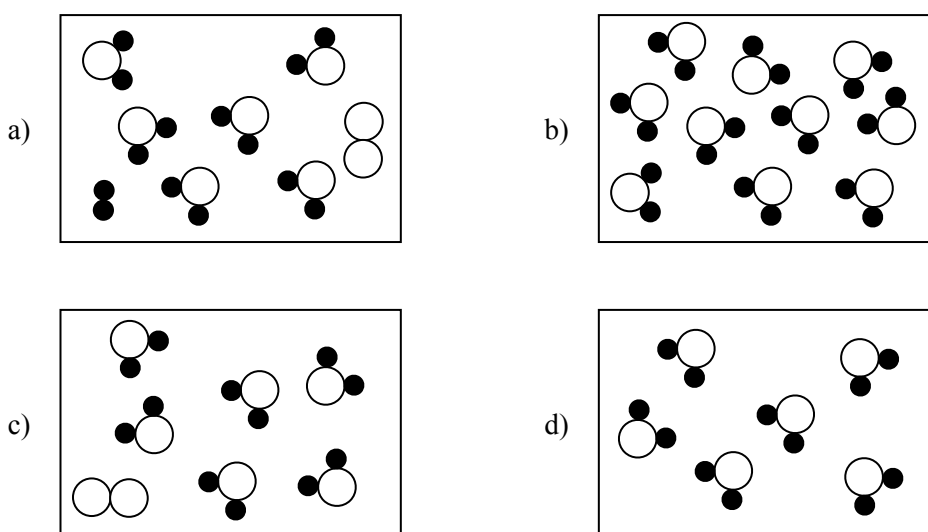
moléculas. Esse problema já foi identificado e discutido na questão 4 da segunda avaliação, na qual os estudantes representaram a equação de formação da água por modelo de partículas. Os estudantes também não apresentaram ainda uma clara distinção entre reagentes e produtos na equação química. Consideramos também que o formato da questão não ajuda, uma vez que exige uma sequência de cinco afirmativas a serem corretamente julgadas em verdadeiras ou falsas. Além disso, como coletamos número de acertos não sabemos, das cinco afirmativas em cada alternativa, quais foram mais facilmente identificadas pelos estudantes.

Questão 11

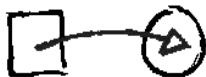
Uma mistura de gás hidrogênio (H_2) e gás oxigênio (O_2) reage num recipiente fechado, produzindo vapor de água (H_2O). O desenho a seguir representa a mistura, antes da reação.



Supondo que a reação seja completa, o desenho que representa o estado final do sistema dentro do recipiente, considerando a quantidade de moléculas representadas para o estado inicial, é:



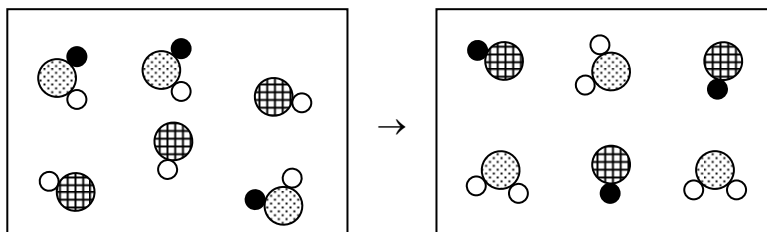
Para essa questão, o índice de acerto foi maior. Do total de 22 estudantes, 17 (77%) marcaram a alternativa correta. Consideramos esse índice um indicativo de que os



estudantes apropriaram-se melhor das representações ao nível de modelo de partículas em relação à representação por meio de equações químicas. Nesse contexto, o estudante deveria utilizar o conceito de conservação de massa na transformação química analisada além de conseguir identificar o modelo representativo para a molécula de água.

Questão 12

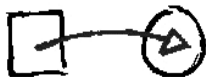
Em um recipiente fechado, ocorre a reação representada no modelo a seguir, no qual cada bolinha simboliza um átomo.



Pode-se afirmar corretamente que:

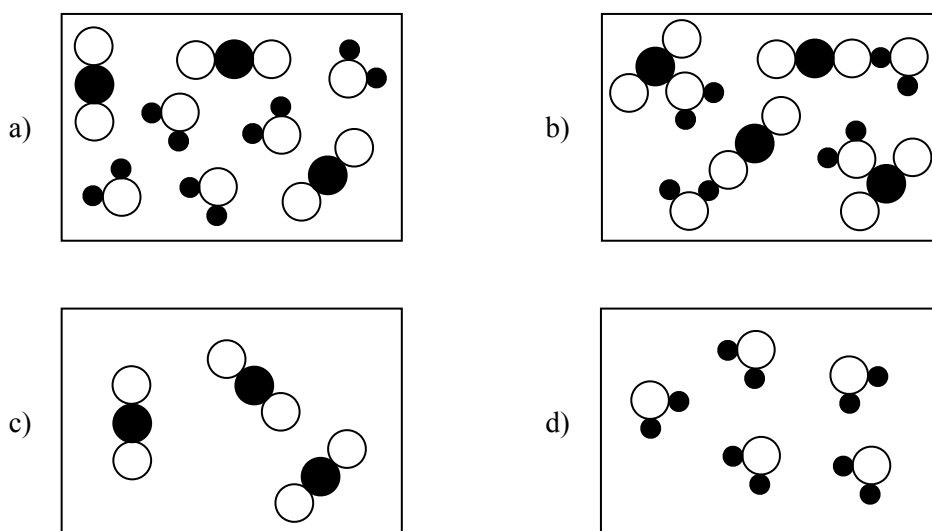
- a) A quantidade de átomos no início é maior que quantidade de átomos no final.
- b) Duas substâncias reagem e formam duas novas substâncias.
- c) Há cinco elementos químicos participando do processo.
- d) O número de moléculas antes da reação é diferente do número de moléculas após a reação.

Nessa questão, o número de acertos foi de 18 estudantes (82%) dentre o total de 22. Quando comparada à questão 10, consideramos que, realmente a representação como modelo de partículas apresenta uma maior facilidade aos estudantes, sendo que as duas questões abordam o mesmo tipo de conhecimento.



Questão 14

A água com gás que compramos em bares é uma mistura de duas substâncias: água (H_2O) e gás carbônico (CO_2). Assinale a alternativa que melhor representa essa mistura em nível molecular:



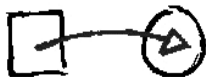
Legenda:

átomo de hidrogênio

átomo de carbono

átomo de oxigênio

Nessa questão, temos 17 estudantes (77%) que responderam corretamente. Aqui, os estudantes deveriam utilizar habilidades de representação de moléculas, já que foram apresentadas as fórmulas e uma legenda para as representações dos átomos dos elementos químicos que constituem as substâncias da mistura em questão.



Questão 15

O texto a seguir explica o ciclo do gás carbônico na natureza:

O gás carbônico (CO₂) é encontrado na atmosfera na proporção aproximada de 0,03%. O gás carbônico é retirado do ar pelo processo da fotossíntese: os vegetais absorvem o CO₂ e o utilizam para produzir glicose. Os vegetais crescem e se desenvolvem absorvendo o gás carbônico da atmosfera. Na respiração dos organismos (vegetais e animais), o gás carbônico é devolvido para a atmosfera. A decomposição do corpo de vegetais e de animais mortos também participa do ciclo do gás carbônico, pois nesse processo os microorganismos liberam CO₂ para a atmosfera. Outro fator de liberação de gás carbônico para a atmosfera é a queima de combustíveis fósseis, representados principalmente pelo carvão e pelo petróleo.

No livro *O mundo de Sofia*, o autor Jostein Gaarder faz uma afirmação bastante curiosa:

“(...) Assim, um átomo que está hoje no músculo de seu coração provavelmente esteve um dia na cauda de um dinossauro.”

EXPLIQUE por que podemos dizer que um átomo de carbono que fazia parte da constituição de um dinossauro pode estar hoje presente em nosso organismo.

As respostas dos estudantes a essa questão foram agrupadas em 6 tipos como descrito a seguir.

Tipo 1: O estudante utilizou o ciclo do gás carbônico para explicar o problema fazendo referências explícitas ao ciclo, não cometendo erros conceituais.

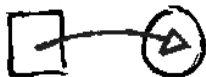
Tipo 2: O estudante escreveu sobre o ciclo do gás carbônico desde o dinossauro até o homem, cometendo alguns erros conceituais e não reconhecendo o que estava explicando como um ciclo.

Tipo 3: O estudante escreveu que a decomposição do corpo do dinossauro libera gás carbônico e que, depois, o gás carbônico vem parar em nosso corpo, sem mais detalhes.

Tipo 4: O estudante escreveu sobre a liberação de gás carbônico pelo corpo em decomposição do dinossauro e que, depois, o ser humano respira este gás carbônico.

Tipo 5: O estudante escreveu sobre a decomposição do corpo do dinossauro e a liberação de gás carbônico e não deu nenhuma explicação.

Do total de 22 estudantes, 3 deram respostas consideradas corretas e satisfatórias (respostas tipo 1); 14 tiveram nota acima de 60% (resposta do tipo 2 e 3) e 5 não acertaram ou tiveram nota abaixo de 60% (respostas do tipo 4 e 5). Os erros conceituais mais frequentes estão relacionados ao uso inadequado do conceito de ciclo e dos



processos de respiração, de fotossíntese e de decomposição. Os estudantes não compreendem bem a presença do gás carbônico na fotossíntese, na respiração e na decomposição e, por isso, explicam parte do ciclo ou simplesmente consideram que o ser humano absorve gás carbônico na respiração. Nessa questão, o uso inadequado dos conceitos de elemento químico não foi expressivo. Os estudantes utilizaram adequadamente a palavra átomo para compor o texto e se referiram à presença “do carbono” ou “do átomo de carbono” no gás carbônico ou em outras substâncias constituintes das plantas, do ser humano e do dinossauro.

4.4. UMA REFLEXÃO ACERCA DAS PRODUÇÕES ESCRITAS DOS ESTUDANTES NAS AVALIAÇÕES FORMAIS E EM OUTRAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Após a análise das respostas dos estudantes, principalmente nas questões dissertativas, uma questão colocou-se: com que frequência esses estudantes escreveram suas respostas a questões abertas durante a sequência didática? Concluímos que essa não foi uma prática comum nas aulas filmadas. Há uma intensidade de debates, muitas atividades em grupo, muitos exercícios foram feitos, mas a habilidade de escrever, descrever, justificar e argumentar por meio da escrita não foi uma estratégia de ensino adotada. Alguns estudantes certamente fizeram isso em seus cadernos, mas não foi o tipo de atividade corrigida e orientada pelo professor.

Voltamos às ideias de Carvalho e Oliveira (2005), que consideram falar, ouvir e procurar uma explicação sobre os fenômenos, depois escrever e desenhar, isto é, expressar-se em diversas linguagens, solidifica e sistematiza os conceitos aprendidos. Isso remete a uma necessidade de ampliar oportunidades dos estudantes em utilizar as linguagens e ideias das ciências em contextos por meio do discurso, não apenas oral, mas também escrito. O discurso oral não substitui o escrito, uma vez que cumprem funções diferenciadas. Em Carvalho e Oliveira (2005), encontramos um trecho que potencializa nossas conclusões sobre a necessidade de maior investimento nos trabalhos escritos:



O discurso oral é, em geral, divergente, altamente flexível, requer pequeno esforço de participantes enquanto eles exploram idéias coletivamente, enquanto que o discurso escrito é convergente, mais focalizado e demanda maior esforço cognitivo do escritor”. (RIVARD e STRAW, 2000 apud CARVALHO e OLIVEIRA, 2005). Explicar, ou escrever analiticamente, então requer uma posição lógica reflexiva que estimula os estudantes a refinar seu pensamento, aumentando assim seu entendimento do tema estudado.

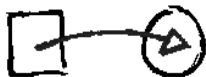
Como afirma Carvalho e Oliveira (2005) “discutir idéias entre alunos e professor é importante para gerar, clarificar, compartilhar e distribuir idéias entre o grupo, enquanto o uso da escrita como instrumento de aprendizagem realça a construção pessoal do conhecimento”. Ainda segundo essas autoras, que se apóiam em Rivard e Straw (2000), uma estratégia instrucional cercada de ambas (discussão de ideias e escrita) devia aumentar a aprendizagem mais do que usando qualquer uma dessas duas modalidades sozinhas.

No capítulo 3 desta pesquisa, apresentamos como as dinâmicas discursivas desenvolvidas nos episódios analisados são ricas na elaboração conjunta de significados, identificadas nas explicações que os estudantes dão para os fenômenos observados e para as questões que surgem nas discussões que emergem nos contextos de aprendizagem. Por outro lado, identificamos poucos exemplos de significação nas produções escritas dos estudantes. Avanços foram identificados, mas muitos problemas também persistem.

4.5. ENTÃO, COMO OS ESTUDANTES USAM E APROPRIAM-SE DESSA LINGUAGEM CIENTÍFICA?

Estamos, portanto, em condições de retomar as questões de pesquisa evocadas ao início desse capítulo. Começamos pela primeira delas: “Como os estudantes de uma sala de aula de ciências do oitavo ano do Ensino Fundamental apropriam-se e usam o conceito de elemento químico?”

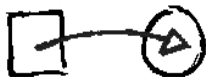
Do nosso ponto de vista, esse estudo corrobora a visão de Vygotsky sobre o processo de formação de conceitos científicos. Para Vygotsky (2005), os chamados conceitos científicos, em contraste com os conceitos espontâneos, são um subconjunto do que ele



denomina conceitos escolarizados. Ao escrever sobre estes dois tipos de conceito, Vygotsky distinguiu a aprendizagem escolar a partir de duas perspectivas. A primeira é que conceitos científicos são sistemáticos, no sentido de que qualquer conceito existe em um sistema organizado de outros conceitos de maior ou menor generalidade como, por exemplo, em uma taxonomia. Isso leva a relacionamentos entre conceitos e ao fato de que qualquer conceito científico pode ser representado por meio de outros conceitos de infinitas maneiras. A segunda perspectiva apontada pelo autor assinala que aprender a usar conceitos científicos também difere da aprendizagem espontânea de conceitos em termos do que se exige da parte do aprendiz. Para Vygotsky, conceitos são descritos como espontâneos ou de senso comum, em parte, porque, ao contrário de conceitos científicos, a sua aprendizagem não envolve consciência ou controle voluntário. No entanto, no momento em que a criança começa a escola, essas capacidades intelectuais começam a desenvolver e é através de uma espécie de instrução sistemática que conceitos científicos podem ser gradualmente utilizados apropriadamente. O autor salienta, ainda, que os conceitos científicos diferem de concepções espontâneas na medida em que têm uma relação diferente com a experiência da criança.

Embora Vygotsky faça distinção entre conceitos espontâneos e conceitos científicos e de como eles são aprendidos, ele, no entanto, vê-os como interdependentes no desenvolvimento global da criança. Segundo ele, o desenvolvimento de conceitos científicos dependerá diretamente do nível de maturação dos conceitos espontâneos. Por outro lado, o surgimento de conceitos científicos terá inevitável influência sobre os conceitos espontâneos. Ou seja, esses dois modos de conceituar seriam complementares e fortalecer-se-iam mutuamente, por rotas ascendentes (do cotidiano para o científico) ou descendentes (do científico para o cotidiano) como discutido no capítulo 1.

Diante das idéias de Vygotsky, acreditamos que a tarefa do professor não é a de avaliar individualmente ou corrigir as concepções erradas, mas sim de ajudar o estudante, por meio da instrução no que diz respeito à relação entre os conceitos dentro de um sistema de conceitos, desenvolvendo, assim, a consciência e o controle voluntário do seu próprio pensamento.

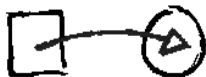


Para Wells (2008), é no uso do conceito que a criança aprende, com o objetivo de explicar algum problema, evento ou estado de coisas juntamente a outras crianças ou ao professor. Nas escolas, é o professor, principalmente, que faz o papel de explicador e espera-se que o estudante ouça e lembre-se depois. Lemke (1990) argumenta que assim como a aprendizagem de uma língua estrangeira, a fluência na ciência exige a prática. É colocando as palavras em conjunto, fazendo sentido, formulando perguntas e generalizando, que estamos aprendendo ciência.

Diante desses pressupostos, voltamos à segunda questão que tentamos responder ao analisar a produção escrita dos estudantes na sequência de ensino pesquisada: “A antecipação do estudo desse conceito no nível fundamental, com estudantes mais novos, baseada em uma abordagem que relaciona fenômeno, linguagem e representação através de modelos de partículas pode auxiliar em uma apropriação mais eficiente desses?”.

Embora não tenhamos evidências de um progresso sistemático da produção escrita dos estudantes nos textos por eles produzidos ao longo da sequência de ensino, notamos que o conceito de elemento químico vai sendo por eles utilizado de modo cada vez mais apropriado, na medida em que vão sendo enriquecidos por relações com outros conceitos que vão sendo evocados e trabalhados, como o de substância, de mistura, de ciclo de materiais, de transformações químicas, entre outros. Além disso, os estudantes, mesmo cometendo erros dispõem-se a falar e escrever com a mediação dos conceitos em formação, sempre motivados por contextos ricos de significação. A antecipação pode contribuir para a apropriação e uso dos conceitos estudados, não por questão da idade ou maturidade, mas porque os estudantes encontram, no contexto da sequência didática pesquisada, oportunidades para examinar os problemas em contextos relevantes antes que lhes sejam apresentados como definições no interior de teorias com alto grau de detalhamento e abstração.

Acreditamos que aprender ciências e, nesse caso conceitos químicos estruturadores e complexos, assemelha-se ao aprendizado de uma língua estrangeira como aponta Lemke (1990). Se a fluência exige a prática, o uso dos conceitos em situações relevantes, como apresentado no capítulo 3 desta tese, contribui para a formação desses. É importante ressaltar que o planejamento de ensino não contempla um projeto de introdução e



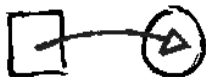
Faculdade de Educação da UFMG – Tese de Doutorado

Modos de Uso e o Processo de Apropriação do Conceito de Elemento Químico por Estudantes do Ensino Fundamental

Autora: Nilma Soares da Silva

Orientador: Orlando Gomes de Aguiar Junior

fechamento do conteúdo, ou seja, esses estudantes já faziam o uso do conceito de substância, mistura e de transformação desde o 6º ano e vão continuar fazendo no 9º ano e no ensino médio. Já o conceito de elemento químico aparece pela primeira vez, mas muito articulado com os conceitos de substância, mineral e transformação química. Desse modo, a antecipação é valiosa, considerando toda a abordagem adotada.



CAPÍTULO 5 – A SALA DE AULA REVISITADA PELOS ATORES

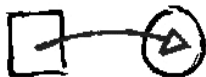
Neste capítulo, pretendemos mostrar as impressões do professor e dos estudantes registradas em entrevistas que realizamos e também nas conversas que mantivemos durante a minha presença nas aulas filmadas. Analisamos, também, as respostas a duas questões do pós-teste, respondidas pelos estudantes sete meses após concluída a sequência de ensino. Para tanto, examinamos os conteúdos das respostas, sobretudo aqueles relativos aos usos do conceito de elemento químico e das ideias que lhe dão suporte. Utilizamos, ainda, elementos da gramática funcional de Halliday (1993) para examinar a estrutura composicional dos textos dos estudantes. Finalmente, apresentamos as avaliações dos estudantes sobre a validade das ações adotadas pelo professor durante as aulas, considerando-se a efetividade delas como suporte para a aprendizagem em ciências, no julgamento dos estudantes.

5.1. A REFLEXÃO DE QUEM ENSINA: O OLHAR DO PROFESSOR

Realizamos com o professor alguns encontros fora da sala de aula. Um deles teve como objetivo avaliar a minha presença na sala de aula e discutir possíveis intervenções nas atividades de ensino com o objetivo de diminuir a sua angústia em relação ao pouco rendimento dos estudantes na primeira avaliação. Na verdade, o professor não relatou preocupação com as notas, mas com a forma com que os estudantes escreveram suas respostas. Essas produções foram analisadas no capítulo 4.

Nesse primeiro encontro, sugeri ao professor a atividade com massinhas que foi realizada nas aulas 26 e 27 com bastante sucesso no processo de identificação das diferenças entre elemento químico, substância e mistura. Além disso, sugeri uma sistematização dos conceitos desenvolvidos até então, realizada nas aulas 18 e 19, juntamente à correção da primeira avaliação.

Depois da escolha das aulas referentes aos episódios 1 e 4 analisados no capítulo 3 desta tese, fizemos outra entrevista com o professor. Essa entrevista não foi feita pessoalmente por problemas de agenda do professor. Sendo assim, passei a ele os vídeos das aulas 4 e 5; 18 e 19. Ele assistiu às aulas e leu as transcrições dos episódios.



Pedi ao professor que, ao assistir as aulas, apontasse em quais momentos houve, para ele, maior produção de significados e quais eram as suas intenções nesses momentos. O professor escreveu suas impressões e enviou por email. O uso de trechos de aulas para serem comentados pelo professor e o destaque para as suas impressões sobre o processo de construção conceitual dos estudantes tiveram a intenção de checar as interpretações que demos aos dados. Forneceram, ainda, contexto para que o professor revisitasse suas aulas e se sentisse convidado a refletir e falar sobre o seu trabalho e sobre o desempenho dos estudantes em relação aos temas tratados. Finalmente, as impressões do professor sobre a sequência de ensino e a coleção didática adotada e sobre as ações de ensino por ele utilizadas foram apontadas em outra entrevista (anexo 4), também feita à distância, na qual solicitei a ele que nos informasse sobre aspectos mais gerais do seu trabalho. Esses dados permitiram-nos examinar o grau de adesão à proposta didática e aspectos indicativos da autonomia do professor na condução do trabalho com os alunos. Apresentamos a seguir a transcrição de partes dessas entrevistas.

Sobre as aulas 4 e 5 (episódio 1):

‘No começo eu insisto na classificação “sais minerais” e “outras coisas”. Minha intenção era que os alunos começassem a se questionar: “por que os sais minerais são uma ‘categoria’ diferente?” Tento o tempo todo colocar as perguntas que o capítulo tenta responder: o que é um sal mineral? Os sais minerais possuem um ciclo? Não existe uma intenção de produzir significados. Existe a intenção de construir significados às perguntas do capítulo. Quando a Luana pergunta “O que é ferro?” eu tento expandir essa pergunta: “o que é cálcio?”, “o que é carboidrato”? Dizer que o cálcio é um sal não responde nada. A pergunta mais importante é “o que é o cálcio.”

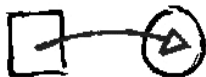
Essas observações são referentes ao seguinte trecho da aula:

P: Deixa eu fazer uma pergunta para vocês, eu não sei se vocês repararam mas lá nas perguntas 1, 2 e 3, o livro separa essas substâncias em dois grupos, e a pergunta dois é assim, verifique os alimentos que contêm carboidratos, proteínas, gorduras ou vitaminas, e depois verifique os alimentos que contêm cálcio ferro, etc. E que separação é essa?

Rafael: é dos sais minerais e dos opostos.

P: Vocês concordam com o Rafael, que nesta lista de substâncias, tem os sais minerais e os que não são sais minerais? É isso?

A.: É!



P.: Então você está me falando que carboidrato não é um sal mineral?

A.: Não, não é!

P.: Proteína é sal mineral? Vitamina é sal mineral?

Alunos: Não!

P.: Magnésio é sal mineral?

Alunos: É!

P.: Mas como vocês sabem disso? Por que vocês acham que magnésio é um sal mineral e o carboidrato não?

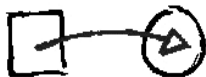
((segue a aula))

Luana: Mas você não respondeu minha pergunta. De onde sai o ferro?

P.: Não vamos nos preocupar com isso não. Vamos nos preocupar em ter perguntas sobre as coisas, e aos pouco vamos respondendo, eu sei que temos mais perguntas do que respostas agora, mas a gente tem um tanto de coisa para investigar, então vamos começar essa investigação. Vamos separar um sal mineral, e aprender um pouco mais sobre ele. Talvez aprendendo mais sobre esse sal mineral a gente consiga responder essa pergunta da Luana.

Afinal o que é ferro? Ou o que é cálcio? Ou a gente possa até responder, qual a diferença entre o fosfato e o fósforo, e outras perguntas que apareceram. Peguem o livro, por favor. Abram na mesma página da atividade Página 9.

É muito importante analisarmos as reflexões do professor. Realmente os momentos apontados por ele nessas aulas são representativos de suas intenções. Onde o professor deseja chegar? Onde o livro didático deseja chegar? Onde, nós, pesquisadores, gostaríamos que os estudantes chegassem? Para o professor, os momentos em que ele tenta fazer com que os estudantes apossesem-se das intenções didáticas são muito importantes. Para ele, nessa aula o mais importante não era a produção de significados, mas a introdução dos estudantes na estória científica a ser desenvolvida nas próximas aulas (MORTIMER; SCOTT, 2002, 2003). Como caracterizadas no capítulo 3, as aulas 4 e 5 são introdutórias. Além disso, nesse momento da sequência didática, as expressões ‘sal mineral’ ou ‘elemento químico’ não teriam ainda os significados correspondentes àqueles atribuídos pela ciência. No trecho a seguir, o professor fala sobre suas tentativas de fazer com que os estudantes tivessem interesse e simpatia pelas ideias científicas que estavam sendo introduzidas:



‘Na leitura, aparece a dúvida: ‘fórmula ou símbolo?’. Eu tento ‘convencê-los’ do ciclo dos minerais. O fato de termos feito a leitura do ciclo do fosfato não significava nada: eles não levavam a ideia para o caso do cálcio. Então eu fico ‘cutucando’ para que eles levem a ideia do ciclo do fosfato para o ciclo do cálcio.

‘Essa ideia me convence’. Tem uma hora que eu digo que o Rodrigo falou que o carboidrato é formado por elementos. No fundo eu quero chegar na ideia: os elementos formam as substâncias; eu testo a simpatia deles a essas ideias.’

Essas observações são referentes ao seguinte trecho da aula:

P.: Dá uma paradinha, o que é esse Ca aí?

Alunos: Cálcio, é o símbolo do cálcio

Al.: Fórmula.

P.: Fórmula ou símbolo?

Alunos: Símbolo.

P.: Ca é o símbolo do cálcio, será que os outros saís têm símbolos também?

Alunos: Têm!

P.: E o carboidrato?

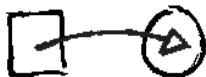
Al.: Tem!

P.: Vamos ver depois.

Sobre as aulas 18 e 19 (episódio 4):

‘Até então o cálcio estava no leite, na planta, mas ele não tinha “forma física”. No planejamento das aulas, eu não pensei em falar em modelos de partículas, só dos ciclos. Mas na prova eu entendi que comparações não seriam suficientes. Aí eu apelei para os slides. A intenção era explicar. As palavras “átomo” e “molécula” são inevitáveis, aí eu caio em outra armadilha: explicar o significado dessas palavras. Quando a Valéria pergunta sobre o ‘espacinho’, aí há construção de significados.’

Notamos aqui a angústia do professor, já destacada no capítulo 3, em relação ao aprendizado dos estudantes. Além disso, o professor deixa clara sua preocupação com a introdução de novas entidades como átomos e moléculas, além da necessidade de introduzir em suas explicações o modelo de partículas. Nesse ponto da sequência didática, o professor já tinha ultrapassado o tempo previsto no seu planejamento para a realização das atividades e isso intensifica suas preocupações.



Sobre o envolvimento dos alunos e das famílias no acompanhamento do trabalho realizado em ciências o professor relata:

‘Os alunos parecem satisfeitos com as aulas de ciências. Os interessados parecem ficar satisfeitos com as atividades e as discussões realizadas. Os dispersos ficam satisfeitos porque eu “não pego no pé deles”. Na escola, os professores adotam diferentes estratégias que o intuito de incentivar os alunos a fazerem as tarefas ou a se comportarem. Como não adoto as estratégias comumente utilizadas pelos outros professores, tenho a fama de “professor que não pega no pé”. Não sou contra ou a favor dessas estratégias. Apenas não as utilizo.’

‘As famílias parecem acompanhar o trabalho que realizo em sala. Percebo isso nas reuniões de pais. É muito comum eu ouvir de um pai o seguinte comentário: ‘Fiquei sabendo do trabalho que você fez na semana passada. Ciências é a única matéria que meu filho conta alguma coisa.’ A participação dos pais acontece principalmente nas feiras de ciências, quando os pais ajudam seus filhos nos projetos. Em geral, só fico sabendo dessa ajuda no dia da apresentação dos trabalhos na feira.’

O professor parece satisfeito com o seu trabalho e realmente os estudantes gostam muito das aulas ciências. Em trechos das entrevistas com eles há uma clara demonstração da preferência pelas aulas de ciências e pelo modo como o professor conduz os trabalhos.

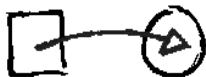
Sobre o livro didático:

‘O livro didático adotado foi uma escolha realmente minha. Depois de ser aluno do Orlando e trabalhar com o Helder ⁵ ficou difícil escolher outro livro. Não por “nepotismo”, mas por sintonia de pensamento. No entanto, eu costumo complementar e até mesmo substituir o livro por material escrito por mim ou transcrito de outras fontes, principalmente na parte de Física. Em suma, avalio que estou bem servido com o material didático que utilizo. Na verdade, acho que este é um diferencial das aulas de Ciências.’

Sobre os recursos didáticos utilizados:

‘As aulas práticas e até mesmo as demonstrações feitas em sala constituem o recurso didático que mais estimula meus alunos.’

⁵ Dois outros autores da coleção didática adotada; o professor foi aluno do primeiro na Faculdade de Educação e trabalhou com o segundo durante pesquisa em sua sala de aula sobre aprendizado de aspectos da natureza da ciência, da qual resultou tese de doutorado (Paula, 2004).



A entrevista com o professor em relação às intenções iniciais reforça a análise realizada e aponta para algumas variáveis de contexto importantes para caracterizar a sala de aula investigada.

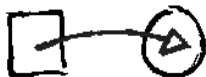
5.2. O PÓS-TESTE

O pós-teste (anexo 1) foi aplicado a todos os estudantes no final do ano letivo, sete meses depois de concluída a sequência de ensino relatada e analisada nesta tese. Ao todo 18 alunos fizeram o pós-teste. Como já relatado, não ficamos satisfeitos com a participação dos estudantes nessa atividade. Acreditamos que o fato de não ter sido avaliativa e de ter ocorrido no final do mês de novembro contribuiu para o desinteresse dos estudantes.

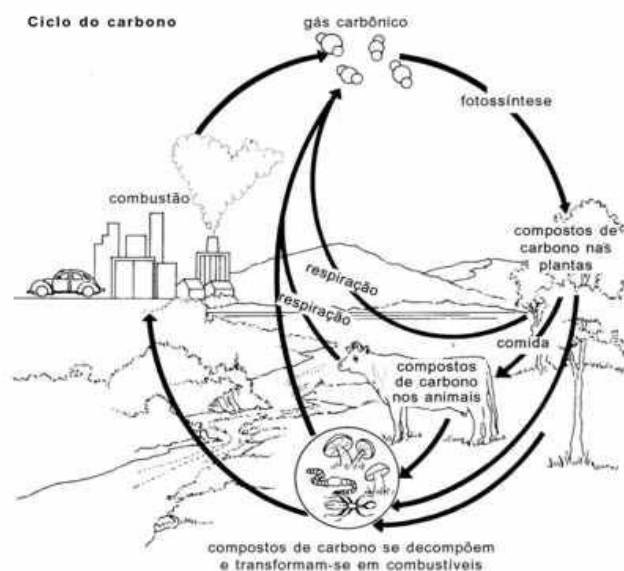
Atribuímos importância à entrevista realizada com os estudantes, pois algumas respostas ao pós-teste não tinham ficado claras, talvez pelas dificuldades dos estudantes na produção de textos escritos no gênero adequado ao contexto ou pelo momento em que foi aplicada ou, ainda, pela extensão da tarefa.

No pós-teste, escolhemos para análise as respostas às questões 1 e 4. Essas perguntas foram aquelas que identificamos ter uma relação mais direta com o contexto e objeto da pesquisa, tendo revelado limitações e possibilidades nos modos de dizer dos estudantes.

Na primeira questão, que apresentamos a seguir, selecionamos alguns aspectos estruturais do texto de modo a reconhecer a apropriação, por parte dos estudantes, da linguagem social da ciência escolar. Examinamos, além disso, o conteúdo do texto, identificando a quantidade e possível origem dos erros conceituais eventualmente cometidos.



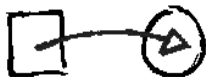
Questão 1 - Observe a figura que representa o ciclo do carbono na natureza.



Redija um pequeno texto para explicar esse ciclo.

Quadro 17: Questão 1 do pós - teste

A questão pretendia oferecer um contexto significativo que demandava a noção de ciclo de materiais, transformações químicas e a distinção entre elemento e substâncias. No enunciado, a solicitação feita era a de um texto explicativo, referente aos processos indicados no diagrama, relativos ao ciclo do carbono. O diagrama continha vários nomes ou sintagmas nominais. Alguns desses indicam processos (ciclo do carbono, fotossíntese, respiração, combustão, entre outros), enquanto outros indicam classes de referentes, relativos a elementos observáveis (plantas, animais, comida, fábricas, cidades) e não diretamente observáveis (carbono, gás carbônico, compostos de carbono, etc). Vários desses elementos encontram-se nomeados na legenda interna da figura e, por essa razão, a tarefa proposta consistia em compor um texto coordenando os aspectos evocados de modo a explicar a ideia de ciclo do carbono. O diagrama apresenta dificuldades conceituais de várias ordens: indica simultaneamente vários processos interdependentes que ocorrem em diferentes escalas de tempo e espaço, sobrepõe entidades empíricas e outras teóricas cujas relações não são evidentes e contém



altíssima densidade léxica. Apesar disso, esperávamos textos mais articulados e consistentes do que aqueles que foram efetivamente produzidos por boa parte dos estudantes.

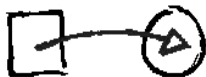
Para identificar o grau de uso e apropriação da linguagem científica pelos estudantes, examinamos alguns critérios, inspirados em análise semelhante feita por Mortimer, Vieira e Araújo (2009). Fizemos uma adequação dos critérios utilizados por esses autores à natureza da tarefa proposta na questão. Ao final, utilizamos os seguintes critérios, comentados a seguir:

- Presença de nominalizações e metáforas gramaticais;
- Uso de verbos de relações;
- Uso dos termos elemento, substância e transformação;
- Uso de referentes empíricos (diretamente observáveis);
- Uso de referentes teóricos (não diretamente observáveis) e a distinção e integração entre ambos.
- Tipo de linguagem (científica ou cotidiana)
- Tipo de sequência textual predominante (narrativa, descritiva ou explicativa)

Uma das principais características do texto científico (e também do texto científico escolar) é a presença de processos nominalizados, o que confere grande densidade léxica ao texto, permitindo ainda estabelecer relações entre processos por meio de verbos ou expressões verbais. Nos textos que iremos examinar, parte desses processos nominalizados estão dados na figura que serve de pretexto ao texto a ser produzido. Assim, não é de admirar que todos os 18 textos produzidos usem nominalizações como: fotossíntese, respiração e combustão. Algumas dessas nominalizações resultam em metáforas gramaticais, mas nem todas elas.

Podemos exemplificar a presença ou ausência de metáforas gramaticais nos exemplos seguintes:

Sentença 1: “Por meio da respiração, os seres vivos liberam gás carbônico para a atmosfera”



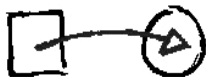
Senteça 2: “ A respiração dos seres vivos libera gás carbônico para a atmosfera”

No primeiro caso, o sujeito da ação são os seres vivos, o agente que, por meio de um processo nominalizado (e de alta densidade léxica), libera CO₂ para a atmosfera. No segundo caso, o processo nominalizado (e abstrato) toma o lugar do sujeito da ação. Temos, então, uma metáfora gramatical, ou seja, a substituição de uma classe gramatical por outra.

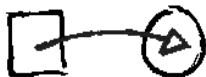
As metáforas gramaticais ocorrem, ainda, quando os verbos expressam relações e não ações concretas dos sujeitos. Assim, o verbo ‘libera’ na sentença 2 relaciona a respiração, o gás carbônico e a atmosfera. Por essa razão, procuramos identificar, nos textos produzidos pelos estudantes, o tipo de verbo utilizado e a função que cumprem nos enunciados.

De acordo com Mortimer et al (2009), a contagem do número total de palavras em cada texto permite realizar um estudo comparativo entre o número absoluto de palavras utilizadas em relação ao uso de referentes específicos e classe de referentes. No caso do texto produzido no pós-teste, dado o caráter genérico da questão a ser respondida, não nos pareceu significativa a comparação de referentes específicos e classes de referentes, mas sim, entre referentes empíricos e referentes teóricos. Os textos produzidos variaram em extensão, entre 14 e 87 palavras, com média de 48 palavras por texto.

A presença dos termos elemento, substância e transformação são representativos da aprendizagem dos estudantes, já que a sequência didática utilizada nesta pesquisa envolve o estudo desses conceitos, como apresentado no capítulo 3. Entretanto, como mostra a tabela abaixo, o contexto da pergunta não evocou nos estudantes a necessidade de usar tais conceitos, embora seja possível reconhecer nas respostas o sentido a eles atribuído pelos estudantes.



Termo ou expressão	Processo nominalizado (PN), referente empírico (RE), referente teórico (RT), verbo de relação (VR)	Aparece no enunciado ou na legenda interna do diagrama?	Frequência de uso (número de textos em que é usado, num total de 18 textos)	Frequência total (número de vezes que é usado em todos os textos)
Ciclo	PN	Sim (3)	6	8
Ciclo do carbono	PN	Sim (2)	1 (incluída em ciclo)	1
Gás carbônico / CO ₂	RT	Sim (1)	13	14/ 8
Oxigênio / O ₂	RT	Não	3	1/ 2
Fotossíntese	PN	Sim (1)	12	13
Respiração	PN	Sim (2)	8	13
Decomposição / fermentação	PN	Não	0	0/ 0
Transformação	PN	Não	0	0
Combustão	PN	Sim (1)	15	16
Decompõem / se decompõem	VR	Sim (1)	5	5/ 5
Transformam / transformam-se / são transformados	VR	Sim (1)	5	2/ 2/ 1
Combustíveis	RE	Sim (1)	6	6
Compostos de carbono	RT	Sim (3)	6	6
Átomos de carbono	RT	Não	1	1
Moléculas de carbono	RT	Não	1	1
Carbono	RT	Não	6 (além de ciclo do carbono e compostos de carbono)	11
Elemento	RT	Não	0	0
Substância	RT	Não	0	0



Plantas	RE	Sim	13	14
Animais	RE	Sim	11	14
Ar / atmosfera	RE	Não	8	6/ 8
Automóveis / Fábricas / cidades	RE	Não (figura)	2	1/ 1/ 1

Quadro 18 – Frequência de uso de termos ou expressões nas respostas à questão 1

A análise de frequência de uso dos termos nas respostas dos estudantes (4ª coluna da tabela) indica que os referentes empíricos tiveram preferência nos enunciados dos estudantes: os 5 referentes empíricos foram utilizados em 40 textos (média de 8 por referente), enquanto os 10 referentes teóricos foram utilizados em apenas 24 textos (média de 2,4 por referente) e os 8 processos nominalizados estiveram presentes em 40 textos (média de 5 por processo citado). Entre os termos mais evocados nas respostas dos estudantes – combustão (15), gás carbônico (13), plantas (13), fotossíntese (12), animais (11) -, apenas dois deles não são diretamente ligados à percepção e à experiência cotidiana e quase todos são muito citados na abordagem que se faz sobre efeito estufa na mídia e nos textos didáticos.

Ficamos relativamente surpresos com a ausência dos termos “elemento”, “substância” e “transformação” nas respostas dos estudantes, o que revela que esses conceitos não são ainda familiares a ponto de serem evocados espontaneamente pelos estudantes em situações problema. O que mais aproxima de apropriação da ideia de elemento químico é a frequência relativamente alta do termo “carbono” nas explicações dadas (13 respostas contêm expressões como ‘compostos de carbono’, ‘ciclo de carbono’, ‘carbono dos alimentos’ e outras). Apesar disso, como veremos na análise qualitativa, notamos um alto grau de indiferenciação entre os conceitos de elemento e substância nas respostas dadas.

O outro aspecto que utilizamos na análise refere-se ao tipo de sequência textual predominante pode ser caracterizado pela presença da narrativa, da descrição, da explicação ou da argumentação. Se considerarmos os critérios apontados por Bronckart (1999), apresentados no capítulo 4, veremos que a maior parte dos textos dos estudantes

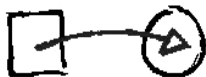


compõe sequências explicativas, seguindo o que foi solicitado no enunciado da questão (explicar o ciclo do carbono representados na figura). De fato, os estudantes parecem indicar mecanismos que esclareçam aspectos de um conceito tomado como potencialmente problemático.

No entanto, se olharmos a forma do discurso, notamos que boa parte dessas explicações são construídas como narrativa de acontecimentos, como em uma ‘estória’ (Ogborn et al, 1996). Alguns dos protagonistas dessa ‘estória’ são tomados da experiência cotidiana (plantas, animais, combustíveis, ar), agentes de ações específicas (comem, morrem, são queimados, utilizados, passam de um lugar a outro, etc). Outros protagonistas remetem a termos teóricos (gás carbônico, carbono, fotossíntese, combustão, etc), conectados por verbos de relação (liberam, absorvem, se decompõem, se transformam, etc).

Identificamos, portanto, em alguns desses textos, sequencias explicativas narrativizadas. Não se trata de uma narrativa clássica, geralmente apresentada com verbos no passado, descrevendo ações de personagens frente a situações complicadoras e que conduzem a um desfecho. Entretanto, contêm elementos de narrativa, quais sejam, articulação dos acontecimentos, geralmente em ordem cronológica, apresentando início, meio e fim, relacionados a um tema. A narrativa pode servir a inúmeros propósitos: para explicar, exemplificar ou, simplesmente, narrar algo memorável. No caso dos textos dos estudantes em resposta à questão 1, boa parte deles utiliza elementos de narrativas para explicar um processo (o ciclo do carbono).

A descrição é identificada, em textos que envolvem enunciados que se referem a um sistema, um objeto ou um fenômeno em termos de seus constituintes, suas propriedades ou dos deslocamentos espaço-temporais desses constituintes (BRONCKART, 1999; MORTIMER E SCOTT, 2003). No nosso caso, os estudantes utilizam os constituintes da figura apresentada na questão e estabelecem descrições dos acontecimentos baseando-se em pares de referentes (plantas/ animais – compostos de carbono/ indústrias) ou de modo mais completo, considerando todo o ciclo representado na figura. Muitas vezes, como apresentaremos a seguir, os estudantes não conseguem estabelecer relações entre os constituintes e descrevem apenas a figura, sem incorporar em suas respostas, os conceitos demandados para a explicação do ciclo.

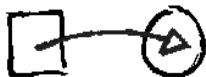


O texto explicativo pleno, também de acordo com Mortimer e Scott (2003), é aquele que recorre a algum tipo de mecanismo ou de modelo teórico para se referir a um sistema, objeto ou fenômeno. Em ciências, de acordo com Halliday (1993), o texto explicativo apresenta recursos como a nominalização e a metáfora gramatical. Nas respostas que os estudantes apresentaram ao pós-teste, encontramos um texto explicativo que utiliza generalizações e referentes abstratos como veremos a seguir.

Os tempos verbais podem ser indicativos do tipo de linguagem utilizada. Segundo Mortimer et al (2009), o tempo verbal no passado é indicativo de uma sequência narrativa em que predomina a linguagem de senso comum. O tempo verbal no presente, por outro lado, pode ser indicativo de uma linguagem científica e normalmente ocorre a presença de sequências descritivas, argumentativas e explicativas. Como veremos, todos os textos produzidos pelos estudantes, em resposta a questão 1 do pós-teste, utilizaram o tempo presente. Isso nos parece natural dada a natureza abstrata do problema proposto, que não contém vínculos imediatos com experiências diretas e pessoais dos estudantes.

Os critérios que usamos para definir se o texto do estudante se aproxima da linguagem científica foram o uso de entidades abstratas (gás carbônico, carbono, moléculas, etc), a evocação de processos (fotossíntese, respiração, combustão, entre outros), o encadeamento conceitualmente correto entre tais processos, o uso dos verbos para estabelecer relações entre processos ou para descrever atributos das entidades evocadas no discurso. Ao contrário, os textos foram classificados como mais próximos da linguagem cotidiana quando evocam referentes empíricas, não distinguem referentes empíricos e abstratos, não articulam bem os elementos que deveriam compor a explicação e quando os verbos são utilizados para designar ações concretas.

O quadro a seguir apresenta dados referentes à análise dos aspectos tipo de linguagem nas respostas dos 18 estudantes à questão 1 do pós-teste.



Tipo de linguagem (n° de estudantes)	Científica: 3	Explicação narrativizada	Descrição	Explicação demonstrativa
			2	0
	Cotidiana: 15	Explicação narrativizada	Descrição	Explicação demonstrativa
		10	5	0

Quadro 19: Tipo de linguagem nas respostas dos estudantes à questão 1 do pós – teste

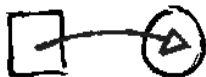
Sobre o tipo de linguagem, a maioria dos estudantes utiliza a explicação narrativizada em suas respostas. Pelo fato da questão apresentar uma figura referente ao ciclo do carbono, alguns estudantes utilizaram a linguagem descritiva valendo-se dos elementos nomeados e representados na figura. A linguagem explicativa clássica, demonstrativa, está presente em apenas uma resposta.

A seguir apresentamos seis exemplos de respostas diversas dos estudantes a essa questão. Os três primeiros exemplos são aqueles que apresentaram linguagem que mais se aproximou do padrão do texto científico escolar. Consideramos assim devido à identificação nestas respostas de uma maior articulação entre os eventos, uso adequado de verbos de relação e um uso mais frequente de referentes abstratos de modo adequado à explicação proposta, na forma narrativa ou demonstrativa. Os demais exemplos apresentam graus diversos de respostas com padrões que identificamos como mais próximos à linguagem cotidiana.

Primeiro exemplo: linguagem científica / texto explicativo narrativizado

Com a combustão e a respiração dos seres vivos há liberação de CO_2 na atmosfera. Com a fotossíntese as plantas absorvem o CO_2 e formam a glicose. Quando os animais comem, o carbono passa a fazer parte deles e volta para a atmosfera através da respiração. Quando os seres vivos morrem os compostos de carbono se decompõem e viram combustíveis. Esses combustíveis são usados para fazer combustões e assim liberam CO_2 na atmosfera. Assim, isso acontece tudo de novo, formando um ciclo. (Guilherme)

Consideramos que a ideia de ciclo está presente, como fio condutor do texto, conectando os eventos narrados. Identificamos nessa resposta a presença da narrativa com uma boa articulação dos acontecimentos criando uma ação completa com uso de

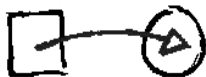


verbos e relação que compõem início/meio/fim utilizando os constituintes da figura apresentada. O estudante utiliza vários referentes abstratos – tais como CO₂, glicose, carbono, compostos de carbono e ciclo – importantes na construção da história científica que se configura no contexto do ciclo do carbono. Algumas expressões utilizadas pelo estudante já são mencionadas na figura como: combustão, respiração, fotossíntese, compostos de carbono e combustíveis. Consideramos assim que o uso dessas na construção da resposta destaca-se pelo modo adequado nas relações causais que ele estabelece. Nas frases - “Com a combustão e a respiração dos seres vivos há liberação de CO₂ na atmosfera” e “Com a fotossíntese as plantas absorvem o CO₂ e formam a glicose” – verificamos o uso de nominalizações e de verbos como elementos de ligação entre processos (respiração e liberação de gás carbônico; fotossíntese e formação de glicose), características dos textos científicos. Em seu texto, com 82 palavras, o estudante utiliza a ideia de transformação nos verbos de relação “formam” e “viram”. Esse último verbo, a nosso ver, evoca a ideia de transmutação.

Segundo exemplo: linguagem científica / texto científico demonstrativo

Este ciclo mostra que as moléculas em que há carbono não se criam nem se perdem, modificam-se. Nele o carbono dos alimentos são expirados e liberados da combustão, depois são utilizados pela fotossíntese de plantas...Por isso podemos considerar que até um átomo de carbono que fez parte de um dinossauro possa fazer parte de nós. (Gustavo)

Esse texto, mais curto e sintético do que o anterior (55 palavras), também apresenta-se como evidência de apropriação e uso de linguagem científica. Os termos e ideias são abstratos, com atributos específicos desligados da experiência cotidiana e bem articulados em uma explicação que, ao contrário da anterior, não se limita a narrar uma cadeia linear de acontecimentos. Ao contrário, vemos aqui elementos de uma explicação genuína, que se inicia com a evocação de um princípio abstrato – a conservação do constituinte carbono. Em seguida, o estudante evoca processos como fotossíntese, respiração (não explicita no texto, mas talvez evocada ao falar do carbono sendo ‘expirado’) e combustão para demonstrar e concluir (com uso do conectivo lógico ‘por isso’) que um átomo carbono que fez parte de um dinossauro, poderia hoje constituir

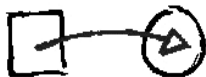


nosso próprio corpo. Esta é uma característica marcante dos textos científicos escolares que apresentam generalizações, explicam partes e finalmente concluem apresentando novos contextos. Além do uso de conectivos lógicos, observamos também o emprego de referentes específicos abstratos como molécula e átomo e do referente carbono. O texto apresenta uma incorreção conceitual, ao atribuir a conservação às ‘moléculas em que há carbono’ e não aos átomos de carbono. Esse texto evidencia, portanto, um conceito em formação, ainda incompleto e potencialmente fonte de erros e lacunas, mas com um potencial heurístico que inaugura um olhar diferenciado para o mundo em que vivemos. Indica, ainda, uma capacidade de manejar ideias abstratas por meio de raciocínio lógico-dedutivo, incomum nessa idade e período de escolarização.

O terceiro exemplo: linguagem científica / texto explicativo narrativizado

Do gás carbônico existente no ar, as plantas o utilizam para a fotossíntese. A planta libera O_2 que é usado na respiração humana que volta para o ar. A planta passa para seres humanos o carbono através da alimentação e os animais, como respiram e comem plantas, possuem carbono assim passando para os seres humanos quando é comido. Nas cidades também há liberação do carbono através de duas maneiras: Combustão dos automóveis e respiração humana. Assim o carbono volta para o ar, que é utilizado pelas plantas...(Norma)

Assim como os dois primeiros textos, consideramos, nessa resposta também, a predominância da linguagem científica e, assim como o primeiro, a presença da explicação narrativizada. Identificamos o uso e importância atribuída aos referentes abstratos – gás carbônico, O_2 , carbono, compostos –, articulados com outros referentes mais próximos às experiências cotidianas – plantas, seres humanos, ar e combustíveis. Ocorre ainda o uso dos processos nominalizados – respiração, fotossíntese e combustão – que evidenciam uma aproximação da linguagem científica. Nota-se, entretanto, menor articulação de ideias do que os textos anteriores. O texto apresenta erros conceituais que podem ser interpretados de duas maneiras. A primeira interpretação é de que a origem de tais erros estaria na indiferenciação entre a substância (gás carbônico) e um de seus constituintes (o átomo de carbono). A outra interpretação é a de que a aluna complica-se ao produzir um texto com alta densidade léxica e encadeamento de ideias. Ao passar de um referente a outro, nas relações que vai estabelecendo sequencialmente, ela não utiliza adequadamente os pronomes, resultando em frases que ficam com sujeito



indefinido. Por exemplo, na frase “A planta libera O_2 que é usado na respiração humana que volta para o ar” não sabemos o que a aluna diz voltar para o ar: seria o oxigênio, o gás carbônico (mencionado anteriormente) ou o carbono (evocado no título da figura)?

Admitindo a hipótese de erros conceituais, consideramos a possibilidade da ideia de transformação ser dada, para a estudante, como passagem do carbono, como na frase: “A planta passa para seres humanos o carbono através da alimentação e os animais, como respiram e comem plantas, possuem carbono assim passando para os seres humanos quando é comido”. Entretanto, como o texto é lacunar, é possível admitir que o modo de dizer da aluna não explicita as transformações que a transferência de carbono, de uma parte a outra do sistema, deveria evocar.

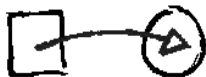
Para os outros tipos de respostas, apresentamos, como exemplo, o uso da linguagem cotidiana com sequência textual explicativa em que predominam, ora a narrativa, ora a descrição.

Quarto Exemplo – linguagem cotidiana/ texto narrativo

O CO_2 encontrado nas plantas que são alimentos a outros seres que por respiração solta um pouco de CO_2 para o ar e quando morrem viram combustíveis usados pelos seres humanos e pela combustão são jogados no ar. (Rafael)

Identificamos nesse texto, de 38 palavras, o uso predominante da linguagem cotidiana: quase todos os referentes são ligados a experiências cotidianas (plantas, alimentos, seres vivos, combustíveis e seres humanos); os verbos designam ações concretas desses seres ou materiais (são encontrados, morrem, viram, são usados, jogados...); há poucas nominalizações (respiração, combustão) e referentes abstratos (CO_2).

Nota-se, ainda, a fraca relação entre os acontecimentos narrados, o que diminui o potencial explicativo do texto. A ideia de transformação aparece como transmutação e a ideia de ciclo como passagem, sem transformações, o que caracteriza o carbono e o CO_2 como constituintes indiferenciados. Entretanto, assim como o texto anterior, parte desses erros pode ser atribuída às dificuldades do estudante em produzir um texto escrito com tantas e tão complexas relações em um todo coerente. Se decomposmos o texto do estudante, isolamos frases relativamente consistentes, mas com fraca coesão



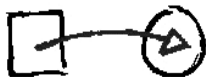
entre si: 1. O CO₂ é encontrado nas plantas; 2. [as plantas] são alimentos a outros seres [vivos]; 3. [os seres vivos], por respiração, soltam um pouco de CO₂ para o ar; 4. quando morrem, [os seres vivos] viram combustíveis; 5. [os combustíveis] são usados pelos seres humanos; 6. pela combustão, [o CO₂] são jogados no ar. Além dos conectivos, na última frase, não fica claro o que é lançado ao ar pela combustão: se os combustíveis ou o CO₂ evocado no início do texto.

Quinto exemplo – linguagem cotidiana/ texto descritivo

Que primeiro passa pelo processo de combustão e vira gás carbônico, vira fotossíntese, vai para as plantas vira comida, os animais comem e vai para as indústrias. (Pedro)

Consideramos esse exemplo de resposta como o que ocorre o uso da linguagem cotidiana, mas que os elementos que compõem o texto não são narrados, antes descritos a partir da figura, como que apontando para cada um deles. Os recursos linguísticos são ainda mais limitados do que no exemplo anterior e a linguagem aproxima-se mais da linguagem oral do que da linguagem escrita, sem o refinamento dessa.

Encontramos o uso de referentes abstratos – gás carbônico e carbono - e referentes empíricos – plantas, comida e indústrias –, mas não há evidências de familiaridade com os primeiros. O estudante não diferencia processos, como fotossíntese, de substâncias ou coisas, como gás carbônico e plantas. A ideia de transformação é associada à ideia de transmutação com o uso do verbo – *vira*. O uso da expressão “*primeiro*” e as relações em pares caracterizam a descrição da figura. A ideia de ciclo aparece apenas como passagem do constituinte gás carbônico de um sistema para o outro e não há diferenciação entre o carbono e o gás carbônico. O texto é lacunar e o uso dos verbos “*vai*” e “*vira*” escondem o constituinte da qual a matéria é formada. O uso dos pronomes e conectivos é inadequado e, como resultado, não conseguimos identificar o que “vai para as indústrias” e o que “vira fotossíntese”, ou o que “vira comida”.



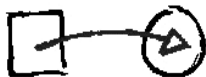
Sexto exemplo – linguagem cotidiana/ texto explicativo com mescla de narração e descrição

Da combustão vai para o gás carbônico e vai para a fotossíntese que vai para a árvore que é o composto de carbono nas plantas depois a vaca come e depois ela faz coco e cai na planta e vai pra a respiração. (Samuel)

Na resposta do Samuel, encontramos o uso da linguagem cotidiana com predominância do texto narrativo com forte presença da descrição dos constituintes da figura. O estudante estabelece uma cadeia de relações – *que vai; depois* - com fraca articulação entre os acontecimentos, mas que compõe relações temporais. Ocorre o uso de referentes abstratos – gás carbônico e composto de carbono –, mas predominam os referentes empíricos – árvore, plantas, vaca e coco. Os processos nominalizados – combustão, fotossíntese e respiração – estão presentes, sem compor as metáforas gramaticais e sem uma diferenciação entre processos (fotossíntese) e substâncias (CO₂) ou objetos (árvore). A ideia de transformação está associada à de transmutação por meio do uso do verbo “ir”. Toda a resposta é acompanhada por erros conceituais, como por exemplo, o uso indiferenciado de carbono e gás carbônico.

Esperávamos que os estudantes, ao explicar o ciclo do carbono na questão 1, utilizando a figura como referência, usassem, em seu texto, os conceitos estudados como elemento químico, substância e transformação. Mas deparamo-nos com uma maioria de respostas que descrevem a figura utilizando os seus constituintes e alguns processos muito presentes no ensino de ciências que são a fotossíntese, a respiração e a combustão. O conceito de elemento químico, a nosso ver, não foi utilizado explicitamente nas respostas porque ainda não está consolidado no repertório dos estudantes. A maioria deles utilizou o gás carbônico como substância que contém o carbono sem, no entanto, explicitar o carbono como seu constituinte, mas considerando como se fossem a mesma entidade. Os erros conceituais mais presentes foram relacionados a esse uso indistinto entre elemento e substância e também quanto a ideia de ciclo apenas como passagem, sem transformação e a ainda a ideia de transformação como transmutação.

O quadro abaixo indica a frequência relativa de erros conceituais identificados nesta questão do pós-teste. Nele, podemos identificar a alta frequência com da indiferenciação

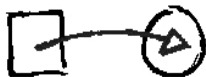


entre o elemento carbono e o gás carbônico, a identificação do ciclo como passagem (sem transformação) e a noção de transformação como transmutação, ou seja, sem referência a grandezas ou entidades que se conservam no processo. Parte desses erros conceituais, como vimos, pode ser atribuída à complexidade da questão e dos elementos que compunham o diagrama apresentado no enunciado, assim como às dificuldades de uso, por parte dos estudantes, de textos explicativos com alta densidade léxica e grande número de relações envolvidas. Em contextos mais simples, esses erros conceituais apresentar-se-iam, em nossa avaliação, com menor frequência.

Erros conceituais	Frequência (total = 18 respondentes)
Indiferenciação entre carbono e gás carbônico	12 (67%)
Transformação como transmutação	12 (67%)
Ciclo como passagem (sem transformação)	11 (61%)
Gases da atmosfera são transformados pelas plantas em oxigênio	3 (17%)

Quadro 20: Frequência dos erros conceituais nas respostas à questão 1 do pós-teste

Por outro lado, a necessidade de uma referencialidade concreta é uma característica associada ao pensamento por complexos, no qual os estudantes apóiam-se em substâncias conhecidas – gás carbônico, glicose – ou coisas – plantas, indústrias, atmosfera, combustíveis – para compor generalizações. Ao mesmo tempo, utilizam referentes abstratos – átomo, molécula, elemento – e estabelecem vínculos parciais, por estarem fora do seu contexto prático. Como vimos nos últimos exemplos, o uso desses referentes em si não garante a apropriação dos conceitos. Como alerta Vygotsky, mesmo os três estudantes que, em suas respostas a essa questão, apresentaram sequências textuais próximas da linguagem científica, usam as palavras de modo adequado, mas podem apresentar operações mentais diferentes daquelas utilizadas no uso do conceito científico.



Isso posto, passemos à análise das respostas dos estudantes à questão 4 do pós-teste:

Questão 4 – Avalie a afirmativa a seguir em verdadeira ou falsa e corrija se for necessário.

“A glicose ($C_6H_{12}O_6$) é uma mistura de três substâncias diferentes: carbono, hidrogênio e oxigênio”.

No quadro a seguir, apresentamos os padrões de respostas encontrados:

Avaliação da afirmativa		Correção proposta				Observação
Verdadeira (nº de alunos)	Falsa	Manteve a expressão mistura	Trocou substância por átomo	Trocou substância por elemento	Trocou mistura por substância	
11	7	4	6	2	3	O número de alunos que propõem correção ao texto é maior do que o número de estudantes que identifica a frase como sendo falsa (7), por duas razões: alguns deles propuseram mais de uma correção ao texto e outros ainda avaliam a afirmativa como verdadeira, mas ao justificá-la introduziram correções.

Quadro 21: Padrões de respostas para a questão 4 do pós – teste

Alguns exemplos de correções:

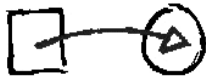
- Manteve a expressão mistura e trocou substância por átomo:

A glicose $C_6H_{12}O_6$ é uma mistura de três átomos diferentes carbono, hidrogênio e oxigênio. (Rafael)

- Manteve a expressão mistura e trocou substância por elemento:

A glicose ($C_6H_{12}O_6$) é uma mistura de vários elementos diferentes: carbono, hidrogênio e oxigênio. (Tatiana)

- Trocou mistura por substância e substância por elemento:



A glicose é uma substância formada por três elementos diferentes carbono, hidrogênio e oxigênio. (Guilherme)

- Considera a afirmativa verdadeira e ao justificar faz correção – troca substâncias por átomos:

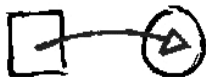
Verdadeiro. Mas a glicose usa 6 átomos de carbono, 12 de hidrogênio e 6 de oxigênio. (Norma)

É verdadeira, tem 6 átomos de carbono, 12 átomos de hidrogênio e 6 de oxigênio misturando tudo dá a glicose. (Luiz)

No conjunto de respostas à questão 4, consideramos muito pequeno o número de estudantes que avaliam a afirmativa como falsa. A fórmula apresentada para análise é um referente concreto que foi muito utilizado nos exercícios durante as atividades da sequência didática. O esperado era que os estudantes corrigissem trocando a palavra mistura por substância e a palavra substância por átomo ou elemento. Os estudantes fizeram muitas atividades nas quais diferenciaram por meio da análise de fórmulas ou modelos de partículas, o número de átomos, elementos e substâncias, além de avaliar a presença ou não de misturas. No entanto, esses exercícios não contemplaram o modelo apresentado na questão 4, na qual os estudantes deveriam avaliar a afirmativa e corrigir, se necessário. A substância glicose representada por uma fórmula que apresenta três elementos químicos diferentes é compreendida pelos estudantes como mistura ou junção dos elementos. Não há, nesse caso, a ideia de ligação química entre os átomos. Além disso, ao considerar que carbono, hidrogênio e oxigênio são substâncias que constituem a glicose, concluímos, mais uma vez, que esses estudantes não diferenciam substância de elemento químico ou de átomo.

Já ressaltamos que as condições em que o teste foi realizado pode ter influenciado a seriedade com que os estudantes elaboraram suas respostas e consideramos também que o teste foi muito longo, o que pode ter deixado os estudantes cansados e desanimados, levando-os, assim, a elaborar respostas menos sofisticadas ou atentas do que seriam capazes de fazer.

Além das condições relatadas, estamos considerando, de acordo com Vygotsky (2001), que os estudantes, apresentam discrepâncias entre a formação do conceito e sua



definição verbal e escrita. O grau de dificuldade ainda é maior para a escrita, pois esta exige uma sistematização articulada e inteligível aos leitores. É necessário usar palavras que estabelecem relações corretas, o que demanda tempo e amadurecimento das ideias.

No pensamento por complexos, as relações estabelecidas superam as impressões subjetivas e há um avanço no pensamento que passa de vínculos subjetivos, característicos do pensamento sincrético, para vínculos objetivos, com o estabelecimento de relações entre referentes concretos, com ordenação e sistematização da experiência acumulada. Segundo Vygotsky (2001), apesar de ter esses traços de coerência e objetividade, o pensamento por complexos difere do pensamento conceitual.

5.3. A AVALIAÇÃO DOS ESTUDANTES SOBRE O PROCESSO

Apresentamos nesta seção os resultados do questionário aplicado (anexo 2) aos estudantes o qual indicava as ações adotadas pelo professor durante as aulas. Os estudantes assinalaram 1 - para a estratégia que os ajuda pouco a aprender ciências, 2 - para a estratégia que os ajuda a aprender ciências e 3 - para a estratégia que mais os ajuda a aprender ciências. O gráfico a seguir nos dá um panorama das respostas dos estudantes.

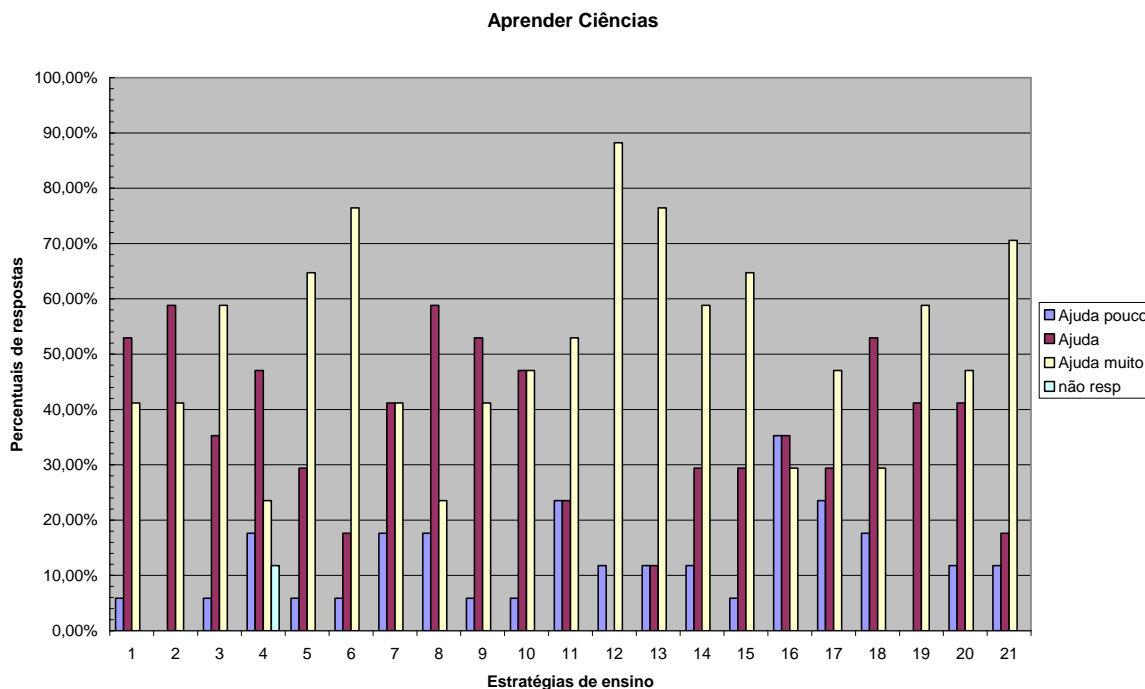
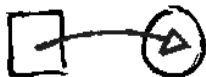
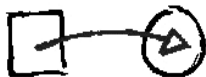


Gráfico 1: Respostas dos estudantes ao questionário

Merecem destaque as ações 5, 6, 12, 13, 15 e 21, apontados pelos estudantes, em sua maioria, como sendo aquelas que mais ajudam a aprender. Tais ações são recorrentemente utilizadas pelo professor ao longo da sequência de ensino. São elas: 5. O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula; 6. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma; 12. O professor desenvolve aulas práticas manipulando ele mesmo os materiais do experimento e solicitando participação da turma na previsão e explicação dos resultados; 13. O professor propõe atividades experimentais a serem realizadas pelos alunos em grupos; 15. O professor usa modelos, analogias e representações para explicar coisas que não vemos; 21. Professor e alunos exploram exemplos do cotidiano de aplicações de um determinado conceito científico.

É importante ressaltar que, no capítulo 3, ao identificarmos a diversidade de ações utilizadas nas aulas, essas foram significativas considerando o papel de cada uma e as adequações de seus usos na sequência didática.



Em relação às atividades experimentais, ações de ensino 12 e 13, os estudantes indicam como muito significativas em sua aprendizagem em ciências. Durante as filmagens uma das minhas angústias era justamente o envolvimento dos alunos nessas atividades. Ao se reunirem em grupo, para resolver e discutir os exercícios propostos, ou para a realização das atividades experimentais, os estudantes dispersavam-se muito. Do meu ponto de vista, a maior parte desses momentos era improdutiva em relação às discussões sobre os conteúdos estudados. Os áudios referentes às atividades em grupo não ofereceram condições de análise, principalmente devido ao ruído no próprio grupo e da sala como um todo. Segundo o professor:

‘Nas aulas de Ciências os alunos se mostram colaborativos e participativos. Alguns se mostram verdadeiramente interessados, mesmo sem fazer perguntas. No entanto, sempre percebo e me incomodo com aqueles dispersos. Não importa a estratégia utilizada: sempre existe uma grande parcela da turma que não está conectada à aula. Os dispersos são sempre os mesmos. Isto indica que eu desperto o interesse sempre dos mesmos alunos e que os outros não são “atingidos” pelas aulas de Ciências.’

Com muita frequência, acompanhei intervenções do professor nos grupos, nas quais ele conduzia uma pequena discussão com os estudantes com a intenção de que eles entendessem o sentido das atividades e não se dispensassem tanto. Nas atividades experimentais, o professor sempre dava instruções sobre a execução das tarefas, antes de sua realização, e sempre preparava com muita organização o material para cada grupo. Essas aulas foram realizadas na própria sala de aula que é equipada com mesas de estudo sextavadas que permitiram a formação de mesas para os grupos trabalharem. Entretanto, a sala não era equipada com pia e torneira. Os estudantes iam ao banheiro quando precisavam de água ou para lavar o material de uso. Além disso, a sala de aula era pequena e tornava-se excessivamente ruidosa com a conversa nos grupos.

As atividades experimentais realizadas foram:

1. Hortas hidropônicas – os estudantes plantaram sementes de feijão em água e em solução nutritiva contendo adubo inorgânico. O objetivo dessa atividade era conhecer o processo da hidroponia e verificar as diferenças no desenvolvimento das plantas em condições nutritivas diferentes. Além disso, a discussão girou em torno da nutrição



vegetal e a ideia que os estudantes possuíam sobre a forma com que as plantas absorvem os nutrientes e obtêm alimento. Muitos deles acreditavam que as plantas comem terra, ideia do senso comum reportada em pesquisas sobre as concepções dos estudantes.

2. O ovo no vinagre - realizada de forma demonstrativa pelo professor. Como em um dos textos apresentados no livro didático, “A obtenção de cálcio pelo nosso organismo”, há referência à falta de cálcio e a fragilidade dos ossos, raquitismo e prejuízos ao crescimento, um dos estudantes questionou sobre como seria um osso ficar sem cálcio. O professor então colocou um ovo cru em um vidro contendo vinagre. Ele explicou que o vinagre reagia com a casca do ovo retirando o cálcio dela. Na aula seguinte, o professor levou novamente o vidro com o ovo e mostrou aos estudantes a transformação e a mudança em sua casca, que ficou muito mais fina e frágil.

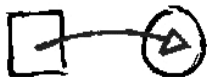
3. Comparação entre sistemas inicial final - O objetivo dessa atividade era introduzir o conceito de reação química trabalhando com evidências; sua discussão foi analisada no terceiro episódio apresentado no capítulo 3 desta tese.

4. Efeito dos catalisadores orgânicos e inorgânicos na decomposição da água oxigenada - os estudantes investigaram as diferenças entre os catalisadores inorgânicos e as enzimas, destacando as propriedades de desnaturação de enzimas com o aquecimento.

5. Reação entre o comprimido efervescente e a água – os estudantes discutiram sobre os fatores superfície de contato e temperatura, comparando resultados entre o comprimido inteiro e pulverizado e, ainda, entre o comprimido colocado em água quente e em água fria.

6. Reação entre o sulfato de cobre e o hidróxido de sódio - realizada de forma demonstrativa pelo professor. Essa atividade estava descrita e ilustrada em fotos no livro didático. O professor fez a reação e mostrou o resultado para toda a turma. O objetivo era iniciar a discussão sobre a conservação de massa nas transformações químicas.

7. O que ocorre com as massas dos materiais que se transformam durante uma reação química - realizada de forma demonstrativa pelo professor. O objetivo dessa atividade



era discutir uma reação química entre o vinagre e o bicarbonato de sódio, na qual há produção de gás, sendo o sistema fechado. As massas foram medidas antes e depois; o professor solicitou a ajuda de alguns estudantes para fazer a montagem e medir as massas na balança de trílice escala.

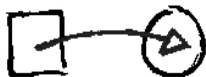
8. Simulando a chuva ácida - foi realizada de forma demonstrativa pelo professor. O objetivo dessa atividade era produzir uma solução ácida com a queima de palitos de fósforo. No contexto das reações químicas, esse foi um exemplo de reação que ocorre na atmosfera produzindo a chuva ácida. Os estudantes usaram medidor de pH universal e discutiram sobre a escala de acidez.

Nas atividades experimentais realizadas em grupo pelos estudantes, o professor tomou cuidados metodológicos com a preocupação de: provocar o interesse dos estudantes, sugerindo questões antes de sua realização; acompanhamento junto aos grupos; acompanhamento do trabalho dos grupos na realização das questões sugeridas pelo livro didático e discussão coletiva dos resultados em sala. Nas atividades experimentais realizadas de forma demonstrativa pelo professor para toda a turma, suas ações tinham por propósitos: construir um problema com a turma que justificasse o procedimento a ser realizado; manter a atenção e interesse dos estudantes na descrição e busca de explicação para os fenômenos examinados; dar espaço para que os estudantes expressassem suas interpretações e oferecer suporte para que as explicações fossem trabalhadas com a mediação de conceitos e modelos científicos.

É fato que, durante essas atividades, os estudantes dispersavam-se muito, mas o professor esteve sempre empenhado em acompanhar os grupos de perto. As discussões coletivas, após a atividade, foram conduzidas de forma a estimular a participação dos estudantes nas discussões propostas pelo livro didático ou pelo professor ou alunos e conduzidas pelo professor.

Considerando todo esse contexto, acreditamos que, apesar da dispersão dos estudantes em vários momentos, o professor conseguiu conduzir as atividades com importantes produções de significados pelos estudantes, o que é reconhecido e destacado por eles.

Segundo o professor:



‘Os professores e os alunos da escola têm desenvolvido um trabalho contínuo de aprendizado quanto ao uso das atividades experimentais e em grupo. No entanto, o maior desafio parece ser criar a “cultura do laboratório”, isto é, ensinar aos alunos uma “maneira de se comportar” no laboratório. Esta “maneira de se comportar” passa pelas questões disciplinar, procedimental e atitudinal.’

Encontramos em Hodson (1988) um trecho que se identifica muito bem com as características do trabalho desenvolvido pelo professor na sala de aula pesquisada:

Seria mais sensato que os professores de ciências incentivassem as crianças a encarar teoria e experimentação como detentores de uma relação interdependente e inter-ativa: os experimentos auxiliam na construção da teoria; e por sua vez, a teoria determina os tipos de experimentos que podem e devem ser executados. (...) Esta visão holística, interativa do relacionamento experimento-teoria fornece um modelo frutífero para o desenvolvimento de conceitos nas pessoas.

Consideramos que, aliada à importância atribuída pelos estudantes às atividades experimentais, está a correspondência com as ideias apontadas por Hodson no trecho anterior. Destacamos também a capacidade dos alunos de criar modelos explicativos para os fenômenos em estudo, exemplificados no quinto episódio analisado no capítulo 3, o que é, sem dúvida, uma competência importante a ser cultivada em situações de ensino envolvendo experimentação (GIORDAN, 1999).



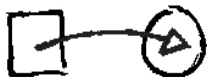
CAPÍTULO 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, apresentamos algumas conclusões além de indicar questões que podem ser aprofundadas em trabalhos futuros.

Retornamos a primeira questão de pesquisa apresentada na introdução deste trabalho: *Como os estudantes de uma sala de aula de ciências do oitavo ano do Ensino Fundamental apropriam-se e usam o conceito de elemento químico ao longo de uma sequência de ensino orientada para seu desenvolvimento?*

De acordo com as análises realizadas nos capítulos 3, 4 e 5 e apoiados nas contribuições da teoria sociocultural de Vygotsky e de seu grupo, consideramos que a apropriação do conceito de elemento químico entre os estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental pesquisados é gradual e lacunar. O processo de significação adquire sentido na medida em que esse conceitos relaciona-se com outros conceitos e contextos em que se aplicam. Entre os conceitos a ele relacionados, destacamos a importância do modelo de reação química. A relação estabelecida é de interdependência com mútuos favorecimentos: de um lado, o modelo de reação química depende do conceito de elemento; de outro lado, o conceito de elemento enriquece-se e constitui-se a partir do modelo de reação química. Tal interdependência aponta para a necessidade de um currículo mais integrado e recursivo, no qual o conceito de elemento químico, de átomo, de substância, de reações químicas e ciclo de materiais, entre tantos outros, vão fazendo parte significativa de um contexto social de uso. Dessa forma, esses conceitos emergem de uma necessidade social, eles circulam e os conflitos e contradições aparecem nesse contato com os conhecimentos científicos enquanto objetos culturais. Do mesmo modo como os conceitos científicos emergem das relações com outros conceitos, eles são evocados e impregnados dos contextos em que se aplicam. No caso da unidade didática aqui analisada, os contextos foram os da incorporação de minerais nos seres vivos, dos ciclos de materiais na natureza e das transformações químicas.

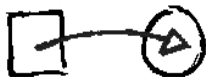
Na abordagem didática acompanhada nesta pesquisa, adotamos uma aproximação entre o científico e o cotidiano. Mineral e elemento químico (objeto da vida cotidiana e objeto teórico da ciência) foram usados de modo indiferenciado. A intenção de tratar dos ciclos



do cálcio foi evocar o elemento cálcio e não simplesmente os minerais de cálcio. Tal estratégia, ao que parece, foi bem sucedida por apresentar quadros mais familiares para iniciar o trabalho com entes teóricos que, de outro modo, permaneceriam refratários às experiências dos sujeitos. Além disso, a abordagem didática que acompanhamos na pesquisa evitou recorrer a definições preliminares ao apresentar conceitos novos. Tais conceitos fizeram parte da linguagem social da sala de aula pesquisada e contribuíram para a constituição do contexto de estudo das transformações dos materiais.

Em relação ao processo de conceituação, os dados da pesquisa corroboram a visão de Wells (2008), para quem o processo de conceituação é de natureza individual e mental enquanto os conceitos, enquanto sistemas relativamente estáveis de relações, residem na esfera coletiva, ou seja, como aquilo que é culturalmente dado como conhecido. Segundo esse autor, os conceitos são formulações simbólicas que podem ser localizadas nos textos de vários tipos cuja autoridade é independente das construções particulares. Dessa forma, a construção dos conceitos é individual, mas faz parte de uma rede de relações. Essa forma de organizar o processo de formação de conceitos na sala de aula exige tempo e recursividade. Essas características destoam do modo como a escola organiza os seus conteúdos, pois as unidades didáticas, em geral, são estanques no modo tradicionalmente apresentado nos livros didáticos e nos planejamentos dos professores.

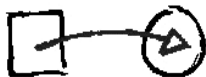
Dentro do contexto da sala de aula pesquisada, consideramos o papel do professor na constituição de um ambiente propício de construção de significados mediada pelo contexto social extremamente significativo. Isso nos remete à segunda questão apresentada na introdução deste trabalho: *Como o professor atua e organiza as atividades, intervenções e dinâmica discursiva na sala de aula estudada de modo a favorecer o desenvolvimento dos conceitos envolvidos? Em que medida tais intervenções e dinâmica mostram-se adequadas e eficazes?* De acordo com as análises, ressaltamos o quanto a abordagem de ensino que emerge dos referenciais teóricos que norteiam a proposta de ensino identificada na coleção didática e adotada pelo professor na sequência de ensino pesquisada é complexa e exigente. A adesão do professor e estudantes ao projeto de trabalho gerou uma efetiva participação da maioria dos



estudantes. O professor alimenta o engajamento dos estudantes nos processos de produção de significados de forma democrática, mas, ao mesmo tempo, preocupa-se em dar fechamento aos contextos de discussão, mesmo que seja indicando um aprofundamento posterior. As ações do professor identificadas nas aulas foram reconhecidas pelos estudantes como importantes para a aprendizagem dos conceitos estudados. No entanto, há pouca atenção ao discurso escrito. Consideramos que, para consolidar esse uso intencional da linguagem da ciência, o texto escrito tem funções importantes e distintas do discurso oral e deve fazer parte do trabalho mais efetivamente.

Finalmente, recorreremos à terceira questão desta pesquisa: *A antecipação do estudo desse conceito no nível fundamental, com estudantes mais novos, baseada em uma abordagem que relaciona fenômeno, linguagem e representação através de modelos de partículas pode auxiliar em uma apropriação mais eficiente desse ao longo da educação básica?* Embora esta pesquisa não tenha feito o acompanhamento longitudinal dos estudantes, temos elementos para afirmar que o uso e a apropriação do conceito de elemento químico não se relaciona com a maturidade ou idade dos estudantes, pois encontro, em experiência própria como professora de química do ensino médio, as mesmas dificuldades apresentadas pelos estudantes que fizeram parte desta pesquisa. No entanto, entre os estudantes pesquisados, há uma grande disponibilidade em lidar com esses assuntos comparados a estudantes do ensino médio, talvez por disporem de mais tempo para discussões conceituais e menores exigências em termos do formalismo do conhecimento químico em formação. Os estudantes participam ativamente dos debates propostos, criam explicações e combinam o modo de explicar da ciência com um modo próprio. Identificamos uma grande diferença tanto na frequência de participação dos estudantes quanto na qualidade dessas participações. Essas diferenças mostraram-se importantes na construção de um ambiente de aprendizagem que gera diferenças e cria necessidades de engajamento notáveis e que, por outro lado, exige do professor um bom gerenciamento de classe.

Tudo que encontramos em nossas análises aponta para a necessidade de um tratamento recursivo dos conceitos estudados, além de considerar que o aprendizado dá-se na

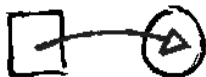


relação com os outros e são as interações que dão oportunidade de internalização, no sentido apresentado por Vygotsky (2001, 2003). O conceito está em construção e isso ocorre ao longo da vida escolar de forma gradativa. Acreditamos que, uma vez tendo feito todo esse trabalho no nível fundamental, a familiarização com a linguagem científica vai se consolidando, de modo que o mundo científico - com seus valores, linguagem e exigências - começa a fazer parte do plano social desses estudantes. Dessa forma, no ensino médio, esses estudantes têm a oportunidade de revisitar o conceito de elemento químico de modo mais formal, mas com um suporte marcado pela introdução gradativa e em um contexto de compartilhamento de ideias rico em variedade de formas de representação e uso.

O estudo histórico de formação do conceito de elemento químico inspirou-nos novas leituras dos dados relativos aos processos de construção dos conceitos pelos estudantes. Não se trata de evocar um paralelismo entre ontogênese e filogênese, mas, antes, de identificar obstáculos que, em um e outro campo, possam servir para delimitar sistemas de significação.

O uso da gramática sistêmico-funcional de Halliday que visou auxiliar na análise da estrutura composicional dos textos escritos, produzidos pelos estudantes como auxiliares na compreensão do modo como esses estudantes apropriam-se da linguagem científica apontou-nos evidência das particularidades da linguagem científica e da linguagem cotidiana. Encontramos um modo diferenciado do uso da linguagem científica escolar na maioria dos textos analisados. Por outro lado identificamos aproximações entre o texto produzido pelos estudantes e o texto científico. Ressaltamos que a interação entre a linguagem científica, a linguagem científica escolar e a linguagem cotidiana são instrumentos de trabalho no dia a dia das salas de aula.

Finalmente, identificamos na pesquisa indícios de que o modelo cinético molecular parece ser um instrumento necessário e eficaz na construção de significados para o conceito de reação química e, de modo relacional, para o conceito de elemento químico. Se essa conclusão for verdadeira, uma antecipação de sua apresentação para os primeiros anos do Ensino Fundamental II (6º ou 7º ano) poderia resultar numa iniciação mais eficiente dos estudantes nos modos de pensar a química. Generalizando essa



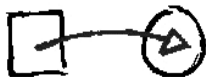
Faculdade de Educação da UFMG – Tese de Doutorado

**Modos de Uso e o Processo de Apropriação do Conceito de Elemento Químico
por Estudantes do Ensino Fundamental**

Autora: Nilma Soares da Silva

Orientador: Orlando Gomes de Aguiar Junior

conclusão, indicamos também essa antecipação como sugestão curricular no ensino de química para a formação de conceitos elementares no ensino fundamental.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR JÚNIOR, Orlando; BRAGA, Selma Moura ; LIMA, M. E. C. C. Reformas curriculares e formação de professores de ciências: reflexões sobre uma prática. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2., 1999, Valinhos. *Atas...* Valinhos: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 1999.

_____; LIMA, Maria Emília Caixeta Castro; MARTINS, Carmem Maria de Caro. A formação de conceitos científicos: reflexões a partir da produção de uma coleção de livros didáticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. *Atas...*Bauru: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005.

_____; MENDONÇA, D. H. ; SILVA, N. S. Análise do discurso em uma aula de ciências: a postura do professor e a participação dos estudantes. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis.

_____; MORTIMER, E. F. Tomada de consciência de conflitos: análise da atividade discursiva em uma aula de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 1-32, 2005.

_____; _____. SCOTT, P. H. Learning from and responding to students' questions: the authoritative and dialogic tension. *Journal of Research in Science Teaching*, 2009.

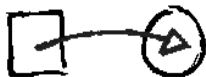
_____; SILVA, N. S. O uso dos conceitos de elemento e substância por estudantes da 7ª série do ensino fundamental numa perspectiva de análise sócio – cultural. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis.

SEE/MG. AÇÃO E PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS. *Ciências: proposta Curricular: educação básica*. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, 2008.

_____. *Construindo Consciências: 7ª série*. São Paulo: Scipione, 2004.

_____. Por um novo currículo de ciências voltado para as necessidades de nosso tempo. *Presença Pedagógica*, Belo Horizonte, v. 9, n.51, p.43-55, mai./jun, 2003.

ANDERSON, B. Pupil's conceptions of matter and its transformation (age12-16). In: *Studies in Science Education*, v.18, n.1, p. 53-85.



ARAGÃO, R. M. R. *et al.* *A mudança conceitual no processo de ensino: aprendizagem de transformação química.* 1991.

BAKHTIN, M. *Estética da criação verbal.* São Paulo: Martins Fontes, 2003.

_____. *Marxismo e filosofia da linguagem.* São Paulo: Hucitec, 1994.

BENSAUDE-VINCENT, B.; ESTENGERS, I. *História da química.* Lisboa: Piaget, 1992.

BONADIMAN, H. *et al.* *Ciências na 8ª série: proposta alternativa de ensino.* Ijuí: UNIJUÍ, 1995.

BRAGA, S. A. M. *O texto de biologia do livro didático de ciências.* 2003. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: ciências naturais.* Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução.* Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: temas transversais.* Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRONCKART, J. P. *Atividade e linguagem, textos e discursos: por um interacionismo sócio-discursivo.* Tradução Anna Rachel Machado, Péricles Cunha. São Paulo: Educ., 1999.

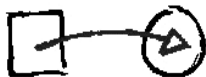
BRUNER, J. *Realidade mental, mundos possíveis.* Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

CANTO, E. L. *Minerais, minérios, metais: de onde vêm? Para onde vão?* 1. ed. São Paulo: Moderna, 1996. 128 p. (Coleção Polêmica).

CARVALHO, A. M. P. Building up explanations in physics teaching. *International Journal of Science Education*, Abingdon, v. 26, n. 22, p. 225-237, 2004.

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

_____; OLIVEIRA, Carla M. Alvarenga de. Escrevendo em aulas de ciências. *Ciência e Educação*, São Paulo, v. 11, p. 347-366, 2005.



CHASSOT, Attico Inácio. Para que(m) é útil o ensino de química. *Espaços da Escola*, Ijuí, n. 5, p. 43-51, 1992.

CASTRO, Ruth Schmitz. Umas e outras histórias. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. 1. ed. São Paulo: Thomson, 2004. p. 101-117.

CAVICCHIOLI, A.; ROCHA, J.R.C. Uma abordagem alternativa para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta, nos ensinos fundamental e médio. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 21, p. 29-33, maio 2005.

DRIVER, R. *et al.* Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, v. 23, n. 7, p. 5-12, 1994.

_____. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. 3. ed. Madrid: [s. n.], 1989.

FELTRE, Ricardo. *Fundamentos da química: volume único*. 3. ed. [S. l.]: Moderna, 2002.

FONSECA, M. R. *Completamente química: química geral*. São Paulo: FTD, 2001.

FONTANA, Roseli Cação. *Mediação pedagógica na sala de aula*. Campinas: Autores Associados, 2000.

FREITAS, Maria Theresa de Assunção. Uma teoria social do desenvolvimento e da aprendizagem. *Presença Pedagógica*. Belo Horizonte, n. 73, p. 16-27, jan./fev. 2007.

FURLANI, J. M. S. *A apropriação de um novo currículo de química na prática de sala de aula*. Belo Horizonte: UFMG/ FAE, 2003.

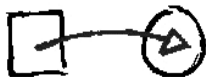
GEWANDSZNAJDER, F. *Ciências matéria e energia: 8ª série*. 2. ed. São Paulo: Ática, 2004.

GIORDAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 10, p. 43-49, nov. 1999.

HALLIDAY, M. A. K.; MARTIN, J. R. *Writing science: literacy and discursive power*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1993.

HODSON, Derek. Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988.

HOUAISS, Antônio. *Dicionário eletrônico da língua portuguesa*, 2002. CD-ROM.



JUSTI, R. S. Afinidade entre as substâncias pode explicar as reações químicas? *Química Nova na Escola*, São Paulo, n.7, p. 26-29, 1997.

KINALSKI, A. C.; ZANON, L. B. O leite como tema organizador de aprendizagens em química no ensino fundamental. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 6, p. 15-19, 1997.

LEMKE, J. L. *Talking science: language, learning and values*. Norwood: Ablex Publishing Corporation, 1990.

LIMA, M. E. C. C. *Sentidos do trabalho mediados pela educação continuada em química*. 2003. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

_____; AGUIAR JÚNIOR, O. Ciências: física e química no ensino fundamental. *Presença Pedagógica*, Belo Horizonte, v. 6, n. 31, p. 39-49, 2000.

_____; _____. O processo de formação de conceitos no ensino de ciências: reflexões a partir da concepção e elaboração de uma coleção de livros didáticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. *Anais...* Bauru: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005.

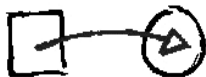
_____; _____. BRAGA, S. M. A construção de um currículo de ciências para o ensino fundamental: uma parceria FAE-Centro Pedagógico da UFMG. In: ENCONTRO DE PESQUISA DA FAE/UFMG, 5., 1998, Belo Horizonte. *Anais: mesas redondas, apresentação de pesquisas*. Belo Horizonte: UFMG/FAE, 1998.

_____; _____. Ensinar ciências. *Presença Pedagógica*, Belo Horizonte, v. 6, n. 33, p. 90-92, mai./jun. 2000.

_____; BARBOSA, L. C. Idéias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 21, p. 39-43, maio. 2005.

LIMA, M. E. C. C.; SILVA, N. S. A química no ensino fundamental: uma proposta em ação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 28; WORKSHOP DA DIVISÃO DE ENSINO, 2005, Poços de Caldas. *Propostas atuais de ensino de química na educação básica do Brasil...* Poços de Caldas: SBQ, 2005.

_____; _____. A química no ensino fundamental: uma proposta em ação. In: ZANON, L. B.; MALDANER, A. M. (Org.). *Fundamentos e propostas de ensino de química para a educação básica no Brasil*. Ijuí: UNIJUÍ, 2007. (Coleção Educação em Química).



LLORENS, HOLDING, GABEL, SUMFLETH, CAAMANO, apud POZO. Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química. Madrid, 1991.

LOPES, A. R. C. Reações químicas: fenômeno, transformação e representação. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 2, p. 7-9. 1995.

MACHADO, A. H. *Aula de química: discurso e conhecimento*. 1. ed. Ijuí: UNIJUÍ, 1999. 200 p.

MALDANER, O. A. *A formação inicial e continuada de professores de química: professores/ pesquisadores*. Ijuí: UNIJUÍ, 2000. (Coleção Educação em Química).

_____. *Química I: construção de conceitos fundamentais*. Ijuí: UNIJUÍ, 1992.

_____; ZANON, Lenir Basso. Situação de estudo: uma organização do ensino que extrapola a formação disciplinar em ciências. In: MORAES, Roque; MANCUSO, Ronaldo. *Educação em ciências: produção de currículos e formação de professores*. Ijuí: UNIJUÍ, 2004. p. 43-64.

MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. *Revista Ensaio*, n. 5, v. 2, out. 2003.

MORTIMER, E. F. Concepções atomistas dos estudantes. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 1, maio 1995.

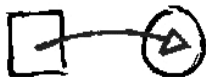
_____. *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. 1994. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

_____. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

_____. Sobre chamas e cristais: a linguagem científica, a linguagem cotidiana e o ensino de ciências. In: *Ciência, ética e cultura na educação*. São Leopoldo: UNISINOS, 1998. p. 99-118.

_____; MACHADO, A. H. *Química para o ensino médio: volume único*. São Paulo: Scipione, 2002.

_____ et al. Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de ciências. In: NARDI, R. (Org.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras/ABRAPEC, 2007. p. 53-94.



_____; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sócio-cultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3.

_____; _____. *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press, 2003.

_____; VIEIRA, Ana, C. R.; ARAÚJO, Angélica O. *Letramento científico em aulas de química para o ensino médio*. [S. l.: s.n.], 2009.

NAKHLEH, M. B. Por que alguns estudantes não aprendem química? Concepções alternativas em química. Tradução brasileira Luiz Otávio F. Amaral. *Journal Chem. Educ.*, v. 69, n. 3, p. 191-196, 1992.

NUSSBAUM, apud DRIVER. Ideas científicas em la infância y la adolescência. Trad.cast.de P. Manzano. Madrid: Morata/ MEC, 1989.

OGBORN, J. *et al.* Explaining science in the classroom. Buckingham: Open University Press, 1996.

OKI, M. C. M. O conceito de elemento: da antiguidade à modernidade. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n.16, nov. 2002.

OLIVEIRA, Carla M. A.; CARVALHO, Anna M. P. Escrevendo nas aulas de ciências. *Ciência e Educação*, v.11, n. 3, 2005.

OLIVEIRA, M. K. *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico*. São Paulo: Scipione, 1993.

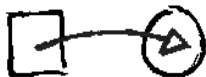
OLIVEIRA, R. J. O mito da substância. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 1, p. 8-11, 1995.

PAULA, Helder de Figueiredo. *A ciência escolar como instrumento para a compreensão da atividade científica*. 2004. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

POZO, J. I. *et al.* *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, 1991.

RIVARD, L. P.; STRAW, S. B. The effect of talk and writing on learning science, an exploratory study. *Science Education*, v. 84, n. 5, p. 566-593, 2000.

ROCHA-FILHO, R. C.; TOLENTINO, M. Evolução histórica dos pesos atômicos. *Química Nova*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 182-187, 1994.



_____. *et al.* Ensino de conceitos em química I: matéria: exemplo de um sistema de conceitos científicos. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 38, n. 10, p. 1721-1724, 1986.

_____. Ensino de conceitos em química II: matéria: um sistema conceitual quanto à sua forma de apresentação. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 38, n. 12, p. 2028-2030, 1986.

_____. Ensino de conceitos em química III: sobre o conceito de substância. *Química Nova*, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 417-419, 1988.

_____. Ensino de conceitos em química IV: sobre a estrutura elementar da matéria. *Química Nova*, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 199-202, 1989.

ROSA, M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. O conceito de transformação química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 8, p.31-35, 1998.

RUSSELL, John Blair. *Química geral*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1981.

SEEMG. Secretaria de Estado de Educação. *Conteúdo básico comum de química*, 2008.

SILVA, Nilma Soares. *O repertório de conhecimentos, de um grupo de professores de ciências, específicos ao ensino de química no nível fundamental*. 2003. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

SCOTT, P. H.; MORTIMER, E. F.; AGUIAR JÚNIOR, O. The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, New York, v. 90, n. 7, p. 605-631, 2006.

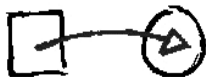
SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. *Química Nova*, v. 25, supl.1, p. 14-24, 2002.

SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 1, maio 1995.

SILVA, P. D. S. *O projeto temático na sala de aula: mudança nas interações discursivas*. 2009. Tese (Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; CHAGAS, A. P. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos. *Química Nova*, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 103-117, 1997.

TOURINHO, A.C. S. *Estratégias enunciativas em salas de aulas de química: contrastando professores de estilos diferentes*. 2008. Tese (Doutorado em Programa de



Pós-Graduação em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

TREAGUST, D. F.; DUIT, R. Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, v. 3, n. 2, p. 297-328, July 2008.

VIEIRA, R. D. *Situações argumentativas na abordagem da natureza da ciência na formação inicial de professores de física*. 2007. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

VYGOTSKY, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

_____. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 2003

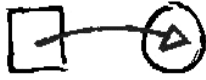
_____. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

WELLS, G. *Learning to use scientific concepts*. Santa Cruz: University of California, 2008.

WERTSCH, J. V. *Mind as action*. New York: Oxford University Press, 1998.

_____. *Voices of the mind: a sociocultural approach to mediated action*. Hertfordshire: Harvester Wheatsheaf, 1991.

ZANON, L. B.; PALHARINI, E. M. A química no ensino fundamental de ciências. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 2, nov. 1995.



Faculdade de Educação da UFMG – Tese de Doutorado

**Modos de Uso e o Processo de Apropriação do Conceito de Elemento Químico
por Estudantes do Ensino Fundamental**

Autora: Nilma Soares da Silva

Orientador: Orlando Gomes de Aguiar Junior

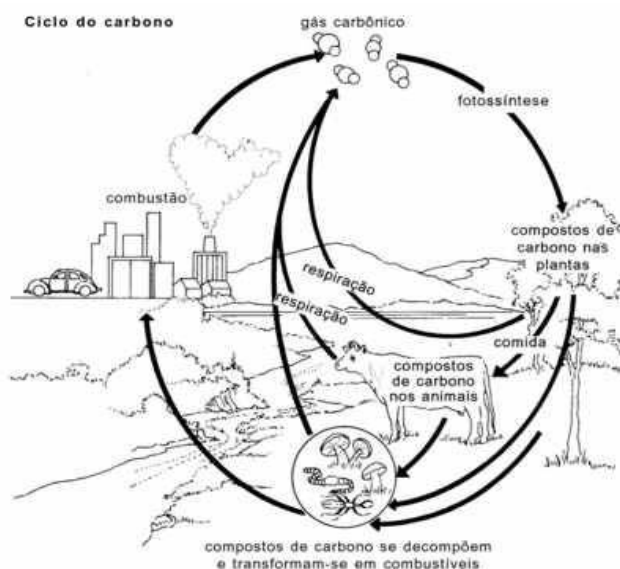
ANEXOS

ANEXO 1: Pós teste

Querido aluno (a), este teste faz parte da segunda fase da coleta de dados para a pesquisa que está sendo realizada pela professora Nilma Soares da Silva, aluna do curso de doutorado da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, sob orientação do professor Orlando Gomes Aguiar. Gostaríamos que você respondesse às questões que se seguem baseando-se em seus conhecimentos sobre o assunto.

Desde já agradecemos a sua colaboração,
Nilma e Orlando.

Questão 1 - Observe a figura que representa o ciclo do carbono na natureza.



Redija um pequeno texto para explicar esse ciclo.

Questão 2 - O gás carbônico (CO₂), juntamente a outros gases, é responsável pelo efeito estufa. A ação do homem tem modificado a composição química da atmosfera da Terra e a concentração desses gases estufa tem aumentado, principalmente, a concentração do CO₂.

Explique por que concentração de CO₂ tem aumentado na atmosfera.

Questão 3 - A respiração e a fotossíntese são processos importantes no ciclo do carbono.

As equações químicas que representam estes dois processos são:

Fotossíntese: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{energia (luz solar)} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ (glicose)} + 6\text{O}_2$

Respiração: $C_6H_{12}O_6$ (glicose) + $6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6 H_2O + \text{energia}$

- a) Baseando-se nas equações químicas acima e na figura do item 1, explique como é possível que o carbono existente na atmosfera passe a fazer parte da composição do corpo de um animal.
- b) Indique o número de substâncias diferentes que participam das reações acima.
- c) Escreva as fórmulas dessas substâncias.
- d) Indique o número de átomos de carbono presentes na equação que representa a fotossíntese.
- e) Esses átomos de carbono constituem a mesma substância? Explique.

Questão 4 - Avalie a afirmativa a seguir em verdadeira ou falsa e corrija se for necessário.

“A glicose ($C_6H_{12}O_6$) é uma mistura de três substâncias diferentes: carbono, hidrogênio e oxigênio”.

Questão 5 – Um dos processos mais importantes do ecossistema relacionado ao ciclo do carbono, é a captura do CO_2 por diferentes transformações que ocorrem na biosfera. O aumento das emissões de CO_2 tem sido absorvido, pelos oceanos, pelas florestas e outras espécies vegetais. Essas são consideradas sumidouros de carbono, através da realização da fotossíntese.

Explique por que o álcool, utilizado como combustível, é considerado menos poluente em relação à gasolina baseando-se no processo de captura do carbono descrito acima.

ANEXO 2: Questionário

O QUE MAIS NOS AJUDA A COMPREENDER / APRENDER CIÊNCIAS?

Durante as aulas de ciências, o professor adota várias estratégias com a intenção de favorecer a compreensão e uso de conceitos científicos por parte dos alunos. Abaixo, apresentamos uma lista de estratégias e atividades desenvolvidas em sala de aula.

Analise a importância que você atribui a cada uma delas para a sua aprendizagem de conceitos em ciências, marcando com um X o valor:

3 - para aquelas que MAIS ajudam você a aprender ciências

2 - para aquelas que ajudam a você a aprender ciências

1 - para aquelas que ajudam POUCO você a aprender ciências

Estratégia de ensino	1	2	3
1.O professor levanta perguntas para a turma antes de iniciar o trabalho sobre um tema de ciências.			
2.O professor explora perguntas feitas pelos colegas sobre um determinado conceito ou tema.			
3.O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma.			
4.Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala.			
5.O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula.			
6.O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma.			
7.O professor corrige exercícios feitos em casa ou na sala de aula.			
8.O professor tira dúvidas dos alunos individualmente nos grupos ou na carteira.			
9.O professor faz leituras comentadas do livro texto com a participação da turma.			
10.O professor propõe exercícios ou atividades a serem feitos em dupla em sala de aula.			
11.O professor explica a matéria e os alunos acompanham em silêncio.			
12.O professor desenvolve aulas práticas manipulando ele mesmo o experimento e solicitando participação da turma na previsão e explicação dos resultados.			
13.O professor propõe atividades experimentais a serem realizadas pelos alunos em grupos.			
14.O professor discute os resultados dos experimentos com a participação da classe			
15.O professor usa modelos, analogias e representações para explicar coisas que não vemos.			
16.O professor propõe pesquisas e trabalhos a serem feitos em casa e os alunos trazem suas contribuições para discussão na sala de aula.			

17.O professor faz sínteses ou conclusões gerais sobre um determinado assunto.			
18.O professor solicita que os alunos façam sínteses ou conclusões sobre determinado assunto, auxiliando quando necessário.			
19.O professor propõe debates e solicita dos alunos argumentos a favor ou contrários a um ponto de vista.			
20.O professor relata como se desenvolveu uma determinada ideia científica.			
21.Professor e alunos exploram exemplos do cotidiano de aplicações de um determinado conceito científico.			

ANEXO 3: O mapa de eventos

Data	Aula	Atividade	Temas	Tipo de atividade	Estratégias de ensino utilizadas
06/02	½	Apresentações Contrato de trabalho (caderno ou pasta) Um convite para investigar as mágicas da natureza	Introdução ao ensino de Ciências Naturais	Introdutória	1.O professor levanta perguntas para a turma antes de iniciar o trabalho sobre um tema de ciências. 2. O professor explora perguntas feitas pelos colegas sobre um determinado conceito ou tema. 3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma. 4. Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala.
08/02	3	Abertura da unidade 1. Atividades das páginas 8 e 9. Análise do RX (figura da introdução) e a relação com o cálcio que forma os ossos. Interpretação do ciclo do fósforo e leitura da legenda. Atividade Trocando idéias - Os minerais presentes nos alimentos (Análise de rótulos variados por grupo de estudantes e preenchimento de uma tabela com os sais minerais solicitados pelo professor). Tarefa para casa: O professor pede aos estudantes que escolham mais 5 alimentos para compor a tabela e que respondam a questão 4 do Trocando idéias.	As transformações dos materiais – capítulo 1: Os minerais e a vida Os minerais presentes nos alimentos	Leitura e comentários sobre o texto introdutório. Atividade em grupo de 5 alunos (Trocando idéias – pré teste)	1. O professor levanta perguntas para a turma antes de iniciar o trabalho sobre um tema de ciências. 3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma. 4. Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala. 6. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma. 9. O professor faz leituras comentadas do livro texto com a participação da turma. 16. O professor propõe pesquisas e trabalhos a serem feitos em casa e os alunos trazem suas contribuições para discussão na sala de aula.

13/02	4/5	Entrega das autorizações para filmagens Cobrança do para casa Leitura de um folheto e avisos sobre a dengue Correção do para casa Atividade do caso o cálcio – Faça em seu caderno Demonstração do ovo no vinagre	O ciclo do cálcio no organismo e no ambiente	Correção de atividade. Atividade demonstrativa (ovo no vinagre)	<ol style="list-style-type: none"> 1. O professor levanta perguntas para a turma antes de iniciar o trabalho sobre um tema de ciências. 2. O professor explora perguntas feitas pelos colegas sobre um determinado conceito ou tema. 3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma. 4. Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala. 5. O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula. 6. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma. 7. O professor corrige exercícios feitos em casa ou na sala de aula. 9. O professor faz leituras comentadas do livro texto com a participação da turma. 10. O professor propõe exercícios ou atividades a serem feitos em dupla em sala de aula. 19. O professor propõe debates e solicita dos alunos argumentos a favor ou contrários a um ponto de vista.
15/02	6/7	Atividade Mãos à obra – Hortas hidropônicas (pág. 15)	Hortas hidropônicas	Leitura, instruções e comentários sobre a atividade experimental a ser realizada. Atividade experimental em grupos de 5 alunos	<ol style="list-style-type: none"> 1. O professor levanta perguntas para a turma antes de iniciar o trabalho sobre um tema de ciências. 3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma. 8. O professor tira dúvidas dos alunos individualmente nos grupos ou na carteira. 9. O professor faz leituras comentadas do livro texto com a participação da turma. 13. O professor propõe atividades experimentais a serem realizadas pelos alunos em grupos. 21. Professor e alunos exploram exemplos do cotidiano de aplicações de um determinado conceito científico.

22/02	8	O professor retoma algumas questões sobre o ciclo do cálcio e do fósforo. Atividade Faça em seu caderno (Pág. 16 e 17). Os estudantes observam os pés de feijão da atividade experimental realizada na aula anterior.	Minerais essenciais à saúde. Nutrição vegetal.	Discussão coletiva Exercícios em dupla – Faça em seu caderno. Observação dos resultados da atividade prática realizada na aula anterior	
27/02	9/10	Correção das atividades – Faça em seu caderno (p.16 e 17). Atividade da horta hidropônica – interpretação dos resultados da atividade experimental. Sistematização feita pelo professor	Minerais essenciais à saúde. Nutrição vegetal.	Correção de exercícios. Discussão coletiva. Atividade em grupo (interpretando os resultados da hidroponia). Sistematização	2. O professor explora perguntas feitas pelos colegas sobre um determinado conceito ou tema. 3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma. 4. Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala. 6. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma. 7. O professor corrige exercícios feitos em casa ou na sala de aula. 8. O professor tira dúvidas dos alunos individualmente nos grupos ou na carteira. 10. O professor propõe exercícios ou atividades a serem feitos em dupla em sala de aula. 14. O professor discute os resultados dos experimentos com a participação da classe 17. O professor faz sínteses ou conclusões gerais sobre um determinado assunto. 21. Professor e alunos exploram exemplos do cotidiano de aplicações de um determinado conceito científico.

02/03	11	Atividade Ciência tem história (p. 21)	História da classificação periódica dos elementos	Interpretação de texto em dupla – atividade avaliativa	<ol style="list-style-type: none"> 2. O professor explora perguntas feitas pelos colegas sobre um determinado conceito ou tema. 3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma. 4. Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala. 5. O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula. 6. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma. 8. O professor tira dúvidas dos alunos individualmente nos grupos ou na carteira. 10. O professor propõe exercícios ou atividades a serem feitos em dupla em sala de aula. 11. O professor explica a matéria e os alunos acompanham em silêncio. 20. O professor relata como se desenvolveu uma determinada ideia científica.
06/03	12/13	1ª prova	Capítulo 1 – Os minerais e a vida	Prova individual com 10 questões abertas	
08/03	14	Início do capítulo 2 Atividade Trocando ideias (p. 24)	Compreendendo as reações químicas O que acontece com o combustível de um veículo	Leitura, comentários e discussão coletiva do texto introdutório do capítulo. Atividade em grupo – Trocando ideias.	<ol style="list-style-type: none"> 1. O professor levanta perguntas para a turma antes de iniciar o trabalho sobre um tema de ciências. 2. O professor explora perguntas feitas pelos colegas sobre um determinado conceito ou tema. 3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma. 4. Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala. 5. O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula. 6. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas

					<p>com participação da turma.</p> <p>8. O professor tira dúvidas dos alunos individualmente nos grupos ou na carteira.</p> <p>9. O professor faz leituras comentadas do livro texto com a participação da turma.</p> <p>10. O professor propõe exercícios ou atividades a serem feitos em dupla em sala de aula.</p>
13/03	15/16	Retomada das questões da aula anterior Atividade Mãos à obra – Comparando os sistemas inicial e final (p.26)	Evidência de reações químicas	<p>Leitura e discussão coletiva do texto introdutório.</p> <p>Atividade experimental em grupo</p> <p>Orientação de para casa</p>	<p>2. O professor explora perguntas feitas pelos colegas sobre um determinado conceito ou tema.</p> <p>3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma.</p> <p>4. Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala.</p> <p>5. O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula.</p> <p>6. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma.</p> <p>7. O professor corrige exercícios feitos em casa ou na sala de aula.</p> <p>8. O professor tira dúvidas dos alunos individualmente nos grupos ou na carteira.</p> <p>9. O professor faz leituras comentadas do livro texto com a participação da turma.</p> <p>13. O professor propõe atividades experimentais a serem realizadas pelos alunos em grupos.</p> <p>16. O professor propõe pesquisas e trabalhos a serem feitos em casa e os alunos trazem suas contribuições para discussão na sala de aula.</p> <p>19. O professor propõe debates e solicita dos alunos argumentos a favor ou contrários a um ponto de vista.</p>
15/03	17	Correção do para casa – discutindo os resultados da atividade experimental realizada na aula anterior	Evidências de reações químicas	Correção de atividade e discussão coletiva	<p>2. O professor explora perguntas feitas pelos colegas sobre um determinado conceito ou tema.</p> <p>3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma.</p>

					<p>4. Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala.</p> <p>6. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma.</p> <p>7. O professor corrige exercícios feitos em casa ou na sala de aula.</p> <p>14. O professor discute os resultados dos experimentos com a participação da classe</p> <p>18. O professor solicita que os alunos façam sínteses ou conclusões sobre determinado assunto, auxiliando quando necessário.</p> <p>19. O professor propõe debates e solicita dos alunos argumentos a favor ou contrários a um ponto de vista.</p> <p>21. Professor e alunos exploram exemplos do cotidiano de aplicações de um determinado conceito científico.</p>
20/03	18/19	<p>Apresentação de slides - Sistematização do cap. 1.</p> <p>Correção da prova</p> <p>Exercícios</p>	<p>Ciclo dos minerais</p> <p>Tabela periódica</p> <p>Diferenciação entre átomo, elemento, substância e mistura.</p>	<p>Aula expositiva com recursos de multimídia</p> <p>Sistematização de conteúdos</p> <p>Correção de prova</p> <p>Exercícios em dupla – Vamos treinar</p>	<p>5. O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula.</p> <p>7. O professor corrige exercícios feitos em casa ou na sala de aula.</p> <p>11. O professor explica a matéria e os alunos acompanham em silêncio.</p> <p>15. O professor usa modelos, analogias e representações para explicar coisas que não vemos.</p> <p>17. O professor faz sínteses ou conclusões gerais sobre um determinado assunto.</p> <p>18. O professor solicita que os alunos façam sínteses ou conclusões sobre determinado assunto, auxiliando quando necessário.</p> <p>21. Professor e alunos exploram exemplos do cotidiano de aplicações de um determinado conceito científico.</p>
22/03	20	<p>Retomada dos conceitos de reação química e das evidências de sua ocorrência.</p> <p>Retoma da pergunta do exercício da aula</p>	<p>Reações químicas</p> <p>Evidências</p> <p>Diferenciação entre substância e</p>	<p>Aula expositiva</p> <p>Sistematização e discussão</p>	<p>1. O professor levanta perguntas para a turma antes de iniciar o trabalho sobre um tema de ciências.</p> <p>2. O professor explora perguntas feitas pelos colegas sobre um determinado conceito ou tema.</p>

		anterior. Atividade experimental – o comprimido efervescente em água	mistura. Fatores que alteram a velocidade das reações químicas – concentração, superfície de contato e temperatura..	coletiva Atividade experimental em grupo	3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma. 4. Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala. 5. O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula. 6. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma. 8. O professor tira dúvidas dos alunos individualmente nos grupos ou na carteira. 13. O professor propõe atividades experimentais a serem realizadas pelos alunos em grupos. 15. O professor usa modelos, analogias e representações para explicar coisas que não vemos. 17. O professor faz sínteses ou conclusões gerais sobre um determinado assunto. 18. O professor solicita que os alunos façam sínteses ou conclusões sobre determinado assunto, auxiliando quando necessário. 21. Professor e alunos exploram exemplos do cotidiano de aplicações de um determinado conceito científico.
27/03	21/22	Retomada dos fatores que alteram a velocidade das reações químicas – concentração, temperatura e superfície de contato. Atividade mão à obra – Efeito dos catalisadores inorgânicos e orgânicos na decomposição da água oxigenada	Fatores que alteram a velocidade das reações químicas – catalisador inorgânico e orgânico.	Sistematização Atividade experimental em grupo.	3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma. 4. Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala. 5. O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula. 6. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma. 8. O professor tira dúvidas dos alunos individualmente nos grupos ou na carteira. 9. O professor faz leituras comentadas do livro texto com a participação da turma. 13. O professor propõe atividades experimentais a serem

					realizadas pelos alunos em grupos. 21. Professor e alunos exploram exemplos do cotidiano de aplicações de um determinado conceito científico.
29/03	23	Correção das interpretações dos resultados da atividade experimental realizada na aula anterior Aula com utilização de modelo de partículas (bolinhas de cartolina organizadas no quadro pelo professor)	Reação de decomposição da água oxigenada com o uso de catalisador. Estudo da equação representativa da decomposição.	Discussão e correção de questões com o uso de modelos	2. O professor explora perguntas feitas pelos colegas sobre um determinado conceito ou tema. 3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma. 4. Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala. 5. O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula. 6. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma. 7. O professor corrige exercícios feitos em casa ou na sala de aula. 8. O professor tira dúvidas dos alunos individualmente nos grupos ou na carteira. 11. O professor explica a matéria e os alunos acompanham em silêncio. 14. O professor discute os resultados dos experimentos com a participação da classe 15. O professor usa modelos, analogias e representações para explicar aquilo que não vemos. 17. O professor faz sínteses ou conclusões gerais sobre um determinado assunto. 18. O professor solicita que os alunos façam sínteses ou conclusões sobre determinado assunto, auxiliando quando necessário.
03/04	24/25	Retomada de um exercício esquecido. Discussão sobre catalisadores (p. 30). Atividade experimental demonstrativa – hidróxido de sódio e sulfato de cobre. Atividade Mãos à obra demonstrativa – O que ocorre com as massas dos materiais	Reações químicas: evidências, fatores que alteram a velocidade, representação através de	Leitura de texto e anotações no quadro (síntese sobre catalisadores).	1. O professor levanta perguntas para a turma antes de iniciar o trabalho sobre um tema de ciências. 2. O professor explora perguntas feitas pelos colegas sobre um determinado conceito ou tema. 3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma.

		que se transformam durante uma reação química. Atividade Ciência tem história – Lavoisier e a lei da conservação da massa.	equações. Lei da conservação da massa.	Atividade experimental demonstrativa. Correção de exercícios. Interpretação de texto em dupla - Atividade avaliativa.	5. O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula. 7. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma. 8. O professor corrige exercícios feitos em casa ou na sala de aula. 9. O professor faz leituras comentadas do livro texto com a participação da turma. 10. O professor propõe exercícios ou atividades a serem feitos em dupla em sala de aula. 11. O professor explica a matéria e os alunos acompanham em silêncio. 12. O professor desenvolve aulas práticas manipulando ele mesmo o experimento e solicitando participação da turma na previsão e explicação dos resultados. 17. O professor faz sínteses ou conclusões gerais sobre um determinado assunto. 20. O professor relata como se desenvolveu uma determinada ideia científica.
10/04	26/27	Atividade em folha extra – exercício avaliativo cap. 1 e 2.	Diferenciação entre átomo, elemento, substância e mistura. Reações químicas: evidências, fatores que alteram a velocidade, representação através de equações. Lei da conservação da massa.	Atividade em dupla (manipulação de massinhas) – avaliativa.	7. O professor corrige exercícios feitos em casa ou na sala de aula. 8. O professor tira dúvidas dos alunos individualmente nos grupos ou na carteira. 16. O professor propõe pesquisas e trabalhos a serem feitos em casa e os alunos trazem suas contribuições para discussão na sala de aula.

12/04	28	Correção de para casa (p. 35 no 1 e 2 e p. 43 e 44 no 1 a 4).	Reações químicas: evidências, fatores que alteram a velocidade, representação através de equações. Lei da conservação da massa.	Correção de exercícios e discussão coletiva	5. O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula. 7. O professor corrige exercícios feitos em casa ou na sala de aula. 17. O professor faz sínteses ou conclusões gerais sobre um determinado assunto.
17/04	29/30	Explicação sobre a atividade Ciência em debate – O preço de um mundo civilizado (produção de chuva ácida). Atividade mãos à obra demonstrativa – simulando uma chuva ácida. Atividade experimental em grupo – medidas de pH. Resolução de exercícios (p. 42)	Reações químicas: poluição atmosférica. Acidez e basicidade - escala de pH.	Aula expositiva Discussão coletiva Atividade experimental demonstrativa. Atividade experimental em grupo. Resolução de exercícios juntamente aos alunos.	1. O professor levanta perguntas para a turma antes de iniciar o trabalho sobre um tema de ciências. 2. O professor explora perguntas feitas pelos colegas sobre um determinado conceito ou tema. 3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma. 4. Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala. 5. O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula. 6. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma. 7. O professor corrige exercícios feitos em casa ou na sala de aula. 8. O professor tira dúvidas dos alunos individualmente nos grupos ou na carteira. 9. O professor faz leituras comentadas do livro texto com a participação da turma. 10. O professor propõe exercícios ou atividades a serem feitos em dupla em sala de aula. 11. O professor explica a matéria e os alunos acompanham em silêncio. 12. O professor desenvolve aulas práticas manipulando ele mesmo o experimento e solicitando participação da turma na previsão e explicação dos resultados. 13. O professor propõe atividades experimentais a serem realizadas pelos alunos em grupos. 14. O professor discute os resultados dos experimentos com a participação da classe. 16. O professor propõe pesquisas e trabalhos a serem feitos em casa e os alunos trazem suas contribuições para discussão na sala de aula.

19/04	31	Correção do exercício avaliativo realizado no dia 10/04.	Diferenciação entre átomo, elemento, substância e mistura. Reações químicas: evidências, fatores que alteram a velocidade, representação através de equações. Lei da conservação da massa.	Correção de exercícios e discussão coletiva.	2. O professor explora perguntas feitas pelos colegas sobre um determinado conceito ou tema. 3. O professor faz perguntas para conduzir um raciocínio com a turma. 4. Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala. 5. O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula. 6. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma. 7. O professor corrige exercícios feitos em casa ou na sala de aula. 15. O professor usa modelos, analogias e representações para explicar coisas que não vemos. 17. O professor faz sínteses ou conclusões gerais sobre um determinado assunto. 18. O professor solicita que os alunos façam sínteses ou conclusões sobre determinado assunto, auxiliando quando necessário.
24/04	32/33	2ª prova	Diferenciação entre átomo, elemento, substância e mistura. Reações químicas: evidências, fatores que alteram a velocidade, representação através de equações. Lei da conservação da massa.	Prova individual com 5 questões abertas.	
26/04	34	Correção da prova	Diferenciação entre átomo, elemento, substância e mistura. Reações químicas: evidências, fatores que alteram a velocidade, representação através de equações. Lei da conservação	Correção da prova e discussão coletiva.	4. Os alunos fazem perguntas sobre os temas tratados em sala. 5. O professor responde às perguntas feitas pelos colegas na sala de aula. 6. O professor explora as perguntas feitas pelos colegas com participação da turma. 8. O professor tira dúvidas dos alunos individualmente nos grupos ou na carteira. 17. O professor faz sínteses ou conclusões gerais sobre um determinado assunto.

			da massa.		
03/05	35/36	3ª prova (final)	Diferenciação entre átomo, elemento, substância e mistura. Reações químicas: evidências, fatores que alteram a velocidade, representação através de equações, fatores ambientais. Lei da conservação da massa.	Prova individual com 14 questões objetivas e 1 questão aberta.	

ANEXO 4: Protocolo de entrevista com o professor

Prezado professor, gostaria que você respondesse as questões a seguir com o objetivo de complementar as informações sobre a escola e estudantes que fazem parte da minha pesquisa.

Desde já agradeço, Nilma.

Aspectos gerais

- a) Em que tipo de bairro a escola se localiza (pobre, elite, urbano, periferia, comercial, industrial, etc)?
- b) De onde são oriundos os estudantes?
- c) Por que estudam nessa escola?
- d) Qual é a entidade mantenedora?
- e) Existe alguma proposta pedagógica que norteia o trabalho da escola? Qual?
- f) Essa proposta encontra dificuldades de ser implementada? De que natureza? Quais são as atuais preocupações do professor nesse sentido, no momento atual?
- g) Quais serviços são oferecidos aos estudantes (pedagógico, médico, merenda, escola de esportes, etc)?
- h) Quais recursos materiais, ambientais e humanos os estudantes obtêm da instituição? Como eles utilizam e avaliam esses recursos?

Aspectos particulares

- a) Como você descreve os alunos durante as aulas de Ciências?
- b) Você acha que os alunos sentem-se satisfeitos com as aulas de Ciências?
- c) Você está gostando do trabalho que está desenvolvendo?
- d) Como você avalia o seu trabalho?
- e) A família dos estudantes sabe e/ou participa do trabalho desenvolvido nas aulas de Ciências?
- f) A direção da escola conhece o trabalho desenvolvido por você? Em que extensão? Como a escola avalia o seu trabalho?

Recurso didático

- a) Como você avalia o material didático utilizado?
- b) Dentre os recursos didáticos utilizados por você, qual o que mais incentiva os estudantes?