

UMA ABORDAGEM TEÓRICA PARA COLETA DE DADOS COGNITIVOS DURANTE A REALIZAÇÃO DE UM EXPERIMENTO DE QUÍMICA.

A THEORETICAL APPROACH FOR COLLECTION OF COGNITIVE DATA DURING THE ACCOMPLISHMENT OF AN EXPERIMENT OF CHEMISTRY.

Marciana Almendro David^{1b} Oto Neri Borges^{2a}

¹UFMG/FAE/Programa de Pós Graduação, marciana@educativa.org.br

²UFMG/FAE/DMTE/Programa de Pós Graduação, oto@coltec.ufmg.br

Resumo

Este artigo discute a validade da “análise de protocolo” como instrumento de coleta de dados cognitivos, no contexto de uma investigação sobre a aprendizagem de conceitos de química durante a realização de experimentos. Trata-se de uma metodologia de coleta de dados baseada na técnica de “pensar em voz alta”.

A literatura indica o potencial dessa metodologia para a coleta de dados. Também mostra como ela está sendo empregada na investigação de diferentes situações de desempenho, durante a execução de diversas tarefas, inclusive atividades experimentais.

O estudo nos forneceu indícios de que as verbalizações podem indicar o caminho da construção de novos pensamentos que podem ser identificados como padrões de processos que controlam a aquisição de conhecimento novo. Também foi possível perceber que tais processos são influenciados pelo contexto e pelas relações pessoais, especialmente quando a tarefa é realizada em grupos.

Palavras Chaves: análise de protocolo, pensamento em voz alta, protocolo verbal, aprendizagem de química.

Abstract

This paper discuss the validity of the “protocol analysis” as an instrument of cognitive data collection in the context of an investigation on the learning of chemistry concepts while students are performing school’s experiments. It is methodology of data collection based on a “thinking aloud” technique.

The literature indicates the potential of that methodology for data collection. It also shows how this methodology is being used in the investigation of different performing situations, and during the execution of several tasks, including experimental activities.

The study shows evidences that the verbalizations can point the different ways for the construction of new thoughts, which can be identified as patterns of processes that control the acquisition of new knowledge. It was also possible to notice that such processes are influenced by the context and by personal relationships, especially when the task is performed by student’s groups.

Keywords: protocol analysis, think-aloud, verbal report, chemistry learning.

^b APOIO FAPEMIG

^a APOIO CNPq

I. INTRODUÇÃO

Neste trabalho, apresentamos alguns dos instrumentos de coleta de dados que serão usados em uma investigação sobre os modos pelos quais os estudantes do E. Médio aprendem conceitos da química durante a realização de atividades experimentais. Trata-se de um estudo que representa uma primeira tentativa de organização de um aporte teórico para coleta de dados cognitivos, usando “relatos de pensamento” e a “análise de protocolo” de Ericsson e Simon (1993). Apresentamos ainda alguns dados coletados e analisados em um estudo piloto^d, com o objetivo de colocar em discussão os instrumentos e procedimentos que pretendemos utilizar para desenvolver o projeto de doutorado.

A relevância deste trabalho se deve ao fato de que, embora nas últimas décadas tenha crescido o número de pesquisas no campo da educação relacionadas à aprendizagem e aos métodos de ensino de Ciências, existe uma demanda crescente por esse tipo de pesquisa. Isto decorre das dificuldades encontradas em todo o mundo para que os estudantes incorporem os conceitos científicos à interpretação que fazem dos fenômenos que ocorrem em seu dia-a-dia, na medida em que vivem em uma sociedade tecnológica, que cada vez mais requer conhecimento das ciências naturais.

O ensino de química em particular requer uma atenção especial, pois se por um lado pode ser observada a impopularidade da Química enquanto disciplina escolar em todo o mundo, também se pode observar a divulgação de informações sobre novos produtos com aplicações diversas, sobre questões ambientais ou alternativas energéticas, usando amplamente da linguagem química. Existe, portanto, uma necessidade real de alfabetização em química, para que todos possam entender as informações veiculadas pela mídia, o que é essencial para o desenvolvimento do processo democrático.

A impopularidade da química se deve a várias dificuldades importantes que são enfrentadas no ensino dessa ciência (De Jong, et. Al., 1999), tais como: currículos inadequados; formação inadequada de professores; além do fato de o ensino de química não se relacionar adequadamente com o contexto de vida dos estudantes e professores. Segundo De Jong, et al. (1999), podem ser distinguidas três principais áreas de pesquisa: aprendizagem; ensino e contexto educacional.

Os pesquisadores da *aprendizagem* se preocupam em conhecer como é que a química é aprendida. Os pesquisadores dessa área investigam sobre as concepções dos estudantes, sobre os diversos modos pelos quais eles resolvem problemas, sobre as dificuldades que eles têm na compreensão de conceitos abstratos e sobre os modos pelos quais eles pensam a química. A partir desses estudos, os pesquisadores esperam poder relacionar a descrição dos processos de aprendizagem em química com as teorias gerais de aprendizagem.

Os pesquisadores do *ensino* se preocupam em conhecer como os professores criam as condições de aprendizagem. Esse tipo de investigação envolve a avaliação de diferentes ferramentas pedagógicas, tais como livros didáticos, roteiros de atividades, unidades de ensino, experimentos, currículos, entre outros recursos.

E, a pesquisa sobre o *contexto educacional* focaliza os diversos fatores que influenciam o ensino e a aprendizagem de química, tais como: o gênero, as relações culturais e sociais de professores e estudantes e a interação entre professores e alunos em sala de aula de química, entre outros.

^d Dados coletados em um contexto mais amplo de pesquisa, que está sendo desenvolvido na Faculdade de Educação da UFMG, como um projeto de doutorado, da linha de Educação e Ciências, da primeira autora.

A investigação que pretendemos é multifacetada, pois devemos considerar a aprendizagem, o ensino e o contexto. Estamos particularmente interessados na pesquisa sobre *aprendizagem*, na medida em que pretendemos eliciar pensamentos introspectivos dos sujeitos enquanto realizam atividades experimentais, partindo do pressuposto de que eles aprendem alguns conceitos de química durante essas atividades. Mas, indiretamente, também nos interessam as condições em que foram preparadas as situações de aprendizagem: o tipo de atividade, o roteiro da atividade, as condições do laboratório de ensino e as relações entre professores e alunos e entre alunos no contexto dessas atividades.

Na apresentação deste estudo piloto, apenas os aspectos relacionados aos relatos verbais dos estudantes durante a realização de uma atividade experimental foram evidenciados. As suas declarações durante o processo foram gravadas em áudio e posteriormente transcritas e analisadas, com o objetivo de construir e validar alguns critérios de análise para relatos de pensamento enquanto dados.

II. AS TEORIAS COGNITIVAS DA APRENDIZAGEM E A ANÁLISE DE PROTOCOLO SOBRE RELATOS VERBAIS DE PENSAMENTO.

No final do séc. XIX, a Psicologia emergiu como parte da Ciência e o seu maior interesse estava no conhecimento sobre a consciência humana. Os psicólogos durante muito tempo buscaram examinar os elementos das experiências subjetivas de pensamentos por análise introspectiva. Mas o método introspectivo tornou-se desacreditado porque as descrições introspectivas foram rejeitadas como evidências científicas.

A partir dos anos 1950, com as inovações tecnológicas como o computador e o processamento de informação, apareceram as teorias cognitivas sobre os fenômenos psicológicos. E, a revolução cognitivista dos anos 1960 renova o interesse pelos processos cognitivos de alto nível, e então cresce o interesse pelo conhecimento sobre como o pensamento permite aos indivíduos gerar soluções para tarefas novas. As teorias cognitivas podem contribuir para a descrição de como os indivíduos podem aplicar um conhecimento adquirido anteriormente a novos problemas, ou para executar novos procedimentos.

A partir dessa idéia, Newell e Simon (1972) propõem modelos computacionais que poderiam reproduzir os aspectos observáveis de desempenho humano em tarefas bem definidas pela aplicação de procedimentos explícitos, tal como a multiplicação mental de qualquer combinação de dois números de dois dígitos que podem gerar diferentes soluções para encontrar o mesmo resultado. A partir das descrições dos diferentes caminhos de pensamento para executar multiplicações desse tipo, torna-se possível conhecer diferentes processos mentais, ou diferentes pensamentos que conduzem a diferentes soluções de um problema.

A análise de relatos verbais de pensamento como dados foi desenvolvida por Ericsson e Simon na década de 1980. Herbert Alexander Simon foi um influente cientista de múltiplos interesses e ganhador de um prêmio Nobel em economia. Como Psicólogo e cientista cognitivo, ele tinha interesse em conhecer a estrutura dos processos cognitivos, da memória e da atenção, na aquisição de conhecimento e de desempenho de especialistas, para o desenvolvimento de inteligência artificial. E, Anders Ericsson, trabalhando com análise de relatos verbais sobre a montagem de quebra cabeças, desenvolveu com Simon a análise de protocolo de relatos verbais de pensamento.

Análise de Protocolo é um processo de coleta de dados baseado no “pensar em voz alta” que tem a pretensão de eliciar os pensamentos internos ou processos cognitivos que iluminam o pensamento do sujeito durante o desempenho de uma tarefa, como por exemplo, numa atividade artística, enquanto joga xadrez ou, durante a resolução de um problema, o sujeito pensa e é possível descrever esse pensamento.

Segundo Ericsson (2002), a análise de protocolo é uma metodologia rigorosa de coleta de dados, baseada na técnica de “pensar em voz alta”, como um modo de extrair ou eliciar relatos verbais de seqüências de pensamento durante uma ação deliberada. E, o objetivo da análise de protocolo é conduzir uma entrevista o mais próximo possível da ação executada pelo sujeito, para que ele possa relatar o seu pensamento.

A partir dessa idéia de que é possível descrever o pensamento, Ericsson e Simon (1993) afirmam que em relatos verbais, enquanto os sujeitos verbalizam pensamentos gerados durante a execução de uma tarefa, ou pensando em voz alta sobre uma questão, algumas das suas verbalizações parecem corresponder a uma “fala interna”, que normalmente não apareceria na explicação sobre a resolução de um problema. Segundo esses autores, o relato verbal está além dos processos de introspecção porque a partir deles é possível inferir sobre os processos que controlam a criação de novos pensamentos.

Ericsson e Simon afirmam ainda que “pensar em voz alta” não altera o desempenho do sujeito porque isso não requer processos cognitivos adicionais além daqueles mobilizados na resolução do problema. Pensar em voz alta não é o mesmo que descrever, o sujeito não tem que refletir sobre o que está fazendo, mas sim verbalizar o que está pensando. No entanto, o processo pode demorar um pouco mais para ocorrer, e por isto é recomendável que o sujeito faça uma espécie de “treinamento”, executando tarefas e pensando em voz alta ao mesmo tempo.

Essa idéia de “treinar” para “pensar em voz alta” apresentada por Ericsson e Simon (1993), não se refere a um processo de repetição de determinado procedimento até que o desempenho do sujeito fique ótimo, conforme é a idéia imediata a que o termo treinamento nos conduz. Nesse sentido, falar em treinar o aluno para pensar em voz alta parece ter como pressuposto que sabemos à priori o que ele deve pensar e então podemos treiná-lo até que o seu pensamento fique ótimo. Esta interpretação não parece adequada, uma vez que o que se pretende com o uso de tal técnica é conhecer diferentes modos de pensar sobre o mesmo problema a partir dos relatos de pensamentos.

No método de análise de protocolo verbal, treinar para pensar em voz alta pode ser compreendido como uma espécie de combinado que é feito com os sujeitos dos quais pretendemos relatar os pensamentos. Combinamos com eles que devem executar algumas tarefas simples e ao mesmo tempo relatar o seu pensamento, sem descrever a ação. E antes de iniciar a efetiva coleta de dados, ensaiamos dois ou três procedimentos simples. O objetivo desse exercício é aproximar o tempo de fala do tempo do pensamento a fim de não alterar muito o tempo da ação. É um tipo de treinamento semelhante aos que antecedem um teste psicotécnico.

Segundo Ericsson e Simon (1993), alguns indicadores de processos cognitivos podem ser comparados uns com os outros com o objetivo de validação de tais processos. Tais indicadores são: reação cronometrada (RTs), taxa de erro, padrões de ativação de cérebro, e seqüências de fixações de olho. Segundo esses autores, as RTs mais longas estão associadas com relatos verbais de um número maior de pensamentos intermediários para geração de respostas. Para Ericsson e Simon, o tempo entre a execução de uma tarefa e a verbalização da seqüência de pensamentos produzidos no ato de sua execução deve ser curto, se possível simultâneo.

A análise de protocolo encontra várias aplicações como metodologia de pesquisa, tais como: pesquisa em ciência cognitiva (Simon e Kaplan 1989); estudo do pensamento (Crutcher

1994); análise de comportamento (Austin e Delaney, 1998); metodologia de pesquisas e entrevistas (Sudman Bradburn e Schwarz, 1996); testes de uso de software em computadores e websites (Henderson Smith Podd e Varela-Alvarez, 1995). Além disto, várias adaptações interessantes da metodologia de relato verbal de pensamento emergiram no estudo de compreensão de texto (Pressley e Afflerbach 1995) e também aplicações na pesquisa em educação (Renkl 1997).

Essa estratégia de “pensar em voz alta” também é muito usada para identificar o que constitui conhecimento de um perito. Calder e Carlson (2002) estudaram o uso dessa estratégia para estabelecer comparação entre especialistas e leigos, no campo da compreensão de Matemática, Química, e História. Para esses autores, o pensamento em voz alta representa um método promissor para o desenvolvimento de novos métodos de avaliação da aprendizagem.

A análise de protocolo está sendo usada para analisar diferentes situações de desempenho de diferentes sujeitos enquanto executam diversos tipos de atividades e de avaliação de recursos. E, por isto, acreditamos no potencial dessa metodologia para a análise de situações de aprendizagem em ambientes de atividades experimentais. Nessa metodologia de coleta de dados, o papel do pesquisador deve ser o de observar e anotar tudo o que perceber durante a execução da atividade. E, o papel do participante deve ser o de “pensar em voz alta” enquanto executa as tarefas que lhe são pedidas.

III. METODOLOGIA DE PESQUISA

Na pesquisa em educação química há vários métodos diferentes para coletar e analisar dados. Os métodos mais familiares para obtenção de dados de estudantes ou professores são questionários e entrevistas estruturadas e semi-estruturadas. Além desses, também são usadas análises de transcrições de gravações de áudio e de vídeos de sala de aula. Há ainda o método denominado “análise de protocolo de pensamento em voz alta” Ericsson e Simon, (1993). De acordo com este método, os estudantes são convidados a relatar o que eles pensam enquanto executam determinada atividade. No trabalho que apresentamos, foi usado este método com o objetivo de coletar dados de primeira pessoa ou introspectivos.

Os protocolos usados neste trabalho foram documentos gravados em áudio das falas dos estudantes durante a execução de uma atividade experimental e das discussões entre esses estudantes durante a tentativa de responder as questões propostas. As declarações gravadas foram transcritas e analisadas de acordo com alguns pressupostos encontrados na literatura sobre o uso da análise de protocolo. Também foram feitas entrevistas posteriores, as quais foram estruturadas com base nas declarações transcritas das gravações feitas durante a execução da atividade.

A análise de protocolo pode ser combinada com outras técnicas de coleta de dados e neste estudo em particular, foram feitas entrevistas imediatamente depois do final da atividade e, portanto, ao término das gravações do que estamos chamando de relatos verbais de pensamento. Tais entrevistas foram feitas com o objetivo de sanar algumas dúvidas com relação a alguma verbalização interessante ou não compreensível de um participante, para checar com ele, imediatamente após o término da tarefa, se o seu relato de fato traduziu o seu pensamento.

Os relatos de pensamento gravados em áudio são considerados dados de primeira pessoa ou de introspecção. Os dados obtidos por meio de entrevista posterior ao término da atividade são dados obtidos por retrospecção. Existe uma literatura significativa sobre as vantagens e desvantagens de tais métodos e também sobre os modos mais efetivos em que podem ser usados.

Na metodologia de Análise de Protocolo e Relatos Verbais, as informações verbalizadas refletem processos cognitivos regulares, ou seja, nesse processo cada relato é um dado de

primeira ordem. Os produtos intermediários da solução de problemas são evidências fortes de que a verbalização simultânea reflete os processos de mediação e geração da resposta, correta ou não, o que sugere a aprendizagem dos conceitos relacionados a tais respostas.

Os sujeitos, que possibilitaram este trabalho, foram contatados anteriormente ao estudo piloto, assim como a sua instituição de ensino e seus responsáveis legais, tendo sido informados da intenção da realização dessa investigação. Também lhes foram apresentados os termos de livre consentimento, os quais foram assinados por todos os seguimentos interessados. E, antes do início do processo foi apresentado aos estudantes um conjunto de informações e instruções escritas sobre o que lhes seria pedido durante a realização da atividade, lembrando também o termo de livre consentimento assinado por eles e seus responsáveis anteriormente.

Após a realização das atividades foram feitas perguntas retrospectivas, na tentativa de esclarecer qualquer dúvida sobre o pensamento dos estudantes no momento da atividade. A entrevista foi semi-estruturada e o protocolo de entrevista foi organizado por adaptação de um protocolo de entrevista cognitiva encontrado em Conrad, F., Blair, J., & Tracy, E. (1999). De acordo com esses autores, seis aspectos devem ser levados em conta para realização da entrevista após a coleta do pensamento em voz alta, que são: a ausência de resposta ou de ação; o silêncio; a incerteza; a dependência de respostas a certas condições; a resposta errada e os pedidos de informação. Os aspectos descritos, que foram usados para organização do protocolo de entrevista, também serviram para auxiliar a análise das transcrições feitas posteriormente. O quadro a seguir mostra a organização do protocolo de entrevista com base nos aspectos citados.

Criando condições para uma entrevista cognitiva após as atividades práticas de Química Adaptação a partir de Conrad, F.; Blair, J. and Tracy, E.(1999)		
Eventos	Descrição dos possíveis eventos que ocorrem durante a atividade	Estruturando a entrevista
1. A ausência de resposta ou de ação	O entrevistado não consegue responder a alguma questão que lhe foi solicitada ou não consegue realizar um procedimento. A tarefa ou a pergunta provavelmente está muito difícil.	O que você pensou diante deste procedimento ou desta pergunta? Você tentou fazer ou responder? O que estava passando por sua cabeça enquanto tentava fazer a atividade ou responder a questão proposta?
2. Silêncio	Resposta ou ação depois de um período de silêncio.	Você demorou um tempo para fazer tal tarefa ou responder aquela pergunta. Em que você estava pensando enquanto isso?
3. Insegurança ou incerteza	Declarações explícitas de incerteza ou indicadores de insegurança implícitos tais como: uso de um, ah, etc	Parece que você achou essa tarefa ou questão um pouco difícil. Você pode me dizer por quê?
3. Ação ou Resposta com incertezas	Mudança na resposta ou descrição. Enfatizar ou repetir uma palavra ou frase	Por que você mudou a sua resposta ou a sua descrição da observação? Por que você enfatizou ou repetiu tal termo durante o seu relato?
4. Resposta dependente de certas condições	Respostas imprecisas	Você parece um pouco inseguro, você achou a pergunta ou a tarefa difícil de entender?
5. Resposta errada	O relatório verbal indica concepções alternativas Ou, se o não entendimento de um termo em particular. Verificar se algum termo é difícil para o aluno e que possa impedir a solução do problema ou execução da atividade.	O que você entendeu por este termo....? O que isto significa pra você? O que não fez sentido pra você?
6. Pedido de informação em lugar de ação ou resposta.	O aluno pergunta ou pede informação depois de ler o roteiro da atividade ou ao ler uma questão.	O que isto significa para você? Você pensa que isto pode ter significados diferentes? Se a resposta for sim: Faça uma lista dos possíveis significados.

Após a atividade, quatro dos participantes do processo foram entrevistados, tendo sido considerados apenas alguns dos aspectos do protocolo mostrado no quadro anterior. Foram feitas duas ou três perguntas para cada um dos entrevistados, de acordo com os aspectos relacionados no protocolo e observados em suas verbalizações ou silêncios. Os aspectos observados foram: silêncio, insegurança ou incerteza, resposta dependente de certas condições, resposta errada e pedido de informação em lugar da resposta.

IV. DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

A atividade experimental foi preparada a partir de uma questão aberta da prova de Vestibular da UFMG de 2006. Foi usada uma Placa de Petri para executar uma reação entre o nitrato de chumbo (II) e Iodeto de Potássio. Inicialmente, a placa de Petri foi coberta com água em quantidade suficiente apenas para cobrir o fundo do recipiente, formando uma película muito fina de líquido. Em seguida, em lados diametralmente opostos da placa e ao mesmo tempo, colocou-se uma pontinha de espátula de cada um dos dois reagentes. Foi pedido aos alunos que observassem o fenômeno, anotassem as observações, falassem o que estavam observando e o que pensavam durante o experimento e, respondessem as seguintes questões: (1) a energia cinética média dos íons chumbo (II) é menor, igual ou maior do que a dos íons iodeto? Considere que a temperatura do sistema – água e sais – é constante. **Justifique** a sua resposta em termos da teoria cinético-molecular. (2) Em termos da teoria cinético-molecular, **explique** por que a linha do precipitado se forma mais próximo ao lugar onde, no início do experimento, foi colocado o nitrato de chumbo (II).

Nove estudantes do E. Médio realizaram esta atividade, distribuídos em dois grupos, sendo um de cinco participantes e outro de quatro. De cada grupo foi escolhido um aluno para fazer a leitura do roteiro em voz alta e iniciar os procedimentos, fazendo comentários sobre o que estivesse pensando durante o processo. Foi pedido ainda que, inicialmente, a fala ficasse preferencialmente com o leitor, mas que durante o processo todos poderiam falar, desde que fosse um de cada vez, para que a gravação não ficasse confusa. Todo o processo foi gravado em áudio e transcrito posteriormente para análise. Os estudantes desenvolveram o experimento proposto a partir de um roteiro.

Os nove estudantes que participaram deste estudo piloto tinham idades entre 14 e 17 anos e eram de ambos os sexos, sendo 4 meninas e 5 meninos. Os leitores dos dois grupos tinham 15 anos. Vamos chamar os grupos de G1 e G2, os alunos leitores de cada grupo de L1 e L2 respectivamente, e os outros participantes de cada grupo serão identificados por A1, B1 e C1 e A2, B2, C2 e D2. No grupo G1: L1 é um menino, enquanto A1, B1 e C1 são meninas. No grupo G2: L2, A1, B2 e C2 são meninos e D2 é uma menina.

L1 leu o roteiro, mas fez poucos comentários, mostrou-se muito preocupado em explicar corretamente o que estava acontecendo e não conseguiu falar, inicialmente, o que estava pensando. L2, ao contrário de L1, falou durante todo o experimento, praticamente sem interrupção, descrevendo o processo, fazendo perguntas aos colegas e também respondendo quando esses faziam perguntas.

Ao término da gravação foi feita uma rápida entrevista com quatro dos participantes do trabalho para o esclarecimento de alguns dos aspectos do processo, que foram principalmente os silêncios, algumas declarações confusas e o uso de termos incompreensíveis no processo, ou ainda a indicação de dúvidas ou incertezas das afirmações que faziam. Essa entrevista teve o objetivo de auxiliar a análise das verbalizações durante o experimento, as quais serão descritas a seguir como indicadores para inferências sobre os possíveis pensamentos dos sujeitos.

V. DESCRIÇÃO DE ALGUNS PENSAMENTOS DOS ESTUDANTES DURANTE A REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.

O que estamos chamando de *descrição de pensamentos* são as descrições das declarações de primeira pessoa dos estudantes, que foram geradas a partir da leitura do roteiro, da execução do experimento e da tentativa de responder às questões propostas e outras perguntas que surgiram no decorrer da discussão dos grupos sobre as observações feitas durante o experimento. Tais declarações foram feitas de um modo aparentemente espontâneo, no decorrer da atividade.

Para organizar o trabalho de análise, as declarações foram separadas segundo três aspectos observados: os relacionadas à observação do experimento, à compreensão sobre transformação química e formação de precipitado e algumas referentes a tentativa de responder às questões propostas. A seguir, apresentamos algumas das declarações nas quais identificamos algum indicativo de pensamento sobre esses três aspectos, segundo nossa análise. Tais declarações foram checadas com os sujeitos na entrevista, logo após a atividade. Escolhemos alguns episódios que consideramos representativos desses aspectos para relatar.

1. Observação do experimento

Os alunos descreveram o experimento de modo muito semelhante. Nos dois grupos, eles relataram ter visto um dos sais dissolver mais rapidamente do que o outro e, que o precipitado amarelo se formou mais próximo ao que dissolveu mais lentamente. Parece que a descrição que eles fizeram do experimento foi fortemente influenciada pelo roteiro.

L1: __ (...) *E o iodeto de potássio se dissolveu na água, ele começou a misturar com o nitrato de chumbo fazendo uma reação química. Eu to achando que os dois se misturaram e deu uma reação química, porque ficou amarelo. (...) o iodeto expandiu muito rápido e conseguiu dominar boa parte da placa de Petri e o nitrato de chumbo ficou com uma pequena parte.*

Somente ao final da descrição do experimento, L1 diz o que está pensando. Podemos inferir que L1 ensaia mentalmente o que dizer durante o tempo que permanece em silêncio.

L2: __ (...) *Quando eu olho contra a luz dá pra perceber um arco, mas de acordo com o roteiro era pra ser amarelo, mas eu não estou vendo nada amarelo (...)*

L2 confirma na entrevista que recorre ao roteiro para fazer as suas observações e fica ansioso durante o tempo em que esperou para acontecer o fenômeno descrito.

(...) *O nitrato já dissolveu todo, mas o iodeto ainda está quase inteiro, só tá mais espalhado do que estava antes.*

L2 observou que o iodeto de potássio havia dissolvido completamente e o nitrato de chumbo ainda continuava sólido, sem dissolver. Mas ao descrever, ele trocou os nomes dos sais, que leu no roteiro. Ele continua (...) *__Ah, agora está começando a aparecer uma linha amarela, ah, agora sim, está aparecendo uma linha amarela. O precipitado amarelo está aparecendo. Ah, agora sim, deve ser esse tempo que demora para o iodeto chegar até ao nitrato de chumbo. Agora o que é esse precipitado eu não sei(...)*

L2 recorre ao roteiro para usar o termo “precipitado” e não consegue identificar o precipitado pelo nome, porque não constava do roteiro.

As declarações feitas por alguns dos participantes dos dois grupos mostraram que as evidências das transformações observadas por eles foram as mesmas e que eles puderam ver o processo acontecer com muita clareza, conforme a descrição do roteiro. Eles não tiveram dúvidas sobre os procedimentos durante a execução da tarefa, o que indica que os procedimentos foram relativamente simples, apesar de envolver um número bastante considerável de informações relacionadas com a linguagem e a conceitos importantes da química.

2. Compreensão sobre transformação química e formação de precipitado

Algumas tentativas em pensar sobre o processo de transformação química e de formação de precipitado foram produzidas pelos alunos durante o experimento. Um dos relatos de pensamento que indica uma tentativa de entender o processo teve início com D2 e envolveu três participantes do grupo. O diálogo que se segue evidencia uma tentativa de transferência de conhecimento de um contexto para outro:

D2: __ (...) *Qual que reduziu?*

Durante o processo, L2 reconheceu o contexto a que D2 se referia e responde:

L2: __ *O chumbo reduziu, que eu saiba(...) foi o que ficou aquelas pelotinhas aqui, o outro sumiu todo.*

L2 apontou para o precipitado misturado com um excesso de nitrato de chumbo não dissolvido.

C2: __ (...) *então não! Quer dizer então que o que reduziu foi o outro, porque sumiu...* C2 parece ter interpretado o termo reduzir como diminuir ou sumir.

L2: __ (...) *não! O que reduz é o que aumenta e o que oxida é o que some. Então o nitrato de chumbo reduziu (...)*

Nesse caso, a interferência do contexto no processo de pensamento se mostrou bastante evidente. Antes de executarem o experimento que deu origem ao processo investigado, os alunos tiveram uma aula de revisão sobre reações de óxi-redução e introdução à eletroquímica. O que D2 fez, foi uma tentativa de transferência de conhecimento sobre óxi-redução para entender o processo de formação de precipitado a partir da mistura de duas substâncias solúveis em água. E, os colegas seguiram o seu pensamento.

Durante o estudo sobre óxi-redução, um dos experimentos realizado no laboratório consistiu em mergulhar uma esponja de aço em uma solução azul de sulfato de cobre. Pôde-se observar neste experimento que a solução foi perdendo a cor azul enquanto o cobre era depositado na esponja de aço. A fala de D2 se referindo ao processo de precipitação como se fosse uma reação de óxi-redução pode ser um indício da idéia de que o depósito do sólido amarelo era similar ao depósito de cobre na esponja de aço e, portanto, uma redução. D2 confirma esse “pensamento” na entrevista:

Pergunta: __ *Você pergunta qual dos dois oxidou, o que leva você a pensar que a reação é de óxi-redução?*

Resposta: __ *Ah, a gente estudou isto, a gente tinha acabado de ver... Eu lembro do bombril mudando de cor e da solução azul perdendo a cor. Aí eu pensei que era a mesma coisa, acho que foi um vacilo...*

L2, seguindo a mesma linha de pensamento explica que reduzir é “aumentar” e oxidar é “diminuir”, mas parece que não está bem seguro do que aumenta ou diminui. Ele não faz referência ao movimento de elétrons. A interpretação que ele parece fazer é a de que se o sal dissolve completamente então ele diminuiu, portanto, oxidou. E, o que aparece na forma de precipitado amarelo, aumentou, então, foi o que reduziu.

Depois de algum tempo de discussão foi feita uma intervenção da professora, indicando aos alunos que não se tratava de uma reação de óxi-redução. Então D2 retoma, fazendo uma nova tentativa de pensar sobre a transformação:

D2 __ *Fui eu quem imaginou que fosse óxi-redução né...*

L2 interrompe: __ *Então esqueçam tudo que a gente falou porque a nossa teoria está errada.*

D2: __ (...) *olha só, a gente colocou o nitrato de chumbo pra reagir com o iodeto de potássio. O potássio reagiu com o nitrato de chumbo (...)*

L2: *__(...) um reagiu com o outro, no que resultou então em nitrato de potássio e iodeto de chumbo. Esse troço amarelo é o quê? É o nitrato de potássio ou o iodeto de chumbo?*

C2: *__Pode ser também uma mistura dos dois, porque quando acabou um, o outro começou a emergir, pode ser também uma mistura dos dois. (...)*

D2 ignorou as falas anteriores e retoma o raciocínio que já havia iniciado: *(...) – Mas volta aqui, vamos pensar (...)*

L2 interrompe: *__(...) o nitrato virou iodeto e o iodeto virou nitrato (...)*

D2: *__(...) Olha só, eu sei que o iodo tem uma cor amarelada não é isso? Diante da expressão de incerteza dos outros D2 continua: (...) vocês nunca trataram um machucado com iodo? Ele tem uma cor amarelada, eu acho que quando ele é liberado é que forma esse precipitado.*

L2: *__Então você está dizendo que o precipitado amarelo é o iodeto de chumbo, é isso?*

D2: *__(...) é!*

Embora os alunos não tenham feito referência a muitos dos conceitos relacionados ao estudo de transformações químicas e formação de precipitado, tais como a existência de íons, a dissociação iônica, a atração entre os íons e a solubilidade dos íons em solução, eles demonstraram que tiveram uma compreensão razoável do processo e expressaram algumas idéias que os aproximaram dos conceitos que explicam a transformação química e a formação de precipitado. A tentativa de L2 em relatar que houve uma troca de posições do íon iodeto com o íon nitrato, formando o iodeto de chumbo, que foi checada posteriormente na entrevista, pareceu bastante clara.

D2 e L2 demonstraram de um modo recorrente que usam freqüentemente de tentativas para entender situações novas aplicando conhecimento de outros contextos, por julgá-los semelhantes. Isto acontece quando reconhecem a reação de precipitação de iodeto de chumbo como uma reação de óxi-redução, por semelhança com outra reação em que também ocorre mudança de cor e depósito de um sólido.

Outro caso de aplicação de conhecimento de um contexto em outro é quando D2 atribue a cor amarelada do iodo ao iodeto de chumbo, que seria o precipitado amarelo, ignorando o fato de que o iodeto de potássio é branco. E, L2 e C2 atribuem de modos diferentes o termo reduzir e oxidar usado para as reações de oxi-redução, que significa aumentar e diminuir elétrons em uma espécie química, ao aparecimento do precipitado e a dissolução completa do sal que “some” na água.

O tipo de verbalização de pensamento que indica porque o sujeito chega a uma resposta, correta ou não, como por exemplo, quando D2 diz que o precipitado amarelo era o iodeto de chumbo porque o iodo é amarelado, pode ser interpretada como uma “fala interna”, que normalmente não apareceria na resposta. Segundo Ericsson e Simon (1993), a partir desse tipo de declaração, é possível inferir sobre os processos que controlam a criação de novos pensamentos.

3. Tentativas de resposta à questão sobre a energia cinética dos íons chumbo ser maior, menor ou igual a do íon iodeto.

Com exceção de D2, todos os outros participantes da atividade consideraram que a energia cinética dos íons iodeto é maior do que a dos íons chumbo, porque observaram a maior solubilidade do iodeto de potássio e também que os íons iodeto se espalharam pela placa de Petri mais rapidamente. Eles relacionaram a maior velocidade de dissolução do iodeto de potássio com a maior energia cinética dos íons iodeto.

L1: *__ Eu acho que a energia cinética dos íons do chumbo é menor do que a dos íons iodeto porque esses dissolveram na água rapidamente e conseguiram chegar a parte que está dominada pelo nitrato de chumbo e aí se juntou e formou a cor amarela.*

(...) o iodeto, ele expandiu muito rápido e conseguiu tomar uma boa parte da placa de Petri e o nitrato de chumbo ficou com uma pequena parte.

A2: *__ Eu acho que a energia cinética do iodeto de potássio é maior do que a do chumbo (...) pelo fato dele ter diluído mais, de ter preenchido mais a placa de Petri (...) o movimento do iodeto é maior do que o do chumbo.*

D2: *__ Eu acho que é igual, porque é igual, não sei explicar por que. (...) mas eles estão submetidos as mesmas condições não estão? Então é igual, a energia cinética do iodeto e do chumbo é a mesma. Ou não é?(...)*

Mesmo tendo observado que, de acordo com o roteiro, todas as espécies presentes no sistema estudado encontravam-se submetidas às mesmas condições, D2 não manteve o tempo todo a mesma opinião sobre a energia cinética dos íons ser a mesma. Tanto durante o relato como na entrevista, ela discordava dos colegas e outras vezes, concordava com eles, demonstrando não ter segurança sobre o domínio desse conceito. Por meio desses relatos foi possível inferir que os alunos relacionaram energia cinética com velocidade, mas não relacionaram com a massa e por isto não chegaram a uma resposta correta.

VI. Considerações Finais

O presente trabalho se restringiu a discussão sobre a coleta e tratamento de relatos verbais como dados. Durante a transcrição do áudio e da análise, uma questão que se mostrou relevante foi o fato de que os relatos verbais feitos pelos estudantes durante a atividade experimental foram fortemente influenciados pelo contexto, pelo roteiro da atividade e pelas relações pessoais, especialmente porque a tarefa foi realizada por grupos. Assim, para identificar corretamente o pensamento dos sujeitos por meio de seus relatos, é necessário conhecer antes o contexto em que as atividades se desenvolvem e os instrumentos didáticos utilizados.

A bibliografia consultada indica que existe um grande potencial da metodologia de “pensar em vós alta” para a coleta de dados cognitivos e mostra como ela está sendo empregada na investigação de diferentes situações de desempenho durante a execução de diversas tarefas, inclusive de atividades experimentais.

O estudo piloto nos forneceu indícios de que o pensamento em voz alta não altera significativamente o desempenho dos estudantes durante a realização da tarefa. Nos dois grupos investigados, alguns alunos falaram e outros permaneceram calados, mas foi possível perceber que tanto os alunos que verbalizaram o seu pensamento durante o processo, como aqueles que se mantiveram em silêncio, perceberam o experimento de modo muito semelhante. Falar em vós alta parece não ter contribuído para uma melhor compreensão do experimento nem para a construção de respostas corretas para as questões propostas.

Embora não tenha sido evidenciada a plena compreensão das questões propostas para discussão do experimento pelos estudantes que participaram deste estudo, foi possível perceber algumas tentativas de entendimento do processo, pelos movimentos do pensamento relatado. Uma investigação mais detalhada de tal processo poderá nos levar a identificação de alguns padrões de pensamento usados na construção da compreensão de procedimentos e conceitos, o que possibilitaria um maior controle das possíveis aprendizagens dos alunos. O conhecimento sobre esses possíveis padrões de pensamento poderia contribuir para o desenvolvimento de novas estratégias de ensino.

Alguns possíveis padrões de pensamento que puderam ser identificados nesta investigação foram: a aplicação de conhecimento de um contexto em outro, que pode ser identificada como um padrão de pensamento especulativo, usado para construir conhecimento novo. Além disto, foram observadas algumas verbalizações de pensamento que indicam o caminho da respostas, sejam elas certas ou erradas, o que possibilita inferir sobre os processos que controlam a criação de novos pensamentos. Deste modo, esta exploração nos permitiu verificar que o uso de relatórios verbais como dados representa uma possibilidade de diálogo entre métodos de pesquisa em educação e a psicologia cognitiva.

Conhecer o caminho do pensamento dos alunos que leva a resposta é muito mais do que identificar se a resposta está certa ou errada, pois a partir dos relatos verbais de pensamento é possível inferir sobre o quanto o sujeito está mais próximo ou mais distante do domínio dos conceitos científicos que o levaria a uma resposta correta e também quais são as dificuldades de pensamento que ele está enfrentando na solução de um problema. De posse desse conhecimento, certamente o professor poderá fazer intervenções mais produtivas durante a realização de experimentos.

VII. Referencias Bibliográficas

1. CONRAD, F., BLAIR, J., & TRACY, E. (1999). *Verbal reports are data! A theoretical approach to cognitive interviews*. Proceedings of Federal Committee on Statistical Methodology. Washington, DC: Office of Management and Budget. Disponível em: <http://mywebpages.comcast.net/ttriple13/fcsm.pdf> Acesso em: 06/07/2007
2. CRAIG W. Bowen, "Think-Aloud Methods in Chemistry Education: Understanding Student Thinking," *Journal of Chemical Education* 71 (March 1994): 184-190.
3. DE JONG, O., SCHMIDT, H-J, BURGER, N., & EYBE, H. (1999). *Empirical research into chemical education*, *University Chemistry Education*, 3, 28-30.v Disponível em: http://www.euchems.org/binaries/fecs2c_tcm23-28303.pdf Acesso em: 13/07/2007
4. ERICSSON K. A., SIMON H. A. 1993, *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data* MIT Press, Cambridge, MA.
5. ERICSSON, K.A. *Protocol analysis*. In W. Bechtel & G. Graham (eds.). *A companion to cognitive science*. Oxford: Blackwell. 1998. p.425-432.
6. ERICSSON, K.A. & CRUTCHER, R.-J. *Introspection and verbal reports on cognitive processes – two approaches to the study of thought processes: a response to Howe*. *New Ideas in Psychology* 9/1. 1991. p.57-71.
7. ERICSSON, K.A. & SIMON, H.A. *Protocol analysis. Verbal reports as data*. Revised Edition. Cambridge: MIT Press. 1993.
8. ERICSSON K. A, *Protocol Analysis and Verbal Reports on Thinking*, 2002. Disponível em: <http://www.psy.fsu.edu/faculty/ericsson/ericsson.proto.thnk.html> Acesso em: 13/07/2007
9. GOKIERT, Rebecca J., LEIGHTON, Jacqueline P. *A Three-Stage Approach for Identifying Gender Differences on Large-Scale Science Assessments*. Centre for Research in Applied Measurement and Evaluation (CRAME) University of Alberta, Canada, 2006. Disponível em: <http://www.education.ualberta.ca/educ/psych/crame> Acesso em: 13/07/2007
10. LENDOL, C., CARLSON, Sarah-Eva 2002. *Using "Think Alouds" to Evaluate Deep Understanding*. Disponível em: <http://www.uc.edu/cetl/documents/thinkalouds.pdf> Acesso em: 12/07/2007
11. RENKL, A . (1977). *Learning by explaining – or better by listening?* Paper apresentado na Reunião Anual da American Educational Research Assotiation. Chicago. (ERIC Database ED 409343).