

LILAVATE IZAPOVITZ ROMANELLI <sup>n 662</sup>

Este exemplar corresponde à redação  
final da Tese defendida por  
Lilavate Izapovitz Romanelli e  
aprovada pela Comissão Julgarora em  
16/03/92

Data : Campinas, 16 de março de 1992

Assinatura : Ass. R. Lopes

CONCEPÇÕES DO PROFESSOR  
SOBRE SEU PAPEL MEDIADOR NA  
CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DO CONCEITO ÁTOMO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

1992

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL

921.001

UNIDADE	70C
N.º CHAMADA	26620
V. EX	
TOMBO B.º	166.80
PROC.	215/92
C <input type="checkbox"/>	D <input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	Cr. 20.009,00
DATA	27/05/92
N.º CPD	

CM-00024187-1

Tese apresentada como exigência parcial  
para obtenção do Título de DOUTOR EM  
EDUCAÇÃO na Área de concentração  
METODOLOGIA DE ENSINO à Comissão  
Julgadora da Faculdade de Educação da  
Universidade Estadual de Campinas, sob  
a orientação da Profa. Dra. MARIA  
CECÍLIA RAFAEL DE GÓES. *K*

COMISSÃO JULGADORA

*Antônio Rêgo*

*Luiz*

*Augusto Mendes*

*Luiz Felipe*

## AGRADECIMENTOS

Reconhecendo a valiosa colaboração e solidariedade recebidas por tantas pessoas durante a elaboração e realização deste trabalho desejamos agradecer especialmente à/ao:

MARIA CECÍLIA GÓES, pela orientação, estímulo, disponibilidade e apoio invariáveis, através das diversas circunstâncias ocorridas neste percurso;

ROSELI SCHNETZLER, pelo estímulo à nossa vinculação profissional a essa área de pesquisa e pelas discussões valiosas;

PROFESSORES DAS ESCOLAS PÚBLICAS, sujeitos de nossa pesquisa, pela disponibilidade e esforço na construção dos dados e do conhecimento neste momento;

AGUSTINA ECHEVERRÍA, pelas desafiantes discussões em vários temas, pelas revisões de seções do primeiro capítulo, pelas traduções de textos de livros em russo, pela infra-estrutura disposta para a impressão dos originais do trabalho e pelo apoio, em geral, inestimável;

ROSARIA JUSTI, pela revisão gráfica dos textos, pela confecção das tabelas que constam no trabalho e pelo apoio presente ao longo de todo o processo que gerou esta pesquisa;

NÍVIA SCHEMBRI, pela reprodução dos desenhos dos alunos, pelo apoio, estímulo e pelas discussões que propiciaram novas maneiras de pensar;

MARIA JOSÉ F. DA SILVA pelo valioso apoio e disponibilidade de condições favoráveis à, principalmente, conclusão deste trabalho.

LUIZ OTAVIO AMARAL, pela revisão de vários textos do trabalho, pelas sugestões de leituras e pela disponibilidade em trazer suas contribuições de conhecimentos sobre a História da Química;

JANE ALVES, pela revisão atenciosa da seção inicial sobre o átomo, pelas discussões sobre temas da Química relacionados diretamente ao conceito átomo e pelo apoio ao longo do curso como um todo;

ELZI FANTINI, pela dedicada revisão de seções do primeiro capítulo e pelas discussões sobre temas da Química relacionados diretamente ao conceito átomo;

JÓAO PEDRO BRAGA, pela contribuição dada ao nosso conhecimento sobre o conceito átomo em sua abordagem científica de natureza quântica;

COLEGAS DO COLÉGIO TÉCNICO DA UFMG, por assegurarem as condições da realização do curso e da pesquisa.

## RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido a partir de um interesse nas relações que se estabelecem entre aluno, professor e objeto de conhecimento, no ensino da Química no nível de segundo grau, quando são abordados conceitos que envolvem noções abstratas e requerem a concepção de modelo. Tendo em vista esse interesse, o conceito átomo foi selecionado para estudo.

Foi nosso objetivo investigar a forma pela qual o professor concebe o seu papel de mediação no processo de conhecimento que se desenvolve na apropriação pelo aluno do conceito átomo.

Os dados para esta pesquisa foram construídos a partir de a) transcrição de aulas sobre o átomo, de três professores de escolas públicas; b) questionário e entrevistas aplicados aos alunos após o ensino sobre o átomo, com o propósito de avaliar seu conhecimento a respeito desse conceito; e c) transcrição dos encontros que mantivemos com cada professor. Para esses encontros dispusemos, ao professor, os dados que havíamos coletado sobre o ensino e a aprendizagem relativamente à unidade focalizada. Frente a esse conjunto de dados, efetuamos análise proposicional tanto das aulas quanto das respostas dos alunos e análise de conteúdo das falas do professor nos encontros. Procuramos, então, diagnosticar a percepção dos professores sobre seu papel no processo, através da investigação de suas concepções de ensino, de aprendizagem e do conceito átomo.

Na consideração dos dados de aprendizagem, os professores

apresentaram baixa reflexividade quanto aos aspectos afetos ao processo ensino-aprendizagem, tendendo a justificar as concepções dos alunos a causas externas à sua própria ação pedagógica. Os professores não apresentaram evidências de que compreendem como se estabelecem as relações entre os elementos professor, aluno e objeto de conhecimento, enquanto processo de co-construção. Observamos, ainda, uma tendência do professor a tratar o átomo em termos factuais, negligenciando seu caráter de modelo e sua natureza de alta generalidade.

## ABSTRACT

This research was due to our interest in the relations which are set among student, teacher and the object of knowledge, in the teaching of Chemistry at secondary level, as far as ideas are concerned with abstraction notions and mental models. The concept of atom was selected for our study because it fits this condition.

The aim of this study was to investigate teachers' ideas of their mediating role in the knowledge process which takes place when students learn the concept of atom.

The data for this research were built from a) transcriptions of lessons given by three public school teachers on the subject of atom; b) students' answers to questionnaires and interviews which were applied after their attendance in atom subject classes, so that we could access their knowledge about it; and c) transcriptions of the meetings that we had made with the teachers. In these meetings, the teachers were given the data collected on teaching and learning, related to the chosen unit of the program. In relation to this set of data, we undertook a propositional analysis, for the transcriptions of the lessons and also for the students' answers. A content analysis was performed for teachers' speech during the meetings. We then, sought to diagnose teachers' perceptions of their mediating role by investigating their conceptions on teaching, learning and the atom.

The teachers showed a low level of reflexivity when they were asked to consider the results from the students learning process. They tended to justify the students answers and concepts ascribing them to external reasons but not to their teaching actions. The

teachers did not show a clear understanding of the relations between teacher, student and the object of knowledge, as implying a co-construction process. There was, moreover, a tendency of the teachers to deal with the concept of atom as a fact, neglecting its character of model and its high level of generality.

## SUMÁRIO

	página
RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
RELAÇÃO DE TABELAS	xii
RELAÇÃO DE FIGURAS	xiii
RELAÇÃO DE ANEXOS	xiv
CAPÍTULOS	
1 . INTRODUÇÃO	1
Do objeto de conhecimento químico	6
Da construção do conhecimento pelo aluno	26
Do papel mediador do professor	36
2 . OBJETIVOS E ESTRATÉGIA DE TRABALHO	44
3 . O ENSINO DO ÁTOMO	50
3 . 1 . Considerações metodológicas relativas	
ao ensino	50
Coleta de dados	50
Análise de dados	50
3 . 2 . Proposições identificadas no discurso	
do professor em relação às dimensões	
do conceito átomo	51
* O ensino na classe 1	51
A interação professor-aluno na classe 1	59
* O ensino na classe 2	63
A interação professor-aluno na classe 2	69
* O ensino na classe 3	74
A interação professor-aluno na classe 3	84
3 . 3 . Caracterização do ensino nas classes	90
4 . CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE ÁTOMO	100
4 . 1 . Análise do questionário	100
Considerações metodológicas relativas	
ao questionário	100
* Concepções dos alunos na classe 1	105
* Concepções dos alunos na classe 2	113
* Concepções dos alunos na classe 3	119

4 . 2 .	Análise da entrevista	125
	Considerações metodológicas relativas	
	à entrevista	125
	* Concepções dos alunos entrevistados na classe 1	128
	* Concepções dos alunos entrevistados na classe 2	133
	* Concepções dos alunos entrevistados na classe 3	138
4 . 3 .	Caracterização da aprendizagem nas classes	147
5 .	Reflexões do professor sobre o seu papel	
	mediador na construção do conceito de átomo	155
5 . 1 .	Considerações metodológicas	
	relativas aos encontros	155
5 . 2 .	Concepções do professor	158
	* Concepções do professor 1	158
	* Síntese das manifestações do professor 1	170
	* Concepções do professor 2	174
	* Síntese das manifestações do professor 2	186
	* Concepções do professor 3	189
	* Síntese das manifestações do professor 3	198
	* Caracterização do papel mediador do	
	professor nas três classes	199
6 .	CONCLUSÃO	209
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	223
	ANEXOS	227

## RELAÇÃO DE TABELAS

	página
1 . Número de ocorrência (e exemplo) de proposições relativas às dimensões conceituais de cada aula do professor 1	52
2 . Número de ocorrência (e exemplo) de proposições relativas às dimensões conceituais de cada aula do professor 2	64
3 . Número de ocorrência (e exemplo) de proposições relativas às dimensões conceituais de cada aula do professor 3	76
4 . Número de ocorrência (e exemplo) de proposições relativas às dimensões conceituais do material instrucional em cada aula	77
5 . Número de alunos por categorias de concepção relativas a cada dimensão do conceito átomo, na classe 1	106
6 . Número de alunos por categorias de concepção relativas a cada dimensão do conceito átomo, na classe 2	114
7 . Número de alunos por categorias de concepção relativas a cada dimensão do conceito átomo, na classe 3	120

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	página
1 . Representação dos percentuais de ocorrência das proposições das dimensões conceituais nas três classes	90
2 . Desenhos feitos pelos alunos da classe 1 ao representarem sua concepção de átomo	107
3 . Desenhos feitos pelos alunos da classe 2 ao representarem sua concepção de átomo	115
4 . Desenhos feitos pelos alunos da classe 3 ao representarem sua concepção de átomo	121

## RELAÇÃO DE ANEXOS

	página
1 . Análise proposicional da aula 1 do professor 1	1
2 . Análise proposicional da aula 7 do professor 2	2
3 . Análise proposicional das aulas 3 e 4 do professor 3	12
4 . Análise proposicional das entrevistas: proposições dos alunos 2 e 6 da classe 1	17
5 . Análise proposicional das entrevistas: proposições dos alunos 4 e 18 da classe 2	21
6 . Análise proposicional das entrevistas: proposições dos alunos 12 e 25 da classe 3	24
7 . Trechos extraídos dos encontros com o professor 1	29
8 . Trechos extraídos dos encontros com o professor 2	35
9 . Trechos extraídos dos encontros com o professor 3	42

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho teve o seu desenvolvimento a partir de dados buscados dentro de escolas públicas. Voltamo-nos para a determinação de elementos de investigação que pudessem propiciar compreensão sobre como o professor reflete a respeito das relações entre sua atuação, a aprendizagem do aluno e o objeto de conhecimento.

Concebemos professor e aluno não somente como sujeitos ativos do próprio conhecimento, mas também como seres sociais e historicamente configurados. Admitimos que fatos e fenômenos passam a ser objeto de conhecimento a partir do momento em que um sujeito com eles estabelece relações. Como tipicamente a construção do conhecimento ocorre na escola, é aí que a ação docente se configura como uma atividade humana transformadora. Que elementos metodológicos afetam o trabalho dos sujeitos envolvidos nesta atividade? Que fatores estão sendo considerados, sejam eles técnicos, psicológicos, sociais ou políticos, pelo professor, em sua prática docente na escola? E, como ele os considera: determinantes ou condicionantes?

Examinando essas questões, estaremos buscando investir na determinação de elementos metodológicos que ajudariam o professor a situar e mobilizar o seu trabalho para atingir o aprendiz - um ser humano suscetível de educação.

Se, por um lado, reconhecemos que resultados deste trabalho podem clarear os horizontes da formação de futuros professores, devemos considerar, por outro, a urgência de encontrar

sinalizações para soluções de problemas que professores enfrentam no presente. Se estes não receberam a devida qualificação no passado, certamente não se beneficiarão de reformulações posteriores, nos cursos de Licenciatura. A escola é um espaço para a reflexão coletiva e o aprimoramento constante da prática pedagógica. É preciso pensar em como promover a (re)apropriação, por parte dos professores, "do saber e do 'saber fazer' necessários para uma ação escolar de qualidade, crítica. (...) Enquanto isso, (...) expropriado do seu conhecimento, afastado de sua experiência real de vida, impedido de refletir criticamente sobre seu próprio papel, nada mais resta ao professor do que reproduzir..."(Kramer, 1989,p197,p203).

Acreditamos que a melhoria da qualidade da formação do professor pode se dar através do confronto entre a reflexão que faz de sua prática, dos conhecimentos dela advindos, da conscientização das teorias que aplica, e os conflitos e indagações que pode lançar sobre tudo isto para melhor compreender esse quadro. Podemos admitir que um trabalho de pesquisa que se volta para essas circunstâncias da prática docente depende de inúmeros fatores e que, provavelmente, é frágil para garantir transformações. Neste ponto compartilhamos com Mello (1985) a consideração de que "quanto mais ela (a pesquisa) tiver como referência a realidade concreta da escola, o seu cotidiano e o cotidiano da prática do professor, tanto mais ela terá força e legitimidade para ser interlocutora no momento da negociação pela qual vier a ocorrer uma mudança qualitativa comprometida com a democratização da escola" (p31).

Preocupa-nos a qualidade do ensino de Ciências como um todo e de Química em especial. Vimos assistindo um ensino destituído de experimentação e processos que favoreceriam o desenvolvimento do raciocínio, referenciado em conteúdos autoritariamente escolhidos e organizados. O ensino de Química vem incorporando, cada vez mais, uma tendência à memorização e, em decorrência, um caráter dogmático.

Preocupa-nos o processo da aprendizagem conceitual no campo da Química. A apropriação do conhecimento desta Ciência pressupõe, por parte dos alunos, operações intelectuais que têm início em experiências empírico-sensíveis e vão atingir elevados níveis de generalidade.

Essas duas preocupações convergem para uma terceira, concernente à forma pela qual o professor concebe sua inserção no processo ensino-aprendizagem. Em que grau ele sabe o quê, como e para quem está ensinando? Como o professor reflete sobre a construção de conhecimento - alvo do ensino - e sobre o seu papel nesse processo?

Como anteriormente consideramos, não há como se propor a uma análise da situação do ensino, do problema da aprendizagem, dos aspectos afetos ao professor, como pontos isolados. Entretanto não se trata aqui de apenas admitir interrelações desses pontos para se avançar a análise. Mais que isso, há que se considerar que as pessoas envolvidas no processo ensino-aprendizagem - professor e aluno - estão dentro de um contexto histórico e social; que o objeto de conhecimento - alvo do ensino - não está solto no tempo e não é independente da história. Também os participantes do

processo inter-subjetivo de ensino e aprendizagem trazem experiências de vida decorrentes de suas interações sociais e com o mundo, que marcam, por sua vez, visões diversas sobre os fenômenos que os circundam e as situações que vivenciam. Disso resulta a necessidade de uma intensa negociação de significados.

Por entendermos que a situação de ensino guarda essa dinâmica, estaremos nos fundamentando nas proposições sócio-interacionistas de L. S. Vygotsky (1984,1989) ao abordarmos os problemas anteriormente citados. Essa perspectiva teórica é especialmente promissora no que respeita ao papel da instrução, enquanto constitutiva do desenvolvimento do aluno, à qualidade da mediação do professor e à complexidade dos processos de conceitualização do aluno.

Quanto ao desenvolvimento conceitual, no contexto educativo, interessam-nos aquelas instâncias de ensino-aprendizagem que envolvem noções abstratas e requerem a concepção de modelo. Nas Ciências como a Química, a produção do conhecimento envolve frequentemente a formulação, através de palavras e símbolos, de teorias e modelos, com os quais tentamos representar a realidade. Quando o conhecimento assim produzido é tomado como objeto da aprendizagem, no âmbito da escola ou fora dela, o processo de apropriação pode adquirir características muito complexas, em vista do grande risco de se aprender mais sobre a representação da realidade do que sobre a realidade em si. Em outras palavras, pode-se incorporar o modelo sem que se reconheça seu caráter interpretativo-hipotético. Frente à representação, como afirma Capra (1983), "tendemos a confundí-la e a fazer com que nossos

conceitos e símbolos se tornem equivalentes à realidade" (p30).

Das instâncias conceituais que têm tal caráter, e que são abordadas no ensino da Química, chama a nossa atenção o conceito de átomo, por se tratar de um conteúdo geralmente introduzido no início do ensino da Química no segundo grau, por constituir um fundamento para a aprendizagem dos demais conceitos químicos e, sobretudo, por representar um tipo de conhecimento que implica a concepção de modelo.

As relações que se estabelecem entre o aluno (sujeito do processo de aprendizagem) e o objeto de conhecimento (construído por uma sociedade e provisório ao longo dos tempos) são, fundamentalmente, deflagradas pelo professor, enquanto agente de uma mediação social, em um contexto de ensino caracterizado por aspectos históricos, políticos e culturais.

Em que medida está o professor consciente de que o seu papel mediador na aprendizagem sobre átomo deve se realizar através da explicitação do caráter de modelo do conhecimento expresso por palavras e símbolos? Como o professor se manifesta quanto ao fato de que todos os modelos e teorias são processos de busca de dar sentido ao mundo? Como o aluno está construindo o conhecimento sobre o átomo tendo em vista a mediação do professor?

Essas indagações inspiraram a realização do presente trabalho, cujo interesse se centra na qualidade da mediação que o professor propicia na construção do conhecimento do aprendiz sobre o átomo e na percepção que o professor manifesta ter de seu papel nesse processo .

Para discutirmos sistematicamente esses problemas, decidimos organizar nossas considerações abordando cada um dos elementos nucleares da interação ensino-aprendizagem - o objeto de conhecimento, o aluno e o professor.

## DO OBJETO DE CONHECIMENTO

Na tentativa de apresentar considerações sobre o objeto de conhecimento, buscamos reunir e organizar os muitos aspectos envolvidos no tópico átomo, através de leituras do conteúdo químico de artigos e de livros, bem como a partir de profícuos diálogos com professores universitários. Com estes, tentamos esclarecer as possíveis relações entre as informações dos textos consultados, principalmente sobre fatos, teorias e modelos.

Um dos pontos que nos deixam intrigados ao refletirmos sobre os registros históricos nos textos didáticos de Química acerca do tópico átomo, é a ênfase dada ao fato de ser antiga a origem da idéia. Remetem-nos, principalmente, a Leucipo, Demócrito e Lucrécio, que descreveram os átomos como partículas sólidas, indivisíveis e indestrutíveis, constituintes últimos de todos os corpos da natureza.

Raramente encontramos, contudo, argumentos elucidativos sobre a rejeição desta idéia por tanto tempo, posto que somente no século XX ela foi estabelecida como teoria atômica. O fato é que, se o atomismo foi uma idéia antiga, antigas também foram as objeções a ela.

De quê se ocuparam os químicos por tanto tempo? Não teria sido necessária às suas experiências a idéia de átomo? Até quando

bastar-lhes-iam as idéias de Aristóteles, de que os corpos eram constituídos pela combinação dos quatro "elementos" (terra, água, fogo e ar)? Terá sido somente porque a interpretação da natureza através de idéias familiares era mais conveniente? Traria a idéia de átomo alguma vantagem na vertiginosa busca de obtenção do ouro a que se empenhavam os alquimistas europeus, por exemplo, no início do sec. XIII? De fato, foi o intenso comércio de mercadorias, estabelecido entre Europa e os países do Oriente, que fez emergir a necessidade de um equivalente básico de troca - o ouro. Conseqüentemente o trabalho de pesquisa dos alquimistas foi orientado na busca da "pedra filosofal", capaz de transformar qualquer metal em ouro. Nesta tarefa eles se privaram da possibilidade de desenvolver, em função de seus resultados práticos, as suas idéias teóricas que ficaram, então, no nível das de Aristóteles (Necrasov,1973).

Sabemos que, no século XVIII, muito antes de Dalton divulgar a sua proposta atômica, vários pensadores já tinham retomado e discutido a idéia dos gregos. Entretanto, fundamentando-se quase exclusivamente em cogitações e princípios filosóficos, os argumentos de que se valeram eram mais especulativos do que convincentes. Gjertsen (1984) aponta alguns aspectos da idéia que atraíram facilmente o questionamento da proposta atômica. Os opositores argumentavam, por exemplo, que era muito fácil introduzir entidades que eram, por definição, *impossíveis de se ver*. A idéia de que as partículas eram *indivisíveis* chocava-se com o fato que poderiam ser divisíveis em "pensamento". Além disso a dificuldade de se conceber o vazio entre as partículas influia

para se admitir, em seu lugar, a presença de partículas ainda menores, o que ainda mais complicava o assunto. Como estariam ligados os átomos entre si? Como explicar a fusão de um sólido? Existiria uma "cola" ou "ganchos" entre os átomos, para dar coesão ao sólido? Pensar assim não era muito conveniente.

As tentativas dos químicos para explicar essas questões foram principalmente estimuladas pelas idéias de Newton. A larga aceitação de suas teorias no campo da física e astronomia induziu os químicos a procurarem a sua aplicação no campo da Química. Voltaram-se, então, para a construção de um modelo matemático que desse conta de explicar conceitos como *afinidade* entre corpos, debruçando-se na elaboração de tabelas com seus valores. Existia, entre eles, uma grande ansiedade para a determinação de valores quantitativos no seu campo de estudo. Contudo, logo se constatou que não era possível aplicar as teorias de Newton ao universo microscópico das partículas explicando, por exemplo, as reações químicas.

A confusão entre as idéias sobre a constituição dos corpos ainda permaneceria por um tempo. Voltados para a metalurgia, os químicos se ocupavam com o estudo das reações de combustão, oxidação e redução. A prática química tinha-se desenvolvido muito. Os materiais eram agrupados em algumas poucas classes de substâncias. Contudo, as idéias teóricas antigas não davam conta de relacionar tais classes conceitualmente. Foi neste clima de contradição teoria x prática que surgiu, por volta de 1700, a proposta de uma nova generalização dos dados da época, através de uma teoria desenvolvida por Stahl (Necrasov, 1973).

De acordo com esta teoria, da queima de metais surgiam as chamadas *cais metálicas* (os atuais óxidos metálicos) juntamente com o *flogisto*. Esta substância especial - o *flogisto* - que se desprendia na combustão, se dissolvia no ar. O ar era, essencialmente, o meio que o retirava do material. Processo semelhante ocorria com os *não-metais* que, pelo fogo, decompunham em *ácidos e flogisto*. Para regenerar o *metal*, a *cal* (substância oxidada) era recombinação com o *flogisto*, então disponível no ar. Nesta interpretação *metais* são substâncias mais complexas que os *óxidos* resultantes da sua queima. No desprendimento do *flogisto* estava a essência dos dois processos (a decomposição e a síntese). Considerando este ponto de vista a teoria do *flogisto* fundamentava quase todos os dados práticos acumulados na época. Seu maior mérito foi o de fazer com que os químicos rompessem, em definitivo, com as idéias de Aristóteles, promovendo uma sistematização consistente das classes de substâncias então conhecidas.

Tendo sido o *flogisto* um conceito teórico poderosíssimo, pois organizou a Química daquela época, ele se impôs. A explicação da *combustão* se tornou, assim, uma doutrina central na Química, vigorando até aproximadamente o fim do *sec. XVIII*. Simultaneamente, foi ocorrendo uma rápida acumulação de fatos químicos incluindo um grande número de gases descobertos (Leicester, 1971).

Somente depois que químicos, em diferentes lugares e, em geral, trabalhando isoladamente, chegaram à descoberta de um dos gases que compunham a atmosfera, o Oxigênio, a idéia do *flogisto*

começou a ser abalada. Reivindicaram para si a descoberta Priestley, Scheele, Lavoisier e Lomonosov. A partir de então sagrou-se um grande debate em função das diferentes interpretações de, principalmente, Lavoisier e Priestley.

Priestley identificou o oxigênio como "ar perfeitamente deflogisticado". Assim ele explicava como o ar sem flogisto favorecia a saída de flogisto em toda a queima de material, arraigando-se pois nas premissas da teoria estabelecida. A Priestley importavam os fatos e não a sua interpretação, como assumia Lavoisier. Para este, o importante era a apresentação de uma nova maneira de explicar os fatos. Lavoisier se dedicou, então, à consideração dos pesos envolvidos nas reações com este gás recém-descoberto, reações estas que efetuava em sistemas fechados. Seus resultados levaram-no a propor que aquelas classes de substâncias se dispunham, então, em complexidade, de maneira totalmente inversa à anteriormente estabelecida: o metal e o não metal seriam mais simples que o ácido e a cal metálica produzidos em sua queima. A queima envolvia o consumo de oxigênio e não a liberação de flogisto. Priestley nunca aceitou, nem poderia aceitar, a proposta de Lavoisier pois estava se apoiando em premissas totalmente diferentes.

Com o estabelecimento da lei de conservação das massas e outras evidências relacionadas com a identificação de substâncias, a Química se viu face a uma nova reestruturação em sua fundamentação teórica. Desta vez, não se tratou de um desenvolvimento de idéias mas de uma revolução. Era necessário rever tudo. O quadro de transformações que o mundo assistiu

naquela época é, sem dúvida, uma ilustração de que não se deve esperar sempre do "desenvolvimento" das ciências um curso linear e progressivo.

Na geração que se seguiu a Lavoisier, as confusões impostas pela teoria do flogisto começaram a desaparecer, enquanto uma multiplicidade de substâncias foram sendo descobertas na natureza, sistematizados de nova maneira e sob a lei de conservação das massas. Provavelmente, sem essas condições, não haveria como se estabelecerem as discussões sobre a maneira de combinação das substâncias, no começo do século XIX.

Naquela época, uma longa polêmica surgiu entre Proust e Berthollet quanto à constituição das substâncias, cujo resultado foi fundamental para o desenvolvimento das idéias de Dalton.

Segundo Proust, do resultado da união de duas substâncias esperava-se a formação de somente alguns compostos, de composição determinada. Isto seria decorrente do fato de que as substâncias reagiriam em proporções definidas, independentemente das quantidades com que participassem da reação e do método em que esta ocorresse.

Para Berthollet, da união de duas substâncias, ocorrendo continuamente, poderia ser esperada uma série de compostos em proporções variáveis e não um só. Para tanto, as substâncias unir-se-iam em proporções indefinidas ou variáveis, dependendo das quantidades postas a reagir.

As idéias de Proust, reconhecidas pelos químicos, se estabeleceram como a segunda lei fundamental da Química : a lei da combinação definida e constante.

Esta segunda lei bem ilustra um pensamento de Engels sobre ser a Química "a ciência sobre as mudanças qualitativas dos corpos, que acontecem por influência das mudanças quantitativas na sua composição" (Necrasov, 1973, p17).

Os registros históricos sobre o surgimento da teoria atômica de Dalton apresentam versões diferentes e controvertidas. Os primeiros consistem de descrições de suas investigações sobre a lei das proporções múltiplas indicando-a como fundamento para a geração da idéia do atomismo. Esta versão foi dominante por muito tempo, no século passado, e ainda o é em muitas descrições da história das idéias de Dalton. Entretanto, por causa da descoberta de manuscritos de Dalton com anotações de aula e de trabalhos de laboratório, ficou revelado que a lei das proporções múltiplas foi deduzida a partir da elaboração da teoria (Coward, 1927).

Sabemos que Dalton muito se intrigou com os resultados que obtinha no estudo da dissolução de gases do ar atmosférico em água, buscando com empenho explicações para justificar porque uns gases não se dissolviam como outros. Dalton tinha que justificar como era possível sempre encontrar a mesma composição dos gases da atmosfera em qualquer porção que analisasse. Era de se esperar que as partículas se separassem em camadas conforme a densidade de cada componente. Para explicar por que isso não acontecia ele propôs que átomos do mesmo tipo se repeliam e os de tipo diferente não se repeliam. Esta repulsão era provocada por uma "atmosfera de calor" (o calórico) que envolvia cada átomo e que era igual nos átomos de mesmo tipo. Para Dalton os átomos eram diferentes também no tamanho.

Para a fundamentação da teoria de Dalton ainda era necessário determinar os pesos atômicos, mesmo que relativos, dos átomos dos diferentes elementos. Como unidade de peso foi adotado o do átomo de hidrogênio, reconhecidamente o mais leve. Para os outros elementos as dificuldades surgidas foram configurando uma situação conflituosa superável apenas por definições arbitrárias. Como era sabido, por exemplo, a água era constituída por oxigênio e hidrogênio, mas a proporção dos átomos que formavam a substância era impossível de ser determinada. Dalton assumiu, então, a proposta mais simples: a água seria composta por Oxigênio e Hidrogênio na proporção de um para um. Deduziu como oito o peso atômico do Oxigênio e partiu para a determinação dos pesos dos outros elementos. Naturalmente, muitos discordavam de seus resultados e da precisão de suas medidas.

Nesta questão, trabalharam com muito rigor Berzelius e Gay-Lussac, chegando a outros resultados, embora não de todo corretos por tratarem indiferentemente átomos e moléculas.

A proposta de Dalton da teoria atômica foi bastante questionada pelos físico-químicos e físicos da época, tendo sido mais aceita entre os químicos orgânicos. Não era, pois, a única no meio dos cientistas.

Um forte opositor à teoria atômica de Dalton foi Michael Faraday. Para ele átomo era uma palavra impregnada de caráter hipotético. Contudo estava sendo empregada para expressar fatos e, em decorrência, não estava havendo distinção entre teoria e fato por aqueles que se utilizavam da teoria atômica (Knight, 1968).

As considerações de Faraday voltaram-se, em 1848, para as

propriedades dos corpos como condutores e isolantes elétricos, levando em conta a proposta atomista de que os materiais eram constituídos de átomos e espaço vazio. Argumentou que, se as partículas estavam separadas entre si pelo espaço, e partícula e espaço eram coisas diferentes, então o espaço devia ser considerado como a parte contínua. O espaço envolveria cada átomo, deixando-o como uma célula, isolando-o de seus vizinhos, mas, permearia tudo além nos corpos, em todas as direções, se fazendo, pois, contínuo. Assim considerando, no verniz, por exemplo, que é um isolante, o espaço seria isolante, porque, se fosse condutor, o verniz não poderia isolar, mesmo que os seus átomos tivessem algum poder de condução. Considerando, por outro lado, um metal, segundo a mesma teoria, suas partículas estariam embebidas em um espaço vazio que, neste caso, deveria ser condutor, caso contrário o metal não conduziria. Mas como então o espaço vazio podia ser em uns casos isolante e em outros condutor? Portanto, Faraday, argumentando nesses termos, sugeriu a inviabilidade da aceitação da teoria atômica daltoniana, uma vez que raciocínios nela fundamentados geravam conclusões falsas.

Faraday, não somente refutou as idéias de partículas com espaços vazios, atribuídas à divulgada teoria atômica, como propôs uma interpretação das propriedades dos materiais se apoiando nas idéias dos átomos de Boscovich. Desejoso de escapar da "rude concepção" de átomos como bolas de bilhar, Boscovich os propôs como pontos matemáticos, ou centros de força (Knight, 1968). As forças repulsivas entre dois átomos aumentariam infinitamente quando eles se aproximassem e, a grandes distâncias, as forças

seriam atrativas . Na interpretação de Faraday a atmosfera de força que envolveria cada ponto matemático sempre estaria em contacto com outra vizinha. A distância entre os centros de força poderia variar. Eliminando a possibilidade de existência do espaço vazio, a matéria tornar-se-ia onipresente, contínua, e os átomos poderiam ser concebidos elásticos. Essa decorrente variação no tamanho poderia justificar a variação de volume ocorrida nos corpos nas mudanças de estado físico.

Para Faraday, reconhecer os poderes da matéria , independentes da matéria, era indubitavelmente mais fácil do que reconhecer a matéria, independente de seus poderes. Neste último caso estaria adotando a teoria de Dalton e no primeiro, a de Boscovich. Nas palavras de Faraday "os poderes, nós os conhecemos e reconhecemos em cada fenômeno da criação; a matéria abstrata em nenhum. Então por que presumir a existência daquilo que ignoramos, do que não podemos conceber, daquilo que não é filosoficamente necessário?" (Knight, 1968, p161).

Porque foi o modelo de Dalton e não o de Faraday o aceito? Que determinantes apoiaram a eleição de um deles? Na verdade, os dois modelos conviveram por muito tempo, sem que evidências para a adoção exclusiva de um ou de outro se fizessem nítidas. A medida que a tecnologia se desenvolvia permitindo experimentações mais sofisticadas, um maior número de resultados significativos foi contribuindo para o estabelecimento de atributos para o átomo. A partícula dotada de massa, esférica, ganhou outras características através de experiências nem sempre voltadas somente a aspectos químicos. Por exemplo, uma significativa contribuição à análise do

movimento dessas partículas divulgadas, já no princípio do século XX, foi dada por Jean Perrin, retomando as idéias do movimento browniano (por exemplo, o movimento de partículas de pólen em suspensão). Perrin demonstrou a consistência da hipótese de que o movimento Browniano era uma consequência de movimentos moleculares no líquido e constituía uma evidência diretamente percebida da existência de moléculas e de seus movimentos (Perrin, 1909). Os resultados obtidos, limitados pelas circunstâncias do trabalho e pela natureza das partículas, foram determinantes para se concluir que as informações que somos capazes de coletar deste "mundo sub-microscópico" estão afetadas pelas seguintes peculiaridades: as partículas são em um número imenso, impossíveis de serem contadas e são extremamente diminutas. Disto decorreu ser mais adequado empregar-se um tratamento estatístico clássico, ao estudá-las em sua constituição e trajetória. Uma vez que era inviável a abordagem de um única partícula isolada, a descrição a ser feita deveria ser de natureza probabilística (Paoloni, 1982).

A partir do início do século XX já se percebia a emergência de um maior número de investigações diversificadas. Cientistas se voltavam para estudos mais especializados, ainda que suas contribuições pudessem ser reunidas facilmente. Todavia, este quadro de pesquisas diferenciadas ia-se tornando mais e mais acentuado. Podemos já percebê-lo por ocasião dos trabalhos de J. Thomson, que, identificando o elétron, contribuiu para uma grande modificação na concepção anterior do átomo. Na descrição dos trabalhos experimentais a partir de então, é surpreendente a

resultante das contribuições, apropriações e desenvolvimentos sucessivos de idéias e de resultados dos vários cientistas que investigavam a natureza deste mundo sub-particular. A cada nova "resposta da matéria" a uma investigação, um trabalho de reorganização e re-estruturação dos novos conceitos científicos emergentes era necessário no sentido de re-avaliar a interpretação da natureza por aquela hora.

Discutindo sobre o valor de conceitos em Ciências, Wicken (1976) se volta para uma afirmativa de Vico, filósofo italiano, sobre o fato de que a nossa compreensão do mundo material é necessariamente limitada e imperfeita, por que nós não o "criamos". Mas é possível "inventar" equações matemáticas - produto do intelecto humano - com relações claras, axiomas e definições que podem ser totalmente compreendidas e provadas. E assim pode-se até formular modelos para o átomo, descritos por funções matemáticas. Mas isto quer dizer apenas que se obtém uma versão com maior poder quantitativo do que outras, para "tentar explicar" o átomo (ou parte dele). A apresentação dos modelos atômicos deve, pois, levar em conta que eles são tentativas de busca da compreensão da natureza, em um determinado instante histórico.

Como vimos até aqui, através desse movimento de idéias científicas, os conceitos relacionados a entidades empíricas e teóricas não foram facilmente estabelecidos.

No início de 1900, o foco dos estudos dos pesquisadores estava nas manifestações energéticas da matéria. A formulação de modelos (entidades teóricas) para a constituição dos corpos começa

a incomodar a comunidade científica quando, simultaneamente ao aperfeiçoamento tecnológico dos instrumentos, os resultados obtidos eram inesperados. Não foi "olhando" para o átomo que o seu modelo foi -se transformando.

Assim ocorreu quando Rutherford, bem no início do século XX realizava experiências sobre a interação de partículas alfa (radiação recém descoberta, correspondente a um núcleo de He) com a matéria. Os experimentos que ele e a sua equipe realizaram evidenciaram a existência de espaços vazios nos corpos. Em decorrência, Rutherford postulou como átomo : uma região pouco densa e relativamente grande, ocupada por elétrons envolvendo um núcleo central extraordinariamente pequeno que reunia quase toda a massa da partícula. Diferentemente do modelo de Thomson, propôs que as cargas estavam em regiões distintas. No núcleo do átomo, Rutherford suspeitou da existência de uma partícula com as características do nêutron mas não chegou a provas suficientes de sua existência. Sugeriu que o núcleo apresentaria, além de prótons, um número conveniente de elétrons para anular o excesso de cargas positivas. Os elétrons girariam em torno do núcleo. O que Rutherford não conseguiu explicar estava relacionado ao tipo de movimento e posição dos elétrons no átomo. Esta partícula carregada em movimento, segundo os princípios da Física Clássica, deveria emitir radiação, perdendo continuamente energia. Em consequência, sua órbita iria se estreitando e o elétron se precipitaria no núcleo, aniquilando-se o átomo. A grande contribuição de Rutherford foi relativa à posição diferenciada das cargas elétricas do átomo e ao grande "vazio" no interior do

átomo. A reelaboração da proposta para responder à situação dos elétrons ocorreu poucos anos depois, decorrente da análise de resultados de experimentos diferenciados e não intencionados diretamente para revelar a organização das sub-partículas.

Estudos de fenômenos bem diversificados estavam deixando os físicos sem explicações "confortáveis" para descrever a maneira pela qual ocorria a emissão de energia de um sistema considerado "absorvedor perfeito" (o corpo negro). Neste estudo, realizado somente três anos depois que Thomson descobriu o elétron, o problema era explicar a distribuição de energia no espectro obtido desta radiação. Foi Planck o estudioso deste fenômeno, o qual só conseguiu explicar quando assumiu que a radiação era consequência de um sistema de osciladores elétricos e que a energia de cada oscilador era constituída de quantidades finitas (Condon, 1962). Como as leis da Física admitiam energia como uma variável contínua, ficou evidente que a abordagem do comportamento de partículas do mundo sub-atômico não poderia se dar a partir das mesmas premissas. Para compor um modelo explicativo, Planck desenvolveu uma expressão para calcular a densidade de energia em que o *quantum* de energia era proporcional à frequência da oscilação. Para propor a equação da interpretação matemática, necessariamente teve que recorrer a uma constante -  $h$  - a que chamou *quantum de ação* (constante de Planck). Oscilações que ocorressem em sistemas envolvendo valores de energia muito superiores a esse *quantum de ação* poderiam ser interpretadas no domínio das leis clássicas. A constante de Planck traz um sentido de *fronteira, marco*, entre uma abordagem que envolve um mundo

macroscópico e outro que teve sua "construção" fundada na idéia de que as suas entidades são minúsculas e indistinguíveis segundo nossa percepção.

Somente depois do surgimento da idéia da quantização de energia foi possível se explicar o espectro de emissão visível do hidrogênio, já conhecido como a série de Balmer. Foi Bohr o responsável pela interpretação da série. A partir de então pode propor a quantização da energia na distribuição dos elétrons nos átomos. Reunindo o postulado de Planck e as idéias de Rutherford, Bohr elaborou uma nova proposta para o átomo, fundamentando-se em um dos aspectos mais significativos das radiações: a sua quantização. Bohr explicou que os elétrons se localizavam em órbitas quantizadas. Não irradiavam o tempo todo mas somente quando saltavam de uma para outra órbita mais próxima do núcleo. Neste salto emitiam um "fóton" (partícula unitária de emissão de luz). O que se seguiu foi o resultado do trabalho de de Broglie, fundamentando a idéia de que "ondas" acompanham "elétrons", e, não somente como anteriormente se supunha: ao "fóton" (partícula) era associada uma "onda" luminosa.

Pensando nesta maneira simétrica de "ler" a natureza foi que Schroedinger construiu a equação de onda para o elétron, obtendo com sucesso o modelo matemático para o átomo.

A posterior descoberta do "spin" e do princípio de exclusão de Pauli (1926) e, em 1928, a interpretação da radioatividade natural deflagraram o período moderno da aplicação da mecânica quântica à física nuclear. Em termos de modelos específicos, nenhum tinha ainda sido desenvolvido para explicar a estrutura de

um núcleo atômico, as forças de curto alcance, a independência de carga das forças nucleares. Por isso Condon (1962) diz que a Física Nuclear nunca teve um passado clássico.

Como podemos inferir o conhecimento da mecânica quântica se presta ao estudo de fenômenos vinculados à natureza sub-atômica da matéria.

Considerando a descoberta de Planck, as deduções de Perrin e de seus contemporâneos, podemos inferir que a análise dos movimentos das partículas do mundo atômico não necessariamente demanda um abordagem quântica, mas probabilística. De fato, dependendo da energia envolvida nos fenômenos que ocorrem com as partículas ou sub-partículas atômicas, pode-se demonstrar que o resultado do estudo do comportamento dessas entidades através de uma abordagem clássica é a média do resultado obtido através de uma abordagem quântica.

Este fato, em princípio, é vantajoso para simplificar o estudo no nível atômico. Entretanto, concorre para o aparecimento de algumas confusões quando se trata da apresentação de modelos e recursos para o ensino. Para entendermos o comportamento de moléculas e átomos no escopo das transformações químicas ou outros tópicos no nível de segundo grau e até nos primeiros anos universitários, é mais útil organizarmos melhor as premissas e limitações de nossos modelos, do que nos aproximarmos de matematizações complexas.

Em nossa busca da interpretação do que pode estar acontecendo no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo em geral e, mais especificamente, de modelos, é possível detectar alguns

aspectos que afetam o processo e que, decorrem, por muitas vezes, da forma com que os conhecimentos institucionalizados vêm sendo estruturados para o seu registro e divulgação.

A imagem linear e cumulativa do desenvolvimento científico dos modelos atômicos, sendo preservada na maioria das vezes em que esses são apresentados, contribui para omitir a existência de rupturas conceituais com idéias concebidas em um determinado momento histórico (Solbes, 1987).

Desta forma tende a ficar implícito que o curso das conquistas das Ciências é linear e monotônico: a próxima interpretação será mais avançada, mais desenvolvida ou melhor do que a disponível no momento.

Por exemplo, como salienta Hammond (1974), a tendência do ensino em discorrer sobre os vários modelos de átomo, de tal maneira que o último "desmonta" os anteriores induz o aluno arguir por que não lhe ensinam, de uma vez, a versão "correta" ? Se isto ocorre, provavelmente não se está deixando claro ao aluno que não há versão "correta".

O fato de a Física Moderna ter vindo depois da Física Clássica é interpretado por muitos, principalmente por aqueles de visão pragmática, como se a Física Clássica fosse errada. A partir do momento em que se precisa de um mínimo de conceitos da Física Moderna, tendem a abandonar os conceitos da Física Clássica. Ora, um experimento não nos diz que conceitos devem ser usados para explicar um fenômeno. "Um experimento pode indicar qual dentre dois ou mais conceitos é mais apropriado, mas devemos criá-los nós mesmos" (Faucher, 1987). É nossa preconceituosa tendência admitir

que há lugar para uma só verdade, não nos permitindo pensar modelos como leituras diferentes de um mesmo fenômeno.

Quando se considera o processo que o homem atravessou ao cogitar sobre os materiais, inicialmente pelos seus órgãos de sentido, não há muita dúvida quanto ao fato de que a sua concepção ficou marcada pela visão de fora para dentro: naturalmente transferiu aspectos macroscópicos para o mundo sub-microscópico. A menor partícula dos corpos teria forma, cheiro, cor. Talvez esta tendência seja decorrente da procura da concepção do átomo como "a menor unidade da matéria", um estágio final do processo de divisão. Todavia, "dividir" os materiais em átomos não foi suficiente para o homem penetrá-los. Foi fundamental admitir a co-existência de átomos e espaços vazios para que a idéia de descontinuidade se estabelecesse. Enquanto este conceito não foi apropriado quase nenhum avanço se deu quanto às explicações consistentes sobre as interações das substâncias e sobre suas propriedades. Sem esta etapa não haveria razões para o homem perscrutar o universo do átomo.

É muito interessante constatar que a suposição e evidência de que as partículas tinham massa (modelo de Dalton, principalmente) não gerou aberturas, por si só, para a concepção de outros constituintes do átomo. Para tanto foi preciso interferir "destrutivamente" na partícula para dar identidade própria às suas sub-partes.

Foi preciso ir "a fundo" para se identificar o elétron, o núcleo, o "vazio" do átomo, a disposição das cargas. E depois, conceber os materiais de dentro para fora.

De tal forma o cientista avança em sua investida concreta para construir uma concepção para o mundo das "coisas" que não se contém em suas manifestações, favorecendo perigosamente para que outros tomem a interpretação da realidade pela realidade. Assim vimos que em seu livro de Físico-Química, no primeiro parágrafo da introdução, Atkins afirma: "We know that atoms and molecules exist because we can see them" (Atkins, 1983). Imediatamente a esta afirmação Atkins remete o leitor a duas figuras do livro: a primeira é a imagem de um fragmento minúsculo de platina, obtida pelo emprego da técnica de "field ionization microscopy" (microscopia de ionização de campo). A figura seguinte é anunciada como "a densidade de elétrons em uma molécula de antraceno". Nos dois casos as informações relatadas nas figuras omitem do leitor que o que se vê é uma resposta do elétron à ação do campo de força ao qual o átomo foi submetido, e não exatamente o elétron. Embora este livro seja adotado no segundo ano do nível universitário, provavelmente será lido por estudantes desprevenidos quanto à "leitura tecnológica" e que, face à "nova" imagem, tentarão reformular as suas, frente a tão "fortes evidências".

O mesmo também vem ocorrendo na divulgação, pelas revistas e jornais populares, da "foto do átomo". A imagem divulgada é uma das manifestações do comportamento do elétron sob intenso campo magnético. A interferência causada pelo instrumento de medida perturba o estado natural da entidade que se busca detectar. Conseqüentemente, o "retrato desta realidade" reflete a natureza "agredida" pelo gesto de medida e, assim, não é a mesma que existe, independentemente de nossa interferência.

Estamos, pois, assistindo a uma interpretação do mundo sub-atômico através de uma interminável conciliação de idéias e formulações matemáticas dos cientistas.

Vimos que, no final do século XIX, em função, principalmente, das condições experimentais existentes, os conhecimentos acumulados pela ciência ligavam ao conceito de *matéria* o atributo de *inalterabilidade de massa*. Quando, entre os séculos XIX e XX, descobriu-se que a massa do elétron se modificava em função da velocidade de seu movimento, não se pôde mais sustentar esta ligação. Foi necessário admitir uma nova propriedade da *matéria*: a mutabilidade de massa em função da velocidade do movimento.

Certamente podemos encontrar nos textos científicos equações matemáticas e discussões que intentam relacionar conceitos como *massa*, *velocidade*, *energia*, *carga elétrica*, por exemplo. Contudo, as descrições neles contidas são vagas quanto à categorização desses termos e levam-nos a questionar: mas, afinal, o que é *massa*? O que é *energia*? O que é *matéria*? Dúvidas e cogitações como estas ficam, provavelmente, no pensamento de muitos dos que lecionam ciências como a Química. Reconhecemos que a conceituação desses termos pertence ao domínio da Filosofia, lugar onde se pode e se deve gerar pressupostos mais abrangentes sobre a natureza. Atualmente a formação dos professores, em geral, não leva em conta a necessidade dessa discussão.

Segundo uma das linhas filosóficas atuais, *matéria* é o que se manifesta através das sensações, é uma realidade objetiva que existe fora e independentemente de nossa consciência, daquilo que

se pense dela. *Massa e energia* são manifestações da *matéria*. Essas representações (científico-naturais) concretas acerca da estrutura e propriedades da *matéria* se modificam e se aprofundam à medida que se desenvolve a ciência.

Quando falamos em *substância* ou em *materiais*, estamos falando de uma forma de *matéria* cuja massa mecânica é inalterável. O campo eletromagnético é outra manifestação de *matéria*. Quando conferimos dimensão, volume, extensão ou lugar aos corpos, estamos tratando do *espaço*. Quando situamos os fatos, um antes ou depois do outro, surgindo ou desaparecendo, estamos tratando-os no *tempo*. Em suas transformações os corpos são tratados em *movimento*. *Espaço, tempo e movimento* são formas de existência da *matéria* e juntos constituem conceitos filosóficos que só podem ser definidos por interrelações.

Como a *matéria* é inesgotável em suas propriedades e manifestações, o movimento das ciências tende a promover um freqüente rompimento dos limites do nosso conhecimento sobre ela.

Através das considerações expostas esperamos ter apresentado aspectos que fundamentam, neste momento e provisoriamente, parte do conhecimento sobre o átomo. No que diz respeito à inserção deste conhecimento no contexto escolar, devemos nos perguntar sobre os mecanismos de apropriação conceitual que alunos e professores apresentam frente a tarefa tão complexa.

## DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO PELO ALUNO

A construção do conhecimento científico, passando pela

interação do homem com a natureza é, inicialmente, marcada pelas percepções, pela experiência empírico-concreta do homem. Todavia, função das investigações dos cientistas e dos rápidos avanços tecnológicos, a explicação dos fenômenos naturais passa a atingir um mundo não mais ao alcance de nossas percepções.

Assim é o conceito de átomo. Apenas através do estudo de seu comportamento ou do comportamento de seus constituintes é que podemos sugerir uma provável configuração para esse ente. Será que o ensino tem conseguido deixar transparente este caráter do conceito?

Através do conceito de átomo pode a Ciência, hoje, explicar, por exemplo, fenômenos da natureza que vão do interior do núcleo do átomo às incomensuráveis galáxias. Ao longo da história quase sempre os fenômenos mereceram explicações científicas, ainda que tais explicações estivessem constrangidas ao conhecimento ou aos modelos de cada época. Por que não pensar que o conhecimento atual pode não dar conta de explicar algum novo fenômeno evidenciado?

Essa postura requer uma plasticidade, mobilidade do processo de conhecimento que deve ser configurado como provisório. Será que o ensino das Ciências deve revelar essa provisoriedade do conhecimento? Quais consequências a não explicitação desta provisoriedade traz para a aprendizagem? Como dar conta do ensino do conceito de átomo cujo modelo, originalmente simples, se apresenta agora tão complexo e tão debatido pelos cientistas?

A aprendizagem do conceito átomo, por escapar à esfera das percepções, passa a demandar da palavra um papel diferenciado. Na experiência intuitiva, no cotidiano, a palavra aparece mediando a

relação da criança com a experiência empírico-concreta. Não é mais assim a construção de conceitos científicos, especialmente de conceitos que envolvem modelos pois, em relação a esses, o trabalho em nível de proposições de linguagem substitui a experimentação sensorial. Será que o ensino leva em conta essa complexa dimensão das funções da linguagem na construção do conhecimento?

Em face da plasticidade do conhecimento, de sua provisoriedade, em face dos grandes avanços tecnológicos, do caráter abstrato dos conceitos em questão, da participação diferenciada da linguagem no ensino desse conceito, devemos indagar sobre onde e como o professor busca critérios para evitar o risco de tornar o ensino a-histórico, rígido e até adulterado e de mutilar no aprendiz todo o processo de apropriação do conhecimento.

"A linguagem surgiu como um instrumento necessário de relação dos homens com a natureza através dos vínculos que entre eles surgiram e se consolidaram no processo de trabalho" (Spirkin,1966,p29). Como um meio essencial de comunicação das pessoas e também como modo de regulação intrapessoal, a linguagem se formou como um instrumento necessário do pensar e se aperfeiçoou à medida em que o pensamento progredia com base no desenvolvimento da atividade do trabalho. Somente depois de ocorrer um complexo sistema de mediações entre o homem e a realidade através de outros indivíduos, surgiu a escrita, como resultado da atividade criadora e consciente dos seres humanos (Spirkin,1966). Das atividades constituídas nas relações entre os

sujeitos surge a essência do próprio pensar e essa experiência social, objetivamente condensada na palavra, dirige os indivíduos à compreensão do mundo real e à formação da consciência. Tais idéias de Spirkin são compartilhadas por Bakhtin. Segundo o último autor "a consciência só se torna consciência (...) no processo de interação social" (Bakhtin,1988,p34).

Graças à linguagem ocorre o enriquecimento da experiência do indivíduo com apoio na experiência de toda a coletividade com que ele se relaciona. "O enriquecimento individual também se dá em função da experiência das generalizações precedentes, as quais, ao fixar seus conhecimentos da linguagem, os transmitimos de geração a geração" (Spirkin,1966,p65). Em outras palavras, os homens têm acesso aos conhecimentos historicamente acumulados, não somente pelo contato imediato com a realidade, mas de maneira mediada pela linguagem.

Essa função mediadora da linguagem nos processos de conhecimento é detidamente analisada por Vygotsky (1984,1989), quando argumenta pela vinculação entre palavra e conceito e aborda o curso do desenvolvimento conceitual.

Segundo sua teoria, da comunicação verbal com os adultos resultam condições para a criança operar com conceitos, mesmo antes de ter uma consciência clara das operações envolvidas. As palavras, nesse estágio, exercem a função de conceitos "mesmo ainda sem atingir o nível de conceitos, característico do pensamento plenamente desenvolvido" (Vygotsky,1989,p48). A palavra se constitui no cerne da questão de formação de conceitos uma vez que ela é o signo mediador do processo.

"Em princípio a palavra tem o papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente, torna-se o seu símbolo" (Vygotsky, 1989, p48).

Os estudos em que Vygotsky se apoiou para sua análise da formação de conceito envolviam uma situação de classificação de objetos que eram nomeados por palavras sem sentido. No processo inicial de conceitualização, segundo esse autor, a criança traduz conexões vagas e subjetivas quando opera sobre objetos e fenômenos, reunindo-os em um 'aglomerado', em um primeiro momento. Aos poucos a criança os reúne por semelhanças ou usando outras conexões necessárias no nível da percepção, demonstrando um pensamento então dito por "complexos" que, inicialmente, é do tipo associativo. À medida que a criança passa a tecer relações entre os objetos e fenômenos observados através da experiência prática seus pensamentos se configuram atuando na formação de um complexo por coleções.

Um momento posterior é caracterizado quando a criança compõe ainda um complexo mas desta vez promovendo uma ligação dinâmica entre os objetos, unindo-os em um único encadeamento através de elos consecutivos. Nesta cadeia, entretanto, não há coerência quanto ao tipo de conexão relativa ao modo pelo qual cada elo da cadeia articula-se com o precedente e com os consequentes. Decorre desse processo de pensamento o que é chamado de complexo em cadeia onde todos os elos têm importância equivalente. Passando pela estratégia de tecer conexões difusas, a criança atinge a fase de produzir o pseudoconceito que, segundo Vygotsky, se configura como a "ponte entre os complexos e o estágio final mais elevado do

desenvolvimento da formação de conceitos" (1989,p57).

Não fosse o fato de a criança aprender muito cedo um grande número de palavras que utiliza assim como o adulto, não existiria a possibilidade de compreensão mútua : as palavras usadas pelo adulto e pela criança coincidem quanto à função de referência, designativa, mas não quanto a seu campo de significados, pois esses sujeitos se encontram em distintos estágios de desenvolvimento conceitual.

A criança pode chegar a resultados igualmente obtidos pelos adultos na produção de conceitos, mas a origem do processo de seu pensamento é ainda, em essência, derivada da atribuição de significados por complexos. Os seus pseudoconceitos podem coincidir com os conceitos do adulto, que, entretanto, são resultantes de um processo maturado. A criança começa a operar com conceitos, a praticar o pensamento conceitual, sem ter antes uma consciência clara da natureza dessas operações, porquanto nessa fase o uso de imagens concretas de símbolos domina sobre a capacidade de abstração.

Aos poucos, estabelecendo elos e relações, o pensamento por complexos se encaminha para uma organização de atributos discretos dentre os elementos pertencentes ao complexo, criando uma base para generalizações posteriores. "Signos e palavras constituem para as crianças, primeiro e acima de tudo, um meio de contacto social com outras pessoas. As funções cognitivas e comunicativas da linguagem tornam-se a base de uma forma nova e superior de atividade nas crianças" (Vygotsky,1984,p31).

Para a produção de um conceito é preciso que ocorram os

processos de se abstrair traços dos objetos e fenômenos observados e, a seguir, sintetizá-los novamente. Esta síntese abstrata resultante torna-se o principal instrumento do pensamento.

A formação dos verdadeiros conceitos ocorre gradualmente. A criança ainda deve superar a fase dos chamados conceitos potenciais, resultantes do aparecimento de processos de abstração, embora primitivos. Nos adolescentes, os processos intelectuais que envolvem formas de pensamento por complexo vão gradualmente desaparecendo dando lugar à formação dos verdadeiros conceitos. No início, a ocorrência dos verdadeiros conceitos ainda é esporádica e depois mais freqüente. Entretanto, aquelas formas elementares ainda vigoram em muitas áreas do pensamento do adolescente mesmo depois de ele ter aprendido a produzir os conceitos.

Todo esse curso de evolução conceitual mostra que o significado da palavra não está estabelecido no momento em que tem estabilizada a referência designativa. Pelo contrário, esse momento é o início daquele curso de evolução. Seguindo as análises de Vygotsky, Luria (1987) afirma que as mudanças posteriores se referem à estrutura semântica e sistêmica, isto é, aos enlaces implicados no significado e aos processos mentais envolvidos na configuração do sistema composto pelos enlaces.

A criança, em sua experiência pessoal, pode encontrar problemas e resolvê-los segundo seus próprios recursos nas vivências concretas e diretas que tem com fenômenos a seu redor. Neste processo ocorre o desenvolvimento e a formação de conceitos que, por sua origem singular, são denominados de

espontâneos por Vygotsky. Há, por outro lado, conceitos que se desenvolvem e se formam através de um processo que envolve uma série de estratégias deliberadamente arranjadas para promover a sua aquisição, em geral, em sala de aula. Por serem distintos do primeiro e terem essa origem, são chamados por Vygotsky de conceitos científicos. Em suas palavras a aprendizagem gerada pela instrução "é uma das principais fontes de conceitos da criança em idade escolar, e é também uma poderosa força que direciona o seu desenvolvimento, determinando o destino de todo o seu desenvolvimento mental" (1989,p74). De sua análise do desenvolvimento de conceitos espontâneos e científicos Vygotsky conclui que a sistematização, a formação do conceito enquanto conceito propriamente dito, acontece no contexto científico mais cedo do que no espontâneo. Neste a configuração do significado em forma conceitual é mais tardia.

Tendo sua origem em situações impregnadas de experiência e confrontos concretos, o desenvolvimento dos conceitos espontâneos da criança se processa de baixo para cima. Seguindo uma trajetória oposta, descendente, ocorre o desenvolvimento do conceito científico, carecendo este, de início, de conteúdo proveniente da experiência pessoal. Gradualmente preenchido pelo trabalho escolar e pela leitura, os conceitos científicos implicam, logo de início, uma atitude mediada relativamente ao objeto a que se refere. O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e o dos científicos estão estreitamente relacionados porquanto o caminho ascendente do desenvolvimento dos primeiros promove lentamente a passagem dos últimos em sua evolução descendente.

Essa análise de Vygotsky nos parece bastante interessante, embora ofereça poucas pistas claras para entendermos porque o adolescente apresenta tantas dificuldades para penetrar no universo dos conceitos científicos. Dentre as pistas por mim apontadas está a coexistência, na adolescência (e na verdade em etapas posteriores de desenvolvimento), de estratégias de pensamento por complexos, por conceitos potenciais e por verdadeiros conceitos. Esse caráter transitório fica muito evidenciado quando se observa o funcionamento real dos conceitos recém-adquiridos. Há uma discrepância muito grande entre a capacidade do adolescente de formar conceitos e a sua capacidade de defini-los. Muitas vezes, ele sabe usá-los, sabe empregá-los em uma situação concreta, mas acha difícil expressá-los verbalmente. Isto porque "a análise da realidade com a ajuda de conceitos precede a análise dos próprios conceitos" (Vygotsky, 1989, p69).

Também não é fácil, para o adolescente, aplicar em uma nova circunstância um conceito que começou a aprender. Frente a uma situação nova específica, pode não efetuar a transferência, por esta depender de um pensamento generalizado e sistematizado que ainda não se consolidou. Se a situação nova não se prende a impressões ou situações concretas, manifesta a tendência a recorrer a um nível mais primitivo de pensamento e, em lugar de lidar com uma definição geral do conceito, passa a enumerar os diferentes objetos aos quais o conceito se aplica em determinados contextos.

O processo de formação de conceitos no adolescente é, desse

modo, caracterizado por um movimento contínuo de idas e vindas do estágio primitivo ao mais amadurecido. A transição do abstrato para o concreto é tão difícil quanto a transição do concreto para o abstrato. Esta dificuldade sempre aparece quando um conceito foi aprendido e formulado em uma instância (por exemplo - abstrata) e deve ser aplicado a novas situações em outra instância (por exemplo concreta). A oscilação do pensamento do particular para o geral e do geral para o particular também é aspecto inerente à formação do conceito.

Os conceitos científicos envolvem os alunos na construção de modelos mentais para entidades que não são percebidas diretamente. De acordo com Driver, Guesne e Tiberghien (1985), um dos aspectos das idéias dos alunos que tem implicação na aprendizagem de conceitos científicos é o de que o ato de perceber domina o ato de pensar. É tendência dos alunos, por exemplo, dizer que o açúcar "desaparece" quando se dissolve ao invés de sugerir que ele continua a existir, mas em forma de partículas muito pequenas para serem vistas. A construção de modelos mentais complexos que possam fundamentar a explicação de fenômenos como o da dissolução do açúcar ou o da constituição da matéria exige um considerável esforço por parte do aluno de construir "entidades" abstratas e de usar certos parâmetros, descrevendo as suas inter-relações através de idéias. O foco do aluno nas percepções sensoriais concorre para criar uma barreira ao pensamento abstrato generalizado. Driver et al (1985) ainda ressaltam que, ao lidar com a noção da matéria, o aluno é determinado pela percepção

imediate que o informa sobre algo diretamente relacionado com o seu estado sólido: é dura, impenetrável, imóvel. Há uma grande contradição em admiti-la constituída por grandes espaços vazios e partículas diminutas, quase sem massa, em constante movimento.

Frente a essas considerações, devemos nos perguntar, como o adolescente forma um conceito de alta generalidade, bem distante de sua experiência empírico-concreta, dadas as estratégias correntes de abordagens pedagógicas desses conteúdos.

O trânsito freqüente do pensamento do nível abstrato ao nível concreto e vice versa, no adolescente, é um processo que tem que ser levado em conta pelas práticas pedagógicas.

Nesse ensino, estamos guiando o aluno para "ver" fenômenos e situações experimentais de maneiras bem próprias. De uma certa forma podemos dizer que conduzimos o aluno a aprender a usar "lentes conceituais" de cientistas. Com efeito "asserções de observações e de resultados experimentais são sempre interpretações de fatos observados...são interpretações à luz de teorias" (Popper, apud Driver, 1985, p201).

#### DO PAPEL MEDIADOR DO PROFESSOR

Hoje convivemos com um sistema educacional onde o trabalho do professor está vulnerável a um dilema metodológico. Adotar uma pedagogia tradicional, assentada na transmissão cultural, é conceber o aluno como um ser receptivo, passivo, "atribuindo um caráter dogmático aos conceitos e métodos da educação" (Libânio, 1984, p24). Nesta recepção acrítica ocorre o empobrecimento dos conteúdos. Numa outra abordagem pedagógica a

tendência é deslocar a ênfase do ensino para o aluno. Considerando-o como aquele que traz consigo idéias e conceitos, o trabalho do professor se volta para as ações do aluno. Disto decorre, muitas vezes, um ativismo inconseqüente na adoção de métodos de ensino destituindo-os de seu sentido concreto, desligando-os das relações inerentes que deveriam estar tecendo quanto às características do objeto de conhecimento a que se prestam para mediação.

Devemos compreender que o trabalho docente requer um professor que precisa desenvolver conhecimentos teóricos que lhe permitam pensar e agir sobre a sua realidade social e histórica e também dominar os meios operacionais metodológicos.

É possível admitir que a transmissão de conteúdos e apropriação ativa pelo aluno constituem-se momentos interligados de um processo simultâneo onde o professor deve intervir trazendo um conhecimento sistematizado e onde o aluno é capaz de elaborá-lo criticamente com os recursos que traz para a situação de aprendizagem.

Um trabalho que leve em conta a busca do domínio do objeto de conhecimento e do domínio metodológico, mediando os processos pelos quais o aluno apropria ou reapropria o saber de sua cultura terá, portanto, efeitos formativos duradouros.

É na circunstância escolar, fundamentalmente, que as experiências e conhecimentos acumulados através das gerações anteriores devem ser compartilhados. Os conhecimentos exercem uma poderosa força para direcionar o desenvolvimento dos alunos. Ao professor compete dispor-lhes essa bagagem científica e elaborar

mecanismos para envolvê-los no processo de pensar esse conteúdo com vistas ao enriquecimento individual.

A apropriação desse conhecimento pelos professores nem sempre tem ocorrido com critérios suficientemente elaborados para orientá-los na estruturação do mesmo para os alunos. É necessário que o professor se aproxime cada vez mais desse conteúdo, mas, sem perder de vista a natureza e a função das informações que vai tornar disponíveis ao aluno. É o professor que assume a construção do elo, da relação conhecimento-aluno, numa ação da qual não pode ser omitida uma postura crítica ao saber.

Aspectos históricos, sociais, políticos, culturais, psicológicos, processos mentais implicados na aquisição e apropriação de conhecimentos são, dentre muitos, alguns que contextualizam a situação da escola. Essa rede de aspectos está na base da prática pedagógica visto que o professor atua na mediação entre o individual e social, entre o aluno e o objeto de conhecimento.

A complexibilidade da tarefa pedagógica se amplia quando recordamos que é preciso tratar com flexibilidade a estruturação atual do conhecimento. A sistematização do saber defronta o homem com uma situação por vezes ambivalente: de um determinado ponto de vista é extremamente seguro e confortável reconhecer e apreender o conhecimento organizado; de outro, estabilidade de arranjo estrutural do conhecimento pode impedir o avanço do trabalho científico. Ilustra essas considerações o que ocorreu quando a "teoria do flogisto" foi aceita. Como um conceito organizador, se prestou à sistematização do conhecimento naquela época. Por um

tempo, os conflitos e as confusões entre idéias se resumiram no estabelecimento de uma tecitura de relações entre os conceitos das classes das substâncias. Mas, o entusiasmo pela lógica de estruturação dos conceitos prejudicou a avaliação de que as premissas dessa lógica estavam equivocadas. Relevar essas considerações é, a nosso ver, acordar no professor uma visão mais crítica sobre o papel da sistematização, necessária, porém vulnerável, do saber. Assim, o trabalho docente deve constituir-se também num processo de, não somente assegurar a continuidade da experiência já trazida pela história e pelo aluno, mas também de garantir-lhe a ruptura dessa experiência para elevá-lo a uma visão mais elaborada do conhecimento.

Quando nos detemos sobre o fato de que é principalmente na escola que ocorre a formação de conceitos científicos, torna-se imperioso refletirmos sobre as relações entre aprendizagem e desenvolvimento psicológico como são concebidas pelo professor e, a partir das quais, consciente ou inconscientemente, ele define seus critérios na organização do ensino. Tal concepção raramente é elaborada num nível de clareza suficiente, o que impede o professor de tratar de forma mais produtiva os problemas de aprendizagem que encontra na sala de aula. Esse quadro é determinado, em grande parte, pelo próprio contexto de trabalho em que o professor está envolvido, que não oferece condições de reflexão que deflagrem níveis mais altos de consciência de sua própria ação.

Segundo Vygotsky (1984) há três posições teóricas que podem resumir as concepções mais correntes a respeito da relação entre

aprendizagem e desenvolvimento. Na primeira, concebe-se aprendizagem de modo independente de desenvolvimento. O desenvolvimento é pré-requisito da aprendizagem, uma vez que a criança deve apresentar amadurecidas certas funções mentais para aprender um determinado assunto. Nessa abordagem, o desenvolvimento, não sendo definitivamente resultado da aprendizagem, não tem seu curso afetado por esta. Assim sendo, o fracasso no ensino pode ser atribuído à sua inadequação ao nível do desenvolvimento dos alunos, ou, em outras palavras, a decisões incorretas sobre "quando" e "o que" ensinar.

A segunda posição teórica postula uma identidade entre aprendizagem e desenvolvimento. O processo de aprendizagem, inseparável do processo de desenvolvimento, se reduz à formação e organização de hábitos de conduta e tendências comportamentais. Importa aqui "como ensinar" e o fracasso neste caso é atribuído à inadequação dos métodos empregados.

A terceira posição apresenta maturação e aprendizagem como dois aspectos do desenvolvimento e neste sentido esta posição representa um avanço em relação ao enfoque das duas anteriores. Mas, embora admitindo as interrelações e interdependências da aprendizagem com o desenvolvimento, a abordagem não apresenta uma análise suficientemente clara e coerente da natureza dessas influências.

Discordando das duas primeiras posições, Vygotsky admitiu, como na terceira, a existência da interação aprendizagem e desenvolvimento. Entretanto, elaborou diferentemente suas interrelações: assumiu que a aprendizagem pode preceder temporalmente e promove o desenvolvimento de funções psicológicas

complexas. A análise da dinâmica desta interação foi aprofundada por Vygotsky ao propor a sua ocorrência no que chamou "zona de desenvolvimento proximal".

Para ele, aprendizagem e desenvolvimento estão interrelacionados desde o primeiro dia de vida da criança. Na sua história prévia, em seu contacto com o mundo, com outras crianças, com os adultos, a criança aprende a falar, adquire várias informações e habilidades e desenvolve, por exemplo, a sua própria aritmética, muito antes de frequentar a escola. Vygotsky, reconhecendo as diferenças e semelhanças entre a aprendizagem sistematizada da escola e a da vida cotidiana, redimensiona as interações entre desenvolvimento e aprendizagem atribuindo à aprendizagem uma função propulsora do desenvolvimento. Caracteriza uma nova dinâmica entre o nível de desenvolvimento real da criança (nível de funções mentais já estabelecidas, completadas) e o nível do desenvolvimento proximal (nível de funções mentais passíveis de ocorrerem com a ajuda de outros). A interação da aprendizagem e a dinâmica entre esses níveis configura "a zona de desenvolvimento proximal". Esta é, nas palavras de Vygotsky "a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes. (...) O nível de desenvolvimento real caracteriza o desenvolvimento mental retrospectivamente, enquanto a zona de desenvolvimento proximal caracteriza o desenvolvimento mental prospectivamente" (Vygotsky, 1984, p97).

A aprendizagem apresenta, nesta abordagem, a essencial função de criar na zona de desenvolvimento proximal vários processos que são desencadeados pela interação da criança com pessoas em seu ambiente ou pela colaboração com seus companheiros. Aos poucos, a criança se torna autônoma em relação a esses processos, consolidando-os e internalizando-os.

Assim, da perspectiva sócio-interacionista, aprendizagem e desenvolvimento não podem ser tomados como processos idênticos mas interrelacionados pois o primeiro, quando adequadamente organizado, propicia a formação do segundo. E nessa inter-relação caracteriza-se a gênese social do desenvolvimento.

Na aprendizagem do conceito átomo, seguramente o aluno vai se ver em um processo de idas e vindas de um estágio mais primitivo de elaboração mental a um mais amadurecido. O conceito é novo para o aluno. Aplicar o conceito novo é difícil mas, ainda que consiga empregá-lo em uma situação concreta, pode não saber defini-lo. O ato de perceber ainda domina o de pensar e as transições concreto-abstrato são, portanto, dificultadas, uma vez que o conceito átomo é formulado no abstrato. A quem, a não ser ao professor, cabe a função de promover a adequação mais consistente desses percursos mentais? Que outro personagem teria acesso aos requisitos para desempenhar esse papel? Do que deve estar ciente o professor para promover a aprendizagem do aluno e, através dela, o seu desenvolvimento mental?

Destacam-se, aí, dois aspectos fundamentais da aprendizagem humana. De um lado ela apresenta uma natureza individual, concebida no aprendiz que é um organismo biológico, um sistema

aberto para interagir com o meio. De outro, encontramos este indivíduo embebido neste meio, de natureza social, que é um campo de estimulação com o qual constantemente interage. A partir dessa interação o sujeito reconstrói suas idéias. A medida que o professor pode ser encontrado nesse campo, ele passa a ser participante irremediável dos processos de co-construção vividos pelo aluno como sujeito-aprendiz. Mediando o indivíduo e o social, o indivíduo e o objeto de conhecimento, o professor convive com e afeta os processos de internalização do aprendiz, que se dão inter e intra-psicológicamente, no curso da apropriação do conhecimento.

Dessa perspectiva, o papel da aprendizagem gerada por instrução nos remete à questão da qualidade da mediação constituída pelas interações do professor com seus alunos, qualidade esta que depende de como o professor concebe o objeto de conhecimento e a relevância deste para o contexto em que vive; de como assume o papel de agente mediador da aprendizagem e do desenvolvimento do aluno; e de como interpreta os processos que ocorrem com o aluno face ao que pretende estar ensinando.

## 2 . OBJETIVOS E ESTRATÉGIA DE TRABALHO

As circunstâncias em que a maioria dos professores de escolas públicas se encontra atualmente para estabelecerem a sua prática de ensino são muito desfavoráveis à elevação do nível de reflexão sobre o que acontece no processo ensino-aprendizagem. Da privação dessa condição decorrem dificuldades para o professor avaliar os resultados de seu trabalho, formular critérios que propiciem um diagnóstico de problemas relativos à sua formação e prática atual e redirecionar seus esforços na construção do trabalho pedagógico.

Estamos nos propondo à construção de um quadro-situação que configure o professor mediando conhecimentos para o aluno. O objetivo deste trabalho é investigar a forma pela qual o professor analisa o seu papel de mediação no processo de conhecimento que se desenrola na apropriação pelo aluno de conceitos que implicam a noção de modelo.

A medida que a nossa escolha determina o tópico átomo como objeto de conhecimento, determina também dimensões deste conceito cuja natureza abrange características que estão presentes em muitos outros tópicos da Química. Nesse sentido, confiamos que a análise aprofundada do ensino-aprendizagem de um conceito representativo das demandas cognitivas envolvidas na noção de modelo venha a trazer contribuições para a compreensão de uma parcela considerável da tarefa pedagógica no ensino da Química e de outras ciências.

Abordar a idéia de modelo atômico, por exemplo, implica examinar o significado do caráter hipotético de vários conceitos

de que o cientista frequentemente lança mão para a interpretação dos fenômenos. Sabemos que a idéia de modelo atômico ou de uma teoria atômica demorou muito tempo para ser construída e aceita, como os relatos anteriores já ilustram. Definitivamente não é direta a maneira pela qual podemos compreender a matéria, principalmente nas suas manifestações em estado sólido. Na abordagem do conceito átomo, enquanto constitutivo dos materiais, não nos deparamos somente com aspectos de organização, ou estruturação do conhecimento, tal como ocorre, por exemplo, quando se estuda células na constituição dos tecidos, em Biologia. Trata-se aqui - na abordagem do conceito átomo - de observar uma postura mental ocorrendo em níveis mais elevados de abstração. É preciso, neste contexto, estar convivendo, pelo menos, com a maneira com que trabalham e pensam os cientistas e filósofos, ou admitir que, ao longo da história das ciências, ocorre uma sucessão de explicações sempre novas e mutáveis para os mesmos fenômenos. Releva-se, neste contexto, o método científico, e a lógica de sua aplicação anuncia que "as verdades científicas" não são dogmas, não são eternas. Vimos que algumas "verdades" científicas duraram séculos, outras anos, e, outras menos de uma ano até. Estabelece-se, desta forma, a provisoriedade dos modelos e teorias científicas.

Assim, através do estudo de como ocorre a mediação pedagógica do conceito átomo, analisando-o por diferentes pontos de vista, queremos ter acesso a indícios do nível de reflexão que o professor tem sobre o seu papel no processo de conhecimento relativo a conceitos que envolvem alta generalidade e a noção de

modelo.

Para estudar tais indícios no processo ensino-aprendizagem do conceito átomo foram envolvidos, no presente trabalho, professores e alunos de três classes de primeira série do segundo grau de escolas públicas.

Para constituir o corpo de dados de interesse sobre a forma de ensino e a visão do objeto de conhecimento apresentada pelo professor, gravamos e transcrevemos as aulas relativas ao conteúdo de átomo nas três classes.

Para obtermos os dados de aprendizagem aplicamos um questionário às classes e realizamos entrevistas com alguns dos alunos de cada classe, após a situação de ensino ocorrida em sala de aula. A categorização das respostas do questionário e a análise das transcrições das entrevistas permitiram caracterizar as concepções que o aluno havia construído sobre o conceito átomo.

Na última etapa da coleta, central para nosso interesse, foram realizados encontros individuais com os professores, nos quais cada um era solicitado a analisar dois conjuntos de dados: os dados de ensino - que foram as transcrições de suas aulas - e os dados de aprendizagem - que foram as respostas categorizadas dos alunos ao questionário, ao lado de dados complementares advindos das entrevistas com os alunos. Assim, o alvo dessa interlocução foi a análise que o professor fazia sobre o seu papel mediador face às próprias ações e à aprendizagem alcançada pelos alunos. Procuramos, então, através de suas manifestações de análise, caracterizar como ele concebe o seu próprio papel nesse processo.

A coleta de dados para cada classe ocorreu em quatro momentos: observações das aulas, aplicação de questionário a todos os alunos da classe observada, realização de entrevistas com parte dos alunos da classe e realização de encontros com o professor.

A análise dos três conjuntos de dados - de ensino, de aprendizagem e dos encontros com o professor - se organizou em torno de dimensões conceituais do objeto de conhecimento focalizado, as quais são configuradas a seguir :

#### o caráter de unidade de átomo

Para essa dimensão foram destacadas as proposições que definiam o átomo como parte do todo - como constitutivo dos materiais - como, por exemplo "os átomos constituem a matéria". Aqui também foram incluídas proposições que expressam essa idéia através de exemplos concretos, ou seja : "mesa tem átomos".

#### a constituição do átomo

Foram abrangidas nesta dimensão as proposições relativas a como é constituído o átomo. As proposições que relacionavam atributos a seus constituintes estão inseridas nesta dimensão. Assim, são exemplos de proposições desta dimensão: " o átomo tem núcleo e eletrosfera", "os elétrons giram ao redor do núcleo".

## a representação gráfica do átomo

Toda proposição que traduzia a idéia para compor a imagem, a figura do átomo, foi vinculada a esta dimensão. Todas as idéias manifestadas através de recurso a analogias e metáforas, evocação de imagens concretas e registro de desenho foram aqui incorporadas. Dessa forma, por exemplo, os próprios desenhos feitos na lousa pelo professor e pelos alunos no questionário e entrevistas foram interpretados enquanto proposições.

### conceito de modelo

Esta dimensão foi incluída para englobar aquelas proposições feitas a respeito do significado que foi atribuído a modelo, como, por exemplo, "modelo é como o cientista imagina o átomo".

### conservação

Estamos chamando de "conservação" a idéia que explica a composição de uma substância pela observação da constância de suas propriedades físicas ao longo de seus constituintes que, em muitos casos são os átomos.

Esta dimensão prevê, pois, proposições que configurem uma conceituação da matéria ampla o suficiente para admitirmos a compatibilidade dos conceitos relacionados a átomo com os relacionados a aspectos primários da matéria, tais como suas propriedades físicas. Exemplo : "Não há mudança nos átomos de ferro quando este é aquecido".

outras propriedades do átomo

Esta última dimensão abrange proposições que apresentam conceitos diretamente relacionados ao átomo sem, contudo, se identificarem com as dimensões anteriores. É um exemplo deste caso a proposição : "átomos podem perder elétrons".

As formas de coleta de dados e os procedimentos de análise referentes às aulas, à aprendizagem dos alunos e aos encontros com o professor serão apresentados nas seções a seguir, na abordagem de cada um desses tópicos.

### 3 . 0 ENSINO DO ÁTOMO

#### 3 . 1 . CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS RELATIVAS AO ENSINO

##### COLETA DE DADOS

As aulas de cada professor foram observadas, gravadas e transcritas. Foram também reproduzidos os desenhos, esquemas e materiais verbais escritos, que foram registrados na lousa pelo professor.

Durante as observações em aula , ao efetuarmos o controle do gravador e o registro das anotações, procuramos tornar o mais discreta possível a nossa presença em sala, de modo a não afetar o andamento natural das atividades.

##### ANÁLISE DOS DADOS

O exame das transcrições das aulas foi efetuado através de uma análise proposicional. Não foram levantados dados de frequência de cada proposição. Apenas consideramos sua ocorrência em cada aula. Complementarmente, para fundamentar e ilustrar as nossas discussões, destacamos segmentos do discurso do professor e diálogos com os alunos que, no nosso entender, eram significativos para a caracterização do ensino.

Nos casos de aulas em que os alunos se envolveram exclusivamente em atividades de exercícios não ocorreu discurso

do professor associado às dimensões em questão e, portanto, não foram extraídas proposições.

### 3.2. PROPOSIÇÕES IDENTIFICADAS NO DISCURSO DO PROFESSOR EM RELAÇÃO A DIMENSÃO DO CONCEITO ÁTOMO

#### O ENSINO NA CLASSE 1

O conteúdo das aulas do professor 1 abrangeu o ensino do átomo até o modelo de Bohr-Rutherford. A apresentação histórica de todos os modelos foi feita na primeira aula. Na segunda, foram apresentados conceitos relacionados às sub-partículas atômicas e algumas noções do modelo mais moderno sobre o átomo. Mais de uma aula foi consumida na apresentação de regras e instruções sobre o preenchimento dos níveis eletrônicos e duas foram dedicadas a exercícios sobre este assunto. Desta forma, a ênfase da abordagem sobre o átomo se estabeleceu através de exercícios destas regras.

As transcrições das aulas foram submetidas à análise proposicional da qual uma amostra se encontra no Anexo 1.

A Tabela 1 apresenta o número de proposições correspondentes às dimensões conceituais focalizadas, conforme abordadas em cada aula, e inclui exemplo de proposição para cada caso, assim como o total de proposições por dimensão.

Através da Tabela 1 podemos verificar que a dimensão privilegiada pelo professor 1 foi a de constituição do átomo, seguida da de representação gráfica. Além de terem sido abordadas com um número maior de proposições, essas duas foram as únicas a

TABELA 1

Número de ocorrência (e exemplo) de proposições relativas às dimensões conceituais de cada aula do professor 1

Dimensão	Aulas					
	1	2	3	4	5	6
o caráter de unidade do átomo	3 <i>átomo é a menor partícula da matéria</i>	-	-	-	-	-
a constituição do átomo	32 <i>Na eletrosfera giram os elétrons</i>	6 <i>A massa do elétron é praticamente desprezível</i>	27 <i>O átomo tinha sete camadas eletrônicas</i>	-	-	15 <i>Em cada orbital cabem no máximo dois elétrons</i>
a representação gráfica do átomo	21 <i>Para Dalton, o átomo era uma bolinha</i>	-	23 <i>Orbital é como se fosse a casa do elétron</i>	-	-	7 <i>A escada representa os níveis energéticos</i>
conceito de modelo	-	-	-	-	-	-
outras propriedades do átomo	7 <i>Cargas iguais têm tendência a repelir</i>	20 <i>O cátion tem carga positiva</i>	22 <i>As camadas eram K, L, M, N, O, P e Q</i>	-	-	5 <i>O spin de um dos elétrons vale 1/2</i>
outras proposições	25	27	8	-	-	18

aparecer em mais de uma aula. Proposições sobre caráter de unidade só apareceram na primeira aula (três proposições) e em relação à dimensão de conceito de modelo não foi identificada qualquer proposição.

Quanto às outras proposições pudemos observar a sua presença com frequência perfazendo 8% do total das proposições.

De acordo com esses dados da análise proposicional, as

dimensões mais focalizadas pelo professor foram as relativas à constituição e representação gráfica do átomo; o átomo como unidade apareceu abordado de forma reduzida e foram omitidas menções ao conceito de modelo e à questão de conservação.

Com relação ao caráter de unidade do átomo, apareceram apenas três proposições. Duas delas não estiveram atribuídas a qualquer teoria atômica. A outra foi atribuída às idéias de Dalton.

O fato de o professor não ter enfatizado a idéia de átomo como constitutivo da matéria não é o único fator que contribuiu para manter vaga a caracterização da dimensão do seu caráter de unidade. Evocações do professor sobre como se tem, hoje, uma idéia do átomo evidenciaram um descompromisso de sua parte em relacionar os processos históricos de construção do conhecimento sobre o átomo com as cogitações dos pensadores sobre a constituição da matéria. Isto pode ser considerado pela seguinte manifestação:

"Então gente, pra nós, hoje, fica fácil nós termos uma idéia do que é o átomo. Porque mesmo quem não estudou Química já ouviu falar, já ouviu alguma reportagem na televisão, já teve uma idéia do que seja o átomo. Agora, vocês imaginem antigamente: os cientistas nunca tinham ouvido falar em átomo! Se eles quisessem saber alguma coisa eles teriam que pesquisar, não é isso? E foi isso que os cientistas fizeram. Então surgiram várias estruturas atômicas, várias teorias a respeito do átomo".

Em contraposição à abordagem superficial e rápida da primeira dimensão conceitual considerada, constatamos uma pressa do professor em começar a dar informações a respeito de conteúdos

relativos à segunda dimensão que é a da constituição do átomo.

A primeira idéia de constituinte do átomo apareceu associada à carga mais do que à partícula: quando o professor se referiu à proposta de Thomson para o átomo, descreveu-o como uma pasta positiva recheada de cargas negativas, às quais chamou elétrons. Quando abordou os resultados das experiências de Rutherford, o professor apresentou o átomo já divisível: o núcleo (com carga positiva) e os elétrons ao redor, na eletrosfera (com carga negativa). Assim, a partir das experiências de Rutherford a constituição do átomo se ampliou: além dos elétrons havia um núcleo positivo. Quando o professor introduziu a teoria de Rutherford-Bohr permaneceu a mesma proposta sobre a constituição do átomo com um avanço quanto às idéias sobre a organização dos elétrons em camadas ou órbitas. Depois de exposições sobre como se distribuíam nas camadas, voltou-se o foco para o núcleo, até então considerado como um "lugar" de carga positiva. Só quando anunciou a existência de neutrons - "partículas de carga neutra" - é que apareceu pela primeira vez a palavra próton e a atribuição de partículas positivas ao núcleo.

As menções sobre carga foram só de natureza classificatória. Pareceu-nos que o professor pressupôs que os alunos já tinham noções sobre carga elétrica, sobre a existência de carga negativa, positiva e até "carga neutra". A idéia de carga elétrica foi abordada de maneira qualitativa: cargas iguais se repeliam e cargas opostas se atraíam. Os neutrons davam conta de "segurar os prótons" e os "spin opostos" justificavam a "convivência dos elétrons" em um mesmo orbital.

A seguir, através de registros gráficos, o professor organizou a constituição do átomo: quanto ao lugar relativo - o núcleo tinha prótons e neutrons e a eletrosfera elétrons - e quanto à caracterização de massa, carga e símbolo das partículas.

Em relação aos constituintes do átomo, o elétron passou a ser, então, o motivo das novas abordagens que iriam caracterizar, segundo o professor, o modelo atômico atual. O professor apresentou o aspecto da dualidade onda-partícula - o princípio de de Broglie - discorreu rapidamente sobre o princípio da incerteza, introduziu os números quânticos e o "modelo dos orbitais", ilustrando a sua fala com o desenho de um quadradinho. Nesse contexto ficou caracterizado o modelo atômico atual, o termo orbital, o seu símbolo - associado à "casinha do elétron" - e a sua definição. A partir dessas informações, o professor, lançando mão de regras e princípios, passou a demonstrar aos alunos como os elétrons iam ocupando os orbitais e depois as camadas de um determinado átomo. Através dessas explicações e depois resolvendo exercícios, tanto o professor quanto os alunos passaram a "operar" essencialmente com os elétrons. A ênfase das aulas que sucederam às das apresentações dos modelos ficou voltada para o preenchimento das camadas de certos átomos por elétrons; as propriedades das outras partículas do átomo, raramente citadas, ficaram obscurecidas.

Apesar de ter apresentado mais organizadamente as partículas constituintes do átomo só ao final da primeira aula, já no princípio desta, o professor recorreu a seus símbolos, embora implicitamente, quando desenhou na lousa as representações do

átomo em função das várias teorias. O professor representou o átomo segundo as idéias de Dalton e Thomson: utilizou sinais convencionais de carga neste último modelo. No modelo de Rutherford usa os sinais de carga negativa para representar elétrons e apenas um sinal positivo para a carga do núcleo. Em comparação com essas três representações descritas, a que se relaciona ao modelo de Rutherford-Bohr não esteve integralmente composta. O professor decidiu-se por representar apenas uma seção do átomo, de maneira que o desenho resultante apresentava vários arcos simbolizando as camadas. Os elétrons não foram representados mas o número previsto por camada ficou escrito em adjacência aos arcos. Mais uma vez o núcleo foi representado como um círculo com um sinal positivo em seu interior.

Não houve uma representação gráfica que configurasse o átomo proposto pela teoria atômica moderna. Para abordá-la foram apresentadas as idéias de orbital (e seus quadradinhos), de elétrons preenchendo esses orbitais (através do uso de setas simbolizando elétrons) e de sub-níveis em que se encontravam esses orbitais (esquematisados por degraus de uma escada). As operações envolvidas para o preenchimento adequado dos elétrons nos níveis de um átomo requereram dos alunos conhecimento de princípios, regras e habilidades para correlacionar matematicamente os números quânticos.

Assistimos, pois, a uma exposição de um desenvolvimento de idéias acerca de como os cientistas vêm pensando o átomo, a sua constituição e representação gráfica. Eventualmente, foi possível perceber algumas sinalizações do professor sobre o processo vivido

pelo cientista para apresentar a sua proposta. Afinal o que significam aqueles desenhos? Que relações existentes entre os desenhos e o átomo podem ser deduzidas através do que o professor expôs?

Para entendermos como o desenvolvimento das idéias foi abordado nas aulas, retomamos alguns segmentos do discurso do professor.

"Então, nós vamos começar estudando a estrutura atômica de Dalton, a teoria que Dalton tinha do átomo... Outros cientistas, né, já tiveram idéia do que seja o átomo. Nós vamos começar estudando a estrutura de Dalton. Como que Dalton imaginava que era o átomo?(...)  
Veio Thomson, com a teoria de Thomson...  
...como era a estrutura atômica para Thomson...  
Aí, depois de um tempo, veio Rutherford... veio Rutherford com a teoria atômica dele. Rutherford revolucionou essa teoria aí porque para ele o átomo já era divisível! Ele descobriu através de uma experiência que ele fez com material radioativo..."

Entretanto, segundo as falas do professor, mesmo fazendo experiências

"Rutherford imaginou o átomo divisível e assim... ele imaginou os elétrons, imaginou... (...). Agora, ele não sabia quantas camadas tinha a eletrosfera... E outra coisa, que eu já falei pra vocês, ele não sabia quantas camadas eram; ele imaginava... (...)  
Aí, mais tarde veio Bohr e aperfeiçoou esta estrutura atômica de Rutherford, por isso que se chama modelo atômico de Rutherford-Bohr. Porque ele pegou a estrutura

atômica de Rutherford e aperfeiçoou e descobriu então, quantas eram as camadas."

Dalton e Thomson trouxeram as suas teorias sobre o átomo e Rutherford, por sua vez, não somente trouxe a sua teoria como provocou com ela uma revolução nas anteriores. Rutherford descobriu, através de uma experiência, que as partículas do átomo estavam separadas. O que desejamos apontar sobre essas manifestações é a sugestão que transpareceu no discurso do professor de que só Rutherford fez experiências, e que só através de experiências ele pôde elaborar concepções sobre como era o átomo.

Essas considerações decorrem da análise do emprego que o professor fez do verbo imaginar, emprego este que trouxe algumas implicações de interpretação ambígua. Por várias vezes fez referências às propostas para a representação do átomo como geradas pela imaginação dos cientistas. Seguramente o professor relacionou o processo de concepção mental com a imaginação. Mas, quando o pressupôs ocorrendo depois da experimentação, ao discorrer sobre as idéias de Rutherford e Bohr, deixou margem à interpretação de que tal processo era desencadeado somente quando os pesquisadores estavam de posse de dados experimentais. Tendemos a assumir, neste caso, a idéia de que as representações gráficas do átomo estavam associadas ao que o cientista imaginou apenas a partir do que a experiência "demonstrou" sobre como seria o átomo.

Além disso, pela maneira como foram desenvolvidas as idéias sobre átomo, não houve condições para se compreender qualquer proposta de átomo como um modelo funcional que tentasse dar conta

de explicar os fenômenos da natureza. Quando o professor usou a palavra modelo pela primeira vez, o fez em relação às descrições sobre as idéias do átomo desenvolvidas por Bohr, mais como um sinônimo de representação gráfica do que com o sentido da propriedade do caráter hipotético e provisório da proposta. Conseqüentemente, para o aluno, o termo modelo foi exposto como a representação icônica do átomo que algum cientista pensou. Concorrendo também para a restrição da idéia de modelo, está o fato de que a palavra só foi empregada com o adjetivo atômico. Em lugar disso, deixou-a impregnar-se da conotação de ser a representação gráfica do átomo. Isso sugere que quando o professor empregou as palavras modelo e também teoria partiu do pressuposto que o aluno já tinha idéia sobre isso. O professor não conceituou modelo. Como poderia assim o aluno captar a noção de modelo? Como desenvolveria seus conhecimentos sobre outros conteúdos em Química na ausência da compreensão desta estrutura mental que a idéia de modelo confere?

A essa abordagem parcial e insatisfatória das dimensões que nos parecem fundamentais no conceito átomo se associa um modo de ensinar que negligencia os processos de conhecimento sendo desencadeados no aluno.

#### A INTERAÇÃO PROFESSOR-ALUNO NA CLASSE 1

Os trechos seguintes de transcrições de aula mostram diálogos mantidos entre o professor e seus alunos. Eles foram escolhidos por serem representativos da maioria das interações em sala de

aula.

P Então nós vamos entrar hoje em estrutura atômica. Todos vocês aqui já ouviram falar no átomo, não já ?

A<sub>1</sub> Já!

A<sub>2</sub> Já!

P Já.

A<sub>1</sub> É a última parte...

P Não é isso ? Então o que é que é átomo?

A<sub>1</sub> É a última parte...

A<sub>2</sub> É a menor parte da matéria.

A<sub>3</sub> ...parte... como é que é?

P O que que é átomo?

A<sub>4</sub> Menor partícula da matéria.

A<sub>5</sub> menor matéria.

P É a menor o quê?

A<sub>5</sub> partícula do átomo.

A<sub>6</sub> partícula da matéria.

P partícula que constitui a matéria. Então, pra nós hoje, fica fácil nós sabermos o que é o átomo.

A posição de espera com que o professor aguardava os alunos lhe responderem deixou-nos crer que ele tinha certeza de que os alunos sabiam ou deviam saber o que era o átomo. Parecia aguardar alguma asserção correta sobre átomo e enquanto isto não ocorria o professor era "surdo" para outras sugestões.

P Como que Dalton imaginava que era um átomo?

A<sub>1</sub> Uma pequena bolinha.

P Qual que é a idéia que Dalton tinha do átomo? Que que era o átomo para Dalton?

A<sub>1</sub> Uma bolinha.

P Uma bolinha! Como que era essa bolinha?

A<sub>5</sub> Maciça.

P Maciça...

Az indivisível...

P indivisível! Então era...como era o átomo de Dalton...era uma bolinha, extremamente maciça e indivisível.

A forma com que o professor interpelava o aluno deu a entender que aguardava convicto a resposta certa.

E, de uma forma ou de outra, isso acontecia:

P Quantos elétrons, no máximo, comporta a camada K?

As Dois.

P Dois! A camada L?

As Oito!

P Oito! A M?

As 18!

P 18! A N?

As 32!

P 32! O?

As 32!

P 32! A P?

As 18.

P 18. E a Q?

A ( silêncio )

P Dois. Agora eu pergunto pra vocês...

Quando o professor não interpelava os alunos aguardando a resposta certa, ele preparava o discurso com "lacunas" e o diálogo se limitava ao preenchimento destas :

P Era uma pasta positiva, só que era recheada agora de...

A1 cargas neutras (baixinho).

P cargas negativas.

A<sub>2</sub> negativas  
A<sub>1</sub> Nossa Senhora! (baixinho)  
P que era os...  
A<sub>2</sub> neutrons  
A<sub>3</sub> elétrons  
P cargas negativas eram os  
A<sub>2</sub> neutrons  
P elétrons. Naquela época ninguém nunca tinha im...

Estas duas maneiras de dialogar foram as dominantes na interação desenvolvida ao longo das aulas. Quando o aluno respondia o não desejado, o professor ignorava e recolocava a questão. Parecia-lhe inconcebível considerar a resposta original do aluno e a partir dela promover outro tipo de diálogo.

Manter essa linha de interação pareceu ter sido uma estratégia de alerta para que os alunos "participassem" da aula. Assim, estamos em face de um movimento em que o aluno respondia certo ou errado. Diante da resposta certa, o discurso do professor confirmava e reforçava a fala do aluno. Diante da resposta errada, a fala deste era ignorada ou corrigida.

Aquilo que residia subjacente às respostas, aquilo que não atendia à lógica, não era relevado. Trazendo consigo ou elaborando de momento os pensamentos que iam compor a resposta, o aluno, ao falar, revelava o seu conhecimento prévio. Entretanto, a atitude do professor flutuava entre rejeitar a resposta e ignorá-la. Nenhuma consideração era feita sobre ou através da manifestação do aluno.

## O ENSINO NA CLASSE 2

O ensino do átomo na Classe 2 foi especialmente veiculado através de uma abordagem histórica do desenvolvimento de seu conceito. As quatro primeiras aulas foram dedicadas às descrições das idéias dos gregos, incluindo as suas diferentes interpretações sobre a natureza da matéria. Todas as informações apresentadas ao longo de todas as aulas foram historicamente contextualizadas. O professor 2 não se deteve muito à divulgação da proposta de Dalton, mas foi extremamente minucioso nas relativas às experiências de Thomson e de Rutherford, apresentando, também, descrições sobre a descoberta da radioatividade e dos raios-X. Na última aula o professor apresentou idéias gerais sobre a quantização de energia nos níveis, noticiando o modelo de Bohr para o átomo, mas se ateuve na decisão de abordar, a seu ver com suficiência para aquele nível de ensino, o modelo de Rutherford.

Uma amostra da análise proposicional feita a partir das transcrições das aulas desta classe estão no Anexo 2.

Através dos dados da Tabela 2 podemos constatar a distribuição de proposições com que cada dimensão contribuiu ao longo das aulas.

Podemos verificar pela observação da Tabela 2 como o professor enfatizou a dimensão da constituição do átomo, chegando a ser aproximadamente três vezes maior o número de proposições desta dimensão em relação à de representação do átomo, segunda privilegiada. A abordagem do conceito de modelo foi bem menos contemplada e a de caráter de unidade quase não o foi. Observando

TABELA 2

Número de ocorrência (e exemplo) de proposições relativas às dimensões conceituais de cada aula

	Aulas							
Dimensão	1	2	3	4	5	6	7	8
o caráter de unidade do átomo	2	1 Leucipo e Demócrito propuseram que todos os materiais são formados por átomos	2 Dalton propôs que os materiais são formados por átomos	-	-	1 A barra de ouro é formada por átomos de ouro	1 A lâmina de ouro tem átomos	-
a constituição do átomo	21	-	5 Elétrons são partículas negativas	13 Os elétrons tem massa reduzida.	-	5 Os átomos de ouro são mais compactos	33 A maior parte do átomo seria espaço vazio	33 A maior parte do átomo seria facilmente penetrada
a representação gráfica do átomo	9	-	3 Átomos seriam partículas minúsculas	5 O átomo pode ser representado por um círculo	3 No modelo de Rutherford o átomo representado por várias elipses	5 O átomo de Thomson pode ser representado por um círculo	11 Rutherford comparou o átomo com o sistema solar	3 As partículas constituintes em anelatório pouco denso
conceito de modelo	1	-	3 O modelo de Thomson explica as informações que se teve naquela época	5 O modelo de Dalton não explica os resultados da experiência de Thomson	2 Rutherford reforçou o modelo de Thomson	1 O modelo de Thomson não era muito claro	4 No modelo de Rutherford deveria ser mantida a ideia de carga positiva e negativa	8 Os modelos de Dalton e Thomson atina, por serem responsáveis pelas questões
outras propriedades do átomo	1	-	-	-	-	3 Polônio emite a radiação alfa	8 O núcleo pode repelir as partículas alfa	-
outras proposições	79	61	39	108	128	111	40	53

a Tabela 2 verifica-se que houve somente 6 proposições dedicadas a esta dimensão , as quais foram apresentadas somente nas três primeiras aulas. Quanto às outras dimensões relativas ao conceito átomo observa-se que, embora diferentemente enfatizadas, ocorreram com uma frequência semelhante ao longo das oito aulas analisadas. Surpreendente é, entretanto, o número detectado para outras proposições, perfazendo 76,5% do número total de proposições identificadas.

As aulas do professor 2 foram especialmente marcadas por uma grande dedicação de tempo à abordagem de aspectos que ultrapassaram o conteúdo das dimensões aqui escolhidas. Os conceitos de interesse para a presente análise não deixaram de ser abordados mas os aspectos que atribuímos a conceitos relacionados, reunidos em outras proposições foram preferidos pelo professor.

A introdução à abordagem do tema átomo ocorreu com solicitação de que os alunos se manifestassem sobre o que eles já tinham aprendido, o que já sabiam, pois o professor pressupôs que o programa da 8a. série tinha contemplado algumas noções:

*"P Então, vamos tentar recuperar aquelas idéias de ciências. Qual que é a idéia que se tem de como é que o átomo é constituído hoje? Como é que a gente viu em ciências?"*

*O átomo...*

*A<sub>s</sub> Tem elétrons, prótons e neutrons.*

*P O átomo é uma partícula constituída ainda por partículas menores, né. Quais são?"*

*A<sub>s</sub> Prótons, neutrons e elétrons.*

*A<sub>1</sub> Prótons, carga positiva, neutrons, negativa e elétrons...*

Com relação ao caráter de unidade, o professor se reportou aos gregos para situar o surgimento das primeiras idéias sobre o átomo e sobre, principalmente, a matéria. De fato, esta dimensão foi observada em referência às idéias dos gregos, de Dalton e de Thomson. Quando as exposições abordaram os momentos mais recentes da história do desenvolvimento da idéia de átomo, verificou-se que aquelas que se referiam a ele como constituinte da matéria se ativeram ao exemplo mais específico da lâmina de ouro, usada na experiência de Rutherford. Não houve, a partir daí, entretanto, generalização ampla para matéria em geral.

As informações que o professor recordou com os alunos sobre a constituição do átomo, logo nas primeiras aulas, parecem ter sido consideradas satisfatórias para fundamentar a abordagem dos temas de muitas aulas subseqüentes. O número de proposições relativas à esta dimensão só aumentou significativamente nas últimas aulas. As novas informações foram surgindo a partir dos resultados obtidos sobre a experiência descrita, de Rutherford. Nesse momento, o professor recordou as propostas sobre a constituição da matéria dos cientistas anteriores.

As proposições sobre a dimensão constituição, das últimas aulas, foram as que compuseram a imagem do átomo divulgada pelo próprio professor no início da unidade.

Muitas proposições envolveram asserções sobre as cargas das partículas. Isto era previsível, uma vez que elas se desencadearam, fundamentalmente, das descrições da experiência de Rutherford. Algumas noções sobre carga elétrica foram recordadas pelo professor na quarta aula, quando discorria sobre os

instrumentos que Thomson usou em sua experiência com tubos de descarga elétrica em gases. Naquela aula houve muita confusão para os alunos quanto à compreensão da distinção de elementos da experiência como: sentido do feixe de cargas, sentido do campo elétrico, questões de nomenclatura - catodo, anodo.

Para a dimensão de representação gráfica o professor recorreu, com razoável frequência, a figuras metafóricas. Para dar idéia do tamanho relativo 'núcleo X átomo' falou de uma "pulga no Mineirão (estádio de futebol)"; discutiu sobre a imagem do "pudim de ameixas" usada por Thomson para configurar o seu modelo; comentou sobre a comparação do núcleo e elétrons com o Sol e os planetas no sistema solar, mas, criticamente, chegou a apontar alguns desencontros perigosos para esse tipo de analogia.

A idéia de modelo recebeu uma abordagem freqüente, embora através de poucas proposições e de formulações nem sempre explícitas. Por exemplo, na aula 1 anunciou:

*"Os químicos tiveram que elaborar idéias sofisticadas para tentar explicar porque os materiais diferem entre si em relação às suas propriedades."*

É interessante constatar que algumas proposições traduziam, indiretamente, uma postura de que era necessário questionar mais os fatos que nos são transmitidos :

*"Não é explicado o fato de aceitarmos que os elétrons estão na eletrosfera e não no núcleo."*

*"As noções (em Ciência) sofrem modificações."*

*"A tentativa de dar informações sobre o átomo contraria*

*nosso raciocínio habitual."*

Observando todas as proposições sobre modelo verificou-se que algumas idéias são retomadas muito mais que outras, gerando, portanto, uma ligeira ênfase sobre uma interpretação do que é modelo. Nas proposições enunciadas podemos "ler" facilmente que "o que um modelo explica, outro não consegue", ou que "um cientista, através de suas experiências, frequentemente reformula o modelo de outro":

*"O modelo de Thomson explica algumas coisas que o modelo de Dalton não conseguia explicar."*

*"Thomson reformula o modelo de Dalton."*

*"Rutherford, no início do nosso século, propõe uma modificação no modelo de Thomson."*

É necessário observar que as idéias do professor em relação a modelo, não somente ficaram implícitas nas proposições, como também foram manifestadas em um interessante trecho de uma aula cujo contexto era a descrição da experiência de Thomson:

*"P Se você fosse Thomson, né, se você estivesse no lugar de Thomson, que tipo de reformulação você faria nesse modelo?"*

*Az Ah, eu colocaria os elétrons.*

*P Colocaria os elétrons.*

*Az Pelo seguinte: aqui, ... se ele libera partículas e as partículas são positivamente e eletricamente carregadas, é lógico (?) aquilo ali seria o núcleo que teria alguma espécie de partículas que ele estaria liberando esses elétrons... Então ele teria, não seria só*

*uma esfera. Ele teria alguma partícula a mais para ser liberada, ou positiva ou negativamente.*

*P Tá, mas você acha que...você falou núcleo. Por que que falou núcleo?*

*Az Não, eu só coloquei assim porque eu sei disso...*

*P Tá, mas não foi Thomson quem falou em núcleo, tá. Mas seu raciocínio está correto. Quer dizer, Thomson teve que fazer o quê?*

Neste trecho podemos perceber que algumas idéias do aluno, foram ouvidas e aproveitadas pelo professor para promover o curso do raciocínio sobre a mudança de modelo.

Ao final das aulas sobre átomo pudemos constatar, então, que o professor 2 enfatizou a sua constituição, principalmente por ter abordado a história da descoberta do elétron e a do núcleo do átomo. Verificamos que trabalhou explicitamente com a idéia de modelo mas, em seu discurso, predominou proposições contextualizadoras ou associadas ao conceito, como vimos na alta freqüência de outras proposições.

## A INTERAÇÃO PROFESSOR-ALUNO NA CLASSE 2

Através da observação das transcrições das aulas pudemos verificar que, em geral, foi muito baixa a participação dos alunos. A ocorrência das interlocuções se deu entre o professor e cerca de quatro alunos, quase sempre os mesmos. Foi eventual a participação do restante da turma.

Muitas vezes a participação dos alunos era solicitada para que eles dispusessem a público os conhecimentos que porventura

tivessem a respeito de algum tema que seria abordado pelo professor. Podemos dizer que a intenção do professor parecia ser a de tomar aqueles dados apenas como ponto de partida. Contudo, em função de uma certa formalidade que visivelmente havia na interação do professor com os alunos, provavelmente a maioria destes deve ter-se sentido inibida a se manifestar "acertando" ou "errando".

A decisão do professor pela exposição de temas ligados à contextualização histórica sobre as idéias de átomo automaticamente concorreu para que ele monopolizasse o discurso. Nesses casos, sempre era baixíssima a participação dos alunos. As raras manifestações provieram sempre dos mesmos poucos alunos.

Uma participação mais intensa dos alunos foi verificada durante as descrições das experiências de Thomson, principalmente quando se abordou aspectos de eletricidade. Como alguns conceitos envolvidos para a descrição das experiências eram de conhecimento anterior dos alunos, parece que eles se interessaram mais e, das dúvidas que eles evidenciaram, percebemos que o conhecimento que supõe-se sabido não pareceu bem fundamentado e confusões sobre convenções no vocabulário científico foram verificadas:

*"A2 Professor, só uma pergunta: na primeira, a parte da radiação vai...pra placa negativa? Catodo negativo. Agora ele aparece na frente do positivo...(?)"*

*P Você está falando aqui, se aqui é o positivo e aqui seria o polo negativo, não é? O mesmo que a gente tem em pilha. Ela tem o polo negativo e o positivo. Quer dizer, se fosse o catodo negativo, isso vale a pena a gente ver isso com mais cuidado. Agora aqui no polo negativo -*

*quer dizer, onde é que estão chegando as cargas positivas seria o anodo, tá. Fiz essa diferenciação só para distinguir um polo do outro. Tá certo?*

O professor parece não ter poupado esforços para buscar assuntos que fossem interessantes para os alunos. Na aula 4, por exemplo, procurou recordar com os alunos fatos ocorridos sobre acidentes recentes que envolveram o fenômeno da radioatividade. Recordou notícias e, através de seu conteúdo, procurou esclarecer aos alunos muitos aspectos relacionados ao tema. Nestes momentos a participação era mais intensificada, embora com os mesmos poucos alunos.

Algumas vezes, pareceu-nos que a escolha do professor sobre um tema de interesse dos alunos não resultava em aumento de participação. Este foi o caso da exposição detalhadíssima sobre o assunto relacionado à fotografia, incluindo aqui o do funcionamento da máquina fotográfica quando discutia a descoberta da radioatividade.

Como verificamos que a manifestação dos alunos era evocada quase sempre em momentos em que se abordava assuntos mais cotidianos, podemos supor que havia, ainda que não deliberadamente, uma intenção do professor mais de ativar a atenção dos alunos do que de favorecer o diálogo, durante a construção dos aspectos conceituais propriamente dito. A monopolização do discurso ocorreu muitas vezes.

Outras vezes verificamos um ou outro aluno intervindo nos longos trechos descritivos, mas as perguntas que faziam se desviavam do tema que estava sendo abordado, deixando-nos com

a indagação do que realmente o aluno estava pensando naquele momento. Um exemplo deste caso ocorreu durante a descrição da experiência de Rutherford:

"P Não era desvio de por exemplo 1 grau, 2 graus. Eram desvios assim, ó, de 45 graus! ao invés de manchar a chapa, nesse ponto aqui, por exemplo, nessa região aqui ó (mostra a figura), mais coincidente com a direção do feixe, manchava um ponto, que, se fosse medir o ângulo, eram ângulos bem maiores que 5 graus, 10 graus etc.

A<sub>3</sub> Me diga uma coisa, raios ultra-violetas são um tipo de radiação?

P Como é que é?

A<sub>3</sub> Ultra-violeta.

P Que que tem?

A<sub>3</sub> É radiação?

P É um tipo de radiação. Assim como o infra-vermelho, né. Assim como o ultra-som, tá, assim como as ondas de rádio. (...) Olha só gente, imagina que trabalho que seria começar a entender isso melhor. O grupo que Rutherford coordenava (...)."

Na última aula o professor fez a correção, em conjunto, de uma série de exercícios. Pudemos acompanhar uma alteração de atividades quando o professor organizou os trabalhos em etapas distintas. Solicitou que os alunos, inicialmente, se reunissem em grupo para trabalhar, por um tempo, nas questões ainda não respondidas. Enquanto isso ocorreu, observamos que os alunos perdiam um largo tempo na administração da organização dos grupos. Depois, cada um tentava, procurando dispersamente em suas notas, trazer alguma informação para compor a resposta. Conferiam uns com

os outros os escritos de seus cadernos, remexiam páginas do livro-texto, evidenciavam, enfim, estarem completamente perdidos não só na determinação das respostas quanto no processo de trabalharem em grupo. Houve um aluno que se manifestava de forma diferenciada. Suas intervenções eram mais atinentes e, com uma delas contribuiu para que uma dúvida, provavelmente implícita na mente de mais alguns alunos, pudesse ser discutida:

*"P Na verdade, núcleo é carregado positivo, eletrosfera negativamente. Certo? Mas, essas duas regiões de cargas opostas tendem a estabelecer um equilíbrio de maneira que cada átomo fique normalmente neutro.*

*Az E por isso atraem positivo e negativo.*

*P E por isso que o núcleo e a eletrosfera se atraem. Quer dizer, os elétrons não saem da órbita do núcleo normalmente. Eles sofrem atração da região de cargas opostas.*

*Aa Mas como? Os elétrons normalmente se atraem...? Os elétrons ficam só girando e não chegam no núcleo? Eles não se atraem totalmente?*

Para tentar discutir esta questão o professor foi extremamente cauteloso, demonstrando uma grande preocupação em explicar porque não era possível, para aquele nível de ensino, apresentar o último modelo formulado pelos cientistas para o átomo. Anunciando alguns conteúdos da Física Quântica e outros até mais familiares - em termos de denominações - se estendeu por um grande período de tempo para a justificativa pretendida. Os registros da transcrição deste trecho perfizeram três páginas

consecutivas de discurso do professor.

O professor parece ter contado, o tempo todo, com a quietude da turma, com o silêncio, mesmo sabendo, talvez, que alguns poderiam estar totalmente ausentes. O que deve ter passado em sua mente ao cogitar sobre isso? O que o impediria de mudar de postura para garantir mais participação?

### O ENSINO NA CLASSE 3

Antes de passarmos a considerar a análise proposicional feita, faz-se necessário caracterizar o conjunto de atividades desenvolvido nesta classe.

A classe 3 apresentou suas atividades de modo bastante diferenciado das duas precedentes, tendo em vista a adoção de uma proposta de ensino que implicava uma grande participação dos alunos junto ao material instrucional (1). Nesta proposta, a maioria das atividades deve ser cumprida por grupos de, em média, seis alunos. Eles se envolvem em experimentos, leituras de textos, preenchimento de tabelas e elaboração de respostas às questões vinculadas. A proposta visa também favorecer ao aluno condições de elaboração e discussão de suas idéias. São ainda incluídas tarefas específicas do professor, como a coordenação de discussões das idéias geradas e a demonstração de experimentos, dentre outras atividades.

Nas aulas desta classe os alunos se envolveram, inicialmente, em atividades que evidenciavam algumas propriedades dos constituintes da matéria (cargas elétricas e diferença de energia

de emissão de luz). Desenvolveram as idéias dos modelos atômicos até o de Rutherford-Bohr , a ele incorporando a existência de neutrons.

A partir das transcrições das aulas foi feita a análise proposicional da fala do professor e uma amostra desta análise se encontra no Anexo 3.

A Tabela 3 apresenta o número de ocorrência de proposições relativas às dimensões conceituais em cada aula e nos informa que a dimensão mais abordada e mais freqüente ao longo das aulas foi a de constituição. Ocorreram, a seguir, abordagens de outras propriedades do átomo e depois de conceito de modelo. O caráter de unidade só foi abordado duas vezes e a representação gráfica do átomo apenas uma. Esta Tabela também nos informa que o conteúdo correspondente às dimensões consideradas não foram abordadas nas aulas 5, 6, 7 e 8. A ocorrência de outras proposições correspondeu a aproximadamente 60% do total das proposições .

Tendo em vista o fato de os alunos da classe 3 utilizarem constantemente o material instrucional nas atividades de aula decidimos fazer a análise proposicional também do material instrucional. O número de ocorrência das proposições relativas às dimensões conceituais abordadas em cada aula, assim como exemplos, estão apresentados na Tabela 4.

---

(1) Da elaboração desta proposta e de sua aplicação experimental tendo em vista a sua adoção na escola desta classe, foram responsáveis esta pesquisadora e a professora Rosária S. Justi. A primeira aplicação se deu em 1985 e, aos poucos, outros professores foram envolvidos. Por ocasião da coleta de dados esta pesquisadora não mais supervisionava a implementação do projeto.

TABELA 3

Número de ocorrência (e exemplo) de proposições relativas às dimensões conceituais em cada aula do professor 3

Dimensão	Aulas				
	1 e 2	3 e 4	5 e 6	7 e 8	9 e 10
o caráter de unidade do átomo	1 <i>No modelo de Dalton a partícula é a última divisão da matéria</i>	1 <i>No modelo de Dalton a partícula é a última divisão da matéria</i>	-	-	-
a constituição do átomo	1 <i>No modelo de Dalton o átomo é uma partícula indivisível</i>	18 <i>O núcleo é responsável pela massa do átomo</i>	-	-	10 <i>Os elétrons estão ao redor do núcleo</i>
a representação gráfica do átomo	-	-	-	-	1 <i>O núcleo é uma parte muito pequena</i>
conceito de modelo	2 <i>É necessário fazer um novo modelo</i>	4 <i>Rutherford não pode mais se apoiar no modelo de Thomson</i>	-	-	-
outras propriedades do átomo	-	3 <i>Número atômico é o número de prótons existentes no átomo</i>	-	-	15 <i>O íon positivo chama-se cation</i>
outras proposições	10	56	-	-	22

A Tabela 4 apresenta, em relação ao material instrucional, o número de ocorrência das proposições relativas às dimensões conceituais abordadas em cada aula.

A dimensão constituição do átomo foi, nitidamente a mais enfatizada. Exceto nas aulas 5 e 6 o número de sua ocorrência foi significativamente alto em relação aos outros casos. A

TABELA 4

Número de ocorrência (e exemplo) de proposições relativas às dimensões conceituais do material instrucional em cada aula

Dimensão	Aulas				
	1 e 2	3 e 4	5 e 6	7 e 8	9 e 10
o caráter de unidade do átomo	1 <i>Os átomos constituem as substâncias</i>	-	-	-	-
a constituição do átomo	10 <i>O átomo é uma espécie neutra</i>	11 <i>O núcleo do átomo é responsável por sua massa</i>	1 <i>O movimento dos elétrons gera ondas eletromagnéticas</i>	6 <i>Prótons e neutrons estão localizados no núcleo</i>	34 <i>Os átomos tendem a permanecer com menor energia</i>
a representação gráfica do átomo	-	4 <i>Os elétrons ocupam praticamente todo o volume do átomo</i>	-	-	-
conceito de modelo	1 <i>O modelo de Dalton não explica a existência de corrente elétrica</i>	6 <i>Rutherford demonstrou a inconsistência do modelo de Thomson</i>	-	1 <i>O modelo de Rutherford não explica porque os elétrons não são capturados pelo núcleo</i>	1 <i>Bohr explicou porque os elétrons não colidem com os prótons no átomo</i>
outras propriedades do átomo	2 <i>As cargas positivas são chamadas prótons</i>	6 <i>Alguns tipos de átomos emitem partículas alfa</i>	-	-	14 <i>O estado de maior energia é o estado excitado</i>
outras proposições	27	37	4	-	40

abordagem do conceito de modelo, embora com uma baixa ênfase, foi freqüente em quase todas as aulas. A dimensão de o caráter de unidade do átomo apareceu somente uma vez. Verificamos que o número de ocorrência de outras proposições foi bem alto, relativamente às outras dimensões.

Dadas as peculiaridades do trabalho desenvolvido na classe 3,

as intervenções do professor foram de natureza diversa e, em um contexto onde ocorreu experimentação, mais ainda se diferenciou das classes precedentes. Tentamos, então, acompanhar a presença do professor, a sua postura, a maneira de intervir e o uso que fez do conhecimento implicado nessas aulas.

Para ilustrar nossas considerações recorreremos a alguns trechos em que registramos o trabalho entre os alunos, com ou sem interferências do professor, pretendendo configurar, assim, mais autenticamente, a abordagem do ensino nesta classe.

As primeiras circunstâncias que envolveram a abordagem da dimensão caráter de unidade do átomo chegaram simultaneamente às de conceito de modelo, quando, justamente, os alunos deveriam recordar o modelo de Dalton, para, a seguir, darem o próximo passo em relação à mudança do modelo. Observemos os seguintes diálogos:

*(Os alunos estavam respondendo ao questionário, após uma demonstração envolvendo a natureza elétrica da matéria)*

A4 Qual é o modelo de Dalton? O que que é isso?

Professor, vem cá!

P Fala. Dalton. Qual que é o modelo de Dalton? O modelo de Dalton é que o átomo é essa partícula - é a última divisão da matéria - essa partícula aqui indivisível.

A4 Ah! E.

A2 Ah! Professor, só isso?

P Então aqui você vai falar que é a última divisão da matéria. E aqui você vai precisar de quê?

A4 Dos elétrons.

P Então, você vai sentir necessidade de modificar...

P (...) Então, o que que vocês sentiram necessidade?  
O que que a gente tem necessidade?

A4 Fazer um novo modelo.

P Fazer um novo modelo. Vê que o átomo não é como Dalton pensava?

A2 Mas, por que não pode explicar a condução elétrica?

A3 Porque condução de corrente elétrica depende dos elétrons.

P Depende dos elétrons ou de partículas carregadas em movimento.

A3 Ah! Partículas carregadas.

(...)(Os alunos se voltaram para responder a questão: "Considerando o modelo de Dalton é possível explicar a propriedade da condução de corrente elétrica?")

A3 Ah! Dita aí S. .

A4 Não, pois ele considera o átomo como a menor divisão da matéria viva.(...) os prótons e os neutrons e as camadas de elétrons mais afastadas...Pode desenhar o modelo?

P Pode.

A1 Vamos desenhar os anéis, então. Olha, prótons, elétrons que são (?), neutrons com ao redor elétrons em várias camadas...(?) Ah! Um elétron livre, né.

A3 Não precisa colocar elétron livre. Elétron livre é da última camada.

Vimos, então, o professor dispor aos alunos as idéias constitutivas do modelo de Dalton. Como os alunos tinham assistido a demonstrações que evidenciaram a natureza elétrica das partículas da matéria, o professor sugeriu, indiretamente, que as idéias de Dalton não explicavam o fenômeno observado.

Se analisarmos com atenção a iniciativa que o aluno A4 teve

ao responder a questão apresentada pelo material (no final do texto transcrito), podemos verificar que, apesar da discussão anterior com o professor, não lhe ficou muito claro o porquê de se ter que abandonar o modelo. Afinal, dizer que "o átomo é a menor parte da matéria" é diferente de dizer que "Dalton não considerava partículas carregadas no átomo". O que o aluno continuou falando já fazia parte de uma outra atividade solicitada na questão seguinte, que era a de desenhar como ele imaginaria, então, o átomo. E, como se fosse inconciliável o aluno apresentar apenas uma idéia de um átomo divisível, com partículas carregadas, com o "modelo que ele já tinha", ele se preparou ( e se conduziu oralmente ) para desenhar o "átomo" com as partículas e a localização das mesmas.

Assim, esta representação gráfica, que consiste em uma das dimensões de nosso interesse, é assumida pela primeira vez pelo aluno e não pelo professor ou pelo material.

Ainda durante as aulas que envolveram as discussões sobre o modelo de Rutherford, já próximo ao seu final, os alunos foram solicitados a , mais uma vez, desenharem como imaginavam ser o átomo. Novamente vamos observar que parece ter-lhes sido impossível se despirem das idéias que traziam sobre o átomo, para traduzirem uma representação condizente com uma hipótese plausível de ser proposta com apenas os dados do experimento de Rutherford:

A<sub>1</sub> Como é que a gente vai colocar?

A<sub>2</sub> E. As partículas positivas representadas no núcleo e as negativas

A<sub>3</sub> ao redor.

- A<sub>1</sub> Na membrana.
- A<sub>2</sub> Tem os neutrons, né, que vão absorver...
- A<sub>3</sub> Fica assim, ó (desenhando)...os neutrons e...
- A<sub>2</sub> Não, fica prótons e neutrons no núcleo e elétrons em várias camadas ao redor, os dois juntos.
- A<sub>1</sub> Então tá. A gente vai desenhar.
- A<sub>3</sub> Prótons, neutrons e elétrons...
- (O grupo desenha)
- A<sub>1</sub> Qual que é o símbolo de neutrons?
- A<sub>3</sub> Neutrons é n.

Estes registros justificam, a nosso ver, a quase ausência da dimensão representação gráfica atribuída ao professor. A medida que assistimos os alunos se dedicando à representação do átomo, verificamos também que, automaticamente, recorreram a categorias da dimensão constituição do átomo para cumprirem a tarefa. Neste caso, foi interessante verificar que as concepções que os alunos usaram não tinham sido ainda abordadas quer pelo professor, quer pelo material instrucional. Observamos que os conceitos trazidos pelos alunos "invadiram" explicitamente o campo de conceitos ao qual eles foram expostos durante os trabalhos em sala. Também constatamos a influência do trabalho de outra disciplina nas discussões sobre uma outra categoria de constituição : a carga elétrica das partículas. O seguinte diálogo ilustra com que categorias os alunos convivem para comporem um "novo" modelo para o átomo:

- A<sub>1</sub> A primeira é a de cá: "O que que você entende por corrente elétrica?"
- Deslocamento de prótons e elétrons.
- A<sub>2</sub> Não!

- A<sub>1</sub> É sim!
- A<sub>2</sub> Prótons não desloca não, S. .
- A<sub>3</sub> Deslocamento de elétrons. Não viu o professor de Física explicar? Então deslocamento de prótons tá errado.
- A<sub>4</sub> Prótons se deslocam sim.
- A<sub>2</sub> Desloca?! O que que você colocou, S. ?
- A<sub>1</sub> É...
- A<sub>4</sub> Deslocamento de elétrons livres.
- A<sub>5</sub> Da última camada.
- A<sub>4</sub> E. Das últimas camadas.
- A<sub>4</sub> Não, é sim. Eu estudei isso o ano passado.
- A<sub>3</sub> É o que tá mais longe do núcleo.
- A<sub>4</sub> Mais longe do núcleo. Mas tem menos.
- A<sub>3</sub> Todo elétron tá fora do núcleo.
- A<sub>4</sub> Então tem pouca atração. Então ele sai fácil do núcleo.
- A<sub>3</sub> Então tá. Então como é que vai ficar?
- A<sub>1</sub> Deslocamento dos elétrons livres...
- A<sub>4</sub> das últimas camadas.
- (...)
- A<sub>1</sub> Não é do polo negativo para o polo positivo?
- A<sub>2</sub> Uns falam que é do polo negativo para o positivo, uns falam ao contrário. É a maior bagunça

A idéia de "carga elétrica", como vimos, foi também abordada pela Física. Lá, o professor deve ter falado em elétrons livres e, provavelmente só lidaram com condutores metálicos. A eletricidade "ensinada" pelos físicos está fundamentalmente "ligada" a sólidos. Ora, os alunos da Classe 3, em sua primeira atividade da unidade sobre o átomo, assistiram a uma demonstração experimental onde o fenômeno "eletricidade" ocorria em solução, em líquidos! Terá sido isto acessível

facilmente? Estaria certo o professor de que o fenômeno foi compreendido?

O trecho é revelador, para nós, de que pode haver um equívoco na proposta da questão. Se foi realmente planejada para "fotografar" passo a passo as idéias dos alunos como se eles estivessem concebendo o modelo a partir de cada experiência anunciada, o desenho que este aluno deve ter feito revelará que a origem de suas idéias procede de um processo reverso ao que o material pretende conduzir. O aluno parece não ter conseguido "fazer de conta" que pensou em etapas. Ele demonstrou ter um conhecimento prévio de um modelo atômico e que as condições de trabalho promovidas pelo material foram atendidas ilusoriamente. Provavelmente, ao ter examinado as respostas do questionário da classe, o professor não deve ter-se dado conta desse desencontro. Imbuído da lógica estrutural da proposta, a expectativa do professor pode não detectar que os resultados dos alunos correm o risco de ficar "mascarados", não revelando se o que realmente foi compreendido foi ou não o desejável.

Considerações dessa natureza sugerem que o trabalho do professor, nesta proposta de ensino, demanda um constante acompanhamento e discussão do que os alunos registram ao darem cumprimento às tarefas. Nesta classe, além disso, observamos que o professor parecia demonstrar uma grande confiança no material instrucional e em decorrência, acreditar que as respostas dos alunos corresponderiam aos objetivos propostos. Isto inferimos pelas suas atitudes: devolvia os relatórios dos alunos sem comentá-los com eles e se restringiu à apresentação de poucas

proposições na abordagem das dimensões.

Como vimos, pouco falou do caráter de unidade do átomo. Quanto às categorias da dimensão de constituição verificamos que abordou as idéias contidas exclusivamente nos modelos do átomo, passando rapidamente de um para o seguinte, enfatizando principalmente o fato de que um era superado pelo próximo. Devido ao tipo de atividade experimental, fez comentários sobre o comportamento dos elétrons em função das diferenças de energia entre os níveis para dar fundamentação às manifestações do movimento dessas partículas. Como já mencionamos, deixou aos alunos a tarefa de desenvolverem as idéias da dimensão representação gráfica. A abordagem de outras propriedades envolveu categorias relacionadas marcadamente à formação de íons. A dimensão conservação não foi abordada.

### A INTERAÇÃO PROFESSOR-ALUNO NA CLASSE 3

Considerando a natureza do trabalho desenvolvido nesta classe devemos reconhecer e relevar a interação de pares. Desta forma podemos destacar alguns aspectos ocorridos durante os trabalhos em grupo que são indicadores de características do processo ensino-aprendizagem, mais facilmente evidenciados quando se registra esse tipo de interação. É possível verificar, também nesta situação, como ocorreu a intervenção do professor.

Na maioria das vezes, durante o trabalho em grupo, o professor foi realmente prescindível. A interação de pares, por

ocorrer em um mesmo domínio de linguagem parece favorecer, freqüentemente, a disposição e resolução de dúvidas. O seguinte trecho, registrado durante um experimento de "teste de chama", ilustra esta instância:

A3 "Por que a cor só aparece quando as substâncias são colocadas na chama?"

A1 Porque a chama eleva elas a um nível maior de energia.

A3 O quê?

A1 A chama eleva os elétrons da substância a um nível maior de energia. Aí na...que eles voltam ao nível certo, eles voltam emitindo energia daquela cor.

A3 Na forma de...

A2 Não entendi.

A1 Olha só : eu tenho aqui um átomo e aqui aquele tantão de órbitas.

A2 Aham.

A1 Aí, esse aqui sobe esse nível e esse nível. Pra ele voltar - ele está cheio de energia - ele tem que liberar energia, né. Ele libera energia aqui de uma cor, aqui de outra cor.

A2 Mas não é quanto mais próximo do núcleo mais energia ele vai ter?

A1 Não. Mais energia que o núcleo vai tá puxando ele. Vai ser mais difícil dele se desprender.

A2 Ah! Mas pois é: quanto mais próximo do núcleo mais energia o elétron vai ter...

A4 Não! A carga do elétron...é...fraquinha.

A2 Então por que que ele tem que liberar energia?

A1 Porque aí ele foi estimulado - ele recebeu energia. Por isso que ele subiu.

A3 E, porque...

A1 Ele tem a energia dele. Ele recebeu...

A3 Porque o átomo tem uma energia mínima. Ele recebeu uma energia externa que é a energia da chama. Então aí ele sobe ao nível mais elevado e aí vai retornar ao seu nível, vai ter que liberar energia e aparece a cor.

A1 Isso.

(Os alunos escrevem)

Assim, não tendo havido constrangimento nas manifestações de incompreensão dos fatos, os alunos trocaram as informações que dispunham até construírem, em consenso, uma resposta à questão solicitada, mesmo na ausência da colaboração do professor.

A presença do professor nas discussões dos grupos se caracterizou através de vários tipos de ocorrência.

Consideremos, por exemplo, o seguinte trecho, registrado durante uma atividade em que alunos discutiam as etapas de um experimento descrito de Rutherford:

A5 E o que você pode supor sobre a lâmina de ouro? Que ela não...

A2 Que ela é condutora.

A3 Que ela não é uma barreira.

A1 Como é a letra a mesmo?

A3 Que as partículas alfa carregadas positivamente caminham em linha reta.

A5 A lâmina de ouro não... não...

A2 Não o quê?

A5 interfere (?) na trajetória.

A3 Mas por que pos essa lâmina de ouro?

A4 (Risos) Ué, pra participar do experimento científico (?).

A3 Se ela não interfere, pra que que ele pôs?

A4 E. Ué... deve ser né.

*A6 Professor!*

*(O professor se aproxima)*

*A3 Por que que ele põe a lâmina de ouro?*

*P Por que que ele põe a lâmina? Nós estamos pensando, nosso objetivo é o quê? Analisar o átomo. Então nós vamos ver se o modelo de Thomson vai continuar. Rutherford tá trabalhando com a idéia de Thomson e ele tá trabalhando dessa maneira. Então, se o átomo de ouro for igual Thomson imaginava, as partículas iam passar? Isso você vai pensar.*

Como vimos, um aluno levantou uma dúvida a respeito de um fato aparentemente aceito. Quando o questionou ficou evidente que nenhum deles sabia a razão. Se ninguém tivesse levantado a questão, certamente a compreensão desta etapa iria ficar comprometida. O alerta de um aluno acordou o questionamento nos outros. Recorrendo ao professor, este lhes dispôs algumas informações já conhecidas, com apenas uma nova relação, aparentemente não deduzida pelos alunos. A partir daí o professor se retirou, confiando o avanço do raciocínio dos alunos a esta re-disposição de fatos.

Em outras situações assistimos a aproximação do professor, também por solicitação dos alunos, de maneira diferenciada. Foi o caso, por exemplo, do registro de uma discussão sobre a diferença entre a energia cinética de partículas nos diferentes estados de agregação de uma substância. Quando o professor foi chamado não dispôs informações. Em vez disso, desafiou, inicialmente, os alunos através da repetição de uma pergunta:

*A4 Energia cinética, J. ! Ela quer saber a energia*

*cinética!...*

*(O professor se aproxima por solicitação)*

*P O que que aconteceu com a energia cinética?*

*A<sub>3</sub> Que no estado sólido a energia cinética é bem menor, né? Entendeu, P. ? Pela cara dele, entendeu não!*

*P (?)...propriedades, né?*

*A<sub>3</sub> (?)...fundido, né?*

*P Por quê? Por que que aumenta a energia cinética, ehm M. ? Por que aumenta a energia cinética?*

*A<sub>4</sub> Quando tá líquida tá mais distanciadas - elas podem andar mais.*

*P Mais distanciadas, tem mais espaço, né!*

Pareceu-nos que o professor percebia que o grau de dificuldade dos alunos não era tão elevado a ponto de impedi-los de, por si mesmos, resolverem a questão. Não sentiu necessidade de responder-lhes. Acompanhando o final do diálogo podemos verificar, além do mais, que a última intervenção do professor não foi a de apresentar novamente a pergunta, mas a de redispôr a resposta do aluno com outras palavras. Assim fazendo, provavelmente conciliou o raciocínio dos alunos que, a seguir, passaram a registrar por escrito a resposta da questão da atividade.

Quando os alunos se reuniam em plenário, a tarefa do professor não mais se caracterizava por intervenções incidentais. Neste caso, ele reunia os resultados trazidos pelos grupos promovendo as conclusões mais gerais a propósito do tema desenvolvido.

Um trecho que ilustra esta abordagem ocorreu ao discutirem, passo a passo, os resultados da experiência de Rutherford:

P Completando aqui, olha lá o que aquele grupo falou, vocês escutaram?

A<sub>1</sub> Não!

P Que deve ter alguma coisa positiva para repelir a carga. Carga de quem? Da partícula alfa positiva. O que que vocês querem completar aí?

A<sub>2</sub> (?)

P As partículas bem espaçadas entre si. Um átomo do outro que vocês estão falando?

A<sub>2</sub> E.

P Um átomo do outro. E aí? Que que vocês falaram?

A<sub>x</sub> (?)

P Que entre os átomos existem espaços vazios, vazios que permitem a passagem das partículas alfa. Então olha aí a nossa analogia com o nosso modelo. A lâmina de ouro representando a rede. As partículas alfa - as bolinhas. Então, por que que elas passavam? Por causa dos buracos vazios. (Os alunos respondem mais ou menos em eco) Então eu volto a pergunta. Dava pra Rutherford continuar com o modelo de Thomson?

A<sub>1</sub> Não!

P Não. Por que o modelo de Thomson, o que que acontecia? O átomo tinha densidade uniforme. Não tinha, então, esses espaços vazios. Tudo junto - densidade uniforme, cargas positivas e negativas. Rutherford continuou - o que que ele fez? (...)

Vimos, portanto, o professor congregando as contribuições dos grupos para dar um fechamento provisório e dispor o conhecimento adquirido para a formulação de uma nova questão.

Verificamos, assim, que, quer seja em grupos menores, quer seja em plenário, a ação do professor se manifestou em várias estratégias. Ora se opondo ao aluno, deixando-o conviver com um

certo desconforto, ora negociando a reformulação das respostas obtidas, o professor colaborou para a diversidade de situações do encontro do aluno com o objeto de conhecimento, o que contribui para a ocorrência da aprendizagem.

### 3.3. CARACTERIZAÇÃO DO ENSINO NAS CLASSES

Através da consideração do número total de proposições por dimensão, apresentadas ao longo das aulas de cada classe, calculamos o percentual correspondente a cada valor, considerando o número total de proposições (somando os parciais de todas as dimensões relativas ao conceito átomo. Portanto deste total estão excluídas as outras proposições). Com este resultado construímos um diagrama para comparar os percentuais, relativos à cada dimensão, para cada classe. A Figura 1 apresenta o diagrama desses percentuais. Para cada dimensão há um conjunto de três colunas, cada uma correspondendo a uma classe.

Com este diagrama esperamos ter configurado mais diretamente a variação de ênfase ocorrida tanto entre as dimensões na mesma classe, quanto entre essas.

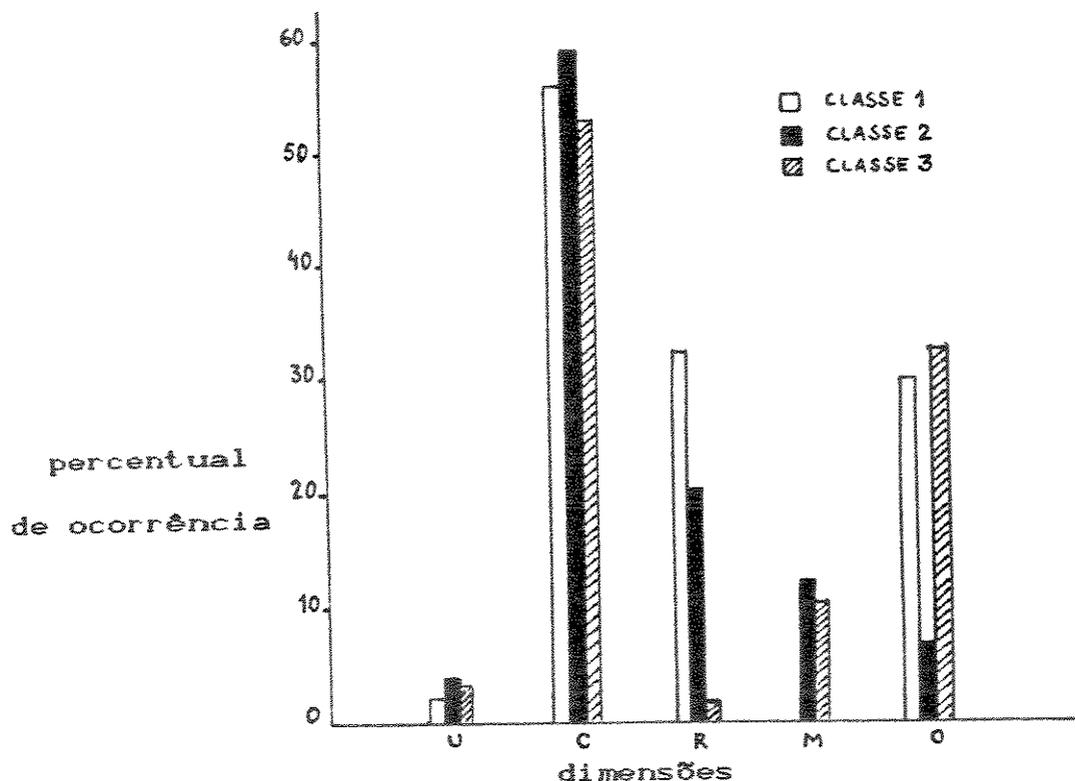


Figura 1

Representação dos percentuais de ocorrência das proposições das dimensões conceituais nas três classes  
 Legenda: U= o caráter de unidade; C= a constituição do átomo  
 R= a representação do átomo; M= conceito de modelo;  
 O= outras propriedades do átomo

Assim vemos o domínio da abordagem do ensino, apesar de diferenças nos procedimentos pedagógicos, recaindo sobre a dimensão constituição do átomo. Em oposição, é quase insignificante a abordagem do caráter de unidade. Foram essas duas dimensões que guardaram uma homogeneidade de abordagem entre as classes. Nas outras ocorreram resultados díspares. Nas classes 1 e 2 a dimensão de representação gráfica foi enfatizada de forma relativamente semelhante, enquanto na classe 3 quase não foi abordada. O conceito de modelo, ausente no ensino da classe 1, foi abordado em proporção equivalente nas classes 2 e 3. Nas classes 1 e 3 outras propriedades do átomo foram enfatizadas, enquanto na

classe 2 mereceram pouco destaque.

Ao verificarmos a nítida prevalência dos números de proposições apresentadas na dimensão de constituição sobre os números das demais e, considerando que os números obtidos não registram repetições na mesma aula, deparamo-nos com a hipótese de ter havido uma franca predileção dos três professores pela alternativa de detalhar a constituição do átomo.

Devido ao grande número dessas proposições foi conveniente procedermos a uma análise de seus conteúdos e reuni-los em temas para tecermos algumas considerações.

Assim podemos dizer que as proposições sobre a constituição do átomo na Classe 1 foram apresentadas dentro dos seguintes temas:

- \* a divisibilidade do átomo
- \* a composição do átomo em núcleo e eletrosfera
- \* a constituição do átomo por prótons, elétrons e neutrons
- \* as características e propriedades dessas partículas
- \* a constituição e características do núcleo
- \* a constituição da eletrosfera e os níveis
- \* características e propriedades dos níveis de energia
- \* as transições eletrônicas e a energia envolvida
- \* a formação de íons
- \* número atômico e número de massa
- \* o orbital
- \* os sub-níveis : notação, capacidade de elétrons e de orbitais
- \* a dualidade partícula-onda do elétron
- \* princípios para a observação do comportamento do elétron

\* números quânticos

Em relação à Classe 2 verificamos que as proposições sobre constituição abordaram os seis primeiros temas dos anteriormente mencionados e também os seguintes:

\* idéias dos antigos sobre a constituição do átomo

\* idéias dos cientistas do século passado e do princípio deste sobre a constituição do átomo

Em relação à Classe 3 observamos a coincidência dos seis primeiros temas já citados com algumas diferenças no aprofundamento das abordagens. O número atômico e o número de massa também foram assuntos de proposições. O ensino também abordou, como na classe 2, idéias dos cientistas do século passado e do princípio deste, embora de forma bem diferenciada. Especificamente diferente aqui se incluiu o estudo de:

\* fenômenos associados ao movimento dos elétrons entre os níveis.

Ao analisarmos as proposições da dimensão de constituição do átomo, no que respeita a propriedade massa, pudemos constatar um resultado intrigante: proposições relativas a esta categoria foram muito raras quando comparamos o seu número ao total de proposições desta dimensão. Na classe 1, em 80 proposições apenas três foram feitas, cada uma delas se referindo à massa de cada um dos três constituintes básicos do átomo. Na classe 2 os dados não foram tão escassos: 18, em 110 proposições envolveram categorias atribuindo massa a não somente aos constituintes, mas também ao núcleo do átomo. Na classe 3 uma das 29 proposições da dimensão constituição foi sobre a massa do núcleo e das 62 do material instrucional, somente quatro proposições relacionaram massa ao núcleo do átomo ,

ao próton e ao neutrón. Com esta baixa ênfase à propriedade massa do átomo, e com a informação sobre o vazio nele existente, podemos supor que a configuração que gradativamente ia sendo composta através do ensino deveria contribuir para um grande conflito entre esta partícula abstrata e imponderável e a concretude da matéria. Assim como constatamos a baixa ênfase no aspecto da massa dessas partículas, verificamos a tendência marcante na abordagem de aspectos relacionados à carga das sub-partículas e à sua organização no átomo.

A caracterização da eletrosfera foi, talvez, o aspecto que mais se diferenciou quanto à forma em que foi tratado. O professor 1 abordou informações sobre os números quânticos para estabelecer regras de preenchimento dos níveis por elétrons. Foi o único que as empregou no ensino do átomo. O professor 2, sob este aspecto, não ultrapassou a informação de que existem órbitas para os elétrons e aproveitou o conhecimento prévio dos alunos sobre a indicação das órbitas e o número máximo de elétrons em cada uma. O trabalho do professor 3 já envolveu, na diferenciação de energia entre os níveis, experimentos que favoreceram a evidência deste fenômeno.

Considerando a natureza das dimensões conceituais aqui tratadas, é bem evidente que a de constituição envolve um grupo de atributos bem mais estabelecidos tradicionalmente no ensino do que as outras. Provavelmente a natureza classificatória de muitos dos atributos ou a sua organização propedêutica (hierárquica) atraem o professor (e por que não dizer o aluno?) na determinação, muitas vezes automática, do conteúdo a ser ensinado (e estudado).

Além disso, muitas vezes assistimos uma certa pressão do sistema de ensino estabelecido em geral sobre "o que deve ser ensinado" sobre átomo . É evidente que falar de elétrons, prótons e neutrons , suas propriedades e características confere muito pouco "status" ao programa e ao "saber" do professor. Números quânticos e orbitais , no mínimo, são termos muito mais modernos e chegam a inspirar mais segurança pois parece estar-se aprendendo "o mais atual", "o mais certo".

Segundo o nosso critério o caráter de unidade do átomo é certamente uma dimensão conceitual cuja formulação envolve, basicamente, um só atributo. Não se pode esperar um conjunto amplo de proposições relacionando átomo e matéria, embora os exemplos existentes possam se referir a diferentes substâncias. Outras variações passíveis de serem encontradas ocorrem devido a diferentes ilustrações da idéia. Por exemplo, a diferença da proposição "segundo Dalton a matéria é constituída de átomos" para " a matéria é constituída de átomos" não está no conceito mas na sua contextualização histórica.

Não nos surpreenderam, pois, os dados obtidos nas três classes em relação a essa dimensão. Entretanto, é impossível não nos determos sobre o fato de que uma vez tendo sido abordada a dimensão - apresentada nas primeiras aulas - a tendência foi não mais retomá-la. Evidentemente, o foco da abordagem foi mesmo o átomo. Não deveria deixar de sê-lo, podemos dizer. A medida que, entretanto, se aprofundou a abordagem sobre o estudo do átomo, ao longo das aulas, pareceu-nos que ele foi deixando de ser um constitutivo da matéria, se constituindo, cada

vez mais, em um "todo" quase absoluto. O desaparecimento e a omissão de relações passíveis de serem feitas entre o átomo e a matéria levou-nos a cogitar sobre prováveis dificuldades a serem observadas nas concepções da matéria e do modelo do átomo por parte dos alunos. Diríamos que, uma vez adotado o modelo de descontinuidade, as concepções sobre a matéria e sobre a sua unidade são inseparáveis. O conceito de átomo ou de matéria são dois dentre vários existentes (e ainda por existirem) que se constituem em caminhos diferentes para nos aproximarmos de um mesmo dado - a natureza. São dois pontos de partida que se configuraram diferentes pela própria história das Ciências e desenvolvimento tecnológico e que atendem à busca do conhecimento segundo as conveniências configuradas pelas atividades intelectuais do homem. A superioridade de um conceito sobre o outro só pode ser assumida se estivermos adotando os preconceitos de valorização diferenciada dos momentos da humanidade no curso de sua existência cronológica e se admitimos as mudanças tecnológicas sempre como desenvolvimento progressivo ou monotônico das Ciências.

Sobre estas considerações lembramos aqui o pensamento dialético que afirma nunca haver pontos de partida absolutamente certos, nem problemas definitivamente resolvidos. O conceito de átomo, segundo esta visão, só terá o seu verdadeiro significado se assumido no conjunto, da mesma forma que a matéria só pode ser reconhecida pelo progresso do conhecimento do átomo. O pensamento sobre esses fatos (entidades) não pode avançar em linha reta. Sintetizando nossos argumentos, reportemo-nos a Goldman (1967)

quando afirma que "a marcha do conhecimento aparece assim como uma oscilação entre as partes e o todo, que se devem esclarecer mutuamente"(p6).

Ao considerarmos as abordagens que assistimos ocorrer em relação à dimensão conceito de modelo, podemos afirmar que, apesar de enfatizarem diferentemente, os três professores apresentaram a idéia de modelo com um caráter dedutivo. Segundo eles, os cientistas fizeram experiências e a partir dos resultados destas ocorria a mudança nos modelos.

Outro aspecto que ficou muito associado ao conceito de modelo foi o de sua atribuição aos cientistas. Por causa desta atribuição restrita acreditamos que a idéia sugerida foi a de existirem somente os modelos de Dalton, Thomson, Rutherford ou até outros, desde que associados a cientistas e estabelecidos no domínio do conhecimento aceito. Não houve, em qualquer circunstância, a manifestação de que o professor considerava a possibilidade de cada um participar da elaboração do seu próprio modelo ou de que também é relevante considerar modelos possíveis de serem propostos pelos alunos.

Em decorrência da provável conceituação de modelo restrito a certos cientistas, esvaziou-se o significado que representação do átomo teria em sala de aula, para os professores 1 e 2. As representações gráficas eventuais não mereceram destaque e, sobre elas, nada se discutia com os alunos, nem mesmo para buscar confirmação de que tinham-nas compreendido. Na classe 3, as representações ficaram a critério dos alunos e não foram discutidas ou compartilhadas em sala através de uma apresentação

geral, por exemplo.

Assim se configurou, em geral, o conteúdo do ensino de átomo. Foi possível verificar que ele foi diferente em cada uma das três classes, assim como também foi diferente o tipo de interação ocorrida entre professor e aluno. O professor da classe 1, preocupado em manter a participação dos alunos em sua exposição, a eles se dirigia muito através de perguntas. Pode-se constatar entretanto que as perguntas existiram principalmente para selecionar respostas corretas que permitissem um andamento à sua exposição e não para se inteirar do que o aluno sabia. O professor 2 procurou, por sua vez, solicitar que os alunos expusessem suas idéias e algumas vezes nelas baseou sua exposição. Muitas das interferências do professor foram no sentido de garantir a atenção dos alunos à sua exposição. Entretanto, eram poucos os alunos que realmente participavam da aula através de interlocuções com o professor. Nos dois casos os professores queriam "passar" os conceitos corretos para o aluno e confirmar as manifestações de recepção adequada. O lugar do aluno era o de receptor, que devia reproduzir informações. O processo ensino-aprendizagem ocorreu, então, num movimento de transmissão-reprodução. Na classe 3, sem dúvida, os alunos foram mais ativos. Contudo, pesou-lhes muito a iniciativa de aprender. O professor colaborou em várias circunstâncias mas se distanciou do objeto de conhecimento. Ao assumir que o aluno deveria trabalhar independentemente dela, resolvendo quase sempre só em grupo as dúvidas que surgiam, adotou uma postura omissa quanto à disposição do conhecimento para a classe. Isto concorreu para um empobrecimento das abordagens

eventuais do conteúdo. Se, nos dois casos precedentes, podemos dizer que o ensino foi tradicional, assumindo um aluno passivo, na classe 3 o aluno desempenhou um papel mais ativo tendo chance de viver diferentes estratégias de encontro com o objeto de conhecimento. Todavia, este ainda não parece ter sido adequadamente mediado pelo professor.

Em face dessas três situações de ensino, como terá a mente dos alunos desenvolvido a aprendizagem do conceito átomo? O que terão apropriado e construído a respeito da idéia de modelo? Como os alunos vão representar o átomo que lhes foi ensinado? Com quê e como a vivência na escola contribuiu para o desenvolvimento deste conceito?

As idéias dos alunos foram, então, pesquisadas e os resultados estão apresentados e discutidos a seguir.

## 4 . CONCEPÇÃO DOS ALUNOS SOBRE ÁTOMO

### 4 . 1 . ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

#### CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS RELATIVAS AO QUESTIONÁRIO

##### Questionário piloto

As primeiras idéias para a elaboração do questionário destinado ao levantamento de dados sobre a aprendizagem nos levaram à seleção de duas questões que foram aplicadas a 28 alunos de uma classe de 1o. ano de 2o. grau de um colégio técnico da rede pública, em Belo Horizonte, Minas Gerais. A aplicação se deu logo após a finalização das aulas sobre o assunto. (Esclarecemos que o professor e os alunos desta classe não participaram de qualquer outra etapa do presente trabalho e que a aplicação ocorreu previamente à coleta de todos os demais dados.)

Os alunos receberam duas folhas de papel em branco e seu próprio professor escreveu na lousa as questões para que pudessem responder individualmente. Aos alunos foi esclarecido que as questões não tinham nenhum caráter avaliativo e que apenas objetivavam um diagnóstico sobre como o assunto átomo era compreendido, para fins de pesquisa em ensino. Foi-lhes facultada a identificação nominal da sua resposta.

Os itens que compuseram o questionário piloto foram os seguintes:

- 1 . Que dúvidas você tem a respeito do assunto " átomo" ?
- 2 . O átomo é como...

Quanto ao primeiro item a grande maioria dos alunos escreveu mais do que uma pergunta para expressar suas dúvidas. Através de uma análise geral da natureza dos questionamentos explicitados pudemos agrupar as dúvidas nos tipos descritos a seguir:

Houve perguntas sobre a descoberta e origem do átomo e partículas sub-atômicas, como por exemplo : "Como foi descoberto o átomo se ele é invisível?", "Por que deduziram que existia átomo?"

Outras se referiram ao processo de investigação sobre o átomo e as partículas sub-atômicas: "Como é feita a divisão do átomo?", "Como foram descobertos os níveis recentes de energia?", "Tem-se pesquisa para descobrir os quadrados em branco?"

As demais perguntas foram relativas a curiosidades sobre propriedades e aspectos relacionados às partículas sub-atômicas, radioatividade e explosão atômica.

As respostas dos alunos ao segundo item mostraram que a forma vaga de apresentação da questão proporcionou manifestações bem diversificadas, através de desenhos isolados, desenhos com explicações e formulações escritas sem desenhos.

Em relação às formulações escritas obtivemos principalmente descrições da constituição atômica por outras partículas e caracterização das partículas, descrição de analogias do átomo com, por exemplo : sistema solar, planeta Saturno, monte de vagalumes girando, pai rodeado de filhos, bolo incrustado de ameixa.

Os desenhos obtidos mostraram representações de diferentes tipos: núcleo circular contendo partículas ou seus símbolos, rodeado por círculos ou elipses com elétrons ou por "núvem" (correspondendo a região de elétrons). Houve uma representação do sistema solar com mais de um planeta em uma mesma órbita.

#### A composição do questionário

Através da análise das respostas dos alunos, obtidas no teste preliminar, pudemos reconhecer que, para diagnosticarmos as idéias dos alunos sobre átomo não era suficiente buscá-las através das dúvidas expressas, nem este dado, era adequadamente complementado pelas explicações e desenhos obtidos no segundo item. Procuramos, então, desenvolver um instrumento mais amplo, com questões que proporcionassem mais condições para o aluno explicitar suas idéias sobre átomo. O conteúdo das dúvidas expressas pelos alunos nos conduziram a procurar enunciar questões mais diretas relativamente às dimensões conceituais de interesse para o estudo. A seguir descrevemos o roteiro do questionário elaborado e apresentamos a justificativa para os diversos itens do roteiro.

Objetivando extrair a enunciação do conceito de átomo que o aluno tinha e a sua representação por desenho, foram propostas as seguintes questões:

- " Explique o que você entende por átomo. "
- " Faça um desenho de como você imagina o átomo e descreva as partes que compõem o desenho. "

Para tentarmos obter do aluno a formulação de suas idéias a respeito da concepção do átomo como modelo e concepção da construção do conhecimento científico, incluímos as questões:

"Como as idéias dos cientistas a respeito do átomo foram mudando até chegar à teoria atual?"

"O que você acha que ainda pode mudar nos conhecimentos que os cientistas têm do átomo?"

Mantivemos a questão que solicitava a indagação de dúvidas sobre o assunto, admitindo que as questões anteriores poderiam não abranger os aspectos desejados.

"Quais as dúvida que você tem sobre as idéias que estudou em relação ao átomo?"

Para que pudéssemos verificar se o aluno apresentaria a idéia de conservação do átomo, a permanência de atributos que ele próprio formulou para o átomo isoladamente propusemos, ainda, esta questão:

"Suponha que você tenha um pedaço de arame de ferro. Imagine que você possa isolar, deste arame, um átomo de ferro. Suponha, agora, que você aqueça um outro pedaço de arame, também de ferro, até ele ficar em brasa. Imagine que você possa isolar, deste arame em brasa, um átomo de ferro.

Considerando estes dois átomos de ferro - um do arame frio e o outro do arame em brasa - você acha que eles são iguais ? Por quê ? Ou são diferentes? Em quê ?"

Uma última questão foi apresentada objetivando verificar se o aluno, estudando o átomo, percebe, de alguma forma, que do estudo do átomo pode decorrer a sua aplicação para a compreensão de estudos posteriores na Química. A questão foi :

"Qual a importância do estudo do átomo para outras aprendizagens na Química?"

A ausência de respostas e as formulações extremamente vagas obtidas nos levaram a abandonar esta questão na análise. Acreditamos que tal característica nas respostas refletiu a desarticulação com que vem sendo abordados os conteúdos no ensino de Química e, segundo os dados de ensino, à forma do tratamento do conceito átomo como entidade isolada: seu estudo voltado para ele próprio.

Este questionário foi aplicado aos alunos após ter sido ministrado todo o conteúdo relativo ao conceito átomo na unidade correspondente em cada classe.

Os alunos foram liberados por um período de, no mínimo 15 minutos, sendo de aproximadamente 10 minutos o tempo médio consumido para responderem.

Como ocorreu na aplicação do instrumento piloto, antes de entregar-lhes o questionário enfatizamos a sua desvinculação do propósito de avaliação de desempenho e a importância de que fosse respondido com a maior autenticidade possível.

Os números de alunos que responderam o questionário nas classes 1, 2 e 3 foram, respectivamente, 23, 31 e 28.

As respostas dos alunos foram inicialmente submetidas a uma análise proposicional. A seguir essas proposições foram relacionadas em categorias de concepções de forma a nos permitir uma organização mais geral e econômica de dados. Na análise, buscamos identificar tais categorias para cada uma das dimensões conceituais de interesse, focalizadas no presente trabalho.

A análise dos desenhos feitos pelos alunos também foi tomada na análise de proposições. Seus conteúdos foram examinados e combinados com outras respostas para se obter proposições representativas.

Ocorreu, naturalmente, que diferentes proposições proposições um mesmo aluno puderam ser atribuídas a diferentes categorias de uma mesma dimensão porque afirmavam coisas diferentes sobre um mesmo aspecto. Em outros casos as respostas dos alunos foram vagas, não permitindo a configuração de qualquer concepção. Eventualmente, deixavam questões em branco. Desta forma, os números de sujeitos que figuram em cada dimensão nos dados a serem apresentados não coincidem com o número dos que responderam ao questionário.

### CONCEPÇÕES DOS ALUNOS NA CLASSE 1

A Tabela 5 apresenta o número de alunos em cada categoria de concepção, relativamente a cada dimensão. Para complementar os dados e esclarecer as categorias relativas à representação, incluímos, em seguida, a Figura 2, onde estão reproduzidos os desenhos feitos pelos alunos ao representarem o átomo.

Nas várias dimensões focalizadas, exceto na relativa à conservação, as categorias de concepção apresentaram certa dispersão: as mais freqüentemente manifestadas corresponderam a respostas de menos da metade dos alunos. Isso reflete diferenças esperadas na apropriação do conhecimento e indica que as sistematizações oferecidas em sala de aula não haviam sido

Tabela 5

Número de alunos por categorias de concepção relativas a cada dimensão do conceito átomo, na classe 1

Dimensão	Categorias de concepção	Alunos N = 23
O caráter de unidade	.Átomo é a menor parte da matéria	12
	.O átomo constitui a matéria	2
A constituição do átomo	.O átomo é uma partícula pequena	6
	.O átomo tem núcleo e eletrosfera	16
	.No núcleo existem prótons e nêutrons e na eletrosfera existem elétrons	7
	.O átomo tem nêutrons, elétrons e prótons	6
	.Os elétrons têm carga negativa	2
	.O átomo tem partículas carregadas eletricamente	4
A representação gráfica do átomo	.Núcleo e eletrosfera em círculos ou elipses	10
	.Núcleo e eletrosfera em uma só região	6
	.Círculo	5
	.Objeto (ovo, barra de ferro)	3
Conceito de Modelo	.Conhecimento que pode ainda ser transformado	8
	.Evolução de conhecimento através de experiência	6
	.Representação do modelo determinada por acumulação de conquistas	3
	.Conhecimento transformado até a idéia atual que é verdade atingida	3
Conservação	.Não há mudança nos átomos	17
	.Há mudança nos átomos	6

plenamente aprendidas ou consolidadas.

As respostas relativas ao caráter de unidade do átomo mostram uma visão aproximada do que é admitido cientificamente. É surpreendente o número de alunos que apresentam proposições nesta dimensão, considerando que, nas aulas, o número de proposições

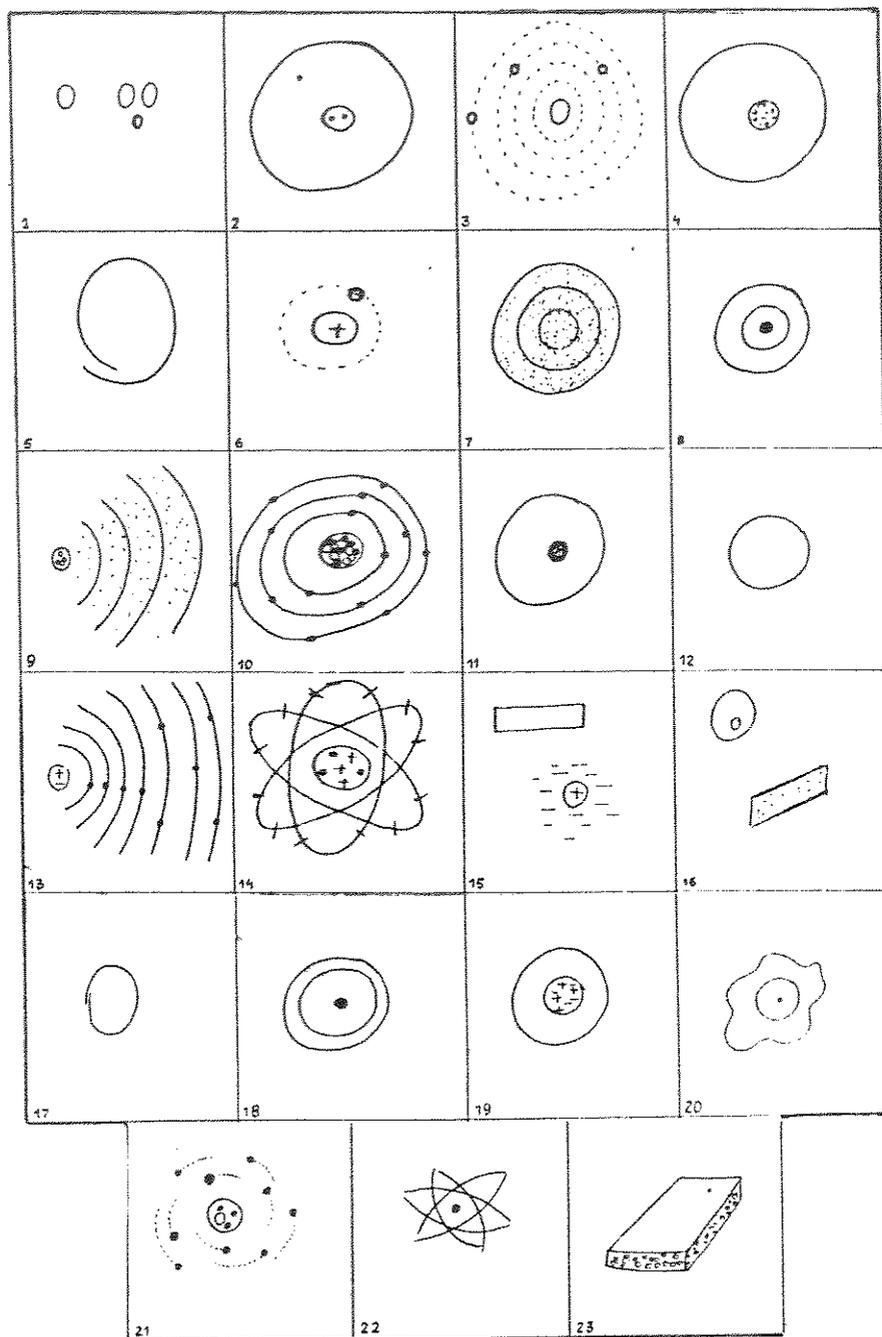


Figura 2

Desenhos feitos pelos alunos da classe 1 ao representarem sua concepção de átomo  
(eventuais anotações nos desenhos foram omitidas)

sobre o átomo como unidade constituinte da matéria foi muito baixo (três). De onde terá sido incorporado prioritariamente este conceito? Ou será esta asserção a forma mais óbvia de se abordar o átomo universalmente falando? Talvez essa idéia tenha permanecido a partir de sua provável apresentação na oitava série.

Um exame das demais respostas obtidas na mesma questão mostrou que algumas correspondem mais diretamente ao conhecimento atual: "átomo é divisível" ou "átomos são pequenas partículas existentes no universo". Outras apresentam um sentido vago: "uma das maiores energias existentes no universo" ou "os átomos são propriedades de uma matéria". Um aluno respondeu, sem maiores especificações: "menor partícula do núcleo".

A conceituação de constituição do átomo, segunda dimensão incluída na Tabela 5, apareceu na forma de enunciação principalmente de seus constituintes ou com indicações da organização dos mesmos. Foram poucos os alunos que incluíram informações sobre partículas carregadas.

Foi interessante constatar a alta freqüência da concepção de que "o átomo tem núcleo e eletrosfera" e verificar que não é o mesmo número de alunos que afirmam que "no núcleo estão prótons e neutrons e na eletrosfera os elétrons". Apesar de o professor ter abordado com freqüência, nas aulas, a idéia de núcleo e eletrosfera isto não implicou que ele e os alunos estivessem falando do mesmo núcleo ou das mesmas partículas que o constituem. Houve um aluno que atribuiu elétrons ao núcleo, outros só prótons e alguns não anunciaram qualquer partícula constituinte do núcleo. Quanto à localização dos elétrons ocorrem também alguns

desencontros das idéias dos alunos com as do professor. Para os alunos que admitiram camadas, os elétrons ficaram, para uns, entre as camadas e para outros nas camadas. Raros casos admitiram os elétrons no núcleo. Para um aluno, em torno do núcleo só havia orbitais.

Considerando-se a ênfase que ocorreu nas abordagens expositivas das aulas do professor 1 em distribuição eletrônica, camadas e número de elétrons por nível, foi surpreendente o número baixo de alunos que utilizaram estas informações em suas existentes no universo". Outras apresentam um sentido vago: "uma das maiores energias existentes no universo" ou "os átomos são propriedades de uma matéria". Um aluno respondeu, sem maiores especificações: "menor partícula do núcleo".

A conceituação de constituição do átomo, segunda dimensão incluída na Tabela 5, apareceu na forma de enunciação principalmente de seus constituintes ou com indicações da organização dos mesmos. Foram poucos os alunos que incluíram informações sobre partículas carregadas.

Foi interessante constatar a alta freqüência da concepção de que "o átomo tem núcleo e eletrosfera" e verificar que não é o mesmo número de alunos que afirmam que "no núcleo estão prótons e neutrons e na eletrosfera os elétrons". Apesar do professor ter abordado com freqüência nas aulas a idéia de núcleo e eletrosfera isto não implicou que ele e os alunos estivessem falando do mesmo núcleo ou das mesmas partículas que o constituem. Houve um aluno que atribuiu elétrons ao núcleo, outros só prótons e alguns não anunciaram qualquer partícula o constituindo. Quanto à localização

dos elétrons ocorrem também alguns desencontros das idéias dos alunos com as do professor . Para os alunos que admitiram camadas, os elétrons ficaram, para uns, entre as camadas e para outros nas camadas. Raros casos admitiram os elétrons no núcleo. Para um aluno, em torno do núcleo só havia orbitais.

Considerando-se a ênfase que ocorreu nas abordagens expositivas das aulas do professor 1 em distribuição eletrônica, camadas e número de elétrons por nível, foi surpreendente o número baixo de alunos que utilizaram estas informações em suas proposições ( 6 em 23).

No que respeita à representação gráfica do átomo, os desenhos dos alunos mostraram uma curiosa diversidade. Foram raros os desenhos que apresentaram semelhança ao do último modelo atômico desenhado na lousa pelo professor. Uma das diferenças entre essas representações dos alunos ocorre na localização dos elétrons. Como já comentamos, para um aluno, os elétrons estão entre as camadas, para outro nas camadas, enquanto no desenho do professor os elétrons não foram representados. Sob uma outra perspectiva de "visão" do átomo, os desenhos de mais alguns alunos se aproximaram da idéia que poderia ter ficado mais sugerida nas aulas: as partículas no núcleo e os elétrons em várias camadas. Se considerarmos a representação da idéia de átomo com núcleo e camadas, esta ocorre até com uma frequência relativamente alta nos desenhos. Entretanto, não são poucos os desenhos que traduzem idéias vagas e confusas. Surpreende, também, o número, embora baixo, de desenhos que correspondem à representação feita por Dalton, que constitui o mais primitivo dentre os modelos.

Relacionando essas produções ao que apontamos no ensino do professor 1, parece-nos que o descompromisso com a adoção explícita de um modelo de átomo deixou margem a uma cascata de manifestações.

Em relação ao conceito de modelo, a questão 4 buscou sondar como os alunos pensavam sobre a evolução das idéias dos cientistas em relação ao átomo. As respostas dessa questão se apresentam com pouca elaboração e parecem refletir lacunas conceituais sobre teoria, modelo e experimentação em pesquisa. Contudo refletem algumas tendências do pensamento sobre a ciência, sobre o conhecimento, que merecem, sem dúvida, a nossa atenção tendo em vista o contexto de ensino. Várias das respostas não puderam ser incorporadas à Tabela 5 por serem vagas ou simplesmente estarem em branco.

Há uma tendência marcante dos alunos em admitir que o conhecimento sobre o átomo pode ainda ser transformado. Se examinarmos cada uma das categorias de concepção verificaremos que essa idéia está, de alguma forma, presente em todas.

Um grupo de alunos associou essa transformação de conhecimento a uma evolução relacionada a realizações de experiências pelos cientistas. Podemos verificar, nesse grupo, evidências de uma tendência comum e até natural de relacionar o trabalho do cientista à experimentação, mesmo quando não se tem idéias claras sobre o que isto venha a ser.

É interessante observar que alguns alunos admitiram que o conhecimento é algo derivado da acumulação de conquistas. Talvez essa idéia seja justificada pelo fato de os alunos terem sido

expostos ao conhecimento relativo ao átomo como sendo o resultado de um processo de trabalho que envolveu um grau crescente de sofisticação de instrumentos, o que permitiu aos cientistas descobrirem, a cada passo, mais um tipo de partícula do átomo.

A última categoria, embora representativa de poucos alunos, revela um aspecto que parece muito comum no ensino - o de que há uma verdade atual pronta. Nesse caso o aluno estaria assumindo que o conhecimento sobre o átomo estaria pronto e que o modelo ensinado como o mais moderno era o verdadeiro e definitivo. Trata-se de uma apreensão parcial e contraditória do caráter histórico do conhecimento. O que sabemos atualmente é admitido como resultado de transformações de concepção, porém não precisaria mais ser transformado.

A última dimensão considerada na Tabela 5, como já apresentamos, foi explorada a partir da questão sobre se há mudanças nos átomos de um arame de ferro quando aquecido. Interessava-nos, em especial, ver como os alunos justificavam suas respostas. A maioria respondeu que não havia mudanças nos átomos do arame e, tentando justificar suas respostas, apenas repetiram a idéia usando outros termos: "São iguais porque são da mesma matéria" ou "Ele continua com a mesma estrutura". Poucos alunos afirmaram que não há mudanças nos átomos, mas algo muda: "não houve uma transformação de átomos e sim de moléculas". Há, entretanto uma sugestão de mudança bem diferente: "(...) sendo frio ou quente o átomo de ferro não mudará, ele se dividirá mas continua a ser átomo".

Dentre os que responderam que há mudanças, alguns tentaram

justificar mas o fizeram de modo indefinido. Para um aluno "com o aquecimento do átomo ele passa a dilatar o seu corpo em relação ao átomo frio". Para outro "o ferro depois de aquecido em calor máximo perde suas propriedades...".

Parece não ter havido uma argumentação ou justificativa que evidenciasse coerência ou convicção de resposta, tanto para os que negaram quanto para os que admitiram a mudança no átomo.

A grande ênfase das aulas na abordagem do átomo isolado e a ausência de proposições que concorressem para a configuração da matéria como constituída de átomos pareceram-nos não terem dado apoio para a resposta dos alunos no que respeita à conservação.

Poucos fizeram referência às propriedades físicas do arame; são referências vagas e confusas. O que verificamos ocorrer é uma tendência que alguns alunos tiveram em transferir as propriedades do material para os átomos: o átomo que foi aquecido muda de cor, o átomo passa a dilatar o seu corpo em relação ao átomo frio. Neste sentido fica evidente que, apesar de focalizarem as partículas atômicas, a abordagem dos aspectos que lhes atribuem se prende a referências macroscópicas. Há, portanto, uma interpretação ambígua de propriedades macro e microscópicas.

## CONCEPÇÕES DOS ALUNOS NA CLASSE 2

Para os dados de aprendizagem obtidos pelo questionário na classe 2, a Tabela 6 apresenta o número de alunos por categorias de concepção relativas a cada dimensão do conceito átomo. Como no caso da classe anterior, apresentamos também os desenhos feitos pelos alunos ao representarem sua concepção de átomo na Figura 3.

Tabela 6

Número de alunos por categorias de concepção relativas a cada dimensão do conceito átomo, na classe 2

Dimensão	Categorias de Concepção	Alunos N = 31
O caráter de unidade	.O átomo é a menor parte da matéria	8
	.O átomo constitui a matéria	3
A constituição do Átomo	.O átomo é uma partícula pequena	16
	.O átomo tem núcleo e eletrosfera	17
	.O átomo tem prótons, elétrons e nêutrons	5
	.No núcleo estão prótons e nêutrons e na eletrosfera elétrons	4
	.O átomo tem partículas carregadas	7
	.A eletrosfera tem carga negativa	2
A representação gráfica do átomo	.Núcleo e eletrosfera em círculos ou elipses	19
	.Núcleo e eletrosfera em uma só região	3
	.Núcleo com partículas	4
	.Eletrosfera com partículas	6
	.Núcleo e eletrosfera com partículas	2
Conceito de Modelo	.Evolução do conhecimento através da experiência	14
	.Conhecimento que ainda pode ser transformado	14
	.Conhecimento transformado até a idéia atual que é um resultado lógico	7
	.Representação determinada por acumulação de conquistas	13
Conservação	.Não há mudanças nos átomos	22
	.Há mudanças nos átomos	7

Observando os dados obtidos na dimensão conceito de átomo, o que mais se evidencia é a existência de muitas proposições por categoria, indicando que a freqüência de manifestações dos alunos foi maior aqui que em outras dimensões.

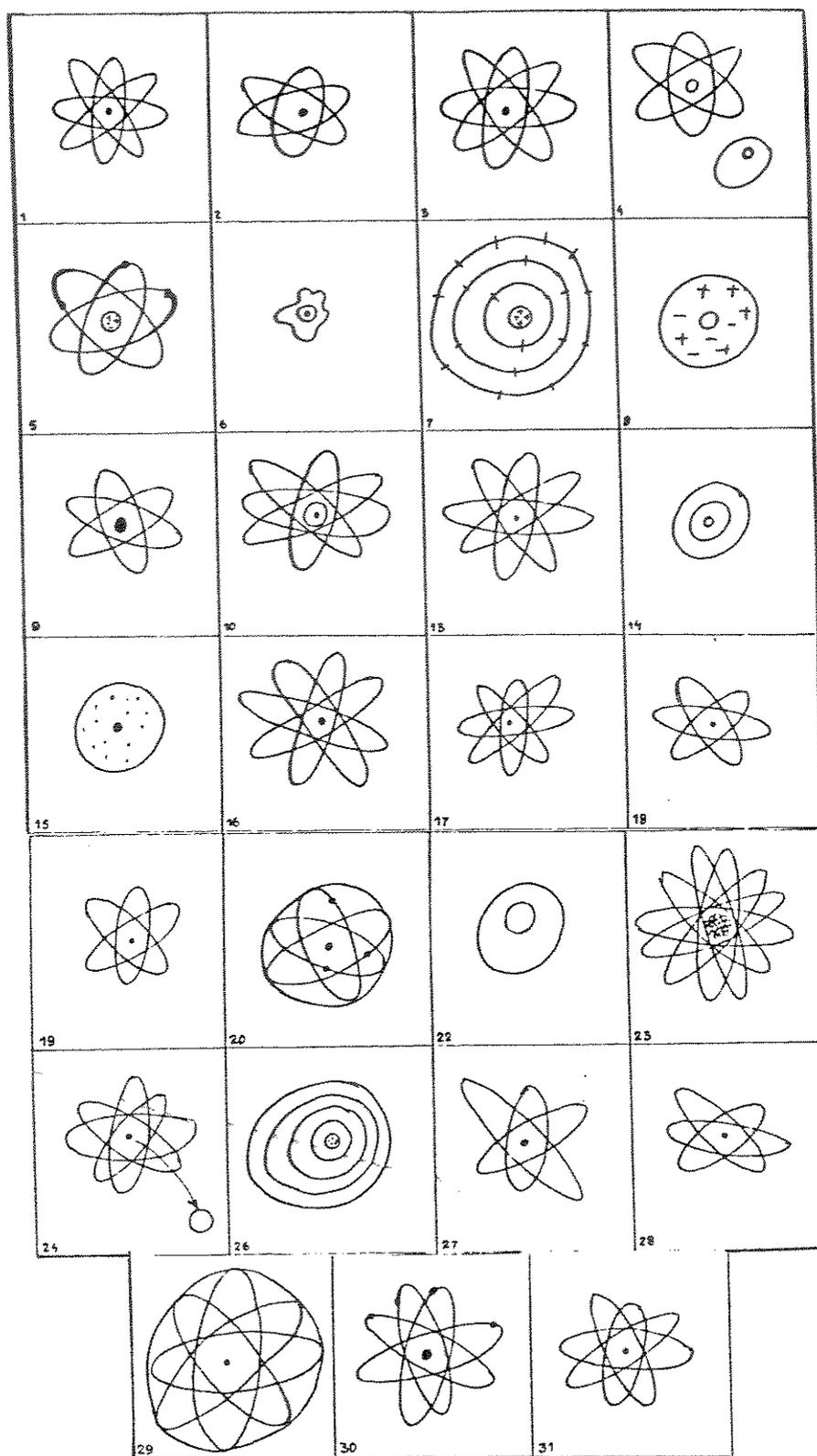


Figura 3

Desenhos feitos pelos alunos da classe 2 ao representarem sua concepção de átomo (eventuais anotações nos desenhos foram omitidas)

Podemos observar também diversidade de categorias para a concepção de constituintes do átomo. Em menor grau ela aparece na dimensão de representação, onde há uma categoria especialmente dominante em relação às outras.

O número de proposições relacionadas à categoria de caráter de unidade foi baixo em relação ao número total de alunos. Quanto à categoria conservação podemos verificar que todos os alunos se manifestaram a respeito.

Quando observamos as respostas que os alunos deram à questão de conceituação do átomo podemos encontrar diversos tipos de concepção que atribuem à partícula em si: "é pequena", "é invisível", "divisível" e "indivisível". Mas, os alunos não se concentram, de fato, em atribuir-lhe a noção de que é constitutiva da matéria ou a sua "menor parte". Portanto, pode-se afirmar que os alunos tenderam a não associar, freqüentemente, o átomo com a matéria. Se consultarmos os dados de aula do professor 2, esta tendência pode ser justificada, pois foram poucas as vezes que o professor apresentou proposições relativas a essa concepção, além de tê-lo feito somente nas primeiras aulas.

Como também era de se esperar em função dos dados de ensino, a maioria das outras respostas que os alunos apresentaram para a concepção do átomo puderam ser classificadas na dimensão da sua constituição. Um pouco mais da metade dos alunos indicaram que "o átomo tem núcleo e eletrosfera". Considerando a detecção de muitas outras categorias nesta dimensão, podemos admitir que as respostas dos alunos foram bastante dispersas. Ao considerarmos o desenvolvimento das idéias sobre o átomo nas aulas do professor,

pensávamos que seria provável encontrar mais proposições sobre a constituição do átomo em "núcleo e eletrosfera". Convém transcrever aqui algumas outras respostas encontradas sobre a partícula átomo e sua constituição, porquanto elas nos guiaram à determinação dos alunos que foram entrevistados. Um aluno afirmou que "átomo é uma parte de uma eletrosfera". Outros associaram-no a moléculas: "átomos são pequenas moléculas" e "deve ser a menor partícula de uma molécula". Apresentando sua resposta com a proteção de um "eu acho que seria isto", um aluno afirmou que "átomo" é uma partícula pequena que envolve o núcleo de uma partícula".

Observando a Figura 3, a partir da qual pudemos relacionar as categorias de concepção para a representação do átomo, nota-se, francamente, a reprodução majoritária do desenho que o professor fez na lousa, todas as vezes que se referiu ao modelo do átomo atualmente aceito - núcleo e órbitas em elipses. Entretanto há quatro representações em os alunos nomeiam como átomo o centro da figura - que é o núcleo (alunos 1,4,18 e 24). Um aluno alocou cargas positivas na eletrosfera (aluno 8), e um único (aluno 6) parece ter associado o átomo à célula. Há, contudo, um fato interessante : a partir dos desenhos TODOS os átomos são constituídos por PARTES, embora três alunos tenham se referido, por escrito, ao átomo como indivisível (alunos 2,3 e 17).

As proposições dos alunos com relação ao conceito de modelo parecem demonstrar que estavam familiarizados com muitas idéias a respeito de experimentação em ciência e tendiam a admitir

facilmente discussões das teorias geradas e sua evolução. Este resultado pode ter sido o reflexo da convivência que os alunos tiveram com as exposições do professor que, no seu trabalho de contextualização do desenvolvimento das idéias sobre o tema átomo, realmente favoreceu condições para um amadurecimento no pensar dos alunos acerca desse processo de conquista de conhecimento.

Com respeito às respostas que os alunos deram em relação ao comportamento dos átomos em um arame de ferro, verificamos que a maioria justificou o que afirmou. Muitos (22 alunos) responderam que não houve mudanças nos átomos. Através das explicações que deram, podemos ter acesso a diferentes expressões de que fizeram uso para indicar a matéria onde se encontra o átomo. "São do mesmo metal", escreveu um aluno; "são do mesmo material", "da mesma substância", afirmaram outros. Alguns preferiram dar uma idéia de como deve ser este material : "tem a mesma forma atômica", ou "a mesma composição atômica" ou até "tem as mesmas moléculas do átomo". Aqueles que afirmaram que houve mudanças nos átomos justificaram através do comportamento dos elétrons, da posição relativa dos átomos e da mudança das propriedades. Percebemos, pelas respostas, que os alunos admitiam mais facilmente o movimento de elétrons e não de outras partículas do átomo, na argumentação das mudanças. Também, em outro caso, ficou sugerido, que, do arame quente "saía" alguma coisa pois ele "perdia" propriedades.

Estas respostas compuseram as proposições da dimensão conservação e, segundo suas justificativas, levam-nos a supor que para o aluno é bem vago o conceito de constituição de substâncias

ou materiais. Embora tendo estudado em unidades anteriores a respeito de propriedades, parece não ter sido possível ao aluno construir relações entre as propriedades dos materiais e das substâncias com a sua constituição. O estabelecimento das concepções mais próximas às científicas nesta dimensão - conservação - parece ser provável de ocorrer somente quando o aluno se apropria das concepções científicas em relação às dimensões do caráter de unidade do átomo e do conceito de modelo.

### CONCEPÇÕES DOS ALUNOS NA CLASSE 3

Com o resultado da análise das respostas dos 28 alunos da classe 3 foi construída a Tabela 7 para apresentar o número de alunos por categorias de concepção relativas a cada dimensão do conceito átomo. Os desenhos feitos pelos alunos para representarem sua concepção estão reunidos na Figura 4.

Nesta classe, como nas anteriores, também foi maior a diversidade das categorias da dimensão de constituição. A frequência de proposições nestas categorias foi muito alta. É interessante constatar que para essa dimensão observamos proposições de todos os alunos. As maneiras de representação gráfica do átomo configuradas pelos alunos desta classe se dispuseram em apenas três categorias. Não houve, pois, muita dispersão de formas na representação do átomo. A dimensão de conceito de modelo apresenta várias categorias, algumas com frequência mais notável. Novamente nos deparamos com um baixo

Tabela 7

Número de alunos por categorias de concepção relativas a cada dimensão do conceito átomo, na classe 3

Dimensão	Categorias de Concepção	Alunos N = 28
O caráter de unidade	.O átomo é a menor parte da matéria	17
	.O átomo constitui a matéria	9
A constituição do átomo	.O átomo tem prótons, elétrons e nêutrons	28
	.O átomo tem núcleo e eletrosfera	28
	.No núcleo estão os prótons e nêutrons e na eletrosfera estão os elétrons	25
	.O átomo é uma partícula pequena	4
	.Os elétrons ficam em diferentes níveis	4
	.O átomo é indivisível	3
	.O próton tem carga positiva	16
	.O elétron tem carga negativa	15
	.O neutron não tem carga	9
	.No núcleo está a carga positiva	2
	.Os elétrons giram ao redor do núcleo	2
A representação gráfica do átomo	.Núcleo e eletrosfera com representação de partículas	26
	.Núcleo e eletrosfera em círculo ou elipse	20
	.Núcleo e eletrosfera em uma só região	8
Conceito de modelo	.Conhecimento que ainda pode ser transformado	14
	.Conhecimento que foi transformado através de experiências	14
	.Conhecimento que foi modificado ao longo do tempo	8
	.O conhecimento atual é satisfatório	4
Conservação	.Não há mudanças nos átomos	15
	.Há mudanças nos átomos	13

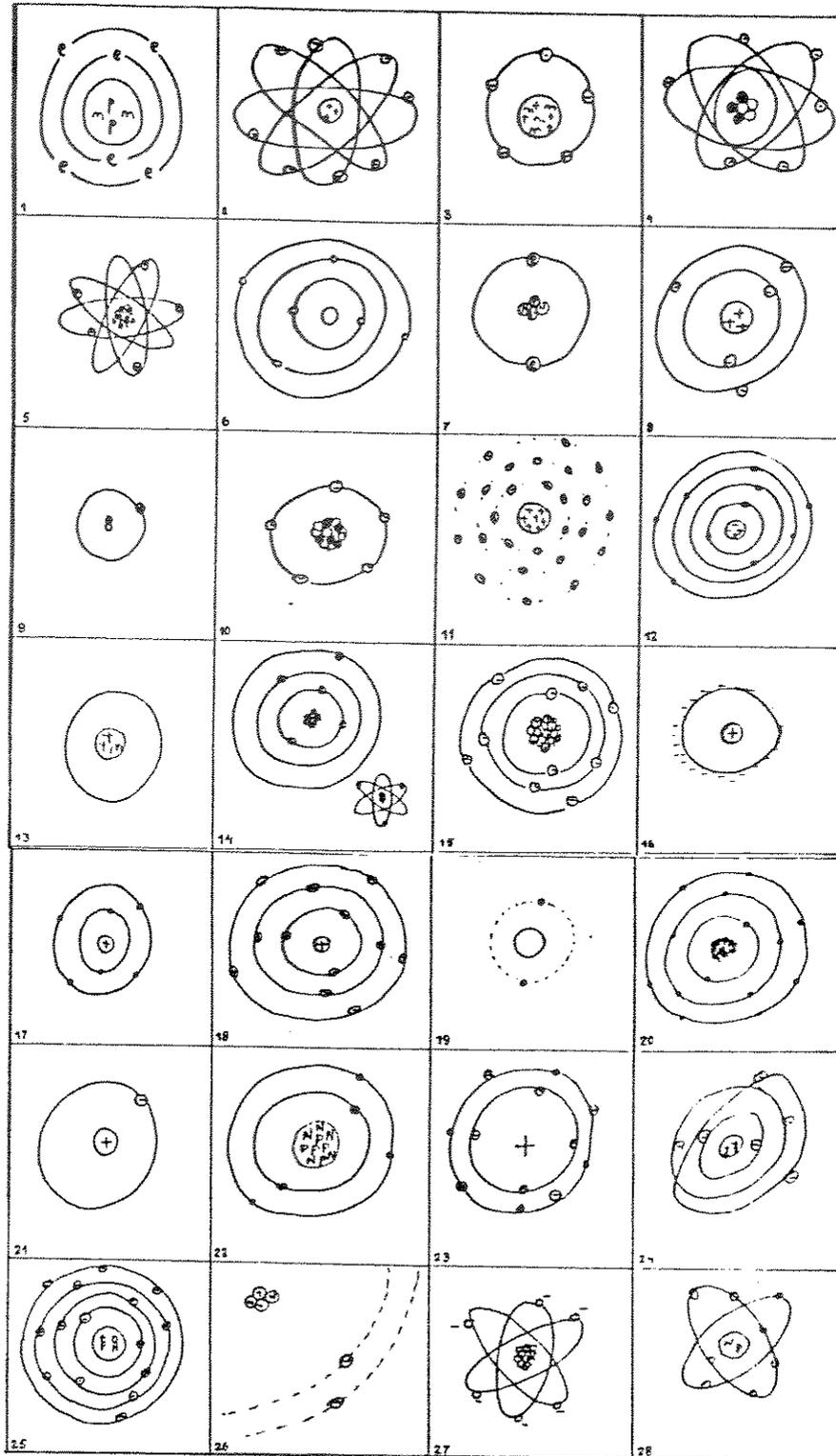


Figura 4  
 Desenhos feitos pelos alunos da classe 3 ao representarem sua  
 concepção de átomo  
 (eventuais anotações nos desenhos foram omitidas)

número de proposições associadas com o caráter de unidade do átomo. Quanto à dimensão de conservação, o que há de interessante é a constatação de que a classe ficou bem dividida em relação às categorias de mudança nos átomos do arame de ferro. Entretanto, este dado, considerado isoladamente, não pode ser conclusivo dessas concepções. É preciso analisar as justificativas dadas pelos alunos.

Todas as proposições que foram analisadas e organizadas nas três primeiras dimensões vieram das respostas de duas questões do questionário. Do que os alunos escreveram, verificamos, então, que não houve muita ênfase na conceituação do átomo como constitutivo da matéria. Os atributos para o átomo das respostas obtidas foram muito variados. As categorias que formulamos para a dimensão de constituição são somente aquelas que representaram pelo menos duas proposições. Excluímos da Tabela 7 categorias que seriam singulares, isto é, que fossem constituídas por uma única ocorrência de proposição, para fazermos uma apresentação mais econômica dos dados.

Se consultarmos as fontes originais das proposições, que são as respostas dos alunos ao questionário, iremos nos surpreender com a extensão de seus escritos. Pareceu-nos que o conhecimento sobre o átomo estava mesmo muito disponível e organizado em múltiplos atributos na mente dos alunos, por ocasião da aplicação do questionário.

Se, por um lado, foi muito numeroso o quadro de categorias sobre constituição, por outro, foi bem reduzido o de representação. Chama a nossa atenção, contudo, a presença

predominante da categoria que se refere ao desenho contendo "núcleo e eletrosfera com partículas". Considerando que as duas categorias mais presentes na dimensão constituição se referem à existência de núcleo e eletrosfera no átomo e também à presença de prótons, neutrons e elétrons, a verificação daquela categoria de representação pode sinalizar a consistência da concepção dos alunos sobre átomo. Uma outra interpretação, não excludente, pode ser cogitada levando-se em conta o fato de os alunos terem, por mais de uma vez, desenhado o que representaria o átomo segundo suas idéias em suas atividades em sala e, mais que isso, sempre trabalhado em grupo. A troca de informações e a busca de uma só resposta, dentre outras, podem ter sido atitudes que contribuíram para a configuração de uma representação mais uniforme. Lembrando que os alunos também trouxeram idéias sobre o átomo da 8ª. série, as atividades a que se submeteram provavelmente contribuíram para uma uniformização maior e consolidação das mesmas.

A análise feita para obtermos proposições a respeito do conceito de modelo foi mais trabalhosa que para as outras dimensões principalmente porque as respostas dos alunos às últimas questões foram muito longas. Elas mostraram uma tendência de anunciarem os modelos propostos para o átomo restringindo-se a sua constituição e descrevendo suas alterações em ordem cronológica. Algumas vezes contextualizavam-nos com os seus proponentes ou com experiências que lhes davam fundamento. A leitura de suas respostas deixou-nos uma impressão de que eles estavam demonstrando ter em mente conhecimentos sobre os diversos modelos para o átomo, de maneira bem organizada e lógica.

Com referência às concepções definidas na dimensão de conservação, verificamos que os alunos que admitiram que os átomos não mudavam argumentaram que eles eram do mesmo elemento ferro, ou da mesma substância. Atribuíram maior vibração aos átomos do arame quente, maior dispersão, desorganização, maior energia cinética, todas estas modificações decorrentes do aquecimento, mas não suficientes para modificar a natureza do átomo. Dois deles afirmaram que não mudava o número atômico e alguns, que não mudavam as propriedades dos átomos.

Todos os alunos que admitiram mudanças nos átomos se apoiaram na diferença de energia entre eles. Afirmaram que o átomo ou os elétrons do átomo aquecido ( ou do arame aquecido ) tinham mais energia. Argumentos diferenciados nas respostas deram a entender que este aumento de energia provocava modificações nos elétrons (ou de maior movimentação ou até de liberação) de tal forma que a propriedade do átomo mudava ou o átomo mudava simplesmente.

As argumentações que ambos os grupos apresentaram (o que admitiu mudança nos átomos e o que não admitiu) refletiram uma familiaridade com a estrutura do átomo em que os elétrons estão em níveis, estão em movimento, apresentam energia cinética e que esta energia pode provocar mudanças nas posições dos elétrons nas "órbitas". Poucos falaram nos efeitos desse aumento de energia no núcleo do átomo, mas a maioria admitiu que o átomo, como um todo, participava dessa manifestação de aumento de energia.

Considerando as atividades que essa classe desenvolveu durante a unidade correspondente a esta dimensão, as respostas guardaram uma característica que refletiu uma influência de um

experimento ( e de suas discussões) que fizeram sobre "teste de chama", principalmente.

Podemos dizer, pela análise dos resultados, que os alunos dessa classe apresentaram , em sua maioria, uma concepção dos constituintes do átomo e de sua representação bem próxima ao que parece ter sido objetivado nas aulas, através do material instrucional. As concepções afetas ao caráter de unidade do átomo, à conservação e, em parte, ao conceito de modelo, ainda se revelaram rudimentares e pouco relacionadas entre si sob ponto de vista objetivado cientificamente.

#### 4 . 2 . ANÁLISE DA ENTREVISTA

##### CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS RELATIVAS À ENTREVISTA

###### Crítérios de seleção de sujeitos

Em função do interesse em compor um diagnóstico mais abrangente sobre as idéias dos alunos sobre átomo nos decidimos pela seleção, para a entrevista, de alunos representativos dos tipos de idéias identificadas no questionário. Como vimos, as respostas dos alunos puderam ser agrupadas conforme algumas concepções relacionadas às várias dimensões do conceito átomo consideradas. Procuramos, então, entrevistar alunos que representassem cada uma daquelas concepções, de forma a tornar provável a obtenção de respostas diferenciadas. Tentamos, adicionalmente, garantir que fossem incluídos pelo menos 20 por

cento dos alunos de cada classe. Com esses critérios realizamos as entrevistas com 10 alunos de cada classe .

### O procedimento da entrevista

Para definirmos melhor o procedimento, realizamos três entrevistas-piloto com alunos da classe 1, a partir de cujos resultados, deliberamos com mais propriedade a sua estratégia.

A entrevista, de caráter semi-estruturado, abrangeu três pontos fundamentais abordados em referência a respostas dadas ao questionário, pontos esses que são expostos a seguir:

#### \* conceito de átomo

Buscamos saber do aluno como concebia o átomo . Com seu questionário em mãos, procuramos indagar-lhe sobre o que desenhou e escreveu a respeito do átomo. Desta forma, buscamos complementar as informações anteriores para que pudéssemos melhor configurar o conceito que o aluno tinha do átomo em relação às dimensões que temos considerado até então: o caráter de unidade do átomo, a constituição do átomo e a representação do átomo.

#### \* conceito de modelo

Apresentamos, inicialmente , para o aluno figuras do livro-texto, usadas para representar o átomo e perguntamos:

"Este desenho é o átomo...ou é o desenho do que o cientista

imagina que seja o átomo?"

A nossa preocupação foi tentar saber do aluno se ele pensava que o átomo realmente existe tal qual representado no desenho ou se é o modelo do átomo. Quando o aluno não manifestava idéias diretamente associadas a modelo, abordávamos a questão mais diretamente através da mesma ou de outras figuras às quais se pudesse ser atribuído o termo modelo do átomo.

#### \* conceito de conservação

Nesse ponto retomamos a pergunta do questionário sobre os átomos no arame de ferro antes e após aquecimento, uma situação em que o aluno tinha que aplicar o conceito que apresentava de átomo. Queríamos precisar melhor se o aluno atribuía a constituição do arame de ferro à presença exclusiva de átomos de ferro e se interpretaria a constância nas propriedades do material pela não alteração das características internas do átomo de ferro.

Solicitamos ao aluno, neste caso, que fizesse um desenho de como ele imaginava os átomos em um arame de ferro frio e depois no arame aquecido.

#### Análise dos dados

As entrevistas dos alunos foram gravadas e de suas transcrições fizemos uma análise proposicional. As proposições foram agrupadas segundo as dimensões de interesse e as discussões que apresentamos foram fundamentadas nas proposições dos alunos.

Os Anexos 4, 5 e 6 apresentam a análise proposicional de duas entrevistas por classe, como amostra.

#### CONCEPÇÕES DOS ALUNOS ENTREVISTADOS NA CLASSE 1

A entrevista foi um momento muito favorável a manifestações mais singulares sobre o átomo, algumas das quais são destacadas, pela sua condição reveladora das idéias dos alunos.

O conjunto de respostas sugeriu, de modo geral, que, embora a maioria dos alunos afirmasse que "átomos constituem a matéria" houve alguns sugerindo que a matéria poderia não ser constituída só de átomos. Um aluno admitiu a existência de "moléculas negativas" entre os átomos de ferro do arame aquecido. Para um outro a existência de materiais coloridos implicava em que nesses devia ter algo mais além de átomos para lhes conferir cor. Verificamos também que o conceito de matéria não é o mesmo para todos os alunos. Ainda que afirmasse "átomo é a menor parte da matéria", para um aluno "o ar não é matéria" pois "o átomo existe só na matéria bruta", como a mesa ou o ferro, por exemplo. Para outro, o átomo é uma bola composta de massa por dentro, uma "espécie de massa gelatinosa". "Não é inteiro, é flácido, mole".

Alguns alunos recorreram a imagens para esclarecer o que tinham representado em relação ao átomo isolado e assim, de maneira bem própria, manifestaram seus conceitos: "o núcleo parece uma pedra"; "o átomo é como a Via Láctea"; "os elétrons giram como os asteróides"; "o átomo é como se fosse um rolo de arame em forma de esfera" ou, simplesmente "o átomo é uma esfera

redonda". Um aluno descreveu que: "o átomo é pequeno se sozinho; um monte de átomos unidos é grande". Assim parece ter querido explicar, a si mesmo, porque não vê um átomo mas vê um objeto feito de átomos. Alguns alunos comentaram espontaneamente que o átomo podia ser visto pelo microscópio. Para outros isto era impossível: "o átomo nunca foi visto". Um dos alunos manifestou muitas idéias confusas. Para ele "o átomo seria pequenas partículas separadas mas formando um objeto, formando um mesmo átomo". O desenho que fez, no questionário para representar o átomo, foi identificado, na entrevista, como sendo um ovo. "O átomo seria as menores partes de um ovo", afirmou ele quando solicitado a explicar mais sobre o desenho. "O átomo não teria parte central". Este foi um caso em que não pudemos configurar com clareza qual era a concepção subjacente de átomo.

Houve muitas proposições relativas à constituição do átomo que, se tomadas isoladamente poderiam até aproximar-se do conhecimento científico estabelecido. Entretanto, no conjunto das outras que compõem a entrevista vemos que se tratou de idéias construídas de modo peculiar e, às vezes, confuso ou vago. Por exemplo, um aluno afirmou que "o núcleo é composto por partículas". Logo a seguir disse que "o núcleo é composto por átomos". Em uma outra entrevista ouvimos a afirmação de que "os elétrons ficam rodeando por fora". Quando o aluno repetiu o enunciado acrescentou "de fora do átomo". Um aluno falou que "Rutherford descobriu que o átomo tinha várias camadas", "que em volta do átomo tinha elétrons" e por fim que "átomo é núcleo".

Quando examinamos os dados individuais verificamos, pois, que a idéia de núcleo não é coincidente entre os alunos. Alguns assumem núcleo como o próprio átomo. Um dos alunos evidenciou uma confusão a mais quando escreveu sobre a "carga" associada às partes do átomo: "os elétrons seriam um tipo de acessório...quem tem a carga toda é o átomo, o próprio núcleo...A carga do elétron conta para somar números. Tem uma carga negativa mas não influi tanto no núcleo do átomo". Parece-nos que as idéias de "carga elétrica" e "massa" estavam um pouco superpostas quando se focalizava o núcleo, neste caso.

Com relação às concepções sobre os elétrons ou eletrosfera há divergências nítidas em relação à situação dos mesmos, evidenciadas nas representações e confirmada nas entrevistas. Ora "os elétrons estão nas camadas", ora "entre as camadas", como confirmou um dos alunos. Os termos "camada" e "núcleo", principalmente, são facilmente associáveis a contextos diversos ao de átomo, como é o caso do conceito célula. Alguns alunos admitiram uma separação do núcleo e até a existência de "uma membrana que envolve neutrons e prótons e os separam da eletrosfera".

Para a dimensão relativa à representação do átomo houve confusões quanto ao emprego dos termos "figura" e "modelo", e algumas vezes, as idéias de um mesmo aluno sobre a figura e sobre o modelo se apresentaram inconsistentes.

Por exemplo, ao mesmo tempo que admitiam que a figura do livro representava o que o cientista imaginava que fosse o átomo, alguns alunos afirmaram que a figura representava o átomo.

Um aluno afirmou que "o cientista propôs o modelo do átomo através de experiências" e que "modelo é desenho". Entretanto, de modo contraditório manifestou também acreditar que "o modelo é o átomo".

Embora sem se expressar claramente, um aluno evidenciou estar próximo de cogitações adequadas sobre modelo ao afirmar que "não existe átomo certinho", assim como um outro ao dizer que "o desenho é uma hipótese de como seria o átomo".

Não ocorreu, durante as entrevistas, a espontânea menção do termo modelo. A palavra foi introduzida por nossa deliberação. Na grande maioria das vezes ela era associada a cientistas e a contexto de pesquisa: "Os modelos mudam em função do que os cientistas pesquisam"; "Um cientista completa o modelo de outro até chegar a um modelo atual".

Quanto às respostas sobre a questão do átomo no arame de ferro a tendência observada foi representá-lo por uma bolinha ou até por pontos. Alguns alunos mantiveram suas figuras originais. Outros aspectos dessa representação devem ser salientados : os átomos são dispostos na maioria das vezes, afastados uns dos outros; guardam espaços entre si e não há qualquer sinalização de que existam ligações ou interações entre eles. Dos alunos que afirmaram não haver mudança nos átomos de ferro quando o arame se aquecia, alguns foram lacônicos não apresentando justificativas e outros teceram comentários acerca de mudanças no espaço entre os átomos ou de maior movimento desses no arame quente. Um aluno também comentou que "no arame quente a matéria se transforma" e que "os átomos se desprendem uns

dos outros" provocando o alargamento do arame. O seu argumento foi bem peculiar: para ele "o átomo do arame frio dá origem a dois do mesmo tipo no arame quente". Desta forma, não há mudança nos átomos. Eles são gerados com igual número de partículas sub-atômicas guardando as mesmas características. Cada átomo gerado apresenta a mesma massa do átomo de origem, o que não ocorre na divisão dos gens na biologia, segundo ele. Assim, fica explicada a dilatação do arame quente pois nele ocorre a duplicação de átomos. Para um outro aluno os átomos só mudariam se fosse para a forma líquida, quando então ficariam mais espalhados e se alongariam. Este foi um exemplo de transferência de aspectos macroscópicos da matéria para fenômenos que ocorrem com os átomos.

As justificativas dadas à afirmativa de que ocorria mudança nos átomos quando o arame se aquecia foram diferentes para cada aluno. Dentre os alunos que afirmaram, na entrevista, que os átomos de ferro mudavam quando o arame se aquecia, estão alguns que, no questionário, responderam que não havia mudanças.

Um aluno admitiu ter mudado de idéia durante a própria entrevista. Comentou que os elétrons do átomo do arame quente giravam mais rapidamente e podiam até se desprender. Chegou a afirmar que o arame quente também ia ter menos átomos. Para ele, o átomo não se movimenta mas os elétrons giravam por causa de uma corrente elétrica. Para um outro já era admissível aumentar o número de elétrons e estes podiam se aproximar dos prótons nos átomos do arame quente. Mas, a representação que este aluno fez não foi dos átomos mas de "coisas do arame". Um aluno estava muito preocupado em justificar a dilatação do arame quente. Na

primeira tentativa de se expressar buscou recordar o que já tinha ouvido falar a respeito, mas não conseguiu argumentar desse modo e continuou conjecturando através de suas próprias especulações. Assim propôs que nos átomos do arame quente os prótons atraíam mais os elétrons do que no arame frio. Em consequência, o átomo ia diminuindo de tamanho, gerando maior separação entre um átomo e outro. Desta maneira, ter-se-ia a impressão de que os átomos se afastavam quando, na verdade, era a distância entre eles que aumentava, segundo a sua opinião. Para um outro aluno, o átomo, sendo uma peculiar união entre dois átomos de cargas opostas, ficava negativo enquanto o arame estava frio. Quando o arame se aquecia o átomo passava para positivo .

Não pudemos sugerir, através da observação dos desenhos e da análise dos diálogos, que houve algum esboço de idéias a respeito da estruturação do arame. Em outras palavras, não se percebeu relações entre "átomo" e "arranjo de átomos em um material" , nas manifestações obtidas. Mesmo tendo ocorrido descrição de aspectos observáveis na matéria, as descrições dos alunos se voltaram mais para os átomos de forma isolada.

#### CONCEPÇÕES DOS ALUNOS ENTREVISTADOS NA CLASSE 2

Na dimensão o caráter de unidade do átomo encontramos uma das concepções que mais nos surpreendeu nesta classe, ainda que atribuídas a poucos alunos. Observemos o seguinte trecho de diálogo:

A O átomo - a menor porção.

E A menor porção. Então, se você tem, por exemplo, essa mesa daqui, como é que você descreveria ela, em termos de átomo, eletrosfera, como é que é?

A Eu descreveria ela toda sendo a eletrosfera e no meio um pedacinho pequenininho, bem pequeno, o núcleo.

E Sei. Quer dizer que qualquer substância, qualquer material é desse jeito que você está imaginando?

A Huhum. E.

Para quem ouviu a frase "o átomo é a menor parte da matéria", e ainda está no início de seu processo de geração de idéias sobre a constituição da matéria, pode ocorrer a seguinte interpretação : "dentre as várias partes da matéria, a menor é o átomo", principalmente para quem ainda confunde átomo com núcleo. O átomo ( ou o núcleo) é a menor parte da matéria, assim como o parafuso pode ser a menor parte de um automóvel. Há muitas coisas na matéria, mas o átomo é a menor.

Um outro aluno compartilha esta concepção. Suas idéias sobre como constituem "caneta" e "abacate" foram análogas às da "mesa", anteriormente referida. A ponta da caneta seria o núcleo e "tudo o mais a eletrosfera". "O caroço do abacate seria o núcleo e por fora a eletrosfera", ainda que por dentro do caroço "você pode achar um núcleo menor".

A concepção da matéria para alguns alunos ainda se deu no nível da percepção : "Onde se pode pegar e sentir tem átomos" ou "no ar parece que não tem átomo".

Reportando-nos aos desenhos que os alunos fizeram para o átomo no arame de ferro, vamos encontrar manifestações muito diversificadas. Um dos alunos que afirmou " o núcleo ser o átomo",

representou o átomo no arame, inicialmente frio, por risquinhos. No arame quente desenhou muitas bolinhas e disse que "a massa dele ia estar mais fervente". Segundo ele, só ia aparecer nesta forma quando quente. Tendo ficado vaga esta idéia, dialogando mais a respeito, verificamos que a aparência que deu para o arame quente era comparável "à da água quando ferve" - pelo aparecimento das bolinhas. Posteriormente à entrevista, da análise de sua fala, pudemos perceber que, provavelmente, o aluno estava representando os aspectos de aparência do arame e não os seus átomos.

O desenho de um aluno foi revelador de que existiu uma dificuldade em se representar o átomo. Este aluno, representando-o como um objeto amorfo, "cheio de poros, de buraquinhos", parece ter transferido aspectos que imaginou existirem na superfície do material para a "unidade" que deveria representar como átomo.

Houve um único desenho que traduziu uma idéia de que os átomos no arame apresentavam uma organização interna, conferindo ao material uma estrutura . O aluno explicou que aquele "quadrado" era o espaço do átomo, representado ali por um só pontinho. Foi também este aluno que se lembrou da imagem comparativa entre uma pulga e um estádio de futebol em relação ao núcleo do átomo e o átomo.

As idéias dos alunos a respeito da figura do átomo no livro-texto, dizendo, pois, respeito à dimensão de representação gráfica do átomo, foram bem diversificadas, valendo transcrever algumas manifestações:

A Ah, eu, na Sa. séria, eu estava vendo um livro de Química, e também minha professora explicava a gente assim do átomo. Ela nunca mostrou pra gente desse jeito. Ela sempre pra gente mostrava um círculo com núcleo, né, uma bolinha. Então isso...eu gravei assim, né. Talvez o dela que eu peguei.(...)

Eu acho que o meu professor explica aí e o que minha professora explicou um pouco é vago. (...) Eles só transmitiram isso pra gente! Não mostram onde é que ele está! Se desse pra gente ver mesmo o átomo, não sabe! Tudo bem, mas nem isso! Nem isso! Só um desenho mostrando...sabe...muito pouco.

Um aluno afirmou saber que aquela figura que estudavam não mais valia. Seu professor, disse, já o tinha prevenido que o desenho não era mais aquele. Entretanto, admitiu que a figura é uma representação gráfica para que :

a gente possa conhecer melhor. (...) Se eles chegarem a por uma mais complicada, vai ser muito difícil de compreender.

Foi interessante a manifestação de um aluno a propósito de que razões concorrem para a modificação da figura do átomo:

A Isso (a figura) é um desenho de um átomo. Eu acho que a gente nunca pode imaginar...a gente desenha como a gente imagina. A gente não sabe a figura certa do átomo.

E Não tem jeito de saber?

A Eu acho que não.

E Por quê?

A Porque ele pode modificar. Por exemplo, esse ano

ele pode se assim - ano que vem ele pode ser modificado.

E E o que define essa modificação de um ano para o outro?

A Ah! Isso eu não sei te responder não, viu.

E Modifica por que você muda de professor? De livro?

A Também. Mudança de professor e de livro influem bastante porque um desenha de um jeito, outro desenha de outro. Então isso influencia bastante. Os livros também, nos mostram uns modelos...lá em casa mesmo tem um que mostra diferente.

Quando analisamos as entrevistas para verificarmos as concepções dos alunos a respeito do conceito de modelo, vimos que muitas idéias estavam vinculadas ao caráter experimental do desenvolvimento da ciência, às "descobertas" que os cientistas faziam:

A Por exemplo, modelo de Thomson, foi uma descoberta que Thomson fez, né. O modelo dele, ele fez - aquela descoberta. Quer dizer, os modelos - a química que ele fez pra descobrir. Aquilo que ele descobriu.(...)

Aquilo que ele viu, porque ele fez, né. Não podia só ver. Ele tinha que pesquisar, né, pra ter fundamento.

E Huhum.

A Aí ele deixou o modelo.

E Então Rutherford também, por exemplo, foi coisa parecida? (...)O modelo de Rutherford é igual ao modelo de Thomson?

A O modelo de Thomson difere, né...

E Mas eles são do átomo.

A São mas um defende uma parte e o outro outra parte do átomo, do mesmo átomo.

E Do mesmo átomo. Então você tem o mesmo átomo...Um cientista...

A descobriu uma coisa...

Algumas vezes, verificávamos que as idéias dos alunos não eram exatamente como a gente tinha acabado de averiguar em um certo momento do diálogo:

E Isso aqui é o átomo ou o jeito que os cientistas acham que ele é?

A Deve ser o modo que eles acham que é, né.

E Por que que não é o átomo?

A Como assim? Talvez poderia ser por causa que olharam no microscópio eletrônico e viram a forma direitinho mas, não seria tão perfeito assim o desenho, sabe.

E Então, pra você modelo pode ser um desenho.

A Não, assim, por exemplo, a gente tem a forma de um..., a gente faz um desenho daquilo. Seria assim. Mas aqui, como está aqui, eu acho que talvez tenha alguma diferença... Não seja assim, por exemplo, circular... Talvez seja mais oval...

Como vimos, a solicitação aos alunos de desenhos sobre átomos em arame de ferro frio e aquecido, gerou muito mais sinalizações para concepções dos alunos acerca de caráter de unidade e representação do que sobre conservação.

### CONCEPÇÕES DOS ALUNOS ENTREVISTADOS NA CLASSE 3

Nesta classe houve uma tendência a associar a existência de matéria a uma reunião, agrupamento de átomos: "os átomos se reúnem para formar uma célula", "para formar as estruturas". Ou ainda:

"matéria é um tanto de átomos reunidos".

Entre estes alunos parece não ter havido dúvidas quanto à existência de átomos no ar, como em casos de classes anteriores. Porém, a manifestação de um aluno deixou bem clara a sua resistência em admitir o átomo em movimento:

E Mas...esse átomo está aonde pra você?

A Esse átomo...Eu fico pensando assim: essa madeira aqui, entendeu? Tem átomo aqui, não tem? Num líquido é até mais fácil pensar, né.

E Mas por que no líquido é mais fácil?

A Ah, porque ele pode movimentar e aqui (na madeira) eu vejo como uma coisa estática. Não me vem a idéia de que está movimentando. Quer dizer, agora, já no líquido aí você pode...eu penso que sim.

E Isso aqui você acha que é o átomo? (mostrando a figura de um átomo em um livro)

A Eu acho que sim. Eu não consigo imaginar como é que uma...uma folha, né, por exemplo, pode ser formada de átomo. Não sei porque...se os elétrons estão em movimento...e a folha fica parada...eu não consigo assim associar.

Uma vez ficou patente a confusão que um aluno fazia com algumas classificações no conteúdo químico. Percebeu-se que, apesar da confusão, ele organizava as idéias a seu modo para dar alguma coerência:

E (...) De que que você acha, se você já pensou nisso, de que que é feito o próton, elétron, neutron...

A De substância inorgânica.

E Substância inorgânica...

A Isso.

E Por exemplo? O que é uma substância inorgânica pra você?

A Que não é orgânica.

E Mas aí...

A Que não gera vida.

(...)

A Tudo é formado de átomos.

E Mesmo as substâncias orgânicas?

A Aí seria uma reunião. Eu acho que seria uma reunião de átomos onde uniriam e formariam a substância orgânica.

O que nos chamou a atenção na observação das categorias de constituição do átomo foi a exposição de algumas dúvidas que alguns alunos fizeram, por exemplo sobre a carga elétrica das partículas:

A É uma coisa muito esquisita para mim falar o que que é carga positiva e carga negativa. É esquisito demais!

E Por quê?

A Ué! Eu sei que é carga negativa porque ele se move, né. O próton não se move mas, esse termo - falar que é positivo e que é negativo - isso é esquisito pra mim entender. O que faz com que ele seja negativo? O que faz com que ele seja positivo?

Um outro aluno pensou também no efeito das interações das partículas do átomo entre si:

A Porque se um tem carga positiva e outro negativa, lógico que eles vão ter uma tendência de um se misturar com o outro. Aí eu acho que entra os neutrons, que eles fazem com que tenha maior coesão entre prótons no núcleo; e eu acho que é por isso que não acontece isso com os elétrons. Porque não tem muitas partículas externas para poder fazer com que eles fiquem juntos.

Nesta dimensão, somente as idéias de um aluno fugiram ao comportamento geral das concepções da classe. Para ele, "o núcleo é um próton" e nas camadas que o circulam há neutrons além de elétrons.

Os alunos desta classe desenharam a representação do átomo com desenvoltura e, em geral, adicionaram-lhe vários esclarecimentos por escrito. Pudemos observar bastante regularidade de representação. Provavelmente, influenciou-lhes o fato de, por mais de uma vez e em grupo, terem desenhado o átomo por solicitação do material instrucional. Chamou-nos a atenção um desenho bem diferenciado dos outros : em um único círculo em torno do núcleo estavam representados inúmeros elétrons. Através da entrevista com o aluno responsável, pudemos obter mais esclarecimento sobre ele:

A E porque quando a gente fala mais em átomo a gente se preocupa mais com elétron, porque é o elétron que se movimenta, porque não sei o quê, então a gente fica sempre martelando na tecla do elétron...

De fato, através de suas explicações, a sua concepção de átomo era semelhante à da maioria.

Um único aluno incluiu neutrons na região dos elétrons no seu desenho as explicações que adicionou por escrito nos deixou dúvidas. O que acrescentou no diálogo, confirmou a suspeita de que havia muita confusão em suas idéias:

*A O próton é mais...na minha opinião o núcleo do próton...é uma parte do átomo que é mais estável. Acho que ela fica mais pesada. Os elétrons é que se movimentam em volta dele. Os elétrons livres, né...os elétrons livres dos neutrons estão se movimentando...*

Quanto aos outros, não houve qualquer comentário adicional significativo ou que sugerisse não ser a representação concebida próxima à cientificamente aceita.

Na dimensão relativa à representação do átomo, considerada junto às manifestações a respeito da figura do livro, observamos algumas confusões e inconsistências nas concepções detectadas. Por exemplo, um mesmo aluno falou que "a figura do átomo é como a gente o imagina" mas que também "representa o átomo". Outro admitiu que a figura podia ser uma foto ampliada do átomo.

Quando nos detivemos em outras proposições dos alunos foi possível perceber que o sentido que davam à figura foi mesmo muito mais de representação da idéia do átomo do que dele em si. Alguns afirmaram que "o elétron - na figura - pode ser representado por uma pequena bolinha no círculo que representa a órbita" e que "não se pode representar o elétron como uma coisa presa".

De um modo geral, os alunos entrevistados apresentaram idéias não muito dispersas sobre o conceito de modelo. Houve alunos que

admitiam que o átomo não pode ser visto, mas existe tal como é representado. Outros não se preocuparam em associar o termo "modelo" com o de "representação" e acharam que "modelo é uma idéia para explicar o átomo". As vezes ficava evidente que não foi fácil para o aluno manifestar suas idéias a respeito de modelo :

E O que significa pra você a palavra "modelo"? Modelo de átomo, modelo...

A Representação do que é... não é representação. Como é que fala? Representação de uma coisa onde quer que você entenda que essa coisa é, na verdade, uma coisa... Eu não sei. Como é que fala?

E Eu acho que eu estou entendendo. Deixa ver se eu falo: você tem uma coisa real e uma coisa representada...

A Isso! Seria ...que representa uma coisa que representa a parte - coisa real.

E Coisa real.

A Isso.

E O modelo então representa a coisa real?

A E. Mas só que não é real. O modelo não é real.

E Então isso aqui seria...

A A representação do átomo real, do que é o átomo.

Um aluno falou que "modelo é a representação de alguma descoberta". Na sua argumentação ponderou que um modelo muda conforme os avanços, e os avanços ocorrem por descobertas:

A (...) Quem sabe um dia eu posso descobrir o que que tem aí, né? Aí eu vou propor um modelo do que eu descobri. Então eu acho que esses modelos foram justamente o avanço. Porque o que eles descobriram, ...aí colocaram no modelo. Aí descobriram mais umas coisas,

viram que aquele modelo já não dava mais, já não explicava...

Fazendo uma relação entre modelo, carga elétrica e representação, outro aluno deixou claro o que pensava, explicando:

A Acho que modelo é assim... Não é que tem carga positiva e negativa no átomo. Eu acho que eles criaram isso pra poder dizer que têm umas partículas que ficam isoladas de outras e outras ficam mais externas, que não tem muita coesão entre elas e têm outras no núcleo que estão fazendo com que as partículas positivas, elas fiquem unidas. Então, tipo assim, eles usaram símbolos para poder representar o que eles estavam querendo pensar. Mas não quer dizer que exista, que ela tem uma corrente positiva, uma negativa.

Quando discutimos as idéias envolvidas nos desenhos que fizeram para representar o átomo no arame de ferro, alguns alunos admitiram que o aquecimento só provocou um espaçamento maior entre os átomos. Não se detiveram em muitas considerações sobre o que poderia estar acontecendo com cada átomo. Um aluno se revelou especialmente inseguro quanto ao que acontecia:

A Ah... eu acho que... espera aí, espera aí...

E Pensa só no frio primeiro.

A Eu acho que o... mais próximo do outro...

E Em relação ao átomo do arame quente?

A É.

E Então faz no arame quente. Aqui é um fio de arame... (desenhando)...

A Quente?

E E. Como é que seria então?

E Não, mas não sei se eles estão afastados...eu imagino que aqui no frio que estão. Entendeu? Parece que eles estão...(?)....Mas aqui aconteceu alguma coisa mas eu não sei falar o que aconteceu. Quer dizer, eu não sei imaginar.

(...)

E Pra ele (o átomo) não ser o mesmo, o que que você acha que tem que mudar?

A Ah! Ele tem que perder elétrons, sei lá. Que o próton e o neutron...assim, né...em termos bem simples não tem jeito de mudar. Eu acho que não...agora...

E ficou a impressão que o aluno mudou de opinião a medida que ia tentando dar forma às suas próprias idéias.

Houve casos em que os alunos justificaram a diferença entre os átomos com a descrição de mudança no comportamento dos elétrons ou, gerada, principalmente, por este fato:

A Através dos elétrons livres eles se movimentam e, sei lá...acho que sobram mais espaços.

E Quando você fala "através dos elétrons livres eles se movimentam" você quer dizer que só os elétrons se movimentam ou os átomos...

A Acho que os elétrons se movimentam mais.

E Ah, tá.

A Os elétrons se movimentam mais. Conseqüentemente, os prótons são afetados. Os prótons se movimentam com os elétrons - o átomo inteiro.

E Sei.

A Uma parte do átomo se movimenta e leva a outra a movimentar também. Estão em constante movimento.

Um aluno descreveu que as órbitas do átomo ficavam tremendo

no arame quente por terem recebido mais energia.

O tema "energia" foi assunto de muitos. Pudemos detectar a grande influência que parece ter exercido a experiência sobre o "teste de chama", ocorrida durante as aulas:

A Acho que por causa da energia da chama eles vibram. Não sei se os elétrons rodam com mais velocidade. Acho que não. Eu não sei. O que eu sei é que quando eles vão passar do estado sólido para o líquido o movimento é muito mais rápido e ele vira líquido, gasoso...

E Huhum. Se você fosse representar, então, a mesma situação só que no arame quente, mudaria alguma coisa?

A Sim. Não sei. Eles poderiam estar um pouco mais espaçados, um pouquinho mais...até que eles dilatam, então...vibrando não sei exatamente.

O que nos surpreendeu foi constatar que alguns alunos não admitiram movimento da partícula (átomo) se o arame estivesse frio:

A No arame frio, aqui, eu representei o átomo assim como uma idéia de estaticidade. Está sem movimento nenhum porque não tem nenhuma forma de energia incentivando para que ele se movimente. Agora aqui não (no quente). O elétron tá movimentando em torno da órbita do átomo em todas as formas.

E Sei. Aqui o átomo está mais parado do que aqui e o elétron também? Ou...o elétron também está mais parado? E aqui tá bem mais agitado?

A Eu acho que só o elétron.

E Aqui ele não se movimenta e aqui ele não se movimenta ou...

A E. Aqui ele tá sem movimento porque não tem uma

*forma de energia pra... agora o calor dá... forma de energia ao átomo...*

Através do conteúdo da fala dos alunos, àqueles que não se manifestaram diretamente sobre se teria havido ou não mudança nos átomos de ferro, pudemos atribuir a idéia de que os átomos em si não mudavam. Os dados nos permitem inferir que, para os alunos desta classe, o conceito dos fenômenos que provocam alterações nos átomos (ou na matéria) estava mais desenvolvido que nos anteriores.

#### 4.3. CARACTERIZAÇÃO DA APRENDIZAGEM NAS TRÊS CLASSES

Os alunos traduziram uma imagem da matéria à medida que expressaram a sua concepção do átomo. De início ficamos em dúvida quanto ao que pensavam os alunos sobre o que havia entre os átomos. Posteriormente verificamos que bem poucos evocaram a noção de espaço vazio. Entretanto, não podemos afirmar que a idéia que fizeram de matéria foi uma só, nem que esta idéia seria compartilhada pelos cientistas. Do que alguns alunos de cada classe falaram, pudemos compor um dos modelos que fizeram. Eles associaram a existência de átomos somente à forma condensada de matéria, aquela que podia ser vista ou tocada. Embora esta dedução tenha sido feita a partir da manifestação de poucos, nada nos garante que a idéia da maioria sobre matéria seja muito diferenciada desta. Quase todos os alunos, recém chegados da 8ª. série, ainda estavam propensos a formularem idéias sobre o mundo somente em função do que é acessível ao observador comum. Exemplo

deste fato é a idéia de estaticidade dos átomos que ficou evidenciada, de uma forma geral, quando eles os descreviam no arame frio. Somente o calor promoveria movimento, vibração, enquanto que, à temperatura normal, tudo seria imóvel. O aspecto dinâmico de átomos e moléculas em movimentos ininterruptos e a existência do espaço vazio não é acessível ao observador do cotidiano.

Podemos inferir a presença de uma noção generalizada de que existia uma pequena partícula que compunha a matéria e que era constituída por duas partes: uma central e a outra em torno. Algumas manifestações mostraram que partes e partículas se confundiam. Uma parte era o núcleo e a outra, os elétrons. Os elétrons foram tão focalizados no estudo das sub-partículas que alguns alunos começaram a pensar que eles giravam em camadas em torno do átomo, aqui confundido com núcleo. Os alunos demonstraram saber mais sobre o átomo isoladamente do que a matéria que viam, tocavam e que até podia fundir. Não tendo configurado bem o movimento das partículas, parecem ter incorporado a forma de átomos como unidades isoladas que se somam de maneira vaga, para constituir a matéria. Ao passarem para abordar a matéria, na questão do arame, os alunos não conseguiram, conseqüentemente, articular o que sabiam sobre ela e sobre o átomo. Estabeleceu-se um divórcio entre os níveis macroscópico e microscópico, inconsistência essa que foi compatível com o modo pelo qual o ensino foi organizado e desenvolvido.

A tendência do ensino, desde o primeiro grau, de dispor a idéia do átomo como a última parte no processo de divisão da

matéria induz o aluno a "procurar o átomo de fora para dentro". Reforçado pelas percepções do cotidiano, conceber a menor unidade da matéria desta forma favorece a projeção das propriedades macroscópicas para átomos e moléculas. Segundo pesquisas realizadas por Pfund (1981), dividir é sempre uma ação arbitrária, o que pode levar o aluno a pensar os átomos com formas diferentes, como também a não admitir o vácuo. Assim os alunos podem chegar a (ou manter) uma concepção de matéria contínua principalmente por não conceber o átomo como tijolo primário construtor da matéria, presente o tempo todo (visão de dentro para fora).

Os alunos chegam ao segundo grau com essas idéias em elaboração. Muitas vezes até concebem átomos e moléculas mas, entre eles imaginam um "meio" contínuo que varia, podendo ser ar, conforme as circunstâncias.

Esta categoria de concepção para matéria pode ser bem estável na mente dos alunos. A sua existência pode ser explicada pelo conflito que vivem entre o raciocínio científico e o cotidiano (Anderson, 1990). Na maneira científica de conceber a matéria, as partículas dinâmicas, entre as quais há o vácuo, são consideradas como um modelo relativo ao mundo observável de um ponto de vista hipotético-dedutivo. Isto significa, portanto, que o pensamento científico sobre a matéria se dá em dois níveis diferentes mas relacionados. O processo de construção desse conhecimento vem-se estabelecendo provavelmente como uma oscilação entre a experimentação e a elaboração abstrata da mente humana. Esta inegável bagagem científica potencialmente disponível para os indivíduos, e conseqüentemente para os alunos dela se apropriarem,

não é revelada no cotidiano. Para o aluno aprender o conceito átomo (ou matéria) ele deve, pois, entrar em interação com o conhecimento científico, estabelecer as relações necessárias para a conciliação com suas idéias intuitivas e se apropriar do que lhe for possível.

É, principalmente, através dos conhecimentos e idéias prévias dos alunos, que o professor pode ponderar sobre o que e como vai dispor-lhes o conteúdo e as atividades que vão promover a aprendizagem.

Podemos afirmar que, em geral, o que os alunos evidenciaram ter aprendido a respeito dos constituintes do átomo se aproximou à idéia que foi atribuída a Rutherford, com a inclusão dos nêutrons no núcleo. A idéia do comportamento dos elétrons ficou no nível rudimentar de concepção, ou seja, de que eles giram em torno do núcleo. Quanto às idéias sobre a massa do átomo, os alunos raramente se manifestaram a respeito. Ora o fizeram através da comparação das massas das partículas ( classes 1 e 2), ora através da menção de que a massa do átomo se concentrava no núcleo (classes 2 e 3). Se considerarmos a baixa ênfase que esta categoria recebeu no ensino, este resultado não foi inesperado.

Quando a nossa atenção é dirigida mais à abordagem qualitativa pela qual os alunos dispuseram a sua noção de átomo e de seus constituintes e menos à abordagem quantitativa e estrutural pela qual identificam quais são, como se caracterizam etc , um aspecto muito significativo emerge: os átomos (ou as partículas) raramente foram considerados pelos alunos, no sentido hipotético-dedutivo, mas foram aprendidos como  fatos, da mesma

forma que aprenderam sobre fatos do mundo observável.

Esta constatação é decorrente da análise que fizemos de como os alunos lidaram com o aspecto da representação gráfica e do modelo do átomo, dimensões estas que, muitas vezes, se superpuseram nas manifestações dos alunos.

Assistimos aos professores fazendo uso de representações diversas. Podemos afirmar que, com maior ou menor amplitude de sinalizações, os professores apresentaram as tendências atuais quanto à representação do átomo. Mas, além disso, verificamos também que, para explicar um ou outro aspecto do comportamento do átomo, os professores se valeram de vários esquemas. Por exemplo, para explicar a transição de um elétron de um nível para outro, foi apresentado um pequeno desenho com arcos (classe 1); para apresentar as idéias de orbital e spin foram feitos outros tipos de desenho (classe 1); na apresentação dos átomos na lâmina de ouro da ilustração da experiência de Rutherford, foram feitos desenhos (e evocadas imagens) conformados ao que se desejava discutir sobre os resultados - átomos como bolinhas e como pontos - (classes 2 e 3). Assim, assistimos a um desfile de pequenas situações cada uma envolvendo artifícios necessários para explicar fenômenos ou fatos específicos às explicações locais.

Este quadro aparentemente "inofensivo" e até "adequado" para os objetivos do ensino, de fato deve ter contribuído para gerar grandes confusões no desenvolvimento das idéias dos alunos. Em geral, o professor assume que essas representações podem ser compreendidas como diferentes propostas para explicar um aspecto e

outro. Além disso, pouca ou nenhuma atenção é dada ao fato de que essas representações são feitas em uma lousa plana, em apenas duas dimensões do espaço. Não podemos assumir que todos os alunos têm o mesmo nível de habilidade para apreender representações espaciais ou que eles devem adivinhar em três dimensões o que se está representando em duas.

O que obtivemos como resultado de aprendizagem desse processo de "modelar" e representar o átomo pode ser configurado em três níveis graduais de apreensão. Em um nível mais primitivo (associado por Vygotsky a fases em que a criança ainda está no nível de pensamento "por complexos") alguns alunos afirmaram que "o átomo era a figura do livro". Em um nível superior de elaboração encontramos a categoria que relacionava a figura a uma forma de representar o átomo. Os alunos que incorporavam esse conceito não haviam, pois, desenvolvido o conceito de modelo: o átomo existiria tal qual foi representado. Apenas a forma de representar seria mutante. Esta categoria de resposta foi muito freqüente nas três classes.

Finalmente, em nível de maior elaboração mental, e encontrada em alunos das três classes, apareceu a categoria: "a figura é uma forma de representar a idéia". Neste caso, podemos verificar pela proposição que os alunos estavam pressupondo que o átomo estava associado à uma idéia, que ela pode ser representada e que há mais de uma forma de representá-la. Somente este tipo de resposta traduz desenvolvimento avançado na mente do aluno do conceito de modelo.

Pelo resultado da aprendizagem dos alunos, entendemos que os

processos de ensino com os quais conviveram não continham o balanço adequado para promover, principalmente, o desenvolvimento do conceito de modelo no que se refere à abrangência com que poderia estar ocorrendo na escola.

Como viemos afirmando, a concepção do modelo atômico atual foi, como todos os outros, uma conquista do homem, fruto de suas atividades científicas e de acasos que puderam ser interpretados em decorrência do desenvolvimento tecnológico atingido (assim foi a descoberta da radioatividade e dos raios-X). Tudo isto está estabelecido irreversivelmente. Voltando-nos à consideração do aprendiz é fundamental destacar que sua mente não é mais a de um homem de 200 anos atrás pois o cotidiano não esconde os resultados dessas conquistas. Porém, o processo cognitivo que o aluno atravessa no desenvolvimento de conceitos que não se apoiam na observação direta pode ter algumas características semelhantes ao do percurso pelo qual passou o cientista que contribuiu para o estabelecido conhecimento. Assim, devemos, no ensino, levar em conta que apropriar-se do conceito de modelo e, conseqüentemente de átomo requer níveis cognitivos atingidos e em desenvolvimento. Deve existir uma coerência interna entre as circunstâncias que limitam ou delimitam a concepção de modelo para consolidar a sua identidade, para conferir-lhe permanência.

Podemos admitir que modelo é um instrumento de comunicação (social e individual) ou de registro de conhecimento construído, uma vez que ele não nasceu com o homem mas, foi e é por ele criado e recriado, individual e coletivamente. Devemos considerar, então, que um modelo (estabelecido) admite dois polos: um polo

objetivo - aquele que dá acesso ao coletivo, ao social; um polo subjetivo - aquele que está vinculado à experiência idiossincrática e que só existirá se houver uma harmonização na interpretação dos atributos do modelo.

As circunstâncias de ensino são extremamente favoráveis ao encontro do indivíduo com outros, o que pode promover o seu próprio desenvolvimento. Os aspectos relacionados nas interações do indivíduo no meio social são inseparáveis dos aspectos relacionados com a abordagem do objeto de conhecimento. Apreender esses aspectos e as suas interrelações pode dotar o professor de condições extraordinariamente favoráveis a que a aprendizagem promova o desenvolvimento mental, especificamente, e humano, sob um ponto de vista mais amplo e desejável.

## 5 . REFLEXÕES DO PROFESSOR SOBRE O SEU PAPEL MEDIADOR NA CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE ÁTOMO

### 5 1 . CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS RELATIVAS AOS ENCONTROS

Os encontros com o professor constituíram a última etapa do trabalho, através da qual buscamos reunir dados e argumentos para caracterizar a análise que ele fazia sobre o seu ensino e a aprendizagem dos alunos.

Estudando esta análise apresentada pelo professor, através de suas manifestações nos encontros, pretendemos investigar como ele concebia o objeto de conhecimento, o papel do aluno no processo de conhecimento e seu próprio papel nesse processo.

Os encontros foram organizados na forma de entrevista semi-estruturada e planejados para abranger, em primeiro lugar, o exame dos dados antes obtidos de ensino (quando o professor era solicitado a se manifestar sobre o material de transcrição de aulas) e, em segundo, o exame dos dados de aprendizagem (quando o professor era solicitado a se manifestar sobre os dados do questionário e, complementarmente, os de entrevista).

O intervalo entre os encontros foi de aproximadamente uma semana.

Antecedendo o primeiro encontro entregamos a cada professor todas as transcrições de suas aulas sobre o assunto em questão. Pedimos que ele indicasse, de forma resumida, o que pretendeu ensinar através daquelas aulas.

Considerando que o professor atendesse a essa solicitação,

planejamos o encontro de forma a ser iniciado por uma conversa sobre os pontos de seu resumo, após o que seriam propostas as seguintes perguntas nucleares:

- 1 . Quais propriedades do conceito átomo são, para você, as mais importantes para o ensino neste nível escolar?
- 2 . Quais aspectos das aulas favoreceram ao aluno a compreensão de que o conhecimento sobre átomo está construído sob a forma de modelo?
- 3 . O que essas aulas sobre átomo podem ter ensinado a respeito do conhecimento científico?
- 4 . Como, no desenrolar dessas aulas, você acompanhou as formas de pensar dos alunos sobre os conceitos que estavam sendo focalizados?
- 5 . Que conhecimentos anteriores dos alunos você considerou para planejar e desenvolver esta unidade?

As três primeiras perguntas foram orientadas para identificar, segundo o ponto de vista do professor, o objeto de conhecimento e o quê do objeto de conhecimento deveria ser abordado; as duas últimas, orientadas para que ele se manifestasse quanto a estratégias de mediação do encontro aluno-objeto.

O segundo encontro foi planejado de forma a dispor para o professor os resultados do questionário respondido pelos alunos. Neste caso os dados seriam apresentados no momento do encontro.

As questões planejadas para nuclear este encontro foram as seguintes:

- 1 . Que avaliação geral você faz da qualidade das respostas obtidas neste questionário?
- 2 . Quais respostas do questionário você considera inesperadas ou

curiosas e como explica a emergência das mesmas?

3 . Em que medida você vê coerência entre os conhecimentos que os alunos mostram nas avaliações em sala de aula e os que foram evidenciados pelo questionário?

4 . A partir do exame desses dados de questionário, que sugestões você levanta para o trabalho com esta mesma turma ou para o desenvolvimento da unidade átomo com novas turmas?

Em relação aos dados de aprendizagem, planejamos fazer um terceiro encontro. Nele, seria apresentado ao professor transcrições de entrevistas dos alunos segundo a sua solicitação.

Em princípio, somente três encontros foram planejados. Entretanto, os resultados obtidos ao dar cumprimento a esses encontros junto ao P1, revelaram que algumas questões ainda não tinham sido satisfatoriamente abordadas. Neste caso, um quarto e último encontro ainda foi marcado para que o professor pudesse comentar os dados aos quais lhe demos acesso.

Para o último encontro, as perguntas planejadas para complementar os dados relativos ao professor 1 foram as seguintes:

1 . Como já disse você, a aprendizagem desse conceito (átomo) é difícil por se tratar de um conceito abstrato para os alunos. Mas pra você, que aspectos são mais complexos no corpo de conhecimento do conceito átomo?

2 . Diante dessa complexidade aparecem as respostas que vimos nos questionários e de entrevistas. Quanto a essa forma de avaliar que eu usei você acha que as avaliações de sala poderiam ou deveriam refletir também as noções que eu tentei explorar?

3 . Vendo o que eles aprenderam e as suas próprias aulas você faria alguma mudança na forma de ensinar?

Os encontros foram gravados e transcritos. Efetuamos a sua

análise buscando sistematizar os conteúdos das manifestações do professor referentes aos elementos centrais do processo ensino-aprendizagem : o ensino, o aprendiz e o átomo.

Os Anexos 7, 8 e 9 apresentam, como amostra, trechos dos encontros com os professores das classes 1, 2 e 3, respectivamente.

## 5.2. CONCEPÇÕES DO PROFESSOR

### CONCEPÇÕES DO PROFESSOR DA CLASSE 1

#### O ENSINO

As manifestações do professor sobre a leitura das transcrições das aulas quase não ultrapassaram o nível de preocupação com aspectos formais da linguagem, não atendendo plenamente à solicitação para, durante a leitura, destacar o que achava que tinha ensinado. Assim afirmou:

*"Quanto às aulas, a primeira coisa que eu te falei foi que eu percebi que sou relapsa no Português.(...) Eu preocupo em transmitir a Química e esqueço o Português.(...) Eu li tudo, entendeu? E, vi assim - igual eu te falei - como sou relapsa no Português. Mas é demais. Eu trabalho há onze anos e nunca tinha...percebido isso!"*

Além desse primeiro tipo de manifestação, o primeiro encontro foi bem rico em considerações espontâneas do professor 1 sobre o

contexto da escola em que trabalhava e sobre as características do aluno do curso noturno (que era o caso da classe analisada). Os registros destes encontros compuseram um quadro em que muitos aspectos concorriam para, aparentemente, justificar a baixa aprendizagem dos alunos por fatores que eram externos a seu controle:

*"E difícil, eu sinto assim uma dificuldade grande, primeiro, porque nós pegamos o aluno sem base.(...) Tem outro problema do aluno que estuda a noite.(...) As vezes o aluno trabalha o dia todo.(...) E nós não podemos abrir exceção porque o vestibular é único.(...) Aqui, por exemplo, o horário é muito pouco".*

Fez referências, porém raras, a questões relativas à própria prática pedagógica:

*A natureza do conteúdo é "o outro problema sério...porque o átomo é uma coisa muito abstrata para o aluno.(...) E nós não temos prática".*

Pelos seus depoimentos ele pensava que o ideal seria ter um modelo material de átomo, uma coisa que o aluno conseguisse visualizar. A ênfase neste aspecto era muito nítida ficando implícito que se se tivesse um modelo concreto o problema do ensino de átomo estaria quase resolvido e, conseqüentemente, o de sua aprendizagem.

*"Não dá tempo...você não consegue nem um 'slide' (do átomo).(...) Você não consegue um modelo concreto do*

*átomo.(...) Seria interessantíssimo, realmente, se aqui pudesse ter, né, um modelo atômico aqui bem grande, visível, para todo mundo ver, entender. Agora, aqui é uma dificuldade. Você não consegue nem um 'slide'...que dirá um átomo!"*

Modelo, para o professor era uma forma de concretizar imagens para o átomo, imagens estas que podem ser materializadas. Atribuir ao modelo a função de recurso material didático era o que mais desejava para o ensino efetivo do átomo. Para ele era possível concretizar o átomo materializando o modelo e só assim permitir aos alunos uma visualização do átomo. Assim, sem o modelo (material) não era possível ao aluno conceber plenamente a idéia de átomo e, em consequência, resolver a pergunta sobre o arame, item do questionário por nós aplicado. No entender do professor esta questão é um "problema prático" onde o aluno é solicitado a realmente demonstrar o que sabe pois tem que "aplicar" o conceito. Mas, lamenta não ter espaço, não ter condições para "colocar um problema assim em sala para ver o que cada aluno pensa" . Um espaço dessa natureza pode gerar condições para o aluno perguntar e esta situação é desconfortável, pois os alunos poderão ter dúvidas fora de seu alcance.

Desse modo o professor admitia , para este assunto pelo menos, uma abordagem teórica e uma prática. Falar do arame, do átomo no arame é uma questão de aplicação prática e "você tem que dar aquela aula teórica e provas..." não tendo espaço para propor situações mais práticas como a envolvida na questão do arame.

Neste encontro o professor apontou para alguns aspectos que

poderiam ser mudados. Queixou-se do livro adotado e comentou sobre a obrigatoriedade do seu uso. Quando lhe perguntamos se poderia "fugir do livro" durante as aulas o Professor admitiu:

*"Isso eu posso, inclusive totalmente. Só não pode adotar outro".*

Porém, essas manifestações refletiam um momento confuso pois, se por um lado o professor admitia a inadequação do livro e a liberdade de alterar o seu conteúdo em aula, por outro, nada de suas aulas registradas demonstrou ter escapado ao programa do livro.

Algumas manifestações sugeriam que, depois do segundo encontro (em que se debruçou sobre os dados de aprendizagem), o professor já tinha mudado um pouco nas suas percepções. No terceiro encontro declarou:

*"Eu não sei. Eu olho pra cada um, pelo rosto dele eu - aquele lá já está pensando na bolinha.(...) Eu agora começo a fazer esse tipo de pergunta que você faz aí no questionário. Eu começo a propor em outras turmas..."*

Algumas vezes ocorreram, espontaneamente, manifestações que provavelmente resultaram do processo desencadeado pela nossa "intervenção", ora apontando para algumas perspectivas de mudança nas suas ações, ora evidenciando a condição de reflexão que, aparentemente, passou a existir:

"Pois é. Porque eu acho muito bom esse trabalho que você está fazendo porque, por exemplo, eu chego lá: explico a matéria, eles fazem o exercício. Mas será que eles entenderam a idéia do átomo ou não? (...) E difícil pra mim saber que eles estão entendendo bem essa idéia de átomo ou não. (...) Você chega lá, dá sua aula, você não tem muita oportunidade de saber muito como que...isto está ficando na cabeça do aluno. A partir desse momento que você faz esse trabalho aí...já dá...Pra mim vai ser ótimo! (...) Mas, a partir do momento que, dependendo do que eles falarem, vai ser muito bom para mim, porque, por exemplo, o ano que vem, quando eu pegar uma outra turma eu vou olhar o que esses alunos (...) ...o que que eles aprenderam, o que que eles tiveram maior dificuldade, para eu iniciar já suprindo essas dificuldades na próxima turma".

Não foi possível, entretanto, perceber a nova estratégia adotada para as mudanças, pois o professor deixou transparecer um certo desconforto sugerindo que fazer ele próprio a pergunta do questionário em aula poderia deixar margens a indagações imprevistas dos alunos:

"Por exemplo, o que eu me proponho aqui a vir dar aula pra eles - aquilo eu sei - agora, de repente - você sai pra uma outra pergunta aí...".

Essas variações de manifestação parecem refletir, de uma certa maneira, a falta de exercício ou de condições de reflexão do professor sobre o resultado de seu próprio trabalho. Pareceu-nos que permitir que os alunos revelem o que pensam efetivamente e que indaguem sobre o que não sabem pode trazer riscos à imagem de

detentor do conhecimento.

## O APRENDIZ

Na primeira interlocução, quando ainda não estavam claros para o professor os objetivos dos encontros e nem apresentados os dados dos alunos, encontramos um interlocutor que revelava pelas suas falas, estar só parcialmente desconfiado e inseguro. O quadro que delineava dos resultados de seu trabalho ainda era vago, as reflexões tinham apenas começado.

Neste primeiro encontro, como o professor ainda não estava de posse dos dados dos alunos, ocorreram considerações vagas a respeito do que estes teriam aprendido sobre o átomo. Por uma vez ou outra comentava sobre o que o aluno já teria aprendido na 8ª.série. Ao mesmo tempo, uma certa dúvida parecia permear as manifestações sobre o que o aluno aprendeu naquele nível escolar:

*"Então, quando você entra no átomo ele já tem noção do que é elétron...o que que é próton...eles já têm essa noção.(...) Por exemplo, eles sabem: elétron, próton, mas quase assim como uma decoreba mesmo, porque já viram na oitava série.(...) E difícil saber se eles entenderam ou não porque, por exemplo, eu passo um exercício. No exercício eu corrijo, eu olho os cadernos, vejo: a maioria está certa. Agora, eu não sei. Não sei se eles estão fazendo certo porque copiaram de alguém, ou que alguém ensinou, ou porque eles entenderam realmente.(...) Porque, quando você está mostrando a escada, camadas...tudo decorado...É um negócio todo*

decorado. Mas assim - ele ainda não conseguiu visualizar a finalidade daquilo. Então, quando você faz uma distribuição eletrônica, termina, pega o último elétron colocado, coloca no orbital e mostra onde o elétron fica, ...aquele negócio todo, aí o aluno - eu sinto assim que fecha - ele consegue entender".

Assim o professor parecia não confiar inteiramente no que revelavam os dados dos alunos obtidos nas provas e exercícios com relação a efetividade da aprendizagem, já que muitas manifestações podiam se apoiar em memorização mecânica, em "decoreba".

As circunstâncias do segundo encontro favoreceram a captação da percepção inicial do professor, de suas manifestações mais espontâneas, em relação às respostas dos alunos ao questionário pois dispusemos esses dados no momento do próprio encontro.

As seguintes passagens da transcrição ilustram o espanto do professor:

"Nossa! Olha o desenho do átomo! Nossa! O átomo pra eles continua na teoria de Dalton - é só uma bolinha.(...) Nossa Senhora! Mas, aluno do segundo grau...assim que ele imagina o átomo! Nossa! Só uma bolinha!...Esse aqui é o átomo?(...) Mas só que ele põe um montão, muito mais do que ela tem (o professor está se referindo ao número de elétrons por camada).(...) Os elétrons, eles estão entre uma camada e outra. Nessa representação aqui os elétrons não estão nas camadas, eles estão entre!(...) Um ovo! Meu Deus, é um ovo!(...) Ele está confundindo o átomo com uma célula! Ele está falando em citoplasma, núcleo - núcleo e citoplasma!"

Ao lado desse espanto, surgiram manifestações que sugeriam

uma certa decepção acordada pela constatação de que o que ficou foi "muito pouco" em relação ao que ele supunha ter ensinado:

*"Então, de tudo o que eu falei,...só que ele é divisível, só isso que ficou (...). Gente, mas é incrível como é que ficou só isso na cabeça dos meninos! O átomo é essa bolinha!(...) De tudo. Impressionante! Mas sabe que isso é ótimo para você ver o que está ficando".*

Após esse primeiro momento de perplexidade quanto aos resultados o professor se voltou para a busca de justificativas para esses dados de aprendizagem responsabilizando vários fatores:

*"Às vezes também pode...Será que não foi o aluno que assistiu só a primeira aula da teoria de Dalton e depois não assistiu nem uma outra? E que ficou pra ele que o átomo é só isso? Porque não é possível! Depois de tantas aulas...o aluno ainda achar que o átomo é só uma bolinha!(...) De repente...porque eles faltam muito".*

Nesse segundo encontro o professor reconheceu a possibilidade de se poder identificar o que o aluno está pensando, o que realmente aprendeu:

*"Mas sabe que isso é ótimo para você ver o que está ficando. Porque, de repente você acha que ele está com aquela idéia certinha do átomo e ele não está".*

E, à medida que se deparou com representações totalmente inesperadas, o professor admitiu nunca ter pensado que os alunos

pudessem ter idéias tão inesperadas:

*Interessante. Eu nunca tinha pensado que o aluno pudesse ver isso dessa maneira: os elétrons entre uma camada e outra.(...) Ora, eu nunca tinha imaginado que o aluno confunde o átomo como uma célula!(...) Essa idéia aqui do átomo assim,  $\sigma$ , isso que eu acho incrível, porque eu dei uma aula de um tipo só, e cada um recebeu essa aula de um jeito. Por exemplo, eu nunca fiz aquele desenho aqui no quadro, elíptico...".*

Depois de ter tido a visão geral dos dados, apareceram, nas manifestações do professor, os primeiros sinais de propostas de reajuste, de reconsiderações. Contudo eram restritos a alguns pontos e aparentemente desvinculados de uma atitude comprometida com um replanejamento amplo e com transformações efetivas de sua prática corrente:

*"Eu, por exemplo, não imaginava ele confundir o átomo com a célula.(...) Agora, nas próximas aulas eu já vou chamar a atenção mais nessa parte, entendeu? Diferenciar para eles.(...) Claro, nas próximas aulas que eu vou falar alguma coisa sobre o átomo eu já vou fazer essa referência mostrando pra eles a diferença do átomo para a célula.(...) É bom que eu vou olhar bem para essa idéia que eles têm do átomo pra próxima vez trabalhar bem em cima dessas idéias que ficaram, né".*

Além disso os comentários do professor deixavam transparecer que ele contemplava nossos resultados sobre os alunos como se fossem desvinculados, independentes da situação de ensino por ele mesmo promovida:

*"Achei super-interessante (esses desenhos), porque eu, por exemplo, eu estou vendo aqui, nesses desenhos como que cada aluno tem a idéia do átomo - coisa que eu nunca imaginava.(...) Você não imagina nunca! Olha o negócio dos elétrons estarem entre as camadas! Eu achei uma coisa assim incrível! Como é que o aluno..."*

A surpresa que o professor demonstrou ao ver os desenhos dos alunos pareceu-nos estar ligada a uma sua idéia de que teria transmitido em suas aulas uma imagem do átomo bem sistematizada, imagem esta que, certamente, estava em sua mente:

*"Eu imaginava que eles fossem fazer direitinho: a eletrosfera, o núcleo, entendeu? Eu pensei que eles fossem fazer direitinho. Eu nunca imaginei que viesse, por exemplo, uma bolinha.(...) Impressionante. Mas sabe que isso é ótimo..."*

No terceiro encontro, tendo passado o momento de espanto em relação aos dados dos alunos o professor retomou uma postura de distanciamento quanto à responsabilidade pelos resultados de aprendizagem dos alunos. Novamente se eximiu do compromisso de promover a condição de melhor ensinar o "átomo", pois a situação ideal está longe de ser alcançada:

*"Primeira coisa que eu percebi é o seguinte: como que diverge, de um aluno para o outro, a idéia, né. Você dá a mesma aula - 32 alunos - cada cabeça recebe a aula de uma maneira totalmente diferente da outra. Impressionante"*

Como descrevemos anteriormente, foi evidente a perplexidade do professor quanto aos dados de aprendizagem dos alunos. Ao ver

os desenhos dos alunos, principalmente, parece ter acordado para o fato de não saber para quem ele deu as aulas. Se a maioria dos desenhos estava mostrando que os alunos "não aprenderam" o que o professor esperava, aquilo que ele estava vendo nos desenhos era um resultado "errado", respostas de nível "primário" atribuídas a alunos faltosos, muito distraídos na aula ou àqueles que não tinham base.

O professor insistiu muito em dizer que o aluno só vê o átomo isolado, tendo dificuldade em "aplicar":

*"Tem muito aluno que sabe direitinho as partículas. Agora, quando tem que transportar isso num contexto, numa coisa mais ampla...ele se perde".*

Para justificar o fato de os alunos não terem demonstrado uma concepção clara do átomo como constituinte da matéria o professor deixou transparecer a idéia de que esta concepção só poderia ser alcançada se aos alunos fossem oferecidas maiores condições práticas, maior contacto com problemas "concretos". Para o professor este era um tema relacionado à aplicação de conhecimentos e não lhe sobrava tempo para abordá-lo. Assim, o aluno é quem deveria ter condições para transportar esse conhecimento e conceber a aplicação:

*"Na hora que você joga para um problema concreto igual esse do ferro eles têm dificuldade de aplicar os conhecimentos deles, em cima do problema.(...) Mas ele tem uma dificuldade de transportar isso para um problema mais prático".*

## O ÁTOMO

Para o professor, átomo era um conceito muito abstrato. Um recurso concreto, tal qual um modelo material, era extremamente necessário à sua aprendizagem, pois, sendo este modelo representativo do átomo, tornava-o visualizável.

Estudar o átomo e seus constituintes - núcleo e eletrosfera - de maneira isolada, fazia parte de uma abordagem teórica da Química, diferente daquela que se devia ter em vista para estudar o comportamento do arame de ferro em função de sua constituição atômica. De forma descomprometida o professor atribuiu mais ao aluno do que a si mesmo a tarefa de tecer relações entre os conhecimentos sobre átomos para explicar o que acontece no arame de ferro aquecido. Para ele esse era um caso de aplicação da Química o que, a seu ver, demandava tempo e às vezes experimentação.

Não era muito clara, entretanto, sua alegação de falta de tempo. Uma vez que não abria mão de itens do extenso programa, certamente ele iria alocar tempo a conteúdos que não seriam tão fundamentais ou necessários àquele nível escolar. Tudo sugere que faltavam critérios para o professor estabelecer prioridades e relevância aos conteúdos do programa.

Disto resultava que a aplicação do conhecimento sobre o átomo era vista como relevante mas não assumia relevância suficiente para superar o impedimento de "falta de tempo".

Para o professor 1, dominar o conceito átomo implicava automaticamente aprender não somente as idéias de números quânticos (os níveis, sub-níveis, orbitais), como também o uso

desses "valores" no exercício de preenchimento dos níveis pelos elétrons. Como atribuiu importância às "descobertas" que o aluno fazia no final de muitos exercícios sobre como determinar o endereço do elétron, podemos dizer que, no seu ponto de vista, o átomo era uma entidade isolada.

O átomo para ele poderia ser representado pelos círculos com elétrons em torno de um ponto central com carga positiva e nêutrons. Naturalmente era isso mesmo que aguardava nas respostas dos alunos, através de suas aulas, mas, de tal forma a abordagem do estudo sobre o elétron se distanciava da concepção do átomo que fez o professor assustar-se ao ver a representação das idéias dos alunos. Não supunha que os alunos tivessem idéias tão inesperadas e diferentes das que ensinou. Não imaginava que cada aluno "escutava" a mesma aula diferentemente.

Face aos poucos comentários sobre o conceito átomo e, em vista do que o professor evocou para analisar a natureza deste conceito, podemos dizer que o nível de conhecimento que dispunha nas aulas estava muito vinculado ao do livro-texto adotado. Talvez esta seja uma razão para a sua inércia em se envolver com mudanças. Além disso, verificamos que as relações que o professor dispunha entre o conceito átomo e outros também se ancoravam na estruturação proposta do livro-texto.

#### SINTESE DAS MANIFESTAÇÕES DO PROFESSOR 1

O último encontro, como já mencionamos, foi mesmo proposto para assegurar um espaço para quaisquer outras manifestações que,

porventura, o professor teria após seu contacto com os dados de ensino e de aprendizagem.

Praticamente nada de novo foi revelado por suas falas, com exceção de um apelo que fez à renovação de metodologia solicitando sugestões de algo que atingisse mais diretamente o aluno, "um método que fosse mais direto", que "poderia ser experiência" . Parecia-lhe possível "importar" uma metodologia; seria ideal "se tivéssemos alguma prática" ou "alguma coisa que conseguisse fazer o aluno visualizar o átomo", assim disse.

O aluno chegava cansado, não tinha base. Diretamente não tinha culpa de "não ter aprendido". O livro exigia muito, o tempo era curto e não havia aulas práticas. Não havia modelo para que os alunos visualizassem o átomo. Portanto, após as aulas de exposição e exercícios, os alunos "não aprenderam" apesar de o professor ter ensinado. Este não culpabilizava em tudo o aluno, mas preservava a sua prática pedagógica. Os maiores responsáveis eram os fatores contextuais ou circunstanciais.

Repensava sobre o livro-texto, lamentava e reclamava da complexidade. Queria mudar mas via-se imobilizado: a inércia é muito grande ; são, na escola, mais de 30 professores de Química que devem ser unânimes na decisão. Como demonstrar-lhes que é preciso mudar?

Reconhecia a validade da inclusão das questões de aplicação, como a do arame, e anunciava que tinha proposto a outras turmas mais ou menos esse tipo de pergunta. Esses comentários que o professor fazia traduziam uma sutil abertura, pequena mas significativa, para um espaço de possibilidades. De alguma forma o

professor podia se ver assim mediando um conhecimento que não é só o do livro, o pronto, mas aquele que iria surgir ou se desenvolver a partir de um momento singular que admitia a participação do aluno.

Vemos, nas suas falas sobre aprendizagem, que ele concebia o processo de conhecimento pelo aluno como um processo de recepção de informações, que são arquivadas nos compartimentos devidos. Embora esteja nisso implicada alguma sistematização de relações entre informações, o processo fica caracterizado mais como somativo que relacional. O aluno é um recipiente de informações, que somadas formam o plano abstrato de seu pensamento, o plano das conceituações. A aplicação do conhecimento é vista como a operação de desarquivar tais conceituações e relacioná-las com a situação concreta dada.

Assim, de modo um tanto inconsistente, o aprendiz é visto como relativamente passivo, ao dominar conceituações, e relativamente ativo, ao formular aplicações dos conceitos. Com essa inconsistência, fica simplificado o trânsito entre o sensível-concreto e o abstrato, essa tarefa complexa que o aprendiz deve realizar em sua evolução conceitual.

O modo como o professor considera o sujeito-aprendiz já revela, em parte, o papel mediador que ele se atribui no contexto pedagógico. Mas para podermos reconhecer esse papel é preciso também considerar como ele pensa estar ensinando e o que espera como produto de sua ação.

Parece-nos que o professor admitia como necessário concretizar o abstrato no ensino de conteúdos que implicam

modelos. Lamentavelmente, para ele, o ensino do conceito átomo não foi plenamente satisfatório pois foi subtraída a condição do recurso material do modelo. Contraditoriamente, surpreende-nos o fato de não ter percebido que, ao focalizar em várias aulas a partícula negativa - o elétron - não lhe ocorreu a necessidade de concretizá-lo. Além disso não se deu conta que o tratamento do elétron estava embebido de relações numéricas definidas por modelos matemáticos que demandavam abstrações de nível mais elevado ainda que o estabelecido para se "pensar" o átomo.

Se, de alguma forma, evidenciamos que a aprendizagem do aluno não foi compatível com o que foi ensinado, segundo o professor ela foi prejudicada basicamente por outros fatores, como a falta de tempo, de recursos materiais, o cansaço do aluno do curso noturno, a sua falta de base para fazer face ao livro adotado etc. Sua prática parecia não constituir uma fonte das distorções constatadas na aprendizagem. De fato, ao assumir o papel de transmissor de conhecimento e de avaliador do nível de reprodução, cabia-lhe apresentar e reapresentar informações e exercitar a enunciação destas.

O professor esperava, assim, que o conjunto de conteúdos que ensinou fosse aquilo que todos chegaram a aprender de modo uniforme. Transmitiu as informações como conteúdos compartimentados, tal como os encontrou no livro. Como parece pensar que assim deva fazer, é possível verificar que ele cumpre o papel que a si atribui como professor. A sua prática é, portanto, consistente com as suas concepções de ensino.

O ENSINO

Através das manifestações nos encontros, o que pudemos observar no professor 2 foi uma tendência a atribuir ao ensino a função prioritária de estimular o aluno, de conquistá-lo à participação:

*"Às vezes ele tem atenção...quando você trabalha algum conteúdo que o aluno consegue fazer alguma relação com o prático."*

Para o professor, alguns tópicos do conteúdo estavam muito distantes da realidade cotidiana do aluno e mesmo quando tentou contextualizar com informações interessantes (dados de tecnologia e história de Marie Curie), o aluno não mostrou o interesse, não fez o raciocínio aí implicado.

*"A pessoa aprende as coisas quando ela faz alguma conexão com a realidade da vida dela."*

O professor grifou sua preocupação em promover mais condições que estimulassem o aluno. Procurando atingi-las vislumbrou um ensino com estratégias diferenciadas":

*"Talvez trabalhar esse tema, essas idéias todas mais as do aspecto histórico dos modelos, quer dizer, resgatar a parte histórica mais através de um áudio-visual."*

*Continuo achando que é uma alternativa mais interessante.(...) O vídeo, o aluno trabalhar mais com textos, ter mais tempo pra poder trabalhar a informação individualmente, através de leitura de texto, eu acho que teria que se respeitar mais o ritmo próprio de cada aluno, o que é complicado em termos de situação de trabalho que a gente tem."*

Cogitou sobre a estratégia de trazer à aula uma palavra geradora - como "átomo" - e explorar a fala dos alunos; "depois tentar articular isso através de um texto, por mais simples que seja; colocar questões, em cima de discussões, perceber o que está consolidado - - e elaborar outro texto".

Em sua insatisfação como ministrador de aulas, afirmou que ia "tentar melhorar isso: em vez de passar as informações oralmente, passar textos, por exemplo".

Ele gostaria de ver o aluno com mais tempo para si, trabalhando com colegas, trocando idéias, como já mencionamos nas discussões sobre aprendizagem. Entretanto, o professor não escondeu seu desconforto face à cobrança vinda dos próprios alunos que chegavam a ver este tempo subtraído do de ensinar "outras coisas", em função do vestibular, ou vinda da própria escola que oferecia cursos de características diferentes onde também ocorriam freqüentes mudanças de professor.

Ficou seguramente estabelecido que o professor abordou a unidade sobre átomo de maneira que, a partir de seus conteúdos centrais, pode contextualizar historicamente, pode descrever aspectos relevantes das experiências envolvidas na construção de

modelos atômicos e assim, naturalmente, revelou o percurso de um trabalho e pensamento científicos.

Ao longo de todas as suas manifestações ficou bem destacado que o professor, embora não de todo satisfeito com a maneira que o fez, não abdicaria de levar para o aluno o máximo de informações possíveis sobre o tema. O contexto histórico, as relações tecnológicas e sociais, a visão do método científico através das descrições das experiências dos cientistas, a evolução da idéia dos modelos atômicos - tudo isso deveria compor o quadro de conhecimentos necessários ao aluno. Estabelecidas as melhores estratégias de trabalho e de estudo, o aluno estimulado poderia aprender o desejável pelo professor neste tema em questão. Entretanto, confessou que foi grande a carga de informações que tinha trazido à sala de aula.

*"Quer dizer, eu acho que essa confusão (sobre modelos de átomos) tem a ver um pouco com a maneira com que o conteúdo é trabalhado em sala de aula porque é muita informação, às vezes de maneira desconectada, mas também eu acho que às vezes é por falta do próprio aluno ter um maior interesse em acompanhar."*

Mas, talvez o aluno tivesse mais condições de fazer ligações se "o conteúdo que fosse trabalhado em sala (fosse) organizado através de textos e, logicamente cada texto com algum tipo de atividade - um questionário, um estudo dirigido que facilitasse a leitura, orientasse a reflexão em cima das questões que estariam sendo colocadas..."

Pudemos constatar, curiosamente, que o professor não evocou a

necessidade de atividades experimentais para os alunos, assim como a de um recurso concreto para abordar os modelos para o átomo.

Sugeriu a importância de ter acesso às idéias próprias dos alunos mas, a não ser através da atividade da "palavra geradora", não mencionou qualquer outra que lhe tenha servido de "janela" para aquelas idéias dos alunos. Admitimos que, por não ter tido hábito de desencadeá-la, ele pode não ter-se convencido de que realmente ela seria efetiva e assim não se mostrou claramente disposto a considerar a inserção da atividade em sua situação de aula.

O processo de aprender deveria passar por atividades como ler, ouvir, analisar, discutir, refletir, relacionar, desde que referenciadas a informações contidas nos materiais recebidos pelos alunos, não havendo muito espaço para o imprevisível, para o erro, para a observação e investigação de fenômenos eleitos pelos próprios alunos.

Considerando os diversos aspectos que o professor abordou em seus comentários sobre o ensino, é possível configurar como concebe a sua metodologia. Embora ele não explicita em seu discurso, podemos inferir que entende "ensinar" como o processo de passar, de maneira estimulante e relacionadora, informações para o aluno. Se o conjunto de conhecimentos não esteve adequado caberia ao professor se preparar melhor procurando as fontes do saber. Afirmou ter vontade de fazer cursos para promover o seu próprio desenvolvimento e, mais atento seria, então, quanto aos processos de aprendizagem.

Quanto à sua disposição a um redirecionamento metodológico do

trabalho de ensinar, ele se mostrou muito cético em promover mudanças.

## O APRENDIZ

As manifestações do professor 2 sobre a aprendizagem dos alunos se referiram, principalmente, a dois aspectos. Por um lado, consistiram de dados que envolviam considerações de habilidades cognitivas conquistadas e desejáveis de serem conquistadas pelos alunos. Por outro, referiram-se a avaliações de aspectos relacionados mais especificamente à aprendizagem do conceito átomo.

Procuramos considerar suas manifestações tentando localizar, através da análise de sua fala, fatores aos quais atribuiu os resultados relacionados àqueles aspectos.

De imediato pudemos constatar um tom de muita insatisfação quando o professor relacionou a insuficiência das respostas dos alunos nas provas ao tempo investido em aula para as exposições do conteúdo correspondente:

*"Em relação às provas, porque se você percebe o tempo que você gastou pra trabalhar esse conteúdo e depois, em termos do resultado das provas, as dificuldades que o aluno apresenta pra responder as questões, pra analisar uma frase.(...) Quer dizer, ter uma visão do todo, (...), saber articular as idéias, vamos dizer, cronologicamente, e tentando perceber mais pontos que foram colocados que são os principais, que vão representar saltos, né, mudanças em termos de modelos..."*

De fato, a sua expectativa, inicialmente revelada, parecia ser muito alta por estar vinculada à solicitação de habilidades cognitivas provavelmente não garantidas após aulas expositivas, após o exercício de apenas ouvir pelo qual o aluno passou. No encontro, ao longo de seu discurso, como um todo, o professor deixou claro que não haveria possibilidades, segundo a sua forma de ensino, de aguardar do aluno uma correspondência de aprendizagem de habilidades cognitivas.

Contudo, pudemos ver que este professor conviveu com a auto-crítica e a confirmação de seu próprio modo de expor o conteúdo:

*"Pelo menos o aluno que tá participando, que tá conseguindo ter paciência de acompanhar esse raciocínio, essa conversa assim muito longa, eu acho que os alunos conseguem aos poucos ir estruturando essa idéia de que Ciência não é uma coisa estática, né. É dinâmica e..."*

Como deveria ter sido, então, a sua aula, para acordar mais condições no aluno, para atingir habilidades cognitivas mais complexas, mais desejáveis? Modificaria ele o seu ensino?

*"Tá claro que, quanto mais o aluno trabalhar, por exemplo, a leitura de textos e você falar, você falar na hora de você, vamos dizer assim, tentar organizar as idéias, a partir de um referencial que pode ser o texto, como leitura, ou pode ser uma atividade experimental, você garante mais que, vamos dizer assim, os aspectos básicos de cada tópico, quer dizer, os conceitos, as*

*idéias, provavelmente eu acho que elas vão estar mais, mais amarradas.(...) ...ir arrematando as coisas mas, de maneira parcelada onde o aluno vai tendo momentos para ele poder participar mais ativamente, através de leitura, respondendo questões, né. Se possível discutir mais com o colega a diferença que ele tem na maneira de pensar, maneira de responder uma determinada questão...(...)...favorecer mais a ... (...) participação intelectual do aluno tentando... dele fazer...(...) as relações e até interagir mais com os colegas pra ver se facilita a troca de idéias.(...) Se você quer dar mais oportunidade do aluno participar, você vai ter que dar mais tempo pra ele. Se você vai dar mais tempo, o mais provável é que o que eu falei no ouvido deles durante dez aulas e que eu tente garantir isso de uma outra forma, eu leve vinte aulas, por exemplo."*

Interessante e preocupante é observar que, apesar de reconhecer como seria bom o aluno ter mais tempo para si, P2 pareceu-nos irredutível em não subtrair o seu próprio uso do tempo em aula que continuaria a ser alocado para as exposições sobre o conteúdo. Poderíamos inferir que, para o professor, dar mais tempo ao aluno significaria uma extensão das atividades, nas quais o tempo usado no que já faz seria preservado. Não se tratava de uma reorganização das atividades, mas de reconhecer que o aluno poderia ter um tempo adicional para construir e trabalhar conhecimentos e habilidades e apropriar-se, neste tempo, de processos que certamente poderiam vir a fazer de si um sujeito mais ativo no desenvolvimento da aprendizagem.

De forma não explícita, o professor deixou a entender que este tempo e estas atividades a mais para o aluno pelo menos iriam promovê-lo a uma condição melhor para ouvir e reconhecer a exposição do conteúdo como necessária. O aluno teria então desenvolvido habilidades que o deixariam capaz de "receber" e processar as informações.

Segundo sua fala, o professor admitiu que apresentou muitas informações para o aluno e que este não teve condições de digerí-las. O aluno teria que ter interesse na aula, porém reconhecia que, espontaneamente, foram poucos os que demonstraram estar atentos, ouvindo-o. Admitiu que nem sempre o aluno ia para a escola para aprender, ora participando, ora desinteressando-se da aula. Reconheceu que não esteve em condições de entender muitos fatores da vida pessoal do aluno.

Ao atribuir, assim, os resultados da aprendizagem a fatores também relacionados com características do aluno não se deteve particularmente em qualquer um, mas apenas constatou sua existência.

Uma vez comentado o processo de aprendizagem sob os aspectos das habilidades cognitivas é interessante relatar sobre como o professor viu o que realmente o aluno demonstrou ter incorporado a respeito de "átomo".

Quase nada o surpreendeu em relação às respostas dos alunos ao questionário. Não se surpreendeu com as respostas que mais se aproximaram do conhecimento cientificamente aceito: vieram de alunos que prestaram atenção nas aulas. Aquelas muito distantes vieram de alunos que estavam desatentos, desligados:

*"... eu me lembro que, realmente, que não participaram né, por vários motivos, de novo. Tinha alunos que não participavam, então deles eu espero que saia qualquer coisa diferente do que a maioria responde."*

Na sua visão a abordagem da unidade sobre "átomo" envolve conceitos, ou relações entre eles, bem avançados. Reconheceu que não foi mesmo fácil para o aluno aprender sobre "modelo", por exemplo.

Dentre os vários conceitos que ensinou, o professor admitiu que os alunos aprenderam com mais segurança os de número atômico e isótopo pois, a seu ver, a sua aprendizagem envolvia processos mecânicos de memorização simples. Justificou a não aprendizagem efetiva dos demais conceitos pelos alunos à forma descontextualizada que o seu ensino transcorreu.

Por uma única vez manifestou surpresa, ao ver que um aluno confundiu célula e átomo. Admitiu que pode ser um meio de ter acesso ao que o aluno pensa solicitar-lhe um desenho:

*"Isso pra mim é surpresa. (...) não me lembro de ter um dia pedido pro aluno fazer uma representação pro átomo, como tá nessa questão; fazer um desenho, né, de como ele imagina o átomo. (...) O questionário que você elaborou me atentou para essa questão de tentar resgatar mais as idéias dos alunos, né. Por exemplo, propor ao aluno em alguns momentos pra desenhar o modelo que ele tem naquele momento em relação ao átomo, pra ver se ele realmente está conseguindo, de uma aula pra outra, ou de uma série de aulas pra outras, ele tá conseguindo fazer o salto que eu tô fazendo pra eles, tá certo?"*

Trabalhar as idéias dos alunos foi reconhecidamente relevante para ele mas não lhe pareceu ser tão clara e segura a maneira como pode promover as suas manifestações e ter acesso a elas.

Embora tenha reconhecido necessário "ter que respeitar mais o ritmo próprio de cada aluno" e "tentar resgatar mais as suas idéias" foi notável a sua preocupação em "cultivar" mais textos contendo mais informações:

*"Outra coisa que eu acho que ajudaria o aluno a fixar mais o conteúdo é ele ter, não como ... uma leitura complementar, mas como quase uma leitura obrigatória ou uma tarefa extra-classe - e pra isso ele receberia o material, alguns textos que resumissem as aulas, porque a aula fica muito solta."*

O aluno ainda não estava tendo oportunidade de "registrar, organizar no caderno dele as idéias que vão sendo passadas para ele". A ênfase nesses aspectos sinalizava prioritariamente o ensino como um fator significativamente responsável pela aprendizagem e, indiretamente, que esta envolve mecanismos associados nitidamente à transmissão de conhecimentos.

## O ATOMO

Quando nos voltamos para a análise do julgamento do professor em relação ao conteúdo abordado, verificamos que seus pronunciamentos tenderam a apresentar um tom de defesa da existência de suas aulas expositivas.

A nosso ver, não foi a aula expositiva que julgou totalmente

indispensável mas, sim, todo o conteúdo de sua fala. Ele dispensaria parte da exposição desde que a substituisse por textos, por áudio-visuais mas, ainda assim acharia que seriam necessários momentos de fala para "alinhar as idéias a partir de discussões feitas com o coletivo e a partir da análise das dúvidas coletadas pelos alunos".

A sua primeira preocupação em relação ao conteúdo de seu discurso em aula, foi associada às "verdades" registradas nos livros que veiculam o conhecimento científico. O professor se mostrou preocupado em relação ao que seria realmente verdadeiro das informações as quais vem tendo acesso e que vem "passando" para os alunos. Sensibilizado por questões levantadas por pesquisadores da área de ensino, encontramos o professor numa fase em que repensava seriamente sobre o fato de ter estado a contextualizar historicamente o desenvolvimento do modelo de "átomo" sem ter mais a segurança das correções de todas as informações.

Esse quadro, embora grave no seu entender, parece não lhe ter abalado a convicção de que ainda foi possível dar condições ao aluno de perceber a natureza dinâmica da ciência através de suas exposições sobre a evolução dos modelos atômicos. A contextualização histórica que pode fazer revelou-se positiva em relação ao livro-texto que foi obrigado a adotar. O professor afirmou que, desta forma, o livro-texto ficou desmistificado, uma vez que nele as informações são frias, soltas e os modelos são dispostos independentes uns dos outros.

Julgou satisfatória a forma com que desenvolveu a idéia da "atividade científica" ao descrever as etapas do trabalho de

Rutherford em suas experiências sobre espalhamento de partículas. Simultaneamente revelou acreditar que pode mostrar ao aluno as relações do conhecimento científico com o tecnológico, dando exemplos concretos como o da "invenção" do contador Geiger.

*"Tem uma série de situações desse tipo que ajuda o aluno a começar a pensar nessas coisas; quer dizer, a relação entre ciência e tecnologia.(...) Em relação ao contexto social eu acho que fica muito solto, né. Mas, de qualquer forma também eu tento fazer, às vezes, alguma ligação, mesmo que superficial, inclusive em função de minha formação.(...) Quer dizer, a tentativa que a gente tem aqui é de mostrar, por um lado que deve-se recuperar as experiências anteriores e a partir das anteriores ver como é que o homem vai construindo o conhecimento, como é que ele vai percebendo a realidade do seu mundo e modificando às vezes até a sua visão de mundo em função desses novos conhecimentos."*

Isto tudo o professor manifestou descrevendo, no seu entender, o que gostaria de ter estado a transmitir. Contudo, os resultados de aprendizagem não o deixaram na ilusão de que estas idéias foram processadas pela maioria dos alunos:

*"Você percebe que tem alguns alunos que conseguem, vamos dizer assim, alinhar as idéias, tá certo, quer dizer, conseguem perceber, conseguem, é, construir, ou pelo menos acompanhar a construção de algumas idéias que vão alterar os modelos de átomo, enquanto que outros fazem a maior confusão."*

E ele voltou a admitir que estruturar o conteúdo de maneira mais

integrada ainda não lhe era possível.

Por algumas vezes atribuiu à sua formação o fato de não ter conseguido desenvolver melhor a idéia dos modelos atômicos. Afirmou ter, assim, preferido ficar informado sobre a idéia do modelo mais simples e confiar que o aluno "mais pra frente reformula", como aconteceu com ele próprio.

Enquanto não teve condições de compreender totalmente porque os alunos não aprenderam de maneira desejável, o professor evidenciou indiretamente que, para si, o seu trabalho fazia sentido:

*"Então, pra falar com você se é válido, se eu modificaria ou não, eu precisaria de muito mais elementos que eu não tenho hoje. Então eu fico nessa incerteza, quer dizer, pela falta de tempo eu continuo repetindo isso. Quer dizer, é mais cómodo ter algumas coisas mais ou menos estruturadas, mesmo que eu saiba que até incorretas ou (...) pouco eficazes no que diz respeito ao processo de ensino-aprendizagem, mas eu acho que a gente se acomoda um pouco e vai repetindo."*

## SÍNTESE DAS MANIFESTAÇÕES DO PROFESSOR 2

Em face de todo esse quadro dos encontros poderíamos considerar que o professor 2 se revelou como um professor pouco disponível para admitir mudanças por iniciativa própria.

Não se pode concluir, entretanto, que retrata uma postura irreduzível, uma vez que ele apontou algumas circunstâncias potencialmente favorecedoras de reconsiderações das quais tem-se

aproximado.

Disse achar necessária a interação do professor com pesquisadores em ensino e com professores que aplicam e/ou produzem materiais novos, lembrando o que já vinha fazendo em prol de sua melhoria profissional. O professor ressaltou como importante o fato de estar participando de um grupo que se envolve com um trabalho alternativo. Nesta circunstância singular de reflexão a que se dispunha o professor, torna-se extremamente favorável o desenvolvimento de sua conscientização profissional, o que não ocorre com muitos professores. Suas manifestações a respeito dessa condição de interação indicam muitos aspectos já acordados:

*"Acho que tem que ter uma interação maior entre as pessoas que estão produzindo esse conhecimento, que estão fazendo esse tipo de questionamento. Eu acho que vale uma maneira interessante, por exemplo, eu acho que vale a pena mais investir participando do grupo de D. do que elaborando material novo sobre "Estrutura Atômica". Porque no caso do D. a gente, eu acho, que tá indo mais a fundo. (...) Em cima disso, tem-me levantado muito mais questões, dizendo respeito à estratégia de ensino, do que eu poderia levantar sozinho tentando melhorar isso aí."*

E para ousar mudar o professor não deixou de frisar que ele precisaria ter acesso a referenciais teóricos que não tem e que dificilmente terá em função de sua realidade de trabalho.

Enquanto isso, disse:

"O que eu fico fazendo enquanto professor de segundo grau é reproduzindo algumas idéias que eu aprendi, aprendi entre aspas, na universidade, (...), no segundo grau."

Ao considerar o segundo grau o professor lembrou que os adolescentes jovens admitiam diferentes escalas de valores daqueles que ele tem construído ao longo da vida. A título de exemplo evocou a queixa que alguns alunos já lhe fizeram de ser muito sério e de provocar receio na classe. Considerou fora de propósito a preocupação do aluno: enquanto este se sentia inibido por um "cara cisudo", que pouco brincava e "metia medo", não reparava que este mesmo professor entregava-lhe materiais, exercícios e textos bem organizados, bem planejados e limpos, vindos de alguém que se preocupou sempre com a estética, com o encadeamento do conteúdo dos textos e com muitos outros aspectos. Em geral, queixou-se o professor, o aluno não distinguia o professor que lhe entregava "qualquer coisa" daquele que preparava com rigor o "material para o aluno", mas distinguia o "brincalhão" do "sério", e preferia o primeiro.

Ao final dos encontros, o professor deixou-nos com a afirmação de que estava cada vez mais descrente de que podia dar uma contribuição razoável para que um aluno aprendesse Química.

Como vimos até aqui houve, sim, evidências de insatisfação quanto à estratégia de trabalho por ele adotada e por várias vezes nos encontros ele apontou estratégias outras no sentido de mudar o ensino. Analisando suas sugestões pudemos constatar que elas se referiram principalmente a substituições de sua exposição por

textos e a conferir ao aluno mais tempo para digerir as informações neles contidas através de estudo dirigido e discussões.

Entretanto, mesmo tendo demonstrado acreditar que este caminho pode ser mais efetivo, mesmo admitindo ser-lhe acessível material para a elaboração dos textos, o professor não teria tempo, tempo para pensar, para articular, para estudar, fazer levantamentos bibliográficos em fontes seguras... e relatou que provavelmente iria repetir no futuro próximo tudo nos mesmos moldes do que já fazia por ocasião dos encontros.

### CONCEPÇÕES DO PROFESSOR DA CLASSE 3

#### O ENSINO

Através das considerações que o professor 3 apresentou ao longo dos encontros, pudemos verificar que ele se atribui certas funções para atender ao cumprimento da proposta de ensino adotada sem se preocupar, aparentemente, com aspectos relacionados com o conteúdo:

*"O meu papel eu sinto assim: mais uma orientadora, pra encaminhar quando o negócio vai desviando, você dá uma ajuda pra chegar num ponto comum, né.(...) Eu acho que eu dou o recado! Vejo o aluno muito próximo, ele está assim super próximo, sabe... Ele, nas dificuldades dele ele sabe a quem recorrer. (...) acho que encaminho os negócios.(...)Acompanho muito o jeito que os alunos estão pensando. É o único papel da gente ali."*

Podemos verificar que, embora o professor tenha revelado o seu papel focalizando uma preocupação em estabelecer uma boa e próxima relação pessoal com o aluno, ele não se posicionou tradicionalmente. Ao contrário, "orientou", "acompanhou o aluno", "encaminhou", se investindo de funções que, certamente, promoveram a condição ativa ao aluno.

Quando foi solicitado a considerar a sua anterior forma de ensino - tradicional - e comentar sobre o que a caracterizava, reconheceu que havia uma grande diferença entre as duas formas - a anterior e a atual - mas não houve como captar manifestações mais diretas sobre como via o movimento do processo ensino-aprendizagem em cada caso. O que ficou grifado foi a idéia de que "a nova maneira de trabalhar" o ensino envolvia a aproximação ao aluno.

Sua ênfase e freqüência ao abordar este aspecto deixou-nos supor que o professor não foi sensibilizado, durante os encontros, a tecer considerações, ou reflexões, sobre a nova maneira com que o conteúdo e a forma de organização dos trabalhos em sala estão dispostos.

O seu entusiasmo ao ver que o aluno podia trabalhar sozinho com a ajuda e presença "pessoal" do professor deixou um pouco indefinida a interpretação de o que marca a sua presença "profissional".

Segundo o seu ponto de vista, o professor se definiu como pessoa objetiva e com algumas manifestações tentou revelar-se assim, descrevendo a maneira como se via aproximando do aluno como profissional:

"A gente tem que fechar certas dúvidas.(...) Tem umas coisas que a gente (enquanto aprendiz) guarda e que às vezes você pergunta uma coisa simples. Quando você vem perguntar uma coisa, já é um fechamento de uma porção de coisa que você já estudou muito tempo pra chegar naquele ponto. E é uma coisa que se a pessoa te responde simplesmente pra você é ótimo: você arremata aquilo, uma porção de coisa. Então, nesse ponto, eu acho que é uma coisa boa e eu vi isso nesse negócio aí (na transcrição) que eu gosto. Eu não gosto de muita conversa."

Na preocupação em deixar o aluno expor suas idéias, P3 reconheceu a sua insatisfação quando relatou não conseguir perceber o que deveria ser buscado no momento do plenário (nome atribuído à atividade coletiva, coordenada pelo professor, de discutir dados e idéias dos alunos para organizá-las e apresentar as conclusões gerais dos trabalhos da aula):

"Eu só não sinto realizada é na hora do tal plenário que eu gostaria que fosse um pouco diferente sabe?(...) Esse negócio de fechar melhor certas coisas, né.(...) Queria ter esse plenário no final de cada aula - que eu não consigo (...) Então, às vezes junto plenário de uma porção de coisa num dia só - sabe como é? (...) eu acho que, chega na hora, eu pergunto pra um, pergunto pra outro, acabo falando muito, entendeu? (...) Eu já diminuí - tanto que eu falava! E um fala dum lado e outro fala do outro. Então você tem que ter jogo de cintura pra enfiar aquela linha sabe."

Naturalmente este momento é difícil: deflagrar o plenário é promover as relações dos conhecimentos envolvidos nas tarefas

executadas pelos alunos com os conteúdos abordados nas atividades e unidades anteriores, contextualizando-os e sistematizando-os. Para tanto, a atividade deveria ser tomada como fundamental para a organização e estruturação do conteúdo desenvolvido. No projeto de ensino sendo implementado, a definição do momento do plenário era, sem dúvida, determinante para o seu sucesso.

É interessante constatar que o professor se revelou muito mais à vontade entre os alunos, intervindo nos grupos, do que na condução do plenário. De uma forma ou de outra verificamos que promoveu situações de conflito entre eles e as idéias com as quais tinham que trabalhar. Atuar nas discussões, no "plenário", deixou o professor insatisfeito com as suas próprias ações.

## O APRENDIZ

O professor 3 descreveu o aluno trabalhando em grupo, aprendendo em grupo, deixando-nos uma imagem de que eles eram bastante auto-suficientes:

*"Eles vão concluindo por conta própria (...) eles vão concluindo, estudando, pelejando, chegando lá. Eles chegam com os conceitos bem simples e bem definidos."*

Defendeu a crença de que o aluno aprende em grupo, principalmente porque "quando ele tá discutindo, ele tá discutindo, ele tá lendo, tá interessado. No princípio até a gente não percebe muito porque tem uns meio passivos, né..."

A sua manifestação não se deteve, entretanto, no processo

cognitivo do aluno enquanto em atividade grupal mas, se deslocou para enfatizar características mais pessoais. Quando comentou:

*"Se tem um grupo fixo você já sabe que um vai fazer, um vai decidir, um vai escrever. (...) Se forma um grupo que vai ter sempre um que manda, outro que obedece, aquele passivo ali (...)"*

O professor demonstrou a sua preocupação em assegurar que as características pessoais dos alunos deveriam ser ajustadas às necessidades da dinâmica da interação do grupo. Não foi simples fazer emergir o parecer do professor sobre este processo. A sua visão ficou mais evidenciada quando o solicitamos a comentar sobre "o que perde" o aluno que fica "sozinho, sentado, ouvindo uma aula expositiva":

*"Nossa senhora!!! Ele não faz né! Ele não vai à luta. Ele não faz, ele fica ali, esperando... Então ele entra em devaneio... viaja... Porque o aluno ocupado procura, ele procura, é diferente. A chance dele aprender é outra né, dele guardar, dele aprender a raciocinar, aplicar isso... (...)... ele vai usar o raciocínio noutras coisas."*

O professor 3 quase sempre relacionou a aprendizagem do aluno com a maneira pela qual o material instrucional desencadeou as atividades dos mesmos. O professor raramente fez menção a si mesmo na interação com o aluno no ato de ensinar. Houve uma grande preocupação, manifestada ao longo dos três encontros, em afirmar a boa qualidade do projeto (a proposta de ensino sendo implementada), atribuindo-lhe o mérito da aprendizagem dos alunos.

Outras vezes a sua fala apresentava simultaneamente a manifestação do que pensava sobre como se via trabalhando e como o aluno atuava:

*"Quando eu trabalhei no Colégio B. (escola particular em Belo Horizonte) 19 anos... eu era realizada plenamente como professora... (...) O meu método era assim: expositivo, fazia muita arguição, era completamente diferente. (...) Sabe o que eu sinto? Muito mais tranquilidade aqui. Eu sinto o seguinte: que a aprendizagem dos conceitos é muito mais segura e que quem estuda desse jeito extrapola com muito mais facilidade. (...) Naquela época, eu achava que eles aprendiam era daquele jeito. Agora comparando, não sei se aprendiam mesmo, isso que eu questiono sabe."*

Considerando suas atitudes atuais, se aproximou mais da descrição do processo de aprendizagem do aluno dizendo que:

*"Na hora mesmo que eles estão trabalhando é que você vai vendo que cada um vai desenvolvendo. Cada um começa a perceber aquilo num determinado momento."*

Isto demonstrou a existência da sensibilidade do professor ao fato de que são diferentes os tempos associados à aprendizagem de cada aluno.

Pareceu-nos que o professor percebeu as diferenças peculiares a cada processo de aprendizagem dos alunos e o fato de que eles construíam seu próprio conhecimento.

## O ATOMO

As nossas tentativas de diagnosticar a visão do professor sobre o conteúdo tiveram respostas limitadas. Entendemos que o fato de ser de comum conhecimento (do professor e da pesquisadora) o conteúdo estabelecido no material instrucional concorreu fortemente para que o professor fosse breve ao abordar o conteúdo.

O professor apresentou a sua visão sobre o conteúdo ora através de interpretações dos dados da aprendizagem, ora por comparação com outras situações de ensino:

*"Eu acho que eles chegaram no que queria do átomo, né. Na simplicidade dele, no Dalton, Rutherford e a distribuição dos elétrons ali.(...) O que foi ensinado mesmo foi muito simples... e cresceu com as experiências que você vai vendo a teoria particular da matéria e tal, né. Mas é... o que tinha que ensinar mesmo. Porque se fosse teórico, como a gente dava antigamente, né, por esses livros assim, numa aula você dava tudo, não dava?"*

Considerando a Unidade abordada, foi totalmente impossível extrair do professor um parecer sobre a estruturação do conteúdo segundo a sua maneira de ver. Parece-nos que adotar o projeto como está não lhe trouxe qualquer dúvida sobre a eficiência deste e nem ele preocupou-se em cogitar sobre o porque da estruturação do conteúdo. Assim descreveu:

*"Então eu acho que ali, que você começa em substância, com as propriedades físicas e tal e tal e tal. Daí você tem a necessidade mas como? Né. Como que são essas*

*questões? Aí você vai entrando para a constituição das substâncias. Eu acho muito bom quando você passa então pro processo químico, com aquecimento, a eletrólise e tal, como são formadas novas substâncias. Mas e essas substâncias, como é que são formadas? Aí você vai entender, né(...)"*

Não foi possível extrair manifestações de relações que o professor poderia ter estabelecido entre os itens que citou e então tentar compor ou recompor como se dá o encadeamento do conteúdo abordado .

Por exemplo, em relação ao conceito de modelo foram poucas as evidências apresentadas sobre como o professor o pensa, deixando-nos estreita a margem para considerações:

*"Porque muitos, eles entendem bem o que é que é modelo, que é pra você... que é uma coisa material pra você passar aquilo porque depois você não pode ver... Eu senti que muita gente tá assim tranquila."*

Houve muitas referências à consideração da idéia de modelo. Entretanto, ocorreram quase sempre voltadas à sua relação com a representação concreta, como recurso didático. Assim foi o caso dos comentários sobre o uso das "massinhas" (massa de modelar que, em bolinhas, compunha "modelos" para os átomos).

Considerações sobre a rede de volei - evocada no projeto como analogia à lâmina de ouro da experiência de Rutherford - envolveram o uso do termo "modelo", assim como considerações sobre as teorias atômicas estudadas. Neste caso houve indícios de que a idéia de modelo ultrapassou à do mero emprego como recurso

concreto. Numa discussão sobre o tema temos um exemplo:

*"Eu acho assim que, por exemplo, quando você trabalha com as massinhas ali, é uma boa idéia pra ver isso - representar o átomo. É uma representação, um modelo do átomo. Então é interessante que cada um... por exemplo, nem todo mundo faz uma bolinha (...)"*

Quando comentou sobre as respostas dos alunos sobre a questão correspondente a "evolução das idéias dos cientistas" o professor admitiu que os alunos "não tinham muita conexão para passar de uma teoria para a outra, muita ligação, mas normalmente eles trabalharam com Dalton, Thomson e Rutherford. Mesmo que não pusesse os nomes ali."

Considerando os desenhos que os alunos fizeram para representar o átomo, o professor não demonstrou surpresa a não ser para dois ou três casos. Entretanto, isto foi suficiente para que considerasse:

*"Eu vou deixar isso aqui anotado que eu acho que é bom eu chamar mais atenção pro modelo."*

E, novamente, tratou como "modelo" o recurso de representação, deixando-nos a idéia de que o professor não se preocupou muito as diferenças entre os conceitos "modelo" e "representação gráfica".

### SÍNTESE DAS MANIFESTAÇÕES DO PROFESSOR 3

Acreditamos que o fato de o professor 3 não ter participado da elaboração do projeto cuja proposta adotou, deixou-o à margem de um tipo de vivência de questionamentos e indagações dirigidas tanto ao processo de ensino-aprendizagem quanto à estruturação do conteúdo do curso.

Ainda que o professor tenha compartilhado das discussões sobre os objetivos e sobre os resultados da primeira aplicação da proposta para lhe dar fundamentação ao adotá-la, não poderíamos afirmar que, a curto prazo, ele se sentisse seguro sobre todos os aspectos metodológicos envolvidos. Certamente, a adoção da proposta veio responder muitas de suas dúvidas e insatisfações quanto a aspectos do ensino. Embora trabalhando antes de maneira tradicional, provavelmente já havia percebido que os resultados da aprendizagem dos alunos não eram tão bons quanto supunha. Se por um lado se encontrou mais satisfeito desenvolvendo suas atividades em um grau de maior sintonia com seus pensamentos, por outro, parece ainda não ter problematizado com suficiente clareza o que ocorre com alguns aspectos de sua prática docente, como, por exemplo, quando diz não se sentir realizado na hora do plenário.

O plenário é uma atividade que está planejada como um momento de confronto e síntese dos resultados obtidos. Pressupõe os alunos dispostos para as discussões sobre o conhecimento construído nas atividades desenvolvidas em grupo, resultante das interações que tiveram com seus pares, com o professor e com o material instrucional. A dificuldade manifestada pelo professor em lidar

com esta atividade parece decorrer da falta de condições de ouvir criticamente o conteúdo dos relatos dos alunos, assim como organizá-lo e contrapô-lo ao do material instrucional para sintetizar o conhecimento elaborado até então. Contudo, achamos importante destacar que este professor atribui a si mesmo as razões que caracterizam a realização "precária" do plenário.

A nosso ver, o professor se preocupou muito em garantir espaço para o aluno interagir com seus pares, em manter o clima de trabalho descontraído e em se fazer disponível para tirar dúvidas e dar acompanhamento pessoal para quem necessitasse. Como as inter-relações ficaram informalizadas em relação ao que o ensino tradicional demanda, algo levemente contraditório parece ter acontecido: o aluno foi deixado "solitariamente" ativo. Não se conscientizando, de todo, dos limites da iniciativa do aluno, o professor sobrecarregou a função do material instrucional. Deixou em grande parcela ao aluno o critério de fazer do material instrucional o seu professor, em assumir o papel de agente e dirigente de seu próprio processo de aprendizagem.

#### CARACTERIZAÇÃO DO PAPEL MEDIADOR DO PROFESSOR NAS TRÊS CLASSES

É inegável admitir que no momento de nossa pesquisa os professores das três classes acompanhadas se tornaram singulares, um em relação aos outros. Distinguiram-se, imediatamente, ao verem a sua própria fala como "objeto de análise". Foram eles, certamente, perturbados em suas idéias sobre a ação pedagógica pelos "instrumentos de medida". Inevitavelmente haveríamos de

intervir. Entretanto o fizemos de forma a encorajar neles uma condição de reflexão. Enquanto sujeitos da história, de processos em constantes mudanças, eles viveram conosco, mesmo que momentaneamente, ensaios de processos de análise. E, como afirmam Góes e Tunes (1990), "a ação de analisar, embora não seja condição suficiente, mostra-se necessária a um redirecionamento deliberado das práticas em sala de aula" (p25).

Um outro aspecto que devemos ter em mente quando analisamos as interações do pesquisador com os professores, e que foi considerado em uma pesquisa de Simão (1989), é o fato de que o relato do professor "é o produto de suas interpretações a respeito de situações que vivenciou" (p1198), construindo e reconstruindo o significado de suas ações em resposta a variações do contexto no qual ele as está interpretando.

Ao apresentarmos os dados das transcrições das aulas para os professores, estávamos, intencionalmente, dispendo-lhes as suas próprias ações, contidas em seu trabalho. Acrescentando a esses dados aqueles da aprendizagem dos alunos, supomos ter composto um material provocativo para o professor manifestar suas sistematizações, relações dentro do processo ensino-aprendizagem ocorrido em suas classes. Assim, acreditamos ter favorecido condições para que a ação do professor se tornasse reflexiva, enquanto tomada como objeto de pensamento.

Ao longo das considerações feitas a respeito de como cada professor se via desempenhando a mediação, pudemos verificar os diferentes enfoques quanto à interpretação dada ao processo ensino-aprendizagem ocorrido. Todos os professores

admitiram a existência de problemas neste processo. Mas, divergiram quanto aos fatores aos quais atribuíram responsabilidade e quanto à maneira como discorreram sobre tais fatores.

Para o professor 1 foram os aspectos relacionados aos alunos que mais afetaram a aprendizagem. Encontrando nos dados dos alunos uma evidência de que eles não aprenderam, o professor não se perguntou o que, no mínimo, não tinha funcionado. Ele se perguntou sobre o que aconteceu. E a resposta que dava, raramente se voltava para problemas com o ensino. De imediato, tentou explicar os dados de aprendizagem através, principalmente, da culpabilização das condições do aluno. O professor 1 não encontrou o aluno com base, pontual, descansado e atento. O aluno "ideal" ele não teve. Ao ver os resultados, se surpreendendo com as diferentes manifestações dos alunos, evidenciou não ter acreditado que eles poderiam ser portadores de idéias diferentes e independentes daquelas supostamente ensinadas. Acreditava, sim, em um aluno receptor, que, após o curso, deveria reproduzir o conhecimento "trazido" pelo professor.

Alguns aspectos que, segundo ele, também afetaram a aprendizagem foram relacionados ao conteúdo e à metodologia: o conceito átomo, sendo muito abstrato, demandava necessariamente o uso de modelos como recurso de ensino, e o colégio não fornecia. Para o ensino de alguns outros aspectos que envolvessem a aplicação do conceito faltavam aulas práticas mas o colégio não dispunha de laboratório. Assim, não competindo ao professor 1 mas ao colégio prover a infra-estrutura de trabalho, não sendo

possível ao professor mudar a vida do aluno ou suprir-lhe a falta de base, todas as soluções para resolver a ineficaz aprendizagem demonstrada pelos dados estavam fora do âmbito de sua ação.

O professor 2, como pudemos verificar, se preocupou em descrever sua insatisfação quanto à forma de ensino que adotava. Não foi, entretanto, precisamente a ela que atribuiu a baixa aprendizagem constatada, mas à falta de interesse dos alunos, à sua desatenção. Voltou-se a estes aspectos e ao desestímulo dos alunos para justificar o que ocorreu: deveria apresentar-lhes textos com mais relações ao cotidiano ou audio-visuais. O aluno também deveria ter atividades de sistematização das informações, o que seria atingível por leituras e exercício de registro dessas informações.

Sem dúvida, O professor 2 considerou a existência de problemas no processo ensino-aprendizagem. Todavia as soluções apresentadas para atender a melhoria do processo focalizaram-se muito em ações que o aluno deveria ter. Quanto às ações do professor, as de produzir mais textos ou outros recursos, aquelas que ancorariam as dos alunos, não aconteceriam, pois ele declarou não ter tempo disponível para isto, dadas as suas condições de trabalho.

Aparentemente, o professor 3 não demonstrou insatisfações nos resultados da aprendizagem, em geral, assim como não identificou aspectos de ensino que interferiram mais diretamente no trabalho em sua classe. Entretanto, algo era insatisfatório: o seu desempenho no momento do plenário. É interessante notar que, neste caso, a ação que lhe cabia efetivar estava situada não apenas no

nível em que ocorria a sua relação com o objeto de conhecimento ou com o aluno, e nem somente no encontro do aluno com o objeto de conhecimento. A situação configurada pelo plenário pode ser caracterizada como um movimento ocorrendo em função desses três elementos. O professor admitiu estar insatisfeito consigo mesmo na condição dessa situação. Podemos dizer que se atribuiu responsabilidade por não ter sido o plenário "um sucesso".

Em recente trabalho de pesquisa Torezan (1990) analisa a que fatores, aspectos ou circunstâncias professoras atribuíam problemas no seu trabalho pedagógico e como propunham soluções. Os resultados de sua análise, embora vinculados a ações pedagógicas ocorridas em séries iniciais de escolarização, seguramente são abrangentes, permitindo-nos recorrer a eles para algumas considerações. Para Torezan "a qualidade do ensino está na dependência de o professor problematizar a ação pedagógica e seus efeitos"; por "problematizar" se entende "o processo de apreender situações que necessitam de alteração, elaborar análises sobre as mesmas direcionadas para a busca de soluções" (p23). Suas discussões se desenvolvem tendo em vista a premissa de que atribuir o locus do problema a razões "internas" (individuais) ou a "externas" (outras) pode definir a atitude do sujeito de persistir ou abandonar na tentativa de solução, respectivamente.

Ao reconsiderarmos o conteúdo do discurso dos nossos três professores sob esta forma de análise, dois aspectos fundamentais emergem: situaram no âmbito externo à sua responsabilidade as soluções ou modificações necessárias para a melhoria da aprendizagem; a forma de problematização, peculiar a cada

professor, foi um indicador de como ocorreu a sua mediação em sala de aula. Em outras palavras, não estabeleceram relações entre o seu ensino - a ação pedagógica - e as dificuldades apresentadas pelos alunos e, à medida que configuraram o locus das razões dessas dificuldades, revelaram o papel que se atribuem, como vêem a si e à sua realidade de trabalho.

As possibilidades das transformações dos resultados da aprendizagem não se estabeleceram, fundamentalmente, em dependência das transformações do ensino. Assim sendo, parece-nos existir uma concepção da educação que divorcia aprendizagem e ensino.

Quando o professor 1 alegou que resultados de aprendizagem de alguns alunos não foram bons porque, provavelmente, estes alunos estavam desatentos ou ausentes da "primeira aula", deixou subentender uma crença de que aqueles problemas de aprendizagem poderiam ser resolvidos independentemente de alterações no modo de proceder do professor. Depois de tantas aulas sobre átomo, o professor não concebia porque os alunos não tinham aprendido. Retirava do campo de julgamento a ação realizada e deixava a ação do aluno passível de críticas.

O professor 2 foi, dentre os três, o que apresentou mais alto o nível de reflexão sobre o processo ensino-aprendizagem. Empenhou-se muito mais em relacionar os elementos do processo e atribuiu a si mesmo responsabilidades por ações promotoras de mudanças.

Entretanto foi também o que mais demonstrou estar a viver um cotidiano marcado por condições de extrema precariedade e

experiências frustrantes. Sabemos que este professor desenvolve trabalhos junto ao sindicato de professores de sua classe, além de, como já citamos, se envolver com professores universitários que lideram grupos de trabalho de pesquisa em ensino. Seguramente isto lhe confere mais condições de reflexividade a que se soma também um agudo senso de auto-crítica. Entretanto, para sistematizar a sua ação pedagógica, assim como a de qualquer professor, é necessário que ela própria lhe seja disposta como objeto de análise.

Quer seja na classe do professor 1, quer na do professor 2, pudemos verificar que professor, aluno e objeto de conhecimento foram mesmo tomados como três elementos bem distintos. Nestas duas classes o aluno foi concebido como um sujeito passivo e a aprendizagem como transmissão, a despeito do fato de terem sido as interações professor-aluno bem diferenciadas nas duas classes. O professor detinha o conhecimento. A aprendizagem deste conhecimento seria efetiva se o aluno demonstrasse estar reproduzindo-o, tal qual o recebeu.

Na classe 3, o aspecto que mais caracterizou o processo foi a grande interação aluno-aluno. Entre eles se criava condições de muita discussão e, em vista da exigência de a tarefa final ser cumprida em grupo, a busca do consenso parece ter gerado amadurecimento maior em alguns aspectos do conteúdo e maior homogeneidade na apresentação dos resultados da aprendizagem. As interações eventuais professor-grupo não marcaram contribuições diferentes ou especiais, comparativamente às que poderiam ter ocorrido em uma aula tradicional. A atividade do plenário teria

sido a potencialmente mais efetiva para a ocorrência de uma situação diferenciada de construção de conhecimento. O aluno, naquele momento, estava de posse do seu "saber" construído em grupo. Naturalmente, este "saber" era afeto à instrução, mas, elaborado sem imposição de "conhecimentos finais e imutáveis", segundo a proposta adotada. Contudo, os nossos registros não detetaram a ocorrência desta possibilidade, mas, de uma situação mais voltada a uma conferência de conhecimentos e menos de reconstrução ou até de co-construção. Segundo o próprio professor, o plenário foi, justamente, a situação por ele apontada como problemática para dar o melhor cumprimento. Nas condições em que se deteve na análise deste fato, foi baixo o nível de reflexão do professor, deixando-nos pouca margem para avaliar que sugestões teria proposto para mudanças.

O professor 3 reivindicou a si o papel de facilitador, guia ou orientador da aprendizagem. Indiretamente, acreditava estar promovendo as condições ótimas para que se produzisse uma interação mais efetiva entre o aluno e o objeto de conhecimento. Mas, afinal, em que consistiram tais condições ótimas? O que, de fato, deve fazer o professor para *guiar e facilitar* a aprendizagem dos alunos? Esta postura sugeriu, às vezes, a existência de uma crença do professor de que ensinar algo ao aluno equivaleria a impedi-lo de descobrir por si só. O risco que se corre com esta postura é admitir que a verdadeira aprendizagem, como afirma Coll (1985), "é a que tem lugar à margem do ensino"(p62). Atribuir ao professor este papel ambíguo é não levar em conta que o processo ensino-aprendizagem deve assumir a

interação planejada e sistemática dos sujeitos, alunos e professores, em relação às suas tarefas de aprendizagem.

Os professores que analisamos, e que podem seguramente estar representando parcelas do conjunto de profissionais de seu nível, apresentaram uma tendência a atribuir qualquer mudança para melhorar o processo de aprendizagem a esferas externas a seu alcance. Fazendo face a esse contexto educacional fragmentado e arbitrário, torna-se, realmente, difícil para ele, tecer considerações sobre o processo que vive valendo-se de relações entre os elementos básicos de seu cotidiano de sala de aula: o aluno -que está aprendendo, o objeto de conhecimento - que constitui o conteúdo de aprendizagem; e ele próprio - que atua com vistas a favorecer a aprendizagem dos alunos. Neste atual contexto escolar, constrangido às sucessivas desvalorizações de seu trabalho, o professor não tem como admitir que o passo-a-passo de sua ação docente venha a se constituir em unidade de uma reforma, de uma transformação. Ele não considera que por seu trabalho perpassa necessariamente um processo de transformação do conhecimento, tanto no momento em que ele próprio tem acesso e dele se apropria quanto no momento em que o dispõe para o aluno. A riqueza das relações emergentes no encontro do professor, aluno e objeto de conhecimento depende do modo pelo qual o professor vai atribuir significado à ação do aluno e à sua própria. O processo de internalização do aluno "resulta de uma apropriação das formas de ação, que é dependente tanto de estratégias e conhecimentos dominados pelo sujeito quanto de ocorrências no contexto interativo" (Góes, 1991).

Patto (1988) aponta para a necessidade de se romper com as tendências das pesquisas educacionais : desvendar as deficiências estruturais da escola, ao invés de atribuir à clientela a responsabilidade pelo fracasso escolar. A tendência tem sido sempre acrescentar às deficiências já existentes uma fonte extra causadora. É preciso avançar e amparar as indagações sobre a questão do método. É preciso analisar as questões através da disposição cara-a-cara com nossas próprias ações ocorridas dentro da escola, à luz de indagações que nos devolvam a nós mesmos o locus das soluções.

## 6 . CONCLUSÃO

Ao nos apoiarmos na perspectiva sócio-histórica para refletirmos sobre a potencialidade das relações entre o objeto de conhecimento e os sujeitos que interagem, é imperioso que sejam eles considerados como seres individuais e sociais situados em um mundo constantemente em transformações. Em decorrência, é necessário que o valor das raízes históricas do objeto de conhecimento seja reconhecido, uma vez que a sua construção ou re-construção se dá vinculada à emergência das mudanças da humanidade.

É neste sistema dinâmico que as reflexões dos três professores sobre o seu papel mediador devem ser analisadas e a partir do qual podemos estabelecer perspectivas de ações para um trabalho com os professores em geral.

Para centralizar as considerações sobre a mediação do conceito átomo ocorrida nas situações descritas neste trabalho vamos discutir, inicialmente, o movimento de interação que ocorreu com os sujeitos e este objeto .

Como se dispôs, para os professores, o objeto de conhecimento? Como se caracterizaram as interações dos professores com o objeto?

Considerando-o bem estabelecido e organizado, o professor 1 apresentou o objeto de conhecimento para o aluno como se ele fosse um corpo inviolável, sem que sua atitude, no ensino, pusesse em apreciação qualquer aspecto do mesmo. Em outras palavras, pareceu-nos que ao professor 1 o objeto assumiu uma natureza estática. A si atribuiu a responsabilidade de deixá-lo disponível

ao aluno, tal qual o tomou, estabelecido como estava no livro-texto. Nesta postura, colocou o objeto "numa bandeja" e o apresentou ao aluno. A interação do professor com o objeto de conhecimento ocorreu, apenas, para redispô-lo acriticamente e, depois tentar reconhecê-lo retomado, da mesma forma, pelo aluno.

Assim, o professor 1, por não ter feito qualquer análise ou reconstituição do objeto de conhecimento, se apropriou do mesmo como um produto já processado. Em sua interação com os alunos propiciou uma relação extremamente assimétrica em que seu próprio conhecimento era o único material sobre o qual podiam circular os diálogos. Culpabilizando o aluno pelo fato de o conceito não ter sido aprendido, aguardava uma base, tal qual um recipiente, já parcialmente preenchido, disponível no aluno, onde o objeto de conhecimento pudesse ser inserido. A multiplicidade de desenhos sobre o átomo, a diversidade de sua concepção, a idéia de que o conhecimento era uma verdade atingida foram alguns aspectos dos dados da aprendizagem que refletiram as respostas individualizadas e dispersas dos alunos ao ensino ocorrido na sua classe. O professor 1 parece não se ter comprometido com as formas pelas quais os alunos poderiam interagir com o objeto.

Na mediação do professor 2 também foi observado um ensino concebido como transmissão. Entretanto, encontramos um professor parcialmente ativo quanto à maneira pela qual se colocou frente ao objeto de conhecimento. O conteúdo não chegou para o aluno como a mesma "matéria prima" apresentada nos livros ou textos. O aluno da classe 2 escutou a fala de um professor que interagiu, no momento do ensino, com o objeto de conhecimento, criticando a sua

abordagem no livro-texto adotado e relacionando-o a diversas informações contextuais, interpretando-o, enfim. O professor "manipulou-o" subjetivamente, processando-o de alguma forma. Dessa maneira, o que foi falado trouxe em si elementos que ilustraram para o aluno o processo de interação sujeito-objeto de conhecimento. Por menor que tenha sido o grau de interação crítica daqueles elementos, a abordagem que o professor fez demonstrou para o aluno um modo de apropriação do conhecimento. A abordagem deste professor foi pessoal. Ele se envolveu com o conteúdo que dispôs ao aluno. Embora de forma prolixa e discursiva, evidenciou a existência de muitas relações do objeto de conhecimento com o processo de sua construção e com o cotidiano das pessoas.

No seu depoimento nos encontros, o professor 2 demonstrou uma preocupação em superar a maneira pela qual a sua própria formação ocorreu. A sua ênfase em produzir mais textos para o aluno, em enriquecer o acervo de conhecimentos acessíveis, refletiu a sua necessidade de se acercar de melhores condições de contacto com o conteúdo que lecionava. Ao mesmo tempo, sem saber como fazê-lo, sentia-se paralizado pela falta de tempo e de conhecimentos relacionados a mudanças pedagógicas. Queria estabelecer condições para o aluno interagir com seus pares e com maior número de textos para o exercício de sistematização do conhecimento. O que faltava ao aluno ou ao seu ensino parecia ser o que lhe faltou e era desejável para a sua própria formação. Mas, não tendo ainda condições de articular um processo ou uma estratégia adequada para atender a si mesmo, o professor 2 também não desenvolveu o que achava necessário em seu ensino na sala de aula.

O contexto em que se deu o ensino na classe 3 deixou transparecer um professor que confiava plenamente na estruturação e no conteúdo do objeto de conhecimento que dispunha para o aluno através do material instrucional. A mediação se deu pela facilitação da apropriação do objeto pelo aluno ativo, que, considerando a maneira como trabalhou em sala, teve condições de interagir de modo rico com o mesmo. A ênfase na facilitação dos meios de apropriação deslocou o processo de co-construção do conhecimento para os alunos, enquanto deveria se dar também, simultaneamente, com o professor. Ainda que possamos dizer que a co-construção do conhecimento tenha sido mais intensa nesta classe que nas anteriores, a sua natureza implicou uma apropriação quase acrítica, tendo em vista a isenção do professor na análise dos resultados dos trabalhos dos alunos, revelada pela sua postura de apenas retomar os conhecimentos apresentados.

O professor 3 se omitiu quanto à manifestação de sua maneira de ver o objeto de conhecimento. Passou-nos a impressão de que o conteúdo disposto no material era o que de melhor havia sobre a abordagem do conceito. Ao admitir que os alunos aprenderam o esperado, com exceções raras, parece ter assumido que eles apropriaram o conhecimento tal como organizado no nível científico. Quando, entretanto, problematizou sua ação em sala e disse ter dificuldades no plenário, revelou, indiretamente, que não conseguiu articular o que poderia estar sendo as várias leituras do objeto de conhecimento, conquistadas pelos alunos. Parece-nos que ainda não estava amadurecida a compreensão, por parte do professor 3, do processo de apropriação do conhecimento

vivido pelos alunos e, talvez, até por si mesmo. Decorreu daí a sua dificuldade de lidar com o que era disposto pelos alunos no momento do plenário. O seu trabalho de mera conferição dos resultados ao final das atividades, em lugar de uma discussão das idéias, pode ter posto em risco a aproximação do conhecimento co-construído ao conhecimento científico.

Para cada uma dessas três circunstâncias ficaram demandadas condições diferentes na mediação referente a cada professor. O professor 1 precisava de um aluno bom, com base. Dentre os três, foi o mais distante do aluno. Em sua tentativa de facilitar a inter-comunicação, o que, de fato, ocorreu foi uma aproximação com a sua própria imagem, com o próprio eco de sua fala.

Para o professor 2 faltava-lhe enriquecer, no ponto de vista quantitativo, o objeto de conhecimento e desenvolver no aluno o processo de apropriação do mesmo. Precisava de um aluno interessado. O professor 2 não se aproximou do aluno de forma direta. Não se acercou do processo de apropriação do conhecimento que poderia ter ocorrido com o aluno. Mas, sua maneira de lidar com o objeto durante o ensino atingiu, em parte, o aluno. Os dados de aprendizagem confirmam esta hipótese, principalmente nas respostas relacionadas à interpretação do movimento das idéias dos cientistas.

Para o professor da classe 3, embora não lhe fosse claro, faltava-lhe o próprio exercício de verificar como se deu a apropriação do objeto de conhecimento. Provavelmente a sua confiança no projeto adotado tirou-lhe, em parte, o critério de discernimento sobre o significado de sua própria responsabilidade

no trabalho com os alunos. Admitindo a facilitação pela própria facilitação, achou que sempre deu a ajuda que o aluno precisava. O professor 3 se aproximou do aluno mas não compreendeu de todo onde e como o seu conhecimento ou a sua interação com o conhecimento podia ser relevante para aquele aluno.

As abordagens que nossos professores fizeram do átomo refletiam diretamente as suas concepções sobre modelo.

O professor 1, condicionando a eficiência do ensino do conceito átomo ao uso de um modelo concreto, de um objeto físico, reduziu a concepção de modelo atômico a uma dimensão factual. A abordagem de outros conceitos a ele relacionados como, por exemplo, números quânticos, sub-níveis e orbitais, adquiriu um caráter de conhecimento estabelecido por descoberta, ou exclusivamente informativo, dogmático. As implicações e relações do estudo dessas sub-entidades não foram anunciadas, assumindo um valor por si.

As representações gráficas do átomo foram utilizadas pelo professor, diretamente associadas às idéias dos cientistas que o pensaram, de tal maneira que elas passaram a significar seus respectivos modelos atômicos.

O conceito átomo foi ensinado como um fato, um fato a mais do programa, cuja aprendizagem estaria estabelecida no mesmo nível de cognição em que se encontram outros como, por exemplo, reações químicas e funções.

Em sua concepção do átomo, o professor 1 não admitiu no ensino ou em suas reflexões nos encontros a característica de alta generalidade que é inerente a esse conceito.

O professor 2 apresentou, paulatinamente, a história da construção do conhecimento sobre o modelo atômico atual e assim propiciou aos alunos condições para as possíveis inferências a respeito da evolução das idéias dos cientistas. Não podemos afirmar contudo, que, no ensino, a sua idéia de modelo tenha sido plenamente explicitada, como foram as idéias de como a Ciência evoluía e as que fundamentaram o significado da construção do conhecimento.

Embora tenha apresentado aos alunos as representações gráficas para os vários modelos atômicos, o professor 2 não se deteve de maneira especial sobre o significado desses desenhos. Apresentando o desenho da representação mais comumente divulgada, revelou a concepção de que a representação gráfica é um recurso didático, embora limitado.

As preocupações manifestadas nos encontros revelaram a consciência do professor sobre o valor do conhecimento da história da Química na sua formação profissional, assim como a sua visão da necessidade de promover relações mais pertinentes entre os conteúdos ensinados no curso. Apesar de o professor argumentar com propriedade sobre o que ensinar sobre átomo, não o observamos destacando ou caracterizando este conceito na alta generalização que o distingue dos demais.

Não podemos assegurar que a concepção de átomo do professor 3 levou em conta essas características que o conceito requer para a sua apropriação como modelo. Este professor não analisou a natureza de formulação mental e deixou transparecer que a utilização de recursos concretos foi suficiente para o aluno

conceber modelo atômico.

Semelhantemente ao professor 1, na concepção de representação gráfica, do professor 3 correlacionou cada modelo atômico proposto a um tipo de figura do átomo. Como não desenvolveu essas idéias em aula, só pudemos inferir o exposto através do conteúdo dos encontros.

Definitivamente não foi possível captar como o professor 3 pensava o átomo tendo em vista diferenças no nível de generalização que implica a aprendizagem de conceitos de natureza abstrata com outros conteúdos do programa.

Nossos resultados apontam para a efêmera ou inexistente relação que os professores fizeram entre os conceitos de teoria, modelo, representação gráfica de modelos e manifestação de matéria. Quando esses conceitos deveriam, então, ter dado suporte ao conceito de átomo, a apropriação deste último deve ter ocorrido com as falhas ou conseqüências das inadequadas relações conceituais daqueles conhecimentos.

A teoria atômica é um conjunto de conhecimentos que explica o comportamento dos materiais, construído a custo de idas e vindas entre idéias de cientistas e resultados de suas experiências concretas em pesquisas. Ela dá suporte a um grande volume de conhecimentos no campo da Química e de outras ciências da natureza. Os modelos respondem por representações mentais a que recorreremos para melhor compreendermos a teoria e as representações gráficas não podem ser assumidas desconhecendo as limitações decorrentes de serem recurso semiótico, icônico.

O acesso a dados históricos sobre a construção do

conhecimento científico permite-nos aproximar não somente a informações , mas também à constatação da existência de muitos e diversos processos mentais a que se entregam os cientistas. O percurso dos pesquisadores na procura do estabelecimento de regularidades, generalizações e previsões a respeito da natureza foi e tem sido rico em conflito entre idéias e dados experimentais, ocorrendo sempre em contextos e valores configurados pelas características da sociedade.

Ao refletirmos sobre os resultados da ação dos três professores podemos afirmar que é fundamental apreciarmos como qualquer um deles se dispõe à apropriação do objeto de conhecimento a ser mediado. O professor precisa desenvolver uma postura crítica em relação ao objeto de conhecimento. Certamente , quanto mais crescer o seu conhecimento a respeito do que já foi construído pela ciência, tanto mais capaz será de tecer relações e prever as implicações do uso deste saber na sociedade.

Ignorar os passos que configuraram o desenvolvimento do conceito átomo pelos cientistas ao longo da história é perder uma parte do corpo desse conhecimento; é perder a possibilidade de formular ricas interpretações sobre como são entrelaçados o movimento do homem no mundo, na sociedade, e o movimento para a construção do conhecimento científico.

Parece-nos que, quanto mais se aprofundar nas discussões em busca de responder questões que podem promover o avanço deste conhecimento, mais o professor, como indivíduo, vai sentir a necessidade de caracterizar explicitamente para si mesmo uma postura filosófica e política diante da ciência, diante do

conhecimento e da vida. Necessariamente, isto implica aprender sobre o que é suscetível de se caracterizar historicamente. Aprender o conhecimento através de sua caracterização estrutural dentro da história de sua construção gera, no professor, condições ou potencialidades de torná-lo crítico em relação ao que está disposto a se apropriar. Se ele refletir sobre o objeto de conhecimento, seu trabalho tenderá a ser mais crítico. Se o professor se posicionar mais à frente do próprio conhecimento que ministra, terá mais condições de sistematizá-lo, operando com critérios mais explícitos e fundamentados para decidir sobre o quê e como ensinar.

Entretanto, o conteúdo dos encontros que tivemos com os professores evidenciou um sujeito que se vê imerso em muitas variáveis que o afetam e ao seu trabalho, submerso em muitos problemas. Desconsiderar a problematização que o professor faz de seu trabalho é desconhecer o papel da escola e negar as influências ideológicas de um sistema político na formação do cidadão e do próprio indivíduo.

Os professores que acompanhamos, assim como a maioria daqueles formados nas últimas décadas, atravessaram um sistema educacional desestabilizado por ensaios de adoção de projetos de ensino e mudanças na estrutura universitária. Este quadro, direta ou indiretamente, contribuiu para a formação de um sujeito acrítico e, em parte, desconhecedor de sua própria história no contexto escolar.

Em conseqüência, a análise que nossos professores fizeram sobre o processo de ensino-aprendizagem apresentou uma tendência a

uma apreciação parcial dos fatores que o afetam, uma limitada percepção do jogo de relações entre sujeito-sujeito-objeto e uma dificuldade marcante na discussão crítica do conteúdo químico sob o nosso foco.

Apesar de constatararmos que os professores tenderam a centralizar seus comentários sobre os resultados de aprendizagem nos fatores afetos ao aluno, as suas considerações foram pobres de elementos que anunciassem uma concepção explícita do processo de aprendizagem dos alunos e, menos ainda, do processo de ensino. Sobre esses elementos não foi possível aos professores a construção de relações consistentes ou referenciadas a algum corpo de conhecimento organizado no âmbito metodológico e epistemológico. Segundo nossa interpretação isso pode não ter sido possível face à história e ao contexto de formação desses professores.

É fundamental assumir que os processos escolares são essencialmente interações que ocorrem entre os três elementos: o aluno, o objeto de conhecimento e o professor. O professor, decisivamente, é quem determina, intervindo, sobre as tarefas de aprendizagem que são mais ou menos favoráveis para a atividade auto-estruturante do aluno. Para se constituir em um mediador que propicie a apropriação do conhecimento científico, o professor deve estar atento para promover efetivamente o *Desenvolvimento Proximal* do aluno. O essencial é ajustar as suas ações às do aluno, acercar-se de um trabalho que regule a sua ajuda conforme a dificuldade do aluno. Simultaneamente, é preciso manter o aluno assegurado de que seu avanço está apoiado até que,

auto-suficientemente, ele se promove para uma seguinte situação proximal. O professor intervém e recua junto ao aluno, à medida que se apercebe do grau de necessidade de ajuda e de apoio devidos.

A formação do conceito átomo nos alunos é gerada através de uma função mental superior e esse desenvolvimento conceitual, na etapa de ensino que focalizamos, tem existência como *Desenvolvimento Proximal*. Qualquer função mental superior necessariamente passa por um estágio externo no seu desenvolvimento porque ela é inicialmente uma função social. A internalização é parte de um quadro maior relacionado a como a consciência humana emerge da vida social. Inicialmente, ela aparece entre as pessoas, como uma categoria interpsicológica, e depois, no indivíduo em amadurecimento mental, como categoria intrapsicológica.

De maneira análoga, enquanto promovemos um encontro dos professores com seus próprios dados de ensino e aprendizagem estamos estimulando a emergência de funções mentais que irão atravessar um processo de maturação, à medida que o professor reflete sobre o seu trabalho. Enquanto dispusemos esses dados de maneira sistematizada e organizada segundo nossos critérios e, através de perguntas elaboradas com propósitos determinados, conduzimos o professor a uma reflexão estruturada de suas ações no ensino, evidenciou-se uma *zona proximal* do desenvolvimento conceitual do professor. No processo de captar estas suas reflexões constituímos outras, a partir das quais quisemos evidenciar a possibilidade de trabalhar com professores para que

um novo conhecimento sobre o seu papel seja construído nessa mútua interação.

Portanto, precisamos elevar, simultaneamente, o nível de reflexão e a capacidade de atuação dos professores que já se encontram nas escolas e dos que se aplicam em cursos de licenciatura. Para isso, é necessário promover interações pesquisadores x professores, com vistas a discussões e estudos sobre os fatores diagnosticados como determinantes no desenvolvimento das ações no ensino.

Constatamos que é rudimentar a reflexão dos nossos professores acerca dos dados de aprendizagem. Sem dúvida, foi pela sistematização que fizemos das respostas dos alunos que pudemos ver os professores desencadearem suas considerações. Se, ainda que de maneira frágil e muito compartimentada os professores refletiram sobre o conteúdo químico, muito mais distante de relações com o ensino foram as considerações sobre o processo de aprendizagem. Vemos que há um grande divórcio entre conteúdo e metodologia. Parece-nos que os sujeitos do processo de ensino não assumem a metodologia como algo apoiado num corpo de conhecimentos que deve ser apropriado e processado tal qual se deve fazer com o de conteúdo.

Acreditamos ser possível alterar esse quadro desde que professores e pesquisadores se proponham ao estabelecimento de condições em que o processo do trabalho pedagógico possa ser disposto para análise do professor.

Pesquisadores e especialistas em educação, mais provavelmente capazes de sistematizar, organizar ou estruturar a matéria-prima

dos vários momentos do processo ensino-aprendizagem, devem atuar junto ao professor mediando seu esforço de análise dos elementos retirados de sua própria realidade de trabalho. Dependendo da necessidade, o pesquisador ou especialista poderá ter que diagnosticar de antemão as características e fragilidades dos vários componentes do processo, elaborar questões ou situações diante das quais as reflexões irão se estabelecer, induzir elaborações de natureza filosófico-epistemológica, demonstrar e encorajar a realização de operações de análise, desvendar a teoria subjacente a ações e interpretações etc.

É urgente promovermos mudanças no ensino das Ciências, mas os presentes resultados sugerem que as possibilidades de inovações pedagógicas estão condicionadas tanto à explicitação pelo professor das suas concepções sobre o seu papel mediador no processo de co-construção do conhecimento, quanto à compreensão pelo professor da dinâmica de interação do sujeito-aluno com conceitos de alta generalidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, B. (1990) Pupils' conception of matter and its transformations (age 12-16) Studies in Science Education, 18, 53-85
- ATKINS, P.W. (1983) Physical Chemistry Oxford University Press, Oxford
- BAKHTIN, M. (1988) Marxismo e filosofia da linguagem, Ed. Hucitec, São Paulo
- CAPRA, F. (1982) O ponto de mutação, Ed. Cultrix, São Paulo
- CAPRA, F. (1983) O Tao da Física, Ed. Cultrix, São Paulo
- COLL, C. (1985) Acción, interacción y construcción del conocimiento en situaciones educativas Anuário de Psicologia 33(2)
- CONDON, E. U. (1962) 60 years of Quantum Physics Physics Today pp37-49
- COWARD, H. F. (1927) John Dalton: The early years of the atomic theory as illustrated by Dalton's own note-books and lectures diagrams Journal of Chemical Education Vol.4, No.1 22-37
- DRIVER, R. GUESNE, E. and TIBERGHIEAN, A. (eds) (1985) Children's ideas in science, Open University Press, Milton Keynes
- FAUCHER, G. (1987) Pragmatical conceptions in the atomic domain. In: Proceedings of the Second International Seminar "Misconceptions and Educational Strategies in : Science and Mathematics. Ithaca, N.Y. : Cornell University, 136-142
- GJERTSEN, D. (1984) The Classics of Science. A Study of Twelve Endwing Scientific Works. New York, Lilian Barber Press.
- GÓES, M.C. (1991) A natureza social do desenvolvimento psicológico. in: Cadernos Cedes 24 pp17-24 Papirus Ed. Campinas SP
- GÓES, M. C. TUNES, E. (19 ) Um estudo de operações de análise apresentadas por professores na discussão de questões de ensino Psicologia : Teoria e Pesquisa, V6, N1, pp23-36 Brasília
- GOLDMANN, Lucien (1967) Dialética e Cultura Ed. Paz e Terra LTDA, R. J.
- KNIGHT, D. M. (1968) Classical scientific papers Mills & Boon Limited London

- KRAMER, S. (1989) Melhoria da qualidade do ensino : o desafio da formação de professores em serviço Rev. Bras. Est. Pedag., Brasília 70 (165) : 189-207
- MAGALHÃES, A.L.P. (1980) Ensino de conceitos: uma análise de situações de ensino-aprendizagem ocorridas em sala de aula. in: MORAIS, G.S.(org.) Pesquisa e realidade no ensino de 1º grau Cortez Ed. São Paulo
- LEICESTER, H. M. (1971) The historical background of Chemistry Dover Publications, N.Y.
- LEONT'EV, A. N. (1981) The problem of activity in psychology. In: J.V. Wertch(Ed.) The concept of activity in Sovietic psychology. Armonk, N.Y. : Sharpe
- LEVINE, F.S. (1974) Concepts and models Ed. in Chem. Vol11 N3 p84
- LIBANIO, J. C. (1984) Didática e prática histórico-social ANDE 4 N°8
- LURIA, A. R. (1987) Pensamento e linguagem : as últimas conferências de Luria, Artes Médicas, Porto Alegre
- MELLO, G. N. (1983) A pesquisa educacional no Brasil Cad. Pesq., São Paulo (46) : 67-72, ago
- MELLO, G. N. (1985) Pesquisa educacional, políticas governamentais e o ensino de 1º grau Cad. Pesq., São Paulo (53) : 25-31, maio
- MILLIKAN, R. C. (1982) Why teach the electron configuration of the elements as we do? J. of Chem. Ed. Vol59 N9
- NECRASOV, B. V. (1973) "Fundamentos de Química Geral" , "Editora Química", Moscou
- PAOLONI, L. (1982) Classical mechanics and quantum mechanics: an elementary approach to the comparison of the two view points Eur. J. Sc. Ed., vol4 N3 pp241-251
- PATTO, M.H.S. (1988) O fracasso escolar como objeto de estudo: anotações sobre as características de um discurso. in: Cadernos de Pesquisa (65)72-77 São Paulo
- PERRIN, J. (1909) Brownian movement and molecular reality in: KNIGHT, D.M. (ed) (1968) Classical scientific papers: Chemistry Mills & Boon Limited, London
- PIRSIG, Robert M. (1984) Zen e a arte da manutenção de motocicletas - uma investigação sobre valores. Ed. Paz e Terra, SP

- POPPER, K. Conjectures and refutations cited in DRIVER, R. et al (1985) Some features of children's ideas and their implications for teaching in DRIVER, R. GUESNE, E. and TIBERGHIEN, A. (eds) Children's ideas in Science, Open University Press, Milton Keynes
- SIMÃO, L. M. (1989) Interação pesquisador-sujeito: a perspectiva de ação social na construção do conhecimento. in: Ciência e Cultura 41(12):1195-1202
- SPIRKIN, A. G. (1966) Origem da linguagem e seu papel na formação do pensamento in :
- SOLBES, J. et al. (1987) Erros conceptuales en los modelos atomicos cuanticos Enseñanza de las ciencias Vol5 N3,pp189-195
- TOREZAN, A. M. Problemas de ensino e papéis do professor: uma análise das falas de professores em reuniões de discussão - Tese de Doutorado, Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, 1990.
- VYGOTSKY, L. S. (1984) A formação social da mente, Livraria Martins Fontes Ed. LTDA, São Paulo
- VYGOTSKY, L. S. (1989) Pensamento e linguagem, Livraria Martins Fontes Ed. LTDA, São Paulo
- WICKEN, J. S. (1976) The value of historical concepts in Science Education J. Chem. Ed. vol 53, N2

A N E X O S

ANÁLISE PROPOSICIONAL DA AULA 1 DO PROFESSOR 1

O CARATER DE UNIDADE DO ATOMO

- 1 Atomo é a menor partícula da matéria.
- 2 Atomo constitui a matéria.
- 3 Para Dalton toda a matéria era constituída de átomos.

A CONSTITUIÇÃO DO ATOMO

- 1 Para Dalton o átomo era uma bolinha indivisível.
- 2 Thomson imaginava também que o átomo era uma bolinha indivisível.
- 3 Para Thomson o átomo ainda não tinha divisão.
- 4 Para Rutherford o átomo já era divisível.
- 5 Para Rutherford o átomo era constituído de um núcleo e de grandes espaços vazios.
- 6 Rutherford imaginou o átomo divisível.
- 7 Imaginou o núcleo e elétrons girando em torno.
- 8 Para Rutherford, o átomo tem duas partes, o núcleo e a eletrosfera.
- 9 Na eletrosfera giram os elétrons.
- 10 Para Rutherford os elétrons giram em torno desse núcleo.
- 11 O modelo atômico de Rutherford-Bohr tinha um núcleo positivo e na eletrosfera giram os elétrons em 7 camadas.

Cou decompondo a proposição:

\*O mod. at. de R.B. tinha um núcleo positivo.

\*" " " " " " uma eletrosfera.

\*" " " " " " 7 camadas.

\*Nas camadas estavam os elétrons.

\*Os elétrons estavam girando.

12 Cada camada comporta um número máximo de elétrons.

13 \*na camada K este número é 2.

\*" " L " " " 8.

\*" " M " " " 18.

\*" " N " " " 32.

\*" " O " " " 32.

\*" " P " " " 18.

\*" " Q " " " 2.

14 Pode-se colocar menos elétrons do que o número máximo por camada.

15 No núcleo existem neutrons e prótons.

16 O próton tem massa um.

17 O neutron tem massa um.

18 A massa do elétron é considerada desprezível.

19 Thomson imaginou o átomo com cargas.

20 Thomson imaginou o átomo como uma pasta com cargas positivas recheada de cargas negativas. 21 Os elétrons têm carga negativa.

22 Rutherford descobriu que o núcleo é positivo.

23 Um elétron pode passar de uma órbita para outra. 24 Um elétron absorve ou emite energia quando passa de uma camada para outra.

25 Quando o elétron recebe energia ele passa para uma camada mais externa.

26 Para passar de uma camada para outra o elétron recebe uma quantidade certa de energia.

27 Quando o elétron muda de uma camada para outra mais interna ele emite um quantum de energia.

28 Chadwick descobriu que havia partículas neutras junto com as

positivas no núcleo.

29 O neutron neutralizava a repulsão entre as partículas positivas.

30 Atomo eletricamente neutro é aquele que nem ganhou nem perdeu elétron.

31 O próton tem carga positiva.

32 O neutron tem carga zero.

#### A REPRESENTAÇÃO DO ÁTOMO

1 Para Dalton o átomo era uma bolinha.

2 Para Dalton o átomo era uma bolinha extremamente maciça.

3 Para Dalton o átomo era uma bolinha compacta.

4 Thomson imaginava também que o átomo era uma bolinha. 5 Rutherford imaginou o átomo como o sistema solar : o Sol é o núcleo e os planetas, os elétrons girando em torno.

6 Um núcleo é 10.000 a 100.000 vezes menor que o átomo.

7 O núcleo está para o átomo assim como uma formiga está para o Maracanã.

8 A massa do elétron é 1;1836 vezes menor que a do próton.

9 O átomo de Dalton pode ser representado por um círculo. (de desenho na lousa)

10 O átomo de Thomson pode ser representado por um círculo com sinais de + e de - no interior. ( de desenho na lousa)

11 O átomo de Rutherford pode ser representado por um ponto central e camadas em volta. (de desenho na lousa)

12 O átomo de Rutherford-Bohr pode ser representado por um ponto central e camadas em volta. (de desenho na lousa)

13 O símbolo do elétron é  $e^-$ . (da lousa)

14 O símbolo do próton é  $p^+$ .(da lousa)

15 O símbolo do nêutron é  $n$ .(da lousa)

16 O núcleo pode ser representado por uma bolinha com o sinal positivo (+).(da lousa)

17 O elétron pode ser representado por um sinal negativo (-).  
(da lousa)

18 As camadas podem ser representadas por círculos.(de desenho na lousa)

19 As camadas podem ser representadas por semi-círculos.(de desenho na lousa)

20 O núcleo pode ser representado por uma bolinha.(de desenho na lousa)

21 O elétron pode ser representado por uma bolinha.(de desenho na lousa)

#### OUTRAS PROPRIEDADES DO ATOMO

1 Se o átomo ganha ou perde elétrons sua massa varia muito pouco.

2 Cargas iguais têm tendência a repelir.

3 As camadas eram chamadas por letras.

4 As camadas são K, L, M, N, O, P, Q.

5 Esta quantidade é chamada quantum.

6 Essas partículas chamam neutrons.

7 Camada é órbita.

#### OUTRAS PROPOSIÇÕES

1 Para nós hoje fica fácil sabermos o que é o átomo.

2 Mesmo quem não estudou Química já ouviu falar sobre o átomo.

3 Os cientistas nunca tinham ouvido falar em átomo.

4 Os cientistas tinham que pesquisar para saber alguma coisa sobre

átomo.

5 Surgiram várias teorias a respeito do átomo.

6 Dalton tinha uma teoria sobre o átomo.

7 Outros cientistas tiveram idéia do que seja o átomo

8 Pensar o átomo como Dalton fez foi um grande avanço para aquela época.

9 Ninguém nunca tinha imaginado como seria a estrutura do átomo.

10 A Química não pára.

11 A Química está em constantes transformações.

12 Depois de algum tempo veio Thomson.

13 A idéia de Thomson representava um grande avanço na teoria de Dalton.

14 Naquela época ninguém tinha pensado em neutrons.

15 A descoberta dos neutrons veio muito tempo depois.

16 Depois de um tempo veio Rutherford.

17 Rutherford revolucionou a teoria de Thomson.

18 Rutherford fez uma experiência com um material radioativo.

19 Rutherford usou Polônio na experiência.

20 Rutherford usou lâmina de ouro na experiência.

21 Rutherford não sabia quantas camadas tinha a eletrosfera.

22 Bohr veio mais tarde.

23 Bohr aperfeiçoou a estrutura atômica de Rutherford.

24 O nome da estrutura é estrutura atômica Bohr-Rutherford.

25 Bohr descobriu quantas camadas eram.

## ANEXO 2

### ANÁLISE PROPOSICIONAL DA AULA 7 DO PROFESSOR 2

#### AULA 7

#### O CARATER DE UNIDADE

1 A lâmina de ouro tem átomos.

#### A CONSTITUIÇÃO DO ÁTOMO

1 Os átomos da lâmina de ouro estão empacotados. 2 Os átomos, segundo Rutherford, não teriam massa em toda a sua extensão.

3 A massa do átomo estaria praticamente só no centro.

4 O centro seria maciço.

5 A maior parte do átomo seria espaços vazios.

6 O centro do átomo seria muito pequeno.

7 No centro do átomo estariam as partes positivas.

8 Rutherford propôs que cada átomo era formado por uma região muito pequena.

9 Esta região muito pequena seria o núcleo.

10 Em torno desse núcleo estariam girando as partículas negativas.

11 O núcleo seria compacto.

12 O núcleo seria constituído por partículas positivas.

13 O núcleo seria muito pequeno em relação ao tamanho do átomo.

14 Praticamente toda a massa do átomo está no núcleo.

15 Rutherford propõe eletrosfera pouco densa.

16 O modelo aceito hoje fala em partículas neutras no núcleo.

17 Detectou-se que prótons e neutrons têm praticamente a mesma massa.

- 18 A massa do elétron é da ordem de 2000 vezes menor que a de um próton.
- 19 A massa do elétron é 1840 vezes menor que a do próton.
- 20 A massa do elétron é praticamente desprezível.
- 21 Dalton propôs que o átomo é uma massa esférica indivisível.
- 22 O modelo de Thomson propunha que os átomos seriam massas esféricas.
- 23 O modelo de Thomson propunha que os átomos seriam massa minúsculas.
- 24 O modelo de Thomson propunha que os átomos seriam indivisíveis.
- 25 O modelo atômico proposto por Dalton não incluía a presença de partículas carregadas.
- 26 Os elétrons estariam girando em alta velocidade em torno do núcleo.
- 27 Rutherford propõe núcleo positivo e eletrosfera negativa.
- 28 Posteriormente se viu que prótons têm carga idêntica à dos elétrons.
- 29 As cargas são de mesmo valor.
- 30 Quando submetidas a um campo elétrico próton e elétron iam para direções opostas.
- 31 Os neutrons não se desviam sob campo elétrico.
- 32 Thomson propôs um modelo que tinha partículas carregadas eletricamente positivas e negativas.
- 33 O modelo de Thomson propunha que os átomos seriam massas esféricas constituídas por partículas eletricamente carregadas.

## A REPRESENTAÇÃO DO ATOMO

- 1 O núcleo do átomo é de dimensões inimagináveis.
- 2 A maior parte do átomo era muito pouco densa.
- 3 Rutherford comparou o átomo com o sistema solar.
- 4 O núcleo seria o sol e os elétrons os planetas girando em torno.
- 5 Numa ampliação do modelo do átomo seria possível ver que a maior parte é espaço vazio.
- 6 O átomo de Thomson pode ser representado por um círculo.
- 7 O átomo de Rutherford pode ser representado por um círculo com um pontinho no centro.
- 8 O átomo de Rutherford é constituído por um núcleo e um envoltório pouco denso - eletrosfera em torno do núcleo.
- 9 O átomo de Rutherford pode ser representado por um ponto central envolvido por elipses e círculos.
- 10 Não é uma boa analogia comparar o átomo com o sistema solar.
- 11 A velocidade do giro dos planetas em torno do sol é muito lenta em comparação com a dos elétrons em torno do núcleo.

## CONCEITO DE MODELO

- 1 Em função dos resultados de suas experiências Rutherford teve que elaborar um novo modelo para o átomo.
- 2 No modelo de Rutherford deveria ser mantida a idéia de carga negativa e positiva.
- 3 Rutherford quis explicar o modelo com uma nova maneira de distribuição de carga para explicar o espalhamento das partículas alfa.
- 4 Rutherford se preocupou em incorporar em seu modelo as informações que Thomson tinha obtido anteriormente.

## OUTRAS PROPRIEDADES DO ATOMO

- 1 A região pouco densa será chamada mais tarde de eletrosfera.
- 2 Por convenção os elétrons teriam carga negativa.
- 3 Por convenção os prótons teriam carga positiva.
- 4 Essas partículas (próton, elétron e neutron) são chamadas, por convenção, partículas sub-atômicas.
- 5 (idem) , partículas elementares.
- 6 O núcleo pode repelir as partículas alfa que passarem perto dele.
- 7 Núcleo de materiais radioativos liberavam, ao ser bombardeados, partículas com massa igual ao do próton mas sem carga elétrica.
- 8 Essa partícula teve o nome de neutron.

## OUTRAS PROPOSIÇÕES

- 1 O interesse de Rutherford era estudar o comportamento das partículas alfa ao interagirem com a matéria.
- 2 Partículas alfa penetravam chapas delgadas.
- 3 Rutherford passou a preocupar com o desvio sofrido pelas partículas alfa ao atravessar lâminas metálicas.
- 4 O grupo começou a fazer medidas de espalhamento das partículas alfa.
- 5 O sistema de detecção era uma chapa pintada com substância fosforescente.
- 6 Grandes desvios podiam ocorrer com as partículas alfa.
- 7 Algumas partículas eram refletidas pelo obstáculo.
- 8 Geiger e Marsden foram dois auxiliares de Rutherford.
- 9 Geiger montou um equipamento de contagem.
- 10 A maior parte das partículas seguia a trajetória retilínea.

- 11 A hipótese inicial de Rutherford não explicava as observações da experiência.
- 12 Se os átomos da lâmina não tivessem a massa muito rígida as partículas alfa passariam sofrendo pequenos desvios, no máximo.
- 13 Se os átomos da lâmina fossem rígidos as partículas seriam refletidas.
- 14 Rutherford observou que parte das partículas alfa atravessava a lâmina.
- 15 (idem).....uma pequena parte atravessava com desvios.
- 16 (idem).....uma outra parte era refletida.
- 18 A partícula alfa atravessaria facilmente o átomo.
- 20 Esta repulsão provoca ora desvios.
- 21 Esta repulsão provoca ora reflexão.
- 22 A partícula alfa é de dimensões muito pequenas.
- 23 A probabilidade da partícula alfa se chocar com o núcleo era baixa.
- 24 A partícula alfa que se chocasse com o núcleo seria repelida duplamente.
- 25 A partícula alfa seria repelida pelo choque.
- 26 A partícula alfa seria repelida pela carga igual do núcleo.
- 29 Rutherford fala no tamanho relativo elétron-núcleo depois.
- 32 Os cientistas mediram a carga do elétron no início do século.
- 33 Millikan fez a medida da carga do elétron .
- 34 Thomson já tinha medido a relação carga/massa do elétron.
- 35 Rutherford não fala em neutrons.
- 36 Rutherford suspeitava da existência dos neutrons.

37 A evidência da existência dos neutrons só ocorreu na década de 30.

38 O inglês chamado Chadwick comprovou experimentalmente a existência de partícula neutra, através do estudo de reações nucleares.

39 Os cientistas propuseram o neutron como constituinte do núcleo porque surgiu de emissão nuclear.

40 Outros conceitos básicos em Química serão discutidos nesse modelo de átomo ( o de Rutherford).

41 Leucipo e Demócrito propuseram que a matéria seria formada por partículas indivisíveis.

42 (idem) impenetráveis.

43 (idem) sólidas.

44 Aristóteles rejeitou a idéia de que a matéria seria formada por átomos.

45 No século passado Dalton não tinha evidências de que existiam partículas positivas e negativas.

46 Radiações liberadas por materiais radioativos são invisíveis.

47 Pode-se detectar radiações com uma chapa fotográfica.

Transferidas :17,19,27,28,30,31,48 . Total real = 40

## ANEXO 3

### ANÁLISE PROPOSICIONAL DAS AULAS 3 e 4 DO PROFESSOR 3

#### O CARATER DE UNIDADE

- 1 . Segundo Dalton o átomo era a menor divisão da matéria.

#### A CONSTITUIÇÃO DO ÁTOMO

- 1 . Segundo Dalton o átomo era a partícula indivisível.
- 2 . Quando se fala em elétron já se supõe o átomo dividido.
- 3 . Segundo Thomson as partículas se distribuíam uniformemente no átomo.
- 4 . Segundo Thomson o átomo tinha densidade uniforme;
- 5 . (...) não tinha espaços vazios;
- 6 . (...) as cargas positivas e negativas ficavam juntas;
- 7 . Rutherford imaginou que as partículas carregadas estariam concentradas numa região muito pequena do átomo.
- 8 . Segundo Rutherford o átomo era constituído por um núcleo.
- 9 . O núcleo também é responsável pela massa do átomo.
10. No núcleo pode ter vários prótons.
11. No núcleo pode ter várias cargas positivas.
12. Elétron é partícula negativa do átomo.
13. O átomo é eletricamente neutro.
14. Se o átomo tem elétron tem também partícula positiva.
15. Thomson "viu", no final do século passado, que esse átomo era formado de partículas positivas e negativas.
16. O átomo tinha carga igualmente distribuída.
17. As cargas positivas não se repelem por causa dos neutrons.

## CONCEITO DE MODELO

- 1 . A idéia de prótons e elétrons foi perseguida por Thomson.
- 2 . O modelo de Thomson é o modelo de Dalton modificado.
- 3 . Rutherford não pode mais se apoiar no modelo de Thomson.
- 4 . Rutherford sentiu necessidade de modificar o modelo de Thomson.

## OUTRAS PROPRIEDADES DO ATOMO

- 1 . O nome átomo significa partícula indivisível.
- 2 . A região central do átomo foi chamada de núcleo.
- 3 . Número atômico é o número de prótons existentes no átomo.

## OUTRAS PROPOSIÇÕES

- 1 . Pela lei de Lavoisier os átomos são conservados;
- 2 . (...)o número de átomos dos produtos é igual ao dos reagentes.
- 3 . Pela lei de Proust há proporcionalidade entre as substâncias presentes na reação.
- 4 . O cobre sólido conduziu corrente elétrica.
- 5 . O hidróxido de sódio sólido não conduziu corrente elétrica.
- 6 . O cloreto de sódio sólido não conduziu corrente elétrica.
- 7 . O açúcar sólido não conduziu corrente elétrica.
- 8 . Corrente elétrica é passagem de elétrons.
- 9 . Corrente elétrica é movimento de elétrons.
10. No cobre deve haver elétrons livres.
11. No cobre os elétrons livres se movimentam conduzindo a corrente elétrica.
12. O cloreto de sódio em solução conduz corrente elétrica.
13. O hidróxido de sódio em solução conduz corrente elétrica.

14. Quando o cloreto de sódio se dissolve em água deve ocorrer desequilíbrio de cargas.
15. Quando o hidróxido de sódio se dissolve em água deve ocorrer desequilíbrio de cargas.
16. Em solução aparecem cargas positivas e negativas.
17. Essas cargas se movimentam em solução.
18. Esse movimento de cargas provoca a corrente elétrica.
19. Na solução de açúcar não existe carga.
20. Na solução de açúcar não há desequilíbrio de cargas.
21. Quase todas as bolinhas (de isopor) atiradas na rede de volei vão atravessá-la.
22. As bolinhas que batem nos fios não atravessam.
23. As bolinhas batem nos nós da rede.
24. Há maior resistência às bolinhas nos nós da rede.
25. A maior parte das bolinhas atravessa a rede por causa de seu pequeno tamanho;
26. (...) por causa dos grandes buracos da rede.
27. Rutherford foi um cientista posterior a Thomson.
28. Rutherford foi fazer uma experiência pensando no modelo de Thomson.
29. Rutherford utilizou uma fonte de partículas alfa.
30. Partículas alfa são partículas carregadas.
31. Na experiência essas partículas passavam por um orifício em uma placa de chumbo.
32. Esse orifício limitava o feixe de partículas a ser estudado.
33. Na experiência o feixe passou por uma lâmina fina de ouro.

34. O que acontecia na experiência era observado numa placa de cintilação.
35. A placa de cintilação era de sulfeto de zinco.
36. O sulfeto de zinco tem propriedade de brilhar quando tocado pelas partículas alfa.
37. Na primeira parte da experiência Rutherford observou que havia cintilação na placa.
38. Rutherford concluiu que essas partículas caminhavam em linha reta.
39. Na primeira parte da experiência a placa de cintilação estava fixa.
40. As partículas alfa atravessavam a lâmina de ouro em linha reta.
41. Na lâmina de ouro deve ter alguma coisa positiva.
42. Essa coisa positiva repele a carga da partícula alfa positiva.
43. As partículas da lâmina de ouro são bem espaçadas entre si.
44. Entre os átomos de ouro existem espaços vazios.
45. Esses espaços permitem a passagem das partículas alfa.
46. A lâmina de ouro é como a rede de volei.
47. As partículas alfa são como as bolinhas.
48. As bolinhas passavam pela rede por causa dos buracos.
49. Rutherford mudou a posição da placa de cintilação colocando-a entre a placa de chumbo e a lâmina de ouro.
50. Rutherford observou cintilação na placa nesta posição.
51. A cintilação era menor que antes.
52. Rutherford concluiu que as partículas alfa, na segunda parte da

experiência, foram desviadas.

53. A lâmina de ouro tinha partículas positivas além de espaços vazios.

54. As partículas alfa que voltavam eram aquelas que incidiam no núcleo do átomo ou que passavam próximo.

55. Carga positiva repele carga positiva.

ANEXO 4  
ANÁLISE PROPOSICIONAL DAS ENTREVISTAS:  
PROPOSIÇÕES DOS ALUNOS 2 E 6 DA CLASSE 1

ALUNO 2 - PROPOSIÇÕES SEGUNDO AS DIMENSÕES

O CARATER DE UNIDADE

- . o átomo é a base de toda matéria viva.
- . todo material é constituído de átomos.

A CONSTITUIÇÃO DO ATOMO

- . o átomo é composto por núcleo e eletrosfera.
- . o núcleo é composto por prótons e neutrons.
- . a eletrosfera envolve o núcleo.
- . dentro da eletrosfera ficam os elétrons.
- . a eletrosfera é a maior parte do átomo.
- . o átomo tem 7 camadas.
- . cada uma tem um número que é o número máximo de elétrons dentro da eletrosfera.
- . os prótons são carga positiva.
- . os elétrons têm carga negativa.
- . os elétrons giram em torno do núcleo.
- . os elétrons se atraem mutuamente e a favor do núcleo.
- . elétrons e prótons se anulam.

A REPRESENTAÇÃO DO ATOMO

- . o núcleo parece uma camada gasosa.
- . há um limite entre o núcleo e a eletrosfera.
- . a figura do livro é como os cientistas imaginam o átomo.
- . o desenho do átomo é uma idéia que a pessoa tem dele..

- . o desenho é uma hipótese de como seria o átomo.
- . o desenho de Rutherford é para explicar mais facilmente como ele imaginou o átomo.

. o átomo é muito menor que a célula.

#### O CONCEITO DE MODELO

- . modelo não é átomo.

#### CONSERVAÇÃO

- . o átomo do arame frio dá origem a dois do mesmo tipo no arame quente.

#### OUTRAS PROPRIEDADES DO ATOMO

- . as camadas são K, L, M, N, O, P, Q.
- . no arame quente os átomos se desprendem uns dos outros.
- . o desprendimento dos átomos provoca o alargamento do arame.

#### OUTRAS

- . ninguém conseguiu tirar foto do átomo.
- . o átomo não pode ser visto ao microscópio.
- . no arame quente a matéria se transforma.
- . molécula é um conjunto de átomos.

#### ALUNO 6 - PROPOSIÇÕES SEGUNDO AS DIMENSÕES

##### O CARATER DE UNIDADE

- . o átomo é a menor partícula.
- . átomo é a menor parte da matéria.
- . o átomo forma uma substância.
- . o átomo faz parte do mundo.
- . o átomo faz parte de nós.
- . o átomo é a parte disso tudo.
- . existe átomo em todo lugar.

## A CONSTITUIÇÃO DO ATOMO

- . o átomo é divisível.
- . no desenho tem duas massas.
- . esses átomos podem ser do mesmo tamanho.
- . uma massa é positiva.
- . a outra massa é negativa.
- . a massa negativa é o orbital.
- . o átomo é positivo.
- . em volta do átomo positivo existe outro átomo em volta que é negativo.
- . um átomo positivo faz parte do outro, negativo.
- . o neutron é uma carga elétrica neutra.
- . a outra é negativa.

## A REPRESENTAÇÃO DO ATOMO

- . você não consegue observar o átomo.
- . a figura do livro é o átomo.
- . a figura é como o cientista imaginou o átomo.
- . o átomo nunca foi visto por nós.
- . a figura pode ser o átomo assim como pode não ser.
- . o átomo é muito pequeno.

## O CONCEITO DE MODELO

- . modelo é o jeito que o cientista imaginou o átomo.
- . outro podia imaginar diferente.
- . modelo é imaginação do cientista.
- . ele pode fazer mais experiência.
- . através da experiência chegar a modelos.
- . os modelos mudam em função do que os cientistas pesquisam.
- . esse desenho é o meu modelo.

. um cientista completa o modelo do outro até chegar a um modelo atual.

. um modelo atual é aquele com que todos os cientistas concordam.

. o modelo pode mudar quando o cientista mudar de idéia.

#### OUTRAS PROPRIEDADES DO ATOMO

. os átomos estão sempre em movimento.

. o tamanho do átomo não muda.

#### OUTRAS

. tudo é teoria.

. o átomo existe.

. no arame quente eu posso por átomo negativo e positivo.

. no arame frio ficam os átomos de carga negativa.

. quando aquece o arame ele passa pra positivo.

. quando aquece o arame ele ( o átomo ) fica mais junto.

. quando aquece o arame os átomos se transformam pra positivo.

. no arame frio o movimento é mais devagar.

. no arame quente é mais rápido.

## ANEXO 5

### ANÁLISE PROPOSICIONAL DAS ENTREVISTAS: PROPOSIÇÕES DOS ALUNOS 4 E 18 DA CLASSE 2

#### ALUNO-4 - PROPOSIÇÕES SEGUNDO AS DIMENSÕES

##### A CONSTITUIÇÃO DO ÁTOMO

- . Um átomo tem próton, núcleo.
- . Átomos são as partes que compõem o átomo.
- . Um átomo é carregado (de)... os prótons, elétrons, neutrons.
- . As partículas são os elementos que compõem o átomo.
- . Os prótons, os elétrons e os neutrons estão em torno do átomo.
- . A eletrosfera está em torno do átomo.
- . O próton é positivo. (descrevendo o desenho)
- . O neutron é negativo. (idem)

##### A REPRESENTAÇÃO DO ÁTOMO

- . O átomo seria uma partícula não muito grande.
- . O átomo é o centro.
- . Os prótons, os elétrons e os neutrons estão em torno do átomo.
- . A eletrosfera está em torno do átomo.
- . A figura do livro é a representação das partes do átomo.
- . A figura é uma visão dos componentes do átomo.
- . Os prótons estariam dentro do átomo. (descrevendo o desenho)
- . Os prótons estariam na região do átomo. (idem)
- . Os neutrons estariam (também) no átomo. (idem)
- . A figura é a foto do átomo.
- . Os átomos podem ser representados por bolinhas.
- . A figura é uma visão que os cientistas tiveram do átomo.
- . Átomos ( no arame) são pequenas partículas (compostas com um

átomo...prótons...núcleo)

#### CONCEITO DE MODELO

- . Modelo é a descoberta (o resultado da).
- . O modelo de um cientista difere de outro porque cada um defende uma parte do mesmo átomo.
- . Cada cientista descobre uma coisa do mesmo átomo.
- . O modelo é uma base para o estudo.
- . O modelo é um ponto onde o estudo pode se apoiar.

#### OUTRAS PROPRIEDADES DO ATOMO

- . Os átomos ficam mais dispersos no arame frio.
- . Os átomos ficam mais juntos no arame aquecido.
- . O aquecimento faz os átomos se unirem.

#### ALUNO-18

##### O CARATER DE UNIDADE

- . (Átomo) é o menor pedacinho da matéria.

##### A CONSTITUIÇÃO DO ATOMO

- . O átomo (também) tem núcleo e eletrosfera.
- . A eletrosfera é a maior parte.
- . Os prótons estariam no núcleo.
- . O núcleo é a menor parte.
- . O núcleo é o átomo.
- . O núcleo é carga positiva.
- . Os elétrons estão na eletrosfera.

##### A REPRESENTAÇÃO DO ATOMO

- . A figura do livro é a constituição da matéria.
- . A figura do livro é o retrato do átomo.

## CONCEITO DE MODELO

- . Modelo é o desenho da matéria.
- . Modelo é o desenho das partes da matéria.
- . No retrato a gente ia tá vendo tipo a matéria - a mesa, no modelo ia tá vendo mais detalhado, as partes.
- . Modelo é a representação da constituição da matéria de um núcleo e eletrosfera de um átomo.

## CONSERVAÇÃO

- . O átomo (nos arames) não muda.

## OUTRAS

- . O átomo não pode ser visto.
- . É possível fotografar o átomo.
- . O arame "ferve" feito água / o desenho é o do material e não da constituição.
- . O núcleo é uma parte da matéria.
- . Toda a eletrosfera é a outra parte.
- . O núcleo é o átomo.
- . A mesa é toda um átomo.
- . No meio da mesa - bem pequenininho - teria o núcleo.

OBS: . O átomo é a menor parte da matéria.

Assim como, por exemplo, o parafuso é a menor parte de uma geladeira. Há muitas coisas na matéria, mas o átomo é a menor.

Para K., a mesa é toda eletrosfera, e no meio, num pedacinho bem pequenininho, está o núcleo ou o átomo.

## ANEXO 6

### ANÁLISE PROPOSICIONAL DAS ENTREVISTAS: PROPOSIÇÕES DOS ALUNOS 12 E 25 DA CLASSE 3

#### ALUNO 12 - PROPOSIÇÕES SEGUNDO AS DIMENSÕES

##### O CARATER DE UNIDADE

- . átomo é a unidade formadora da matéria.
- . os átomos se reúnem para formar uma célula.
- . os átomos se reúnem para formar as estruturas.
- . tem átomo na folha/ no corpo humano/ na mesa.

##### A CONSTITUIÇÃO DO ATOMO

- . inicialmente achavam que o átomo era compacto.
- . o átomo contém o núcleo e órbitas.
- . o núcleo contém prótons e neutrons.
- . as órbitas contém os elétrons.
- . os elétrons estão separados das partículas do núcleo.
- . os níveis contém os elétrons.
- . o átomo é uma coisa tridimensional.
- . os neutrons não têm massa.
- . os prótons têm massa.
- . os elétrons têm massa bem pequena.
- . átomo é o conjunto de prótons, neutrons e elétrons.
- . o átomo só existe se existirem essas três partículas.
- . não há partículas como os neutrons entre os elétrons.
- . por isso eles não ficam juntos.
- . há níveis de maior e menor energia.
- . os elétrons estão em constante movimento.

- . os elétrons das órbitas mais externas podem ser arrancados.
- . os elétrons das órbitas mais externas podem conduzir mais corrente.
- . os elétrons mais próximos do núcleo têm menos energia .
- . os neutrons existem para dar mais coesão aos prótons.
- . a carga do neutron é nula.
- . a carga do elétron é igual a do próton.
- . a carga do elétron é muito grande.
- . a carga do elétron tem mais facilidade de se conduzir por outros elétrons.
- . a carga do próton é mais restrita a ele, no núcleo.
- . os elétrons têm carga negativa.
- . os prótons têm carga positiva.
- . o próton está mais confinado que o elétron.
- . os elétrons e prótons têm uma tendência a se misturarem.
- . os elétrons têm mais energia.

#### A REPRESENTAÇÃO DO ATOMO

- . átomo é uma partícula menor.
- . átomo deve ser muito pequeno.
- . o desenho do livro representa o átomo.
- . o átomo pode ser representado por uma bolinha.

#### CONCEITO DE MODELO

- . modelos são idéias criadas para a pessoa entender.
- . os cientistas foram progredindo nas idéias.
- . o modelo atual (estudado) está explicando a maioria das coisas.
- . não pode haver outro modelo.
- . o modelo atual é um modelo completo.

## CONSERVAÇÃO

- . os átomos do arame frio são iguais aos do arame quente.

## OUTRAS PROPRIEDADES DO ATOMO

- . os átomos se organizam de maneira diferente.
- . os átomos formam partículas.
- . os átomos podem ser de diferentes tipos.
- . os átomos do arame frio têm menos energia.
- . os átomos do arame quente têm mais capacidade de conduzirem energia entre si / e através dos elétrons.
- . os elétrons do arame quente ficam menos estáveis.
- . os átomos do arame quente têm mais facilidade para conduzirem energia.
- . há várias coisas na vida devido a existência de diferentes átomos.
- . célula é um organismo mais completo que átomo.
- . átomo é uma partícula muito pequena.

## OUTRAS

- . átomo não é uma coisa viva.
- . átomo é uma partícula muito pequena.

## ALUNO 25

### O CARATER DE UNIDADE

- . todo material tem átomo.
- . tudo é formado de átomo.
- . planta contém átomo. /ar/ corpo da gente/ madeira

### A CONSTITUIÇÃO DO ATOMO

- . prótons e neutrons ficam separados dos níveis energéticos.

- . não há nada entre os elétrons.
- . o próton, o elétron e o neutron são feitos de substância inorgânica.
- . atualmente os níveis energéticos do átomo estão comprovados.
- . nos níveis energéticos tem elétrons.
- . o próton é uma carga positiva.
- . o neutron é uma carga neutra.
- . os elétrons têm movimento circular uniforme nos níveis.
- . o movimento ocorre de forma tridimensional.
- . atualmente os níveis energéticos do átomo estão comprovados.

#### A REPRESENTAÇÃO DO ÁTOMO

- . a figura do livro é um desenho que representa o átomo. (?)
- . a figura representa o átomo real.
- . o átomo pode ser representado por um ponto com círculos em torno. Nesse círculo podem existir outros círculos menores com sinal menos.

#### CONCEITO DE MODELO

- . os cientistas passaram a informação através do desenho.
- . modelo é a representação de uma coisa que representa a coisa real.
- . o modelo representa a coisa real.
- . modelo não é real.
- . os cientistas vieram tendo diferentes idéias sobre o átomo através da evolução.
- . o modelo atual pode mudar.
- . antigamente verificaram que o modelo podia mudar.
- . daqui a cem anos vai mudar também.

## CONSERVAÇÃO

- . os átomos do arame quente são iguais aos do arame frio.

## OUTRAS PROPRIEDADES DO ÁTOMO

- . os átomos se diferenciam na maneira de agrupar.
- . ocorrem reações químicas através destes elétrons.

## OUTRAS

- . substância inorgânica é a que não gera vida.
- . o átomo foi visto no microscópio.

## ANEXO 7

### TRECHOS EXTRAÍDOS DOS ENCONTROS COM O PROFESSOR 1

Obs.: E = entrevistador ; P = professor

\* \* \*

E A gente viu, né, que é difícil ensinar esse tal do átomo. Para o aluno isso é abstrato.

P Demais. Isso é muito abstrato. Tanto que o aluno não consegue visualizar, não consegue uma coisa assim mais palpável pra ele, ele acha difícil. Eu acho que ele acha a Química difícil porque acha a Química muito abstrata.

E Nessa parte que você ensinou do átomo, tanto o que você seguiu do livro quanto as coisas de sua cabeça, o que você acha que é mais complexo nessa parte do átomo?

P Eu acho que o átomo em si, para ele, não é uma coisa complexa. Ele entende direitinho. Muitos alunos entendem as partículas direitinho. Eu acho que a dificuldade está, realmente, em entender o átomo dentro da Química, como um todo, entendeu? Para ele o átomo sozinho, isolado, ele consegue até entender. Tem muito aluno que, se você chegar lá agora e perguntar pra ele, ele sabe direitinho as partículas. Direitinho, mas assim, o átomo num contexto da Química como um todo...e de tudo, né, porque tudo...ele tem dificuldade nesse ponto.

Até que o átomo sozinho ele consegue entender: elétrons, prótons, ele consegue entender. Agora, quando tem que transportar isso num contexto, numa coisa assim mais ampla, ele se perde.

E E essa parte da configuração, essa coisa que você varreu assim ao longo da unidade toda e que você viu os meninos acompanhando, você sentiu que alguma era mais difícil, mais

complexa?

P Eles têm dificuldade também na configuração eletrônica. Eles não entendem, de jeito nenhum, porque que o 4s tem que ser antes do 3d...

E Sei.

P Eles têm uma dificuldade grande nisso. Quando você faz uma configuração, por exemplo, chega lá, coloca o 4s e depois o 3d..."Professora, mas por quê?" Entendeu? Então você tem que voltar, explicar tudo aquilo. Ele tem dificuldade de entender. O que eu notei que eles têm assim a maior dificuldade é configuração eletrônica.

\* \* \*

P Entendeu? Então, existe os outros, eles sabem que existem, mas, pra ele, o átomo é assim, apesar dele saber que têm os outros, que existem os outros modelos, as outras teorias. Mas, pra ele, o átomo é assim. Por exemplo, pra esse aluno aqui que fez a eletrosfera toda elíptica: não adianta você mostrar pra ele de um outro jeito que na cabeça dele o átomo pra ele é assim - é todo elíptico. Apesar de eu nunca ter feito um desenho assim no quadro, do livro dele nunca ter um desenho deste. Não sei como que o átomo dele é assim.

E Se você, por exemplo, desse uma questão assim numa prova, o que você esperava acontecer com os desenhos?

P Eu imaginava que eles fossem fazer direitinho: a eletrosfera, o núcleo, entendeu. Eu pensei que eles fossem fazer direitinho. Eu nunca imaginei que viesse, por exemplo, uma bolinha...

\* \* \*

P É, como é que esse povo que nunca viu nada, consegue falar em próton...elétrons...isso para o aluno, parece que os cientistas sacaram tudo. Isso não existe, na verdade não; eles falam que é só saque dos cientistas. Porque não pode ser visto...

Porque quando você dá uma aula aqui na frente, você, ó: "tem dúvida?" - "Não." Parece que todo mundo entendeu.

\* \* \*

E Essa sensação que você falou, né, de que você viu que cada um tinha uma aula na cabeça, quando você falou novamente, depois de você ter visto essas respostas, você está olhando pra eles de uma forma diferente?

P Diferente!

E O que que aconteceu?

P Eu não sei. Eu olho pra cada um. Pelo rosto dele eu - "aquele lá já tá pensando na bolinha"...Pelo tipo de rosto que o aluno faz quando eu coloco a matéria aqui, eu já sei em que pé que ele está. Aquele que está assim mais atento, esse aí parece que está acompanhando meu pensamento. Aquele que olha assim, com a mão na cara - esse aí parou lá na bolinha.

\* \* \*

P Não! Eu sinto assim, que ele pode ter captado bem o que eu ensinei, aqui na frente, na teoria, mas ele tem uma dificuldade de transportar isso para um problema prático. E isto é uma deficiência mesmo aqui nossa. Porque nós não temos um espaço pra propor mais...assim, prática, coisas mais práticas, situações mais práticas pra ele nós não temos. Então, você tem que dar aquela aula teórica, e provas ali nos dias certinhos e tem que dar conta

da matéria. Infelizmente nós não temos um espaço pra propor mais - igual esse problema do arame. É difícil a gente ter condições de parar uma aula e colocar um problema desse assim em sala pra ver o que cada aluno pensa, né, seria assim...

\* \* \*

P Eu agora começo a fazer esse tipo de pergunta que você faz aí no questionário. Eu começo a propor em outras turmas...

E Ó! Que interessante!

P Eu começo a propor com outras turmas mais ou menos esse mesmo tipo de pergunta. Tá entendendo? Solto assim...Não é que eu vá direto: "agora nós vamos responder isso e isso e isso". Não! As vezes, no meio de um assunto, eu solto uma pergunta dessas. Aí é observar as respostas.

E E aí? Me fala mais.

P Dá mais ou menos no mesmo dessa sala.

E Mas por que que você acha legal fazer essas perguntas?

P Porque é exatamente por isso. Porque, pra eu ver como cada aluno está recebendo aquilo que eu estou passando pra ele.

E É o jeito que você vê...

P É um retorno. É um feedback mesmo.

E E aí, conforme o que ele responde o que acontece?

P Aí é difícil, né porque, tempo muito curto...

E Mas você já...

P O ideal seria que a gente tivesse um tempo maior pra fazer esse tipo de pergunta em sala aí, ir tentando assim derrubar essa idéia que ele tem de átomo - célula - relacionando mais o átomo com célula. Mas, o nosso tempo aqui é tão curto, sabe... é muito

difícil.

\* \* \*

E Mas, fala mais o que você acha...

P Do átomo.

E do átomo, né. Os pontos que você abordou, aqueles que você acha mais importantes.

P É. Eles têm essa noção teórica do que seja átomo. Agora, passar isso para uma parte mais prática, a ponto de entender... Por exemplo, eles sabem: elétrons, prótons, mas quase assim como uma decoreba mesmo, porque já viu na oitava série, e sabe que átomos é elétrons, prótons e nêutrons. Compõem disso. Mas aquilo já é mais decoreba, muito, isso que é o átomo.

Por isso eu te falei: se eu conseguisse esse slide... Nesse slide, você consegue andar dentro do átomo. É uma coisa incrível! Eu não sei qual país da Europa que tem isso. Mas é super-interessante.

\* \* \*

P Modelo dos orbitais? Modelo do átomo?

E É. Tudo o que tem a ver com modelo... Como você já falou, é difícil...

P É difícil, muito abstrato pra eles, né.

E Qual que foi, nas suas aulas, a parte que você acha que favoreceu mais ele entender... ou a parte que você focalizou mais...

P Olha, você tem que partir do detalhe, né. Enquanto você está só nos detalhes é difícil a compreensão mas, depois, quando você chega no global, que você já começa... por exemplo, no início, ele não entende muito pra que aquele tanto de escada, pra que níveis e

sub-níveis. Mas depois quando você faz uma distribuição eletrônica, aí ele já consegue entender a finalidade de tudo aquilo. Então, eu noto o seguinte: você vai por partes - você começa bem, bem por parte - então ele vai entendendo - por partes - mas ele ainda não conseguiu visualizar qual o objetivo daquilo. Então, depois que você faz uma distribuição você consegue localizar o endereço do elétron - igual eu brinco com eles - "onde o elétron mora" - a casa do elétron - nesse momento que eu sinto que fica a compreensão deles - fica assim...

E Fica mais retida...

P Fica mais retida. Porque quando você está mostrando escada, camadas - K, L, M, ... sabe, tudo decorado - K, L, M, N, O, P, Q... É um negócio todo decorado. Mas assim - ele ainda não conseguiu visualizar a finalização daquilo. Então, quando você faz uma distribuição eletrônica, termina, pega o último elétron colocado, coloca no orbital e mostra onde o elétron fica, qual a possibilidade maior de encontrar o elétron, o orbital, aquele negócio todo, aí o aluno - eu sinto assim que fecha - ele consegue entender. "Ah! Então foi por isso que nós estudamos tudo aquilo?"

## ANEXO 8

### TRACHOS EXTRAÍDOS DOS ENCONTROS COM O PROFESSOR 2

\* \* \*

P Pode ser em função do desinteresse dele pelo tema no momento, da realidade dele, de vida, de tudo, mas, provavelmente também contribui o fato dele ter tido que escutar muita coisa sem ter tido oportunidade de sistematizar as idéias que foram passadas para ele. Quer dizer, ele vai só recebendo as informações, às vezes tem oportunidade de levantar alguma questão, mas com muito pouco espaço pra isso...Então vai só acumulando informações; depois aquilo vira um monte de confusão na cabeça dele. É o que a gente vê quando a gente tem que discutir as frases, as questões, né, que você recupera a idéia dos gregos até chegar ao modelo de Rutherford.

E E quando você fala: "ele ir sistematizando", como é que você imagina ir acontecendo isso?

P Bom, isso aí eu tenho dúvidas.(...)

\* \* \*

E Em relação à construção da idéia do modelo, você acha que isso...pelo menos você tentou passar a idéia de modelo de átomo?

P É. Tem duas coisas que eu acho que tento mas, fica meio furado. Um é essa questão...é...de passar a idéia de descontinuidade da matéria. Eu acho que fica muito solto e, na verdade, depois dessas 10 aulas, depois das provas, a gente vê que...quer dizer...essa idéia não ficou assim sedimentada. Ela

ficou diluída no meio de tanta fala. E a questão do modelo também, a gente tenta verificar se o aluno trabalhou com os diferentes modelos e conseguiu perceber como é que eles foram construídos e elaborados mas, a gente age de maneira falha porque quando você, por exemplo, trabalha ligação, ligação inter-atômica e, ao introduzir o tema você pede para o aluno imaginar a aproximação entre dois átomos e imaginar essa aproximação, a maioria deles não constrói o modelo, ou tem dificuldade em propor o modelo - aquele modelo que tem átomo com núcleo e eletrosfera e a partir daí vai ter atrações e repulsões elétricas. Quer dizer, aí você fica pensando, "puxa vida, esse tempo todo pra chegar nesse modelo e, na verdade, quando você pede pro aluno... é...

E fazer uso daquele...

P fazer uso daquela informação, daquele modelo, ele, às vezes, demonstra até desconhecer. Então, tem alguma coisa aí que não tá legal. Tá certo? Agora, eu acho que não, a idéia de que o químico trabalha, em alguns aspectos trabalha com esses modelos e que esses modelos tem validade até certo ponto, pra alguns, mas são muito poucos; então, se a gente trabalha pra uma turma de 40 alunos, imaginar que, as vezes, dez por cento da turma, quatro ou cinco alunos que conseguiram fazer...

\* \* \*

P Bom, a segunda questão é aquilo que eu também já tinha falado no encontro anterior: você percebe que têm alguns alunos que conseguem, vamos dizer assim, alinhar as idéias, tá certo, quer dizer, conseguem perceber, conseguem, é, construir, ou pelo menos

acompanhar a construção de algumas idéias que vão alterar os modelos de átomo, enquanto que outros fazem a maior confusão. Quer dizer, eu acho que essa confusão tem a ver, um pouco, com a maneira com que o conteúdo é trabalhado em sala de aula, porque é muita informação, às vezes de maneira desconectada. Mas também eu acho que, às vezes, é por falta do próprio aluno ter um maior interesse em acompanhar. Quer dizer, ele... tem outras explicações pra isso que eu acho que fica difícil de resumir. Quer dizer, a aula pode ter despertado o interesse no aluno - eu já coloquei isso né?

\* \* \*

P Eu acho que o desenho reforçou uma coisa que eu falo mas, mostra o que eu não faço, quer dizer, eu tenho que mostrar para o aluno que essa idéia de elétron distribuído, quer dizer, circulando em torno do núcleo em órbitas, circulares ou elípticas, já é uma idéia ultrapassada nesse sentido mas, a maneira deles, que desenha, vamos dizer assim, entre aspas, "corretamente", ou mais próximo do modelo aceito atualmente, todos eles fazem associação com a figura que eu coloquei no quadro inicialmente, quando eu comecei a discutir com eles...

E Exato, a primeira figura que você fez.

P A primeira figura que eu coloco no quadro é, justamente - ainda falei assim com eles: se você pegar um livro que tenha sobre a energia nuclear, alguma coisa, tá lá, vamos dizer assim, a representação do átomo dessa maneira - o núcleo e os elétrons em volta né. Agora, aqui eu vejo coisas absurdas em termos de

desenho, né. Eu acho que a maneira como eu trabalhei o conteúdo em sala não... não permite dizer que é culpa minha se o aluno... quer dizer, é culpa minha ou da maneira como foi trabalhado... Olha só como eu tô falando: eu tô falando que - isso é difícil falar que não é culpa... É culpa, em parte mas, eu não me lembro de, em nenhum momento, ter colocado no quadro um tipo de associação que permitisse ao aluno fazer desenho tipo esse...

\* \* \*

E E, nesse caso, você, professor, faria o quê? Na sala. Vamos supor que você coloque essa condição: você consegue elaborar os textos, você consegue manter as informações preciosas no texto...

P Olha, aí, no caso, eu acho que eu ainda teria, em determinados momentos, é... momentos de fala mesmo como tem mas, só, como eu falei anteriormente, pra mim seria menos desgastante e, provavelmente para o aluno seria mais proveitoso. Porque minha tarefa seria só de... só não, mas a principal tarefa, no caso, seria de alinhar as idéias a partir de discussões feitas com o coletivo e a partir do, da análise das dúvidas coletadas pelos alunos. Porque, na verdade, se a gente lê a transcrição das aulas, as dúvidas são, na maioria dos casos, eu mesmo que coloco para os alunos. Quer dizer, são dúvidas que eu, a priori, considero como sendo dos alunos, e às vezes, não são. As vezes eles têm outras dúvidas muito mais simples, ou então, muito mais complexas como as próprias respostas do questionário mostraram, evidenciaram, né. Então eu acho que tinha que ser uma metodologia ou uma estratégia de ensino-aprendizagem que respeitasse mais o aluno em termos de

ele poder ter mais tempo pra poder assimilar as idéias e colocar pra fora o que que ele entendeu do que foi pra ele repassado, na forma de texto, na forma de um áudio-visual...

\* \* \*

P Quer dizer, as estratégias são pouco eficazes, que teria que ter algum tipo de alteração mas, por outro lado, também o que que eu tenho percebido é que a questão não é só alterar a estratégia de ensino. A questão é de você ter acesso a referenciais teóricos que o pesquisador tem, enquanto que o professor de segundo grau não tem, em função da realidade dele do trabalho e mesmo, às vezes, até o hábito da gente de não ler, de não procurar parar, por exemplo, você tem uma pilha de provas pra corrigir - você estava falando da pilha - eu tenho uma pilha de provas pra corrigir, tanta resposta interessante que tem nas provas. Interessante assim, que eu falo, do ponto de vista de que o aluno demonstrou que não entendeu o que foi trabalhado em sala, eu teria que registrar e depois fazer o comentário. Na hora que eu fosse fazer a correção em sala eu teria que comentar resposta por resposta pra mostrar que às vezes a maneira que um pensa, vários pensam. Só que eu não tenho esse tempo de fazer uma correção e ao mesmo tempo levantar respostas, vamos dizer entre parênteses erradas, de acordo com o meu critério de correção pra cada questão. Eu acho que isso aí demandaria muito mais tempo mas, por outro lado, o aluno teria muito mais proveito. E eu também teria muito mais proveito.

\* \* \*

P É outra coisa é,... na medida que a gente vai percebendo que a questão não é só de, do conhecimento de Química. A questão tem muito a ver com as próprias teorias de aprendizagem. Quer dizer, não adianta eu ficar, eu acho que eu vou perder, não sei se é perder tempo, mas eu acho que eu vou ficar angustiado tentando investir um tempo de lazer, por exemplo, na elaboração de um material que eu vou achar um pouquinho melhor mas, depois, um outro pesquisador pode me mostrar as mesmas falhas só que...não as mesmas falhas, quer dizer falhas do mesmo jeito, quer dizer, que o aluno continua...

\* \* \*

P É, teria que perguntar: eu, enquanto ser humano, como é que eu aprendo? Eu acho que, também, enquanto eu estou vivendo eu também estou aprendendo. Quer dizer, até mesmo essa discussão que eu estou fazendo com você, por exemplo, agora, eu acho que as respostas que eu tô dando é fruto de um aprendizado que eu tenho da minha realidade. Então eu acho que a pessoa é...esse negócio de aprender tem a ver com apreender... Eu acho que a pessoa aprende as coisas quando ela faz alguma conexão com a realidade da vida dela, ou então, às vezes não sei... Eu fico pensando porque a gente vai, assiste a aula de Biologia, de Química, e aceita colocar na cabeça, mesmo que seja da maneira que o professor colocou...as questões. Não sei se isso é ideológico, sei lá. Você fica estudando e, se você pensar bem não tem a ver com sua realidade imediata e, parece que você fica acreditando que aquilo vai te dar um retorno quando trabalha algum conteúdo que o aluno

consegue fazer alguma relação com o prático, às vezes ele tem atenção maior. Não significa que ele aprende mais não. Nem sei porque, às vezes ele vai fazer mais confusão, porque ele pergunta questões práticas e as questões práticas são mais difíceis de responder do que a Química que a gente dá conta. Então...eu acho muito difícil de responder...

## ANEXO 9

### TRECHOS EXTRAÍDOS DOS ENCONTROS COM O PROFESSOR 3

P Foi ensinado primeiro pra chegar no átomo. Você ir falando e tal. Então foi usando aqueles modelos...e tal...que era assim que tava (...) Se você for fazer o apanhado assim, aquela parte, e cresceu assim com as experiências que você vai vendo a teoria particular da matéria e tal, né. Mas é... o que tinha que ensinar mesmo. Porque se fosse teórico, como a gente dava antigamente, né, por esses livros assim, numa aula você dava tudo., não dava? Você acabava com aquilo tudo. Aquilo é uma teoria, seria um histórico da teoria sem a gente sentir nada.

\* \* \*

P Foi pouca! (coisa ensinada) Foi assim, mas o que foi ensinado - o teórico -né. Agora, pra chegar naquilo, é uma aprendizagem que fica, é isso que você vai sentindo. Você, por exemplo, poderia dar aquilo numa aula. Até na próxima prova ele ia poder fazer uma prova boa mas, não ia...aquilo não estava dentro dele, entendeu? (...) E quando o negócio vai chegando no fim, eles mesmos, eles tiram uma porção de exemplos, né Lila. Eles fazem uma porção de analogias. É a coisa mais engraçada. Eles já fazem.(...) Aquilo eu acho que fica dentro, né, que eu acho a diferença. A diferença que eu vejo, a diferença básica para mim que eu vejo de aprendizagem dos meninos é essa. Assim, a bagagem, aquela teoria, você parece que dá assim pouquíssimo. Mas aquilo representa muito porque fica e, a partir dali ele vai extrapolar uma porção de coisa. Ao passo

que você vai dar aquele trem só teórico, aquilo não fica. Ele não vai conseguir relacionar com nada. Aquilo fica cada um como se fosse uma gaveta - um pacote de aprendizagem, né. Eu sinto muito isso nesse projeto e agora já estamos tendo volta.

\* \* \*

E E você acha que o que está sendo ensinado é o essencial? Você acha que precisa ensinar mais alguma coisa?

P Olha Lila, eu já preocupei muito com isso. No princípio, quando a pressão na gente era grande, que tudo que estava errado no segundo ano era culpa do primeiro, que o primeiro ficava naquela mordomia, que o primeiro não ensinava nada, nada, ... que a gente está careca de saber que a gente escutava isso, né. Então, às vezes eu ficava "Ó meu Deus do céu!". As vezes eu falava que eu precisava dar 'funções', "Ó meu Deus do céu, às vezes precisa dar mais 'velocidade', precisa mais 'equilíbrio'".

\* \* \*

E Mas, em relação à parte de átomo que eu tô falando, mais especificamente...

P Mais especificamente, olha, eu também já preocupei com isso, com o problema de valência, aquele problema de sub-níveis, né, números quânticos. Mas eu desliguei completamente, porque realmente é uma coisa abstratíssima, a gente custa demais pra entender, pra sacar. Mecanicamente você faz. O povo da oitava série faz.

\* \* \*

P Não, isso quando você estava fechando alguma coisa, pela participação dele ali, né. Agora, quando ele tinha aprendido mesmo, o que ele tinha aprendido só nas provas que você verifica isso, né. Se aprendeu, se não aprendeu, que você tem certeza...

\* \* \*

E Então, tá mais ou menos dentro do esperado?(os desenhos dos alunos)

P Tá dentro do esperado.

E Dentro do resultado que apareceu em provas, uma coisa assim?

P Tá. Eles saíram bem nessa parte. Mesmo a distribuição eletrônica que eles ficaram com mais dificuldade, depois eles pegaram fácil.(...)

E Então você achou que está correspondendo. A surpresa desses dois você atribui a quê?

P Não sei. O A. não sei se eu podia ter ajudado mais, que ele desligava, era uma falta de base total.

\* \* \*

P O átomo, né, a idéia do átomo, a idéia - que isso teve muitas questões na provinha, nas outras provas. Eu acho que isso estava bem claro. Se teve alguma discrepância nem eu notei, nem me chamou atenção. Deve ter sido com esses meninos que uns ficam com essas idéias assim, erradas mesmo, que não tem jeito também; e não é culpa nem sua, nem do professor, nem do processo. É culpa de uma base que ele vem tendo. Nem é só dele, daquele momento dele. É duma coisa que ele vem puxando muito tempo né, pra perceber aquilo e pra ele puxar, que eu não acho que é só.

\* \* \*

E Se você tivesse que dar uma questão em prova que pedisse pra eles fazerem um desenho do átomo, como é que você imaginaria que eles iam fazer?

P Mas aí eu ia imaginar feito a maioria mesmo. Eu vou desenhar (P desenha). Aqui eu ia imaginar o núcleo, mesmo um negócio muito pequeno, talvez eu desenhasse assim - prótons e nêutrons, sem...

E Só o símbolo, as letras (p e n).

P É. E aqui os elétrons. Essa eu ia fazer mais ou menos assim. (P faz um desenho esquemático, semelhante aos desenhos dos alunos)

E Você ia fazer esquemático, né?

P É.(...)

\* \* \*

P É. Tem uns negócios que a gente acha assim que deixa tão claro, né. Agora, isso aqui eu pus até pra mim: ter um pouco de cuidado quando fala em átomo, nesse equilíbrio de átomo, às vezes os meninos não sentem muito - número de prótons igual número de elétrons, né.

\* \* \*

P Eu acho assim que compensa. Você fica assim muito perto do menino, né, não é aquela aula que você fica mais longe. De qualquer jeito, mesmo com as falhas da gente, que a gente tem falha em qualquer coisa. De qualquer jeito que você der aula você vai ter suas falhas, né, lógico. Você não vai atingir todo mundo, né.