

ANÁLISE DE UM CASO EXEMPLAR DA MICROGÊNESE DA IDENTIFICAÇÃO E DA CLASSIFICAÇÃO DE MINERAIS.

AN ANALYSIS OF A MICROGENIC CASE STUDY OF THE IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION OF MINERALS

**Juliano de Oliveira Guterres¹
Marcelo Leandro Eichler², José Claudio Del Pino³**

¹UFRGS/Área de Educação Química/julianoguterres@yahoo.com.br

²UFRGS e UFRGS/Área de Educação Química/exlerbr@yahoo.com.br

³UFRGS/Área de Educação Química/aeq@iq.ifrgs.br

RESUMO:

Esta investigação visa à descrição e à análise da elaboração conceitual em uma atividade de solução de um problema envolvendo a identificação e a classificação de minerais presentes em uma coleção de nove amostras não identificadas. O sujeito participante dessa investigação, considerado exemplar, é aluno do último ano do ensino fundamental. O sujeito utilizou cinco sessões de uma hora e meia para realizar a tarefa. Ao final de cada sessão, o entrevistador questionava o sujeito sobre suas soluções parciais e sobre os procedimentos utilizados na solução da tarefa. As ações e declarações foram reunidas em protocolo de pesquisa. A análise é microgenética, ou seja, estuda-se pequenos intervalos de tempo e o foco da investigação está nas ações e nas estratégias utilizadas para a conclusão da tarefa. Entende-se que este tipo de análise pode fornecer um conjunto de informações que subsidiaria a construção de propostas didáticas voltadas ao ensino de ciências.

Palavras-chave: microgênese, solução de problemas, mineralogia.

ABSTRACT:

This research analyzes the conceptual elaboration in a problem solving task on the identification and classification of minerals present in a set of nine non-identified samples. The individual who participated in this research, regarded as a model, is a student attending the last year in the Elementary School. The individual attended five sessions of one hour to complete the task. At the end of each session, the researcher asked the individual questions about his/her partial solutions and the proceedings he/she used to solve the task. The Individual's actions and assertions were collected in a research protocol. The case study was analyzed microgenetically, that is, short time scales were studied, and the investigation focused on the actions and strategies employed by the individual to complete the task. This kind of analysis provides a set of information which could serve as a basis for didactical proposals concerning the teaching of sciences.

Keywords: microgenesis, problem solving, mineralogy.

INTRODUÇÃO

A relação entre a psicologia e a didática das ciências pode ser contada através de diversos momentos de tensão e distensão. Em um recente artigo, por exemplo, Chakur (2005) sugeriu que embora ainda não exista um método de ensino e uma teoria pedagógica construtivista – há várias, diversas e diferentes, por certo – Piaget e Inhelder deixaram um quadro teórico consistente, a psicologia genética, a partir do qual o pesquisador e o professor podem estudar e compreender questões educacionais e repensar a prática pedagógica.

Conforme Saada-Robert e Brun (1996), a psicologia genética nos ensina que o sujeito inventa conhecimentos, em contato com situações variadas, por seus próprios mecanismos de desenvolvimento (equilibração, abstração simples e reflexiva e tomada de consciência). Dessa forma, o sujeito se constrói progressivamente e se estrutura cognitivamente. Na situação e na atualização, tomando os sentidos amplos das palavras, o sujeito utiliza seus conhecimentos e constrói outros novos.

Porém, segundo Parrat-Dayan (2003), quando se trata de aplicar a psicologia genética à educação, percebe-se que faltam estudos sobre o sujeito psicológico e que faltam estudos sobre a construção de conhecimentos escolares específicos. Assim: “a maneira como os alunos constroem progressivamente tais conteúdos nos é quase desconhecida”. Além disso: “é necessário, também, conhecer os procedimentos pelos quais o aluno vai se aproximando desses conteúdos para intervir de maneira eficaz na sua aquisição”.

Nesse sentido, pode-se reconhecer que a aquisição de todo conhecimento novo passa, inevitavelmente, pelo funcionamento dos conhecimentos anteriores em situações específicas através das quais se transformam, diferenciam-se (incluindo a comparação com os dados da nova situação) e conduzem a novos saberes (Saada-Robert e Brun, 1996).

O estudo da microgênese cognitiva, empreendido por Bärbel Inhelder e sua equipe (Inhelder e Cellérier, 1996), focaram a formação e a atualização de conhecimentos, permitindo uma melhor compreensão dos mecanismos de mudança, que são entendidos como mecanismos de mudança de significação e mudanças de controle (Parrat-Dayan, 2003). Dessa forma, os estudos microgenéticos precisaram os processos pelos quais a criança faz novas descobertas.

Porém, talvez seja útil a restrição de significado do termo descoberta. Siegler e Crowley (1991) sugerem reservar o termo para usos em que uma pessoa pode adequadamente explicar a lógica subjacente a nova aquisição. A conceituação mais usual é reconhecer que a descoberta de uma estratégia é frequentemente o primeiro passo em direção a sua posse, com a qual as pessoas usam novos conceitos, procedimentos e estratégias, experimentam suas conseqüências, compreendendo inteiramente suas vantagens, desvantagens e condições de aplicabilidade.

Em um estudo sobre os procedimentos em uma situação de resolução de problema, Saada-Robert (1979) indica que a interpretação dos procedimentos se dá sobre o estudo das relações funcionais entre as abordagens [*démarches*, no original] (entendida como a organização dos procedimentos em execução) e os conhecimentos representados (aqueles que são mobilizados pelo sistema representativo) (Saada-Robert, 1979).

Dessa forma, ainda conforme essa autora, a microgênese da resolução de um problema é considerada em seu duplo aspecto: i) das *mudanças de significações* em relação aos esquemas utilizados, práticos ou conceituais, no que concerne aos objetos (reais ou de pensamento, e ainda em suas relações); e ii) das *transformações de controle* em relação à organização das ações e das significações em função do objetivo. No primeiro caso, as significações para um esquema dado mudam conforme o esquema é primeiro ativado em função de sua simples pertinência à situação (pode-se falar, então, de *rotina*); ou conforme ele é, em seguida, reforçado ou descartado por uma segunda escolha em função de sua significação relativa ao fim [*primitiva* – quando se considerá-la como uma chave do problema (Saada-Robert e Brun, 1996)] e, enfim, conforme ele

se compõe em unidade significativa transformacional da situação [*procedimento* ad hoc – quando está composto de chaves primitivas (Saada-Robert e Brun, 1996)]. No segundo caso, trata-se de transformações relativas ao recorte (*découpage*, no original) operado sobre o problema (redução heurística). Elas visam a formação de um bom “objeto de pensar”, ao mesmo tempo em que um protótipo de resolução.

Neste artigo, parte integrante de uma pesquisa que visa a evidenciar o desenrolar das descobertas da identificação e da classificação dos elementos de uma coleção de minerais, apresentamos o estudo microgenético de um caso exemplar. Nesse sentido, nosso objetivo não é fazer uma análise exaustiva, mas apresentar uma possibilidade de análise, entre outras que estão em fase de preparação.

MÉTODO

Conforme Chakur (2005), as pesquisas sobre microgênese têm sido feitas na forma de estudo de casos, onde se observa as atividades espontâneas dos sujeitos diante de algum material. Assim, são empregadas gravações em vídeo e análise de tarefa, que ressaltam o tipo de representação que o sujeito elabora e os meios empregados na solução do problema.

Em relação ao método microgenético, Saada-Robert (1979) indica que a *atividade observável* pode ser decomposta em um *conteúdo* da atividade (por exemplo, diferenciar e classificar os elementos de uma coleção) e em seu *desenrolar*. Esse compreende, por um lado, a extensão da atividade (sobre quais objetos ela ocorre, em que ordem, em que espaço, etc.) e, por outro lado, a qualidade do desenrolar (rápido ou lento, com seus bloqueios, paradas, observações, mímicas e verbalizações, por exemplo), ou seja, a maneira como se faz a passagem de uma atividade à outra. A atividade observável corresponde à denominação que o observador atribui, ou pode inferir, à ação do sujeito.

Em outro lugar, essa autora (Saada-Robert, 1989), ressalta que o estudo de caso é a metodologia mais própria para a abordagem microgenética. Isso, pelo menos, três razões complementares: 1) o funcionamento dos conhecimentos repousa sobre processos qualitativos que somente uma análise aprofundada e detalhada, até a intimidade das condutas em desenrolar, permite reconstruir; 2) o desenrolar da resolução (o projeto, os meios e a solução) forma uma totalidade indivisível sempre que se busca sua coerência interna; 3) o desenrolar da resolução supõe uma análise temporal dos dados, que se baseia tanto em indícios observáveis pertinente a um certo momento T (análises sincrônicas) quanto ao mesmo indício tomado em diferentes momentos da resolução (análises diacrônicas)

A tarefa

A atividade de investigação, derivada de uma proposta de reestruturação curricular (Samrsla, Guterres, Eichler e Del Pino, 2007), consiste na identificação de um conjunto de nove amostras de minerais. Esses minerais estavam armazenados em frascos identificados com um código. A lista dos minerais utilizados nessa investigação e seus respectivos códigos é mostrada a seguir: A01 (cobre nativo), B01 (malaquita), C01 (magnesita), D01 (pirita), E01 (quartzo), F01 (mica fuchsite), G01 (hematita), H01 (gipso) e I01 (cinábrio).

A resolução desse problema implica a comparação de dados experimentais com dados bibliográficos. Esses dados experimentais consistem na aferição de algumas das principais propriedades físicas e químicas dos minerais a serem identificados. Para isso o sujeito tem a sua disposição uma série de ferramentas. Para a determinação da densidade o sujeito tinha a sua disposição uma balança eletrônica, duas provetas (100 e 200ml) e frascos com água. Uma placa de porcelana para determinação do traço. Um kit de minerais conhecidos para a determinação da dureza das amostras através da Escala de Dureza de Mohs (talco, gipso, calcita, fluorita, apatita, feldspato, quartzo e turmalina). Muitas amostras podem ser identificadas a partir de análises via úmida. No entanto, essas análises envolvem muitas vezes a utilização de ácido nítrico

concentrado, ou ácido fluorídrico, ambos com alto grau de periculosidade em se tratando de uma atividade voltada a alunos de ensino fundamental. Dessa forma, foi utilizado ácido clorídrico diluído (1mol/L) que é suficiente para provocar efervescência em algumas das amostras de carbonatos. Os alunos recebiam papéis e canetas de diferentes cores para registrar seus resultados e auxiliar na organização de sua tarefa.

Para a resolução do problema é necessário a comparação dos resultados dos testes de determinação das propriedades com as informações contidas nos manuais de mineralogia (Leinz e Campos, 1982; Neves e Schenato, 2003) específicos para este fim. Pensando em uma forma de disponibilizar essas informações para os alunos foi montada uma tabela eletrônica interativa que permite ao sujeito classificar as informações pelos critérios que entender eficaz para sua análise. Além disso, a tabela dispunha de orientações no sentido de elucidar o funcionamento de cada teste assim como a interpretação dos resultados. O objetivo dessas orientações é tornar possível a execução da tarefa independentemente do conhecimento prévio do sujeito.

Para a viabilidade da utilização dessa estratégia, foi necessário montar o cenário da investigação no laboratório de informática da escola. As ferramentas utilizadas na determinação das propriedades foram dispostas no ambiente de tal forma que a partir do deslocamento do sujeito é possível registrar e analisar suas estratégias. Ressaltando que a atividade é filmada em sessões de uma hora e meia. Durante a atividade o pesquisador não interfere nas ações do aluno. A estratégia adotada pelo pesquisador foi de entrevistar o aluno no momento em que este apresentasse resultados.

O caso exemplar ao qual esse artigo se refere é o de uma aluna da oitava série do ensino fundamental que, para fins de divulgação do trabalho, terá seu verdadeiro nome preservado. Anna, como será chamada, desenvolveu a atividade em cinco encontros de uma hora e meia entre os dias 12 e 19 de dezembro de 2006. Após a identificação completa do conjunto de minerais, Anna deveria propor uma classificação para eles. Nessa classificação a aluna deveria organizar as amostras em grupos seguindo critérios seus.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não é objetivo deste artigo demonstrar os protocolos completos do caso em questão. Portanto, serão efetuadas explanações da atividade a partir de excertos da transcrição dos vídeos e das anotações da aluna e do pesquisador durante a atividade.

Anna, ao entrar na sala, se depara com o conjunto de minerais dispostos sobre a mesa e os observa. Demonstra preocupação em encontrar um método.

(Anna): “Não sei como começar. Estou pensando como é que vou fazer: se vou por uma ordem ou se vou fazer algo aleatório. Entendeu? Eu não consigo... [pensar no que fazer]”.

Ao seu lado o computador está ligado com a tabela interativa em execução. Dando prosseguimento ao seu reconhecimento do funcionamento da atividade, ela senta diante do computador e examina o seu funcionamento. A tabela em questão lista o nome de aproximadamente cinquenta minerais com suas respectivas informações de cor, tipo de brilho, valor da densidade relativa, da dureza, cor do traço e teste com ácido clorídrico. Ao clicar no nome da propriedade em questão o usuário abre um texto com informações referentes às propriedades e à determinação destas. As principais dessas informações estavam disponíveis em cartazes em frente às mesas onde as experiências eram realizadas. Além dessas informações, a tabela eletrônica oferece um recurso de ordenação da lista em ordem crescente de valores de cada propriedade. Assim o usuário pode procurar um mineral através da propriedade que entender necessária naquele momento da investigação.

A estratégia inicial da aluna é trabalhar uma amostra de cada vez, fazendo uma investigação completa para cada uma delas. Seu estudo começa justamente pela primeira amostra do seu conjunto, A01. Após 16 minutos lendo os textos da tabela a respeito das propriedades que deverão ser aferidas, Anna se desloca até a primeira das mesas de experiências. Nesta mesa estão os instrumentos necessários à determinação da densidade relativa e via úmida. Demonstra preocupação com detalhes da experiência fazendo perguntas a respeito de utilizar um fragmento de cada vez ou todos simultaneamente ou ainda o que fazer com a água da proveta após a determinação do volume da amostra. Em nenhum momento fez alguma pergunta sobre o funcionamento da atividade como um todo. Desde o princípio demonstrou grande engajamento com a atividade. Fazia questão de entender cada procedimento e superar suas dificuldades. Anna chega a pegar o conta-gotas com ácido clorídrico por cerca de quarenta segundos, mas desiste da experiência. Cinco minutos depois de ter começado a experiência, volta para o computador, lê o texto sobre análises de via úmida, faz uma releitura do texto sobre determinação da densidade relativa para então voltar à mesa de experiências, três minutos após ter saído dela, onde refaz a determinação da densidade e finalmente faz o teste com ácido clorídrico. Observa a experiência por mais de um minuto para então registrar os resultados. Antes de passar para a segunda mesa de experiências (determinação da dureza) a mesma estratégia, ou seja, retoma suas leituras em frente ao computador. Após determinar a dureza cuidadosamente passa para a última mesa de experiências para determinar a cor do traço da amostra em porcelana. Terminando o teste, Anna faz suas anotações diante do computador, compara seus resultados com os dados da tabela, deixa a amostra A01 sobre a mesa inicial e pega B01. Foram aproximadamente 45 minutos trabalhando com a amostra A01.

Ao começar o trabalho com a segunda amostra, Anna demonstra mais segurança na execução dos testes. Após os instantes iniciais diante do computador onde ela faz a determinação do brilho e da cor, ela passa para primeira mesa de experiências. Registra seus resultados e passa à mesa seguinte. Nesse ritmo de trabalho ela conclui os testes com a sua amostra em pouco mais de 15 minutos seguindo a ordem da disposição das experiências no ambiente. Dessa forma ela executa os testes com as amostras C01 e D01, com aproximadamente 15 minutos cada. Encerrando a primeira sessão a aluna não demonstra cansaço.

(Experimentador): *“Estamos fechando uma hora e meia. Por enquanto o que você está achando? Está cansada?”* (Anna): *“Não. Eu acho que estou conseguindo.”*

Em seguida a aluna é questionada sobre seus resultados.

(Experimentador): *“Já tens alguma suposição?”* (Anna): *“Só em dois.”*
(Experimentador): *“Quais amostras que tu estás supondo?”* (Anna): *“Calma aí que tem alguma coisa que não fecha...”*

Nesse momento a aluna demonstra intolerância com diferenças entre os dados experimentais e os dados da tabela.

(Anna): *“Geralmente os números batem, mas as cores não.”* (Experimentador): *“Mas tu disseste que para duas amostras tu já tens uma suposição. Quais são?”*
(Anna): *“D01. E a outra seria o C01.”* (Experimentador): *“O que você está achando que é o D01?”* (Anna): *“É que é assim: eu estou confiando primeiro nos números... só que daí as cores não batem... Se vou pelas cores os números é que não batem. Aí eu penso que meus números estão errados. Aí eu não sei mais.”*
(Experimentador): *“Mas, em princípio, qual é o teu palpite para a amostra D01?”*

Por insegurança a aluna prefere não responder. Escreve suas suposições no seu papel e promete continuar a análise no próximo encontro.

No segundo dia de atividade, Anna demonstra ter sistematizado sua investigação, repetindo o procedimento para todas as demais amostras, ficando aproximadamente doze minutos em média com cada uma. Conforme combinação prévia, a apresentação das conclusões acerca da identificação dos minerais aconteceria em entrevista onde seria realizada a discussão dos resultados. Durante a entrevista ela afirma que a partir do entendimento do funcionamento dos testes seus resultados ficam mais confiáveis:

(Anna): “*Essas últimas [amostras] a partir do ‘F’ aqui... Essas de hoje eu tenho mais certeza. (...) A partir daí eu não tive dúvidas!*”

Prosseguindo a entrevista Anna demonstra certa coerência de raciocínio ao admitir que não tem sugestões precisas para a identificação dos minerais estudados no primeiro dia justamente pela falta de confiança nos resultados obtidos. Sua estratégia nesse momento baseia-se em determinar todas as características disponíveis e comparar seus resultados com os dados tabelados. A aluna não tentou até o momento eliminar qualquer amostra através de uma combinação mais simples de propriedades. No entanto ela tentou identificar algumas das amostras através de seu conhecimento prévio, ignorando os resultados dos testes. Além disso, Anna se mostrou intolerante quanto à flexibilidade dos resultados empíricos e teóricos – como veremos na sua fala ao justificar a identificação do cobre – o que por vezes dificultou a resolução da sua tarefa nesse período inicial. Outra dificuldade demonstrada em alguns momentos da entrevista está relacionada à identificação da cor do mineral e a necessidade de confrontar os dados obtidos com os dados bibliográficos referentes a esta propriedade.

Após aproximadamente duas horas e quarenta e cinco minutos de atividade, Anna apresenta os resultados obtidos. Nesse momento aponta corretamente a identificação de três amostras A01 (cobre), E01 (quartzo) e I01 (cinábrio), o que significa ter concluído um terço da atividade. Apesar do aparente bom desempenho a aluna não demonstra domínio das técnicas. Ela ainda não é capaz de refletir e questionar os dados obtidos. Vejamos trechos da entrevista em que a aluna explica a identificação do cobre:

(Experimentador): “*A01, o que você descobriu?*” (Anna): “*Esse eu não descobri ainda. (...) Eu acho que é cobre, mas sei lá...*” (Experimentador): “*E por que tu achas que é cobre?*” (Anna): “*É porque eu conheço! Então eu acho que é! Mas, não obtive nenhum resultado que... [comprovasse]*” (Experimentador): “*Os teus resultados para essa amostra foram diferentes do cobre?*” (Anna): “*Eu acho que sim... só um pouco parecido...*”

Analisando suas anotações percebe-se que seus resultados experimentais estão bastante próximos aos dados teóricos relacionados ao cobre. De acordo com suas anotações, a amostra A01 apresenta brilho metálico, cor castanha, densidade 11,2g/mL, mudança de cor na análise via úmida, dureza entre 2 e 3 e traço acinzentado. Na tabela de referência o cobre apresenta brilho metálico, cor vermelho-alaranjada, densidade entre 8,0g/mL 10,0g/mL, não apresenta reação com ácido clorídrico, porém frequentemente apresenta impurezas que reagem com o ácido, dureza entre 2,5 e 3,0 e traço vermelho-alaranjado. Continuando a entrevista:

(Experimentador): “*Mas apostaria no cobre?*” (Anna): “*Apostaria!*” (Experimentador): “*Que propriedade não [ênfase na voz] bateu com as informações da tabela?*” (Anna): “*Cobre não bateu nenhuma!*” (Experimentador): “*Então tua aposta é só pelo teu conhecimento?*” (Anna): “*Exatamente. Só pela cor... Sei lá!*”

Dessa forma fica claro que ela não está interpretando adequadamente seus resultados, que estão muito próximos do ideal, principalmente levando-se em conta que essa foi a primeira amostra a ser trabalhada.

Em um dado momento do diálogo, Anna afirma que os resultados obtidos no segundo dia são mais confiáveis para ela.

(Anna): (...) *“Essas últimas [amostras] a partir do ‘F’ aqui... Essas de hoje eu tenho mais certeza.”* (Experimentador): *“Por quê?”* (Anna): *“Porque [o resultado] se encaixou! A partir daí eu não tive dúvidas!”* (Experimentador): *“Não tem dúvidas então?”* (Anna): (...) *“Só a [amostra] ‘E’!”* (Experimentador): *“Para a amostra ‘E’ você não tem idéia?”* (Anna): *“Eu acho que é o quartzo. Fechou o brilho e a dureza ‘7’, só que a cor... Lá [na tabela do computador] tem mil cores! Aí resolvi não confiar nas cores!”* (Experimentador): *“Então você apostaria no quartzo?”* (Anna): *“[apostaria] Não! Tenho certeza!”*

Chama a atenção à mudança de sua fala ao longo da entrevista. A amostra ‘E01’ que em princípio foi citada como a única que havia dúvida, passa a ter sua identificação dada como certa. É necessário lembrar que ao longo da atividade a aluna tem contato com amostras identificadas de quartzo disponíveis em diversas cores no kit de determinação da propriedade dureza através da Escala de Mohs (possui dureza igual a ‘7’). No entanto essas amostras diferem, não somente na cor, mas também no formato em relação à que a aluna está analisando. Isto pode explicar em parte por que Anna resolveu *“não confiar nas cores”* somente nessa amostra, facilitando a identificação da mesma. Contudo, isto não diminui o seu mérito de identificar corretamente uma amostra pertencente ao grupo dos silicatos, tarefa difícil devido à característica de dureza elevada, ausência de traço e via úmida desses minerais.

Outro mineral corretamente identificado nesse momento da investigação foi o cinábrio (I01). Abaixo, o trecho da entrevista em que Anna justifica sua resposta:

(Anna): *“É aquela coisa... os resultados batem! (...) Como a densidade eu não sei se estou fazendo direito eu procurei pela dureza. E aí foi batendo, tipo, a cor, depois a via úmida, depois, vamos supor, o brilho. Então esse [mineral] aqui foi o que mais deu. Eu não me baseava muito pela via úmida porque quase todos diziam ‘não’. (...) é que eu sempre ia por essa ordem: começava pela dureza, depois eu via o tipo de brilho, depois a via úmida, depois a cor e por último a densidade. (...) Confio mais na dureza e por último a densidade. E na maioria a densidade não bateu.”*

No início deste trecho, Anna reforça sua estratégia inicial quando demonstrava estar à procura de um mineral que coincidissem com os resultados obtidos sem uma reflexão a respeito da confiabilidade desses valores. No entanto, ela começa a demonstrar uma alteração na sua estratégia ao explicar que definiu sua ordem de confiabilidade nos resultados experimentais, o que foi suficiente para identificar o cinábrio, mineral de características de relativamente fácil distinção. Esse mineral é o único da tabela de referência que apresenta traço vermelho, por exemplo. Porém em nenhum momento da entrevista Anna demonstra ter percebido esse fato. Dessa forma podemos interpretar que a identificação do cinábrio se deu mais pela facilidade relativa à combinação de suas propriedades do que às estratégias de ação do sujeito.

Antes de tratar da continuação da tarefa é necessário destacar três resultados para amostras não identificadas. O primeiro caso é o da amostra ‘H01’ (gipso) que chegou a ser corretamente cogitada pela aluna, principalmente devido à semelhança com a amostra (de gipso) disponível no kit de determinação de dureza. Anna confiou mais nos seus resultados experimentais e acabou identificando, erroneamente, como halita. Dois casos importantes foram os das amostras ‘F01’ (mica fuchsite) e ‘G01’ (hematita). A resposta dada foi ‘muscovita’ para ‘F01’ e ‘ferro nativo’ para ‘G01’, ambas defendidas com vigor pela aluna. O que chama a atenção é que as propriedades dos minerais verdadeiros são efetivamente muito parecidas com aqueles apontados por Anna. A diferenciação apenas seria possível mediante aumento de precisão da execução dos testes, não tão somente na mudança de estratégia.

Na terceira sessão a aluna deverá re-investigar as amostras que não foram corretamente identificadas. A primeira dessa etapa é 'H01'. Anna fica analisando o mineral diante do computador por aproximadamente cinco minutos, quando vai até o setor de experiências e refaz o traço. Após um minuto pesquisando na tabela eletrônica ela troca a amostra, passando a trabalhar com 'G01'. Permanece por pouco mais de dez minutos diante do computador manipulando cuidadosamente o objeto de estudo, observando brilho e cor. Refaz apenas a dureza e logo após apanha o frasco com a amostra 'D01'. Disso pode-se depreender que nesse momento sua estratégia é analisar os dados anteriores refazendo apenas as determinações das propriedades cujos resultados pudessem ser duvidosos. Dentro desse contexto Anna refaz apenas o traço com 'D01', dureza com 'C01'(duas vezes, uma com cada fragmento) e novamente a dureza com 'B01'. Durante todo o restante do tempo a aluna permaneceu pesquisando na tabela eletrônica. Esse processo é concluído em quarenta e seis minutos. Durante o diálogo ela começa explicando sua resposta para 'B01', que estava correta:

(Anna): *“Esse eu acho que é a malaquita. Porque: o brilho que eu considerei e o da tabela são iguais. (...) Via úmida diz exatamente que tem efervescência, igual. O traço, que ali diz verde claro, também deu mais ou menos a mesma coisa. A única coisa que eu não aceito é que a dureza dê de '3' a '4'. Pra mim dá '4'. Então com essa mínima diferença eu diria que é ela.”* (Experimentador): *“O que mudou de hoje para o último encontro que possibilitou chegar nessa resposta?”* (Anna): *“É que eu modifiquei um pouco minha idéia... Vamos dizer, estou meio flexível... Mas essa aí, se não for, eu não sei o que pode ser.”*

Percebe-se que ela adquiriu muita confiança no resultado do seu teste de dureza. Outra amostra identificada corretamente foi 'C01' (magnesita). Durante sua justificativa ela explica algumas dificuldades relacionadas à determinação desse mineral:

(Anna): *“É que essa pedra é estranha! E eu comecei a pensar que cor cada um vê de um jeito! A dureza é mais ou menos. Eu mudei de idéia: eu disse que era '7' mas agora eu mudei de idéia e não é mais '7'. Eu concluí que é de '2' a '3'. Só que ali [no PC] está de '3' a '4', então eu considerei mais ou menos. Uma coisa mais perto... Foi o mais perto que eu consegui achar. (...) É ruim de ver a dureza nessa pedra! É que ela é muito brilhante, não dá para enxergar um traço firme como nessas outras.”*

Antes de prosseguir com a análise deve-se justificar que a amostra de magnesita utilizada possui impurezas, por estar incrustada em uma rocha sedimentar. Isso justifica parcialmente a dificuldade de determinação da dureza, chegando a encontrar em uma determinação o valor 2 e em outra 7. Quando perguntada sobre a diferença entre a magnesita e a resposta anterior (fluorita) ela responde apenas que *“a fluorita eu já sabia que estava errada!”*. A terceira amostra corretamente identificada nesta etapa foi 'H01'. Para essa amostra Anna havia apresentado a resposta certa entre suas possibilidades por ter achado parecida com o mineral presente no kit de determinação da dureza. Ela faz referência durante o diálogo:

(Anna): *“Essa aí só pode ser a que eu disse na última aula!”* (...) (Experimentador): *“Então os resultados bateram todos...”* (Anna): *“E também o jeito.”* (Experimentador): *“Jeito?”* A: *“É que é parecida...”* (Experimentador): *“Parecida com uma das pedras de referência para a dureza.”* (Anna): *“É.”* (Experimentador): *“Por que tu disseste antes que essa pedra era a halita?”* (Anna): *“Porque pensei que não poderia ser a mesma pedra que tinha ali, pois seria muito fácil!”*

Os minerais ‘D01’, ‘F01’ e ‘G01’ não foram corretamente identificados. Segundo a aluna, essas três “*são as brilhosinhas! As que eu não consigo enxergar!*” O que mostra que nesse momento da atividade ela está orientando sua investigação pelos resultados da dureza.

O quarto dia da atividade é marcado por muita leitura dos resultados anteriores, o que indicaria a uma estratégia de integração dos dados até então levantados. Anna praticamente não consulta o computador. Começa investigando ‘D01’ e em 16min ela refaz o teste apenas da dureza, permanecendo por aproximadamente seis minutos tentando visualizar o resultado. Com a amostra ‘F01’ ela refaz a densidade, a via úmida, dureza e traço. Tudo em um intervalo de sete minutos. Finalmente, com a amostra ‘G01’ refaz densidade, via úmida, dureza e o traço. O tempo para a realização dos testes foi de aproximadamente cinco minutos. Para evitar erros de matemática no cálculo da densidade, Anna utiliza o celular como calculadora. Concluindo as experiências e o registro dos resultados, Anna passa a pesquisar minerais na tabela eletrônica levando os registros e os minerais para frente do computador, onde permanece por cerca de quinze minutos. Nesse momento ela avisa que concluiu e durante o diálogo deixa claro que “*hoje foi o pior dia*”, uma declaração que estaria de acordo com as dificuldades inerentes à integração dos dados. Quando indagada sobre qual das amostras ela teria mais certeza ela responde prontamente “*digamos que D01*”. Esse diálogo mostra um domínio das características das propriedades físicas e um crescimento significativo do entendimento da relação dados experimentais/teóricos:

(Anna): “*Eu refiz os testes e deu algumas mudanças. Com as mudanças eu acho que é a pirita*”. (Experimentador): “*O que mudou?*” (Anna): “*A densidade e a dureza. (...) Ali [no computador] diz que o brilho é metálico, mas eu botei que é semimetálico. Então ficou mais ou menos. Ali diz ‘amarelo-latão’ e eu botei que era amarelo. Um amarelo feio. A densidade da pirita é de ‘4’ a ‘5’ e eu botei quase ‘5’. Aí eu considerei igual. A via úmida: ali diz que ‘reagem as impurezas’. Eu não entendi o que quer dizer isso, mas percebi que levemente aparece uma que outra bolinha. Não que nem aquela verde ali [malaquita], mas bem pouquinho. (...) A dureza deu completamente diferente: ali diz que é ‘6’ e o meu deu ‘2’ ou ‘3’. Só que eu não confio muito na minha dureza porque não consigo enxergar. (...) E o traço é meio estranho. Para mim deu cinza, mas ali dizia que era um castanho. Então têm várias coisas que eu concordo, mas têm detalhes que não. (...) até fiquei em dúvida com outros minerais, mas a pirita foi a que eu tive mais certeza.”*

As amostras ‘G01’ e ‘F01’ que não foram corretamente identificadas apresentaram problemas referentes à determinação da densidade. Novamente vale ressaltar que a determinação do volume dessas duas amostras implica na utilização da proveta maior.

Após o diálogo, Anna revê suas anotações por cerca de três minutos, quando se desloca para frente do computador e vasculha a tabela eletrônica por quase dez minutos. Sem refazer nenhum teste, Anna avisa que tem novas respostas. Durante o diálogo afirma ter mais certeza nos resultados e que esses “*deram bem diferentes, principalmente densidade*”. Mais uma amostra corretamente identificada: ‘F01’:

(Anna): “*Para esse aí eu achei vários! (...) achei que é o ‘mica fucha’... [sic] sei lá como é que se fala isso. (...) ali diz que é verde, concordo que é verde, mas se olhar bem ela tem uns brilhos... Não sei se isso se considera. (...) Então essa foi a que mais fechou. (...) Quando mudei a densidade apareceu um monte de possibilidades!”*

Neste momento resta apenas a identificação de ‘G01’. Anna faz nova pesquisa na tabela eletrônica por aproximadamente cinco minutos e apresenta nova resposta errada: anglesita. A identificação desse mineral fica para a quinta e última sessão da atividade.

No último dia a aluna analisa seus resultados diante do computador por cerca de nove minutos e então decide refazer os testes. Começa pela densidade, manipulando amostra e instrumentos com muita cautela e atenção. Refaz a via úmida, dureza e traço. Todos os testes são concluídos em um intervalo de oito minutos. Em seguida compara seus novos resultados com dados da tabela eletrônica por sete minutos e acena com mais propostas: molibdenita e como em segunda opção galena. A própria aluna admite que os resultados não apontam para esses minerais o que sugere que neste momento da atividade Anna apresentava sinais de cansaço por não conseguir identificar essa última amostra. Após o diálogo pesquisa por cinco minutos diante do computador e arrisca outras duas respostas: martita¹ e magnesita. Propor a magnesita como resposta para esse mineral é mais um fator que comprova o desgaste da aluna por seu insucesso na conclusão da atividade, uma vez que ela não lembrou que no seu conjunto de minerais já havia sido identificada uma amostra de magnesita (C01). Depois desse diálogo Anna volta para o computador com seus resultados onde busca referências por dez minutos, quando refaz o teste da dureza em três minutos e volta ao computador. Cinco minutos depois apresenta três minerais como possíveis respostas: hematita, esfarelita e turmalina. Anna conclui assim a identificação do grupo de nove minerais, pois justifica porque acredita se tratar da hematita:

(Anna): (...) *“hematita. Porque é metálica, ali diz que é preto, cinza ou castanho-vermelho e quando eu risco a pedra sai um risco meio castanho, por isso que eu achei. Só a densidade dela que... Minha densidade deu ‘4,5’ e a densidade dela é de ‘5’ a ‘7’. A dureza eu acredito que seja de ‘6’ a ‘7’ mesmo e ali diz que é de ‘5’ a ‘6’, então foi o mais perto que eu achei. A via úmida diz que não, a minha também. E o traço também é parecido.”* (Experimentador): *“E quais são as outras?”* (Anna): *“A esfarelita e a turmalita [sic], sei lá.”* (Experimentador): *“E por que você acredita que é a hematita e não a turmalina ou esfarelita?”* (Anna): *“Esfarelita tem aquele negócio [brilho] da resina e parece com diamante, talvez até seja mais eu não concordo muito. (...) A densidade deu de ‘3’ a ‘4’, densidade deu igual, o traço dela é cinza-castanho e eu concordo. Concordo com esses dois pontos. Mas a via úmida não, porque diz que solta mal cheiro e eu não senti nada. E a turmalita [sic] diz que é parecida com vidro, é preta, densidade de ‘2’ a ‘3’, a dureza de ‘6’ a ‘8’, a via úmida deu igual e traço não tinha, era incolor. Aí que eu não concordo.”* (Experimentador): *“Como que você achou esses três agora e não tinha achado antes?”* (Anna): *“É que assim, sabe, a gente vai procurando... Antes era só cinza, depois procura por mais outras cores...”* (Experimentador): *“Antes você estava procurando pela cor cinza. E agora procurou pelo quê?”* (Anna): *“Agora procurei pela dureza, que agora eu fiz certo. Essas eram de ‘5’ a ‘6’, ou ‘7’, procurei nessa média. Procurei pela dureza combinando com a cor. Não adiantava ter dureza de ‘6’ a ‘7’ mas a cor amarelado-latão.”*

Anna encerra a atividade propondo uma classificação dos minerais segundo ela *“sem envolver muito conhecimento”*. Essa afirmação ela faz após cinco horas e treze minutos de atividade. Anna explica como entende que a classificação deva ser feita:

(Anna): *“Estou pensando em fazer uma classificação sem envolver muito conhecimento, só de olhar, por exemplo, pelo brilho, porque daí mais pessoas... Sabe, uma coisa mais fácil... Pelo brilho, [melhor] do que por dureza... Ou*

¹ Com o objetivo de aumentar o número de minerais disponíveis para consulta na tabela foram inseridos alguns nomes, dentre estes o da Martita. Porém após a atividade percebeu-se que este mineral é considerado um sinônimo de hematita em algumas fontes bibliográficas. Na tabela eletrônica havia diferenças entre as propriedades desses dois minerais, mas bastante tênues.

qualquer outra coisa. (...) Por exemplo: metálicos e não metálicos. Só que algumas ficariam em dois grupos...”

A propriedade que ela utilizou foi o brilho, classificando em metálico e não-metálico. Dentro do grupo dos não-metálicos ela utilizou outra classificação por brilho: vítreo e não vítreo. Anna visualizou como “vítreo” o gesso e o quartzo, as únicas amostras transparentes do seu kit. Após agrupar os minerais por brilho, Anna os ordenou no sentido crescente da propriedade dureza. Essas opções são bastante interessantes, pois são muito parecidas com as utilizadas na maioria dos manuais de identificação de minerais, tais como o “Guia para determinação de minerais”, de Leinz e Campos (1982). Nesses manuais o reconhecimento é feito a partir de classificações. A primeira separação a ser feita, geralmente, é por brilho metálico e não-metálico. Depois os manuais classificam por dureza, densidade, etc. Chama a atenção que a aluna tenha separado as amostras transparentes - tentando organizar por brilho – sendo que a diafanidade é uma propriedade muito utilizada nesses manuais e não utilizada na organização dessa atividade. Outras propriedades que não foram incluídas e são amplamente utilizadas na bibliografia são o hábito, a clivagem e a solubilidade.

CONCLUSÕES

Neste artigo, apresentamos o desenrolar das atividades de identificação e de classificação realizadas por um sujeito, considerado exemplar, durante a solução de um problema. A tarefa apresentada ao sujeito tem relação com uma proposta didática para o primeiro ano do ensino médio (Samrsla e outros, 2007), que inter-relaciona conhecimentos de geociências com a química. Depreende-se da análise aqui apresentada, que a tarefa, quando não orientada pela ação docente, demanda tempo ao sujeito, justamente pela necessidade das mudanças de significação e de controle da atividade para sua efetiva execução. A partir do sucesso na tarefa, alguns comentários podem ser feitos a guisa de conclusões.

Conforme Saada-Robert (1989), um importante mecanismo intervêm na resolução de um problema. Ele consiste para o sujeito em isolar ou em recortar uma unidade privilegiada de trabalho a partir da globalidade sincrética e fluída do problema, conforme lhe aparecia ao início da microgênese. Trata-se de uma redução heurística que consiste em construir uma unidade prototípica de resolução, um bom “objeto para pensar”. Essa unidade prototípica corresponde à necessidade de redução heurística, ela envolve a construção de um passo produtivo para a solução. De fato, ela não é a solução por ela mesma, ela é apenas um *tipo de* solução.

No caso aqui relatado, o sujeito diferenciou entre as diversas propriedades, atribuindo, ora à dureza, ora ao brilho, esse objeto de pensar que poderia lhe levar ao sucesso na diferenciação dos elementos da amostra e na identificação dos mesmos. A atribuição desse objeto de pensar, foi fruto da integração dos resultados parciais das propriedades classificatórias diferenciadas e incluiu a flexibilização das regras orientadoras da classificação, levou-a mais próximo da solução final. Entretanto, pouco antes de encerrar a identificação de todos os elementos, apresenta diversas possibilidades, muitos diferentes entre si, para um mesmo elemento. Isso pode manifestar que a integração a que o sujeito chegou, em um patamar, começara a ser perturbada, podendo levá-lo a novas diferenciações e integrações que o impulsionariam a um novo patamar de identificação e classificação dos elementos da coleção.

A tarefa que apresentamos aqui não é uma atividade didática em si. Imaginamos que a partir desses nossos resultados, entre diversos outros, pode-se propor atividades de ensino e de aprendizagem que envolvam a identificação de minerais. Tais atividades didáticas podem ser realizadas em sala de aula, durante a aplicação de uma proposta curricular (Samrsla e outros, 2007), ou podem ser desenvolvidas em turnos alternativos, por exemplo, através de projetos de aprendizagem.

Nesse sentido, concordamos com Saada-Robert e Brun (1996) que sugerem, ao abordarem a transformação dos resultados de pesquisas microgenéticas em situações didáticas,

que articular saberes e conhecimentos segue sendo um problema didático pendente. Para essas autoras, a solução passa, entre outras coisas, pela criação didática dos objetivos de ensino, que é um trabalho de transposição que não se pode ser realizado sem a epistemologia experimental que constitui a investigação didática. Por isso, nossa proposta curricular de aproximação entre conhecimentos de química e geociências (Samsrla e outros, 2007) tem nos levado a proposição de novos problemas de pesquisa, em uma dinâmica que pode ser representada pela figura do vórtice.

Por fim, gostaríamos de apontar os princípios que articulam a proposta curricular, anteriormente citada, e as pesquisas que ela pressupõe e enseja. Conforme Parrat-Dayana (2003), o construtivismo, o relativismo e o interacionismo aplicados ao processo de aquisição de conhecimentos, dão à aprendizagem escolar características importantes, pois essa não pode ser entendida como uma recepção passiva do conhecimento, mas como um processo ativo de elaboração. Ao longo desse processo, podem acontecer assimilações de conteúdo incompletas ou mesmo defeituosas, porém elas são necessárias para que o processo continue com êxito. Nesse sentido, nas situações escolares, como em outras, é o sujeito quem escolhe, verifica, ajusta, elimina, coordena, organiza, classifica, diferencia e integra os dados que ele pode assimilar. O aluno como sujeito é sempre o autor de seu próprio conhecimento. E é isso que temos procurado investigar.

REFERÊNCIAS

- Chakur, C.R.S.L. Contribuições da pesquisa psicogenética para a educação escolar. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 21 (3), 289-296, 2005.
- Inhelder, B. & Cellérier, G. *O desenrolar das descobertas da criança: um estudo sobre as microgêneses cognitivas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- Leinz, V & Campos, J.E.S. *Guia para determinação de minerais*. São Paulo: Nacional, 1982.
- Neves, P.C.P. & Schenato, F. *Introdução à mineralogia prática*. Canoas: Editora da Ulbra, 2003.
- Parrat-Dayana, S. Psicologia de Piaget aplicada à educação: como isto funciona? *Escritos sobre Educação*, 2 (2), 33-42, 2003.
- Saada-Robert, M. Procédures d'actions et significations fonctionnelles chez des enfants de deux a cinq ans. *Archives de Psychologie*, 47 (182), 177-235, 1979.
- Saada-Robert, M. La microgênese de la représentation d'un problème. *Psychologie Française*, 34 (2/3), 193-206, 1989.
- Saada-Robert, M. & Brun, J. Las transformaciones de los saberes escolares: aportaciones y prolongaciones de la psicología genética. *Perspectivas*, 26 (1), 25-38, 1996.
- Samsrla, V.E.E.; Guterres, J.O.; Eichler, M.L.; Del Pino, J.C. Da mineralogia à Química: uma proposta curricular para o primeiro ano do Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, 25, 20-26, 2007.
- Siegler, R.S. & Crowley, K. The microgenetic method: a direct means for studying cognitive development. *American Psychologist*, 46 (6), 606-620, 1991.