

Os percursos de navegação durante a resolução do problema de *Carbópolis*: centralidade e extensibilidade.

Marcelo Leandro Eichler¹
Léa da Cruz Fagundes^{**}

Resumo: Neste artigo, descrevemos o uso de arquivos de *log* na análise da utilização do software educativo *Carbópolis*. A análise desses arquivos foi combinada à análise microgenética buscando evidenciar os percursos de navegação e os mecanismos psicológicos manifestos pelos sujeitos durante a resolução do problema apresentado pelo software. Realizou-se a pesquisa com a colaboração de oito participantes, com idades entre 14 e 17 anos. A partir dos dados obtidos na pesquisa, propõem-se duas categorias para a análise dos percursos de navegação em hipertextos ou em simulações educacionais: centralidade e extensibilidade.

Palavras-chave: Hipertexto; Microgênese; Solução de problemas.

Abstract: [Navigation paths during a problem solving in Carbopolis software: centrality and extensibility]. This paper describes the application of log files to analyze the use of Carbopolis educative software. The log files analysis was combined with migrogenic analysis aiming at demonstrating navigation paths and psychological mechanisms expressed by the individuals when solving a problem presented by the software. This research counted with 8 participants aged between 14 and 17 years old. From the obtained data, two categories for the analysis of navigation paths in hypertexts or in educational simulations are proposed: centrality and extensibility.

Key words: Hypertext; Microgenetic analysis; Problem solving.

¹ Licenciado em Química e Doutor em Psicologia do Desenvolvimento pela UFRGS, é professor da UERGS e pesquisador da Área de Educação Química (AEQ) da UFRGS. Autor correspondente: exlerbr@yahoo.com.br.

^{**} Pedagoga e Psicóloga e Doutora em Psicologia pela USP, é professora da UFRGS e coordenadora do Laboratório de Estudos Cognitivos (LEC) da UFRGS.

Introdução

A produção de energia elétrica e seus impactos ambientais e sociais tem sido o tema de um projeto de desenvolvimento de material didático computacional no âmbito da didática das ciências, articulado pela Área de Educação Química da UFRGS (Eichler, Gonçalves, Silva, Junges e Del Pino, 2003). O primeiro produto deste projeto foi o software *Carbópolis* (Eichler e Del Pino, 2000), cuja temática é o impacto ambiental provocado pela chuva ácida decorrente da queima de carvão mineral em usinas termoeletricas. Esse software recentemente foi premiado na edição 2005 do Programa de Apoio à Pesquisa em Educação à Distância.

Nos últimos anos, foram publicados artigos de análise sobre a utilização de *Carbópolis* em diferentes realidades de escola (Guterres, Eichler e Del Pino, 2003 e 2004) e sobre a elaboração conceitual de estudantes que fizeram uso do software (Eichler, Del Pino e Fagundes, 2004; Eichler e Fagundes, 2001 e 2004). Neste artigo, pretendemos retomar uma análise desenvolvida durante trabalho de pós-graduação (Eichler, 2000) que permanecia não publicada.

Entretanto, antes que se aborde essa análise, descrevemos um pouco o software. *Carbópolis* é um software educativo de distribuição livre², desenvolvido em tecnologias JAVA e MySQL (Eichler, Xavier, Araújo, Forte e Del Pino, 2005), que utiliza uma estratégia de resolução de problemas para abordar um tema ambiental. O problema apresentado em *Carbópolis* consiste na diminuição da produção agropecuária em uma localidade próxima a uma usina termelétrica. Para resolvê-lo o estudante pode verificar os danos causados, a origem dos mesmos e propor uma solução que venha a diminuí-los ou eliminá-los.

O software foi modelado a partir de dados de uma pesquisa a respeito do potencial poluidor da usina termelétrica de Candiota, Rio Grande do Sul (Fiedler, Martins e Solari, 1990). Essa pesquisa indicou que as medidas de controle de emissões e as exigências legais eram inadequadas ou insuficientes para evitar a contaminação ambiental. A situação concreta pode ser assim descrita: na usina termelétrica de Candiota, a queima de carvão contendo taxas de enxofre maiores que o recomendável, entre 3,5 e 5% (em *Carbópolis* essa taxa aumenta para 6%), produziu grandes quantidades de dióxido de enxofre, um gás bastante reativo e que é considerado poluente atmosférico. O dióxido de enxofre foi dissipado na atmosfera através da ação dos ventos, em direção ao Uruguai (em *Carbópolis*, em direção a região agropastoril). A umidade do ar e a água da chuva reagiram com o gás poluente e ocorreu a precipitação de chuva ácida, que queimou os pastos e as lavouras de arroz (em *Carbópolis*, as lavouras são de soja) e, provavelmente, atacou o sistema respiratório e digestivo dos animais, enfraquecendo-os. Além do que foi exposto, que têm relação com o sistema físico-químico da análise ambiental, no software *Carbópolis* foram acrescentadas algumas considerações sobre os ecossistemas, os aspectos econômicos e a legislação aplicável.

Com o objetivo de propiciar que o usuário proponha uma solução para o problema, o software contém: a) um mapa para auxiliar a situação geográfica do problema apresentado; b) personagens para descrever o problema; c) menu e ícones que possibilitam a coleta das amostras de ar e água da chuva sobre o mapa, análise das amostras e instalação de equipamentos antipoluentes; d) ferramenta de editor de textos para registrar conclusões parciais e o resultado das análises das amostras durante a utilização do software; e) um hipertexto com tópicos relacionados ao problema simulado; e f) dois questionários para orientar a conclusão das atividades propostas pelo software.

² O software pode ser obtido em www.iq.ufrgs.br/aeq/carbop.htm

A estrutura do hipertexto é polihierarquizada e reticular, tendo sido planejada através de diferentes eixos temáticos. A Figura 1 contém uma representação da estrutura desse hipertexto. Os assuntos desses eixos são: estratégias para a solução do problema (abreviatura: metocien; número do tópico no arquivo de log: 15), poluição atmosférica (polar; 440), técnicas e parâmetros para amostragem (amos1; 20) e análise (anall; 50), legislação (legisla; 45), ecossistemas (ecossis; 280) e aspectos econômicos (aspeco; 110). Posteriormente, foram criados textos relacionados a tais eixos. Quando se julgou necessário ampliar o assunto de algum desses textos, novos tópicos foram produzidos. Finalmente, quando se considerou que a quantidade de informações do hipertexto era suficiente para o apoio à solução do problema proposto no software *Carbópolis*, os tópicos foram interligados. A estrutura final contém 56 tópicos e mais de 250 ligações ativas. Como se observa, esse desenvolvimento foi bastante subjetivo, sendo muito influenciado pelos parâmetros pedagógicos que inspiraram o projeto de produção desse software educativo.

Nesse sentido, estudos com arquivos de *log* têm buscado, por exemplo: a observação dos processos de navegação hipermídia (Barab, Bowdish e Lawless, 1997); o exame de estratégias que aprendizes empregam quando navegam através de materiais hipermídia, com diferentes formas de organização para neles adquirir conhecimento (Beasley e Waugh, 1997); e a avaliação da utilização e da eficiência de estudantes em ambientes controlados por multimídia (Lawless e Brown, 1997).

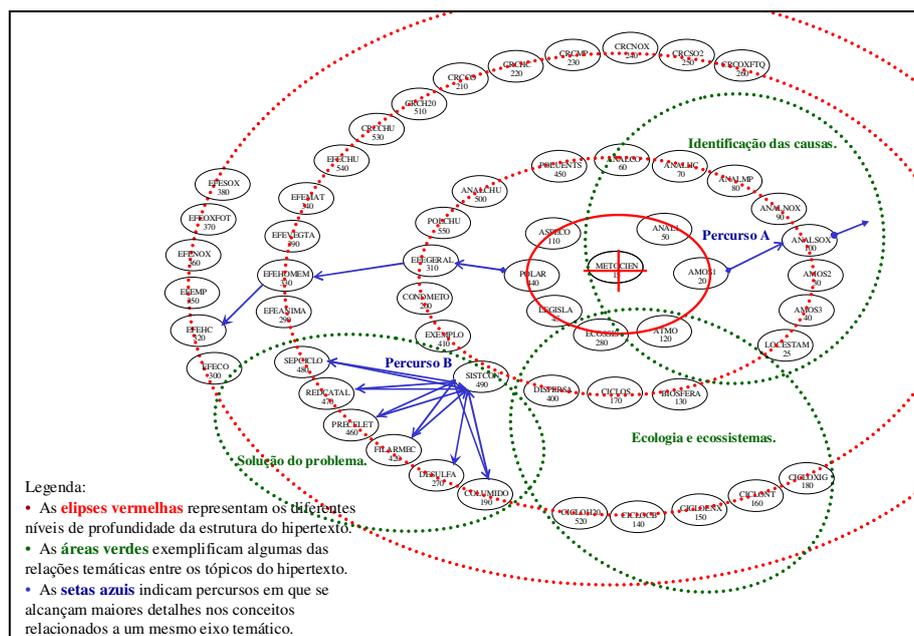


Figura 1 – Esquema de estrutura do hipertexto, que foi utilizado para auxiliar a interpretação dos arquivos de *log*.

Em geral, os programas de computador utilizados nas pesquisas com o uso de arquivos de *log* possuem a estrutura de hipertexto hierarquizada (Barab, Bowdish e Lawless, 1997; Beasley e Waugh, 1997; Lawless e Brown, 1997). Embora não tenham sido encontrados estudos similares a esta pesquisa, entende-se que tais registros, também, podem ser úteis para indicar o processo de resolução de problemas desenvolvido em um contexto particular, com o apoio de um hipertexto com estrutura reticular.

Metodologia

Nesta pesquisa, utilizou-se a análise microgenética para estudar o processo de elaboração cognitiva (Moro, 2000) durante a utilização do software *Carbópolis*. A análise microgenética foi desenvolvida sob tradição de pesquisa de inspiração piagetiana (Inhelder e Cèllierier, 1996). A análise microgenética permite apreender o funcionamento do pensamento do sujeito psicológico individual e possibilita evidenciar os processos de resolução de problemas de que se utiliza durante a realização de uma tarefa. Nesse tipo de pesquisa, a variável estrutural é controlada, pois a população observada situa-se em uma mesma etapa de desenvolvimento cognitivo, o que permite evidenciar as diferenças e particularidades em cada sujeito. Análises com essa ênfase são chamadas de microgenéticas porque seguem um caminho temporal mais curto de um desenvolvimento macrogenético bem mais longo. Nesses estudos com o sujeito psicológico individual, o interesse é revelar a dinâmica das condutas do sujeito, suas avaliações, suas intenções e valores, as escolhas que faz dos meios e os controles que utiliza, enfim, as heurísticas próprias ao sujeito que podem levar a um mesmo resultado, através de caminhos diferentes.

Na microgênese, parte-se da hipótese de que o conhecimento inicial ativado pelo sujeito, que se encontra no início da resolução de um problema, ainda não está atualizado ou especificado. Esse conhecimento é sincrético, ou seja, é uma reunião artificial de idéias de origens disparatadas, uma vez que a visão de conjunto da totalidade ainda se encontra confusa. Pode-se entender essa reunião como a amálgama de duas componentes, uma de generalidade difusa relativamente à situação atual, e outra de particularismos justapostos em relação aos conhecimentos anteriores sobre os quais se apóia. Desse entender global e indistinto, surgem os objetos distintamente entendidos, transformando-se progressivamente em um saber ao mesmo tempo preciso e sintético. Portanto, a construção microgenética consiste numa dupla passagem do difuso ao preciso, e do esparsa ao unitário.

É nesse sentido que entendemos que os estudos microgenéticos podem oferecer, se não uma explicação, no mínimo, uma descrição mais ampla dos diferentes padrões de navegação em hipertexto e de utilização de simulações educacionais.

Nesta pesquisa, o estudo microgenético foi realizado com a colaboração de oito participantes, com idades entre 14 e 17 anos, a partir de um delineamento de estudo de casos. Os participantes utilizaram o software em sessões de 45 minutos, sendo utilizadas tantas sessões quanto fossem necessárias para os participantes resolverem o problema proposto. Durante a solução da tarefa foram utilizados a observação sistemática e o método clínico. Conforme as características do estudo microgenético, foram limitadas as interferências do experimentador, que acompanhou todo o processo. Dessa forma, foram previstos três momentos de intervenção do experimentador para a entrevista clínica.

As seguintes questões serviram, em geral, como norte para as perguntas que foram efetivamente feitas: 1) quando os participantes conseguissem situar geograficamente o problema, o experimentador perguntaria algo sobre o porquê o problema estaria assim situado, como o participante chegara a essa conclusão, qual a explicação que ele poderia dar ao problema e como ele iria resolvê-lo; 2) quando os participantes identificassem uma possível causa ao problema, o experimentador perguntaria porquê o participante atribuiria essa possível causa, como fizera para chegar a tal conclusão, como poderia garantir que fosse essa a causa do problema, qual a explicação para essa possível causa e o quê poderia ser feito para resolver o problema; e 3) finalmente, quando os participantes resolvessem o problema, o experimentador perguntaria como o participante chegara a essa conclusão, como ele poderia explicá-la e se o problema que lhe fora apresentado existe, existiu ou pode existir na realidade. As

entrevistas foram gravadas em fitas de áudio e posteriormente transcritas. Além disso, as atividades realizadas com o programa de computador foram gravadas por uma rotina de histórico, chamada de arquivos de *log*.

A análise microgenética de cada caso, ou seja, de cada participante, foi feita com os seguintes dados: a descrição do histórico da utilização do software; os textos escritos pelos participantes durante a utilização do software (bloco de notas e relatórios); e a transcrição das fitas de áudio. A triangulação desses dados foi efetivada através da construção de protocolos. Os dois primeiros tipos de dados permitiram uma descrição do desenrolar das descobertas realizadas pelos participantes com relação ao problema ambiental. O terceiro se somou aos anteriores para descrever as condutas cognitivas dos participantes na solução da tarefa.

No entanto, as técnicas de análise dos arquivos de *log* usadas em diversas pesquisas (Barab, Bowdish e Lawless, 1997; Beasley e Waugh, 1997; Lawless e Brown, 1997) possuem natureza estatística, não sendo próprias para a interpretação dos dados que foi realizada nesta pesquisa. Dessa forma, foi necessário desenvolver um método para a análise qualitativa que se queria empreender aos arquivos de *log*.

O método que foi elaborado para interpretar qualitativamente os dados dos arquivos de *log* foi apoiado por um esquema radial, conforme se pode ver na Figura 1. Nesse esquema foram representadas algumas das características desse hipertexto, que constaram de cinco níveis. Os dois níveis mais internos contêm os tópicos relacionados aos eixos temáticos do hipertexto. Na disposição dos diferentes tópicos no esquema se procurou ladear os tópicos segundo as relações temáticas que entre eles existisse, bem como para os tópicos relacionados à identificação e à solução do problema proposto. Com o auxílio desse esquema foi possível descrever os percursos entre os tópicos seguidos durante a navegação. Além das navegações pelo hipertexto, nesse esquema é possível descrever a execução de procedimentos do software relacionados à análise ambiental, tais como as análises de poluentes e a instalação e desinstalação dos equipamentos antipoluentes.

Como já foi enfatizado, os arquivos de *log* permitiram acompanhar o encadeamento dos percursos de navegação no hipertexto e dos procedimentos realizados em direção à solução do problema. Uma vez que esses percursos estavam descritos nesse esquema, foi possível buscar uma interpretação apoiada, entre outras: pela **centralidade** das consultas em um determinado tópico ou em um certo assunto e pela **extensibilidade** manifestada na consulta de diversos tópicos em um mesmo eixo temático. Por exemplo, entende-se que um sujeito que manifesta certeza sobre a causa do problema em questão, em princípio, segue uma consulta centralizada sobre os tópicos relacionados a essa certeza. No entanto, apesar de manifestar tal certeza, o mesmo sujeito pode não saber como solucionar o problema, mesmo que saiba da necessidade da instalação de um determinado equipamento antipolvente, então seu percurso evidenciaria a extensibilidade na consulta dos tópicos, que indicaria que o sujeito buscou diversos equipamentos, sem ter uma hipótese formada sobre qual seria o mais indicado para solucionar o problema.

A seguir serão apresentados pequenos trechos dos protocolos e das análises que empreendemos, com o objetivo de ilustrar a utilização que fizemos do método microgenético com o apoio dos arquivos de *log* para descrever e interpretar os percursos de navegação dos usuários de *Carbópolis* durante a solução do problema proposto.

A triangulação propiciada com o uso dos arquivos de *log*, a representação dos percursos de navegação no software e os critérios de extensibilidade e de centralidade também foram úteis para interpretar as formas de confirmação das hipóteses levantadas pelos sujeitos.

Os parâmetros escolhidos para a análise – material particulado (Analmp; 80), hidrocarbonetos (anahc; 70), monóxido de carbono (analco; 60), óxidos de nitrogênio (analnox; 90), dióxido de enxofre (ansox; 100), de pH da água da chuva (analchu; 500) – podem indicar os controles cognitivos utilizados pelo sujeito: se dirigido por uma hipótese ou se pela elaboração de fatos contingentes. Conforme se vem propondo, nas representações gráficas dos percursos de navegação são utilizados critérios de centralidade e extensibilidade para evidenciar isso.

Na fase de identificação do problema, Paulo (14 anos) já possuía uma hipótese que fora confirmada por suas análises. Conforme se pode notar na Figura 3, as ações de Paulo voltadas à identificação do problema manifestaram uma centralidade contínua na busca do parâmetro de análise para evidenciar a causa do problema (percursos 1, 6, 9, 10, 12 e 13; as setas indicam a execução do procedimento de análise).

No entanto, Paulo não manifestou essa mesma centralidade na busca da solução do problema, pelo contrário, o que ocorreu foi uma recorrência extensa aos tópicos relacionados aos sistemas de controle de poluição do ar. Paulo manifestou saber que deveria instalar um, em suas palavras, “controlador de poluição”, porém não sabia qual e não evidenciou uma procura dirigida por uma hipótese muito bem definida. Dessa forma, seu procedimento de consulta ao hipertexto e a navegação entre as funções do programa muda substancialmente. Paulo pára de se orientar por uma hipótese bem formada e objetiva em relação ao problema em questão e começa a usar um procedimento de tentativa e erro. Nesse caso, é possível confirmar que a extensibilidade manifestada na consulta aos tópicos (percursos 7, 8, 11 e 13; as setas indicam a execução dos procedimentos de instalação ou de desinstalação de equipamento antipolvente) pode servir de evidência a procedimentos dessa natureza, conforme Figura 4.

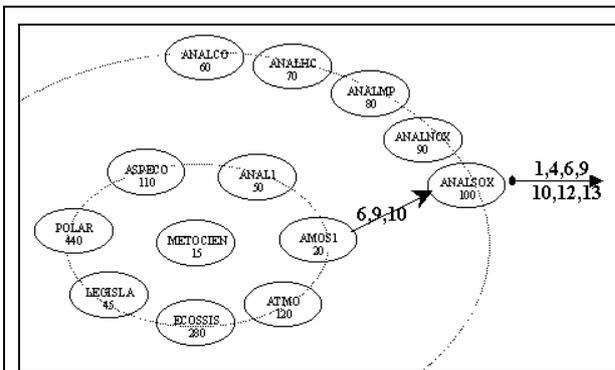


Figura 3 - Centralidade manifestada na análise de poluentes atmosféricos, por Paulo.

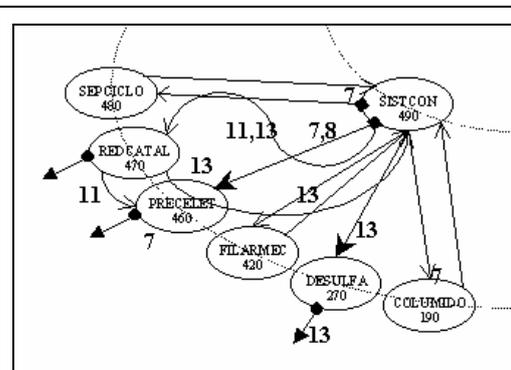


Figura 4 - Extensibilidade manifestada na instalação de equipamentos antipoluentes, por Paulo.

Nesse particular, é interessante notar que seu procedimento de leitura contribuiu bastante para essa manifestação de solução por tentativa e erro. Na navegação inicial entre os tópicos relacionados aos sistemas de controle de poluição permaneceu por tempos muito pequenos: 13 segundos (Separador Ciclópico; 480), 24 segundos (Coletor Úmido; 190) e 32 segundos (Precipitador Eletrostático; 460). Pode-se dizer que Paulo não mostrou consistência nem na escolha que fizera, nem na certeza de seu resultado,

parecendo tatear a solução do problema, conforme extrato de seu arquivo de *log*, vide Tabela 1.

Tabela 1 - Excerto do arquivo de log do Paulo.

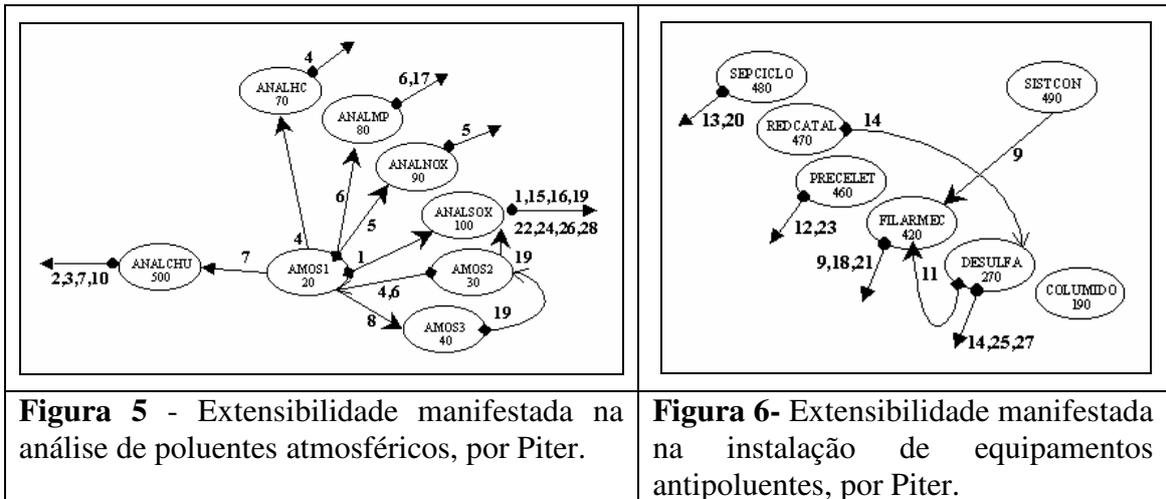
Ação	Hora
Tópico da Biblioteca 490	27/09/99 14:48:06
Tópico da Biblioteca 480	27/09/99 14:49:41
Tópico da Biblioteca 490	27/09/99 14:50:04
Tópico da Biblioteca 190	27/09/99 14:50:10
Tópico da Biblioteca 230	27/09/99 14:50:34
Tópico da Biblioteca 190	27/09/99 14:50:50
Tópico da Biblioteca 490	27/09/99 14:50:52
Tópico da Biblioteca 460	27/09/99 14:50:58
Colocou Precipitador Eletrostático	27/09/99 14:51:30
Entrevista RP da Usina	27/09/99 14:51:42
Entrevista Guarda Florestal	27/09/99 14:52:15
Tópico da Biblioteca 490	27/09/99 14:52:31
Tópico da Biblioteca 460	27/09/99 14:52:47
Colocou Precipitador Eletrostático	27/09/99 14:52:58
Tópico da Biblioteca 100	27/09/99 14:53:17
Analizou SO ₂	27/09/99 14:53:23
Tópico da Biblioteca 100	27/09/99 14:54:17
Analizou SO ₂	27/09/99 14:54:20

Um outro caso nos permite ponderar algumas coisas em relação aos usos dos critérios de centralidade e extensibilidade e a triangulação das diferentes fontes de dados usadas nesta pesquisa.

Na identificação do problema, pôde-se evidenciar que Piter (15 anos e 3 meses) desenvolveu uma ação por tentativa e erro, manifestando a extensibilidade na consulta aos tópicos relacionados à análise dos poluentes atmosféricos. Na Figura 5, isso pode ser evidenciado pela consulta dos tópicos relacionados à identificação do problema, ou à análise de amostras, conforme os percursos de 1 a 7. Também, é importante verificar que Piter procede com a análise de pH da água da chuva e inclui esse parâmetro no nexos causal do problema, desenvolvendo seu esboço explicativo: “(Piter): Fazendo as análises do amostrador, eu vi que tem vários outros componentes que também tão a mais e que prejudicam o ar, como o dióxido de enxofre, o monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e ozônio, e também a água da chuva, né, que é uma água ácida. (Entrevistador): Porque a água tá ácida? (Piter): Por causa do, porque tem, tá dando, tem vários componentes no ar, na água também, sabe? Tem outros ácidos que provocam, acidez da chuva, né”.

Porém, se essa foi a conduta inicial de Piter, isso deixou de ocorrer quando procurou solucionar o problema, através da instalação de equipamentos antipoluentes. As análises dos poluentes atmosféricos, agora relacionadas à avaliação da eficiência dos diferentes equipamentos antipoluentes instalados na usina, evidenciaram a centralidade das consultas aos tópicos (percursos 15, 16, 19, 22, 24, 26 e 28 na Figura 5). Nesse sentido, Piter progrediu na seqüência causal. No início dessa fase, ainda desenvolvia o procedimento de análise do pH da água da chuva. Porém, no momento que construiu a certeza de que a diminuição desse índice era devido às concentrações dos poluentes atmosféricos, deixou de analisar o pH da água da chuva e procurou pelo poluente que

estaria ocasionando tal abaixamento. Posteriormente, quando toma a certeza da causa pelo dióxido de enxofre, apenas procede com essas análises.



Embora Piter tenha manifestado um procedimento de análise que tenha se valido de praticamente todos os padrões de análise isso não evidencia, necessariamente, que ele não tenha construído uma hipótese acerca da identificação do problema. Ao contrário, ele parece desenvolver esse expressivo número de análises para confirmar a relação que ele já esboçara entre o alto índice de dióxido de enxofre e a diminuição no valor do pH. Isso, por exemplo, pode ser inferido desde a solução que ele, nesse momento, indicou para resolver o problema: “(Entrevistador): E como é que tu achas que pode resolver o problema? (Piter): Ah, botando alguma coisa no ar, né, que elimine o enxofre”.

Nesse sentido, a extensibilidade da consulta dos tópicos indica, de forma diferente do que ocorrera no caso Paulo, um procedimento metódico para confirmação da hipótese, ou seja, um mecanismo para submeter à prova ao exame sistemático, para se chegar a uma certeza mais cabal, sem dúvidas. Possivelmente, o procedimento de testagem sistemática de suas certezas levou Piter a uma demora na identificação e solução do problema que nem mesmo ele esperava.

É interessante ressaltar as dificuldades de entendimento de conceitos químicos relacionados à linguagem, evidenciadas, por exemplo, na etapa de solução do problema. O único equipamento eficiente para suprimir a causa da poluição se chama dessulfurizador, isso porque ele procede a dessulfuração dos combustíveis fósseis, ou seja, retira o enxofre presente nesses combustíveis. Porém, qual a relação entre o termo enxofre e o afixo ‘sulfur’? Isso pode parecer óbvio para um químico, mas não é de conhecimento geral. Nesse sentido, essa associação de termos pode indicar a relativa dificuldade de certos sujeitos em estabelecer o método de controle de poluição do ar mais eficiente para o problema proposto, mesmo que a essa dificuldade se deva acrescentar a falta de atenção na leitura dos tópicos relacionados aos equipamentos, conforme indica o extrato do arquivo de *log* apresentado anteriormente. As figuras 4 e 6, evidenciam, por exemplo, o procedimento de solução por *tateamento*, por tentativa-e-erro, como se pode verificar pela extensibilidade manifestada na instalação dos equipamentos antipoluentes.

Conclusões

A metodologia escolhida para esta pesquisa foi a microgênese, que é um modelo de investigação que permite inferir sobre a consecução dos procedimentos e das compreensões que os sujeitos manifestam.

Durante a pesquisa se utilizaram três formas para obter os dados que, posteriormente, foram elaborados em protocolos e, então, interpretados. Os métodos foram: a observação sistemática, a entrevista clínica com registro em áudio e a gravação em arquivos de *log* das interações dos sujeitos com a ferramenta computacional que lhes serviu de tarefa.

Por outro lado, também, foi enfatizada a necessidade de criar um método para análise qualitativa dos arquivos de *log*. Nessa ocasião, duas proposições foram enunciadas: 1) entende-se que tais registros, também, podem ser úteis para indicar o processo de resolução de problemas desenvolvido em um contexto particular, com o apoio de um hipertexto com estrutura reticular; e 2) entende-se que estudos microgenéticos podem oferecer, se não uma explicação, no mínimo, uma descrição mais ampla dos diferentes padrões de navegação em hipertexto e de utilização de simulações. Além disso, duas categorias de análise foram desenvolvidas: centralidade, (relacionada à unidirecionalidade na consulta de tópicos) e extensibilidade (relacionada à múltipla consulta de tópicos em um mesmo eixo de tópicos).

Através da análise dos protocolos, continuamente, observou-se dois comportamentos distintos. Em um deles, pode-se dizer, o sujeito constrói uma hipótese acerca do problema e, a partir dessa hipótese, ele utiliza estratégias e procedimentos frente ao problema em questão. No outro, o sujeito interpreta as características apresentadas pelo meio sobre o qual ele tenta resolver o problema e constrói novos sistemas de procedimentos. Diversos estudos, também, têm evidenciado esses dois tipos de controle do sistema cognitivo. Tais controles têm sido revelados em diferentes contextos e podem ser denominados por, respectivamente, descendente e ascendente (Mosca, Silveira e Burigo, 1993), top-down e botton-up (Beasley e Waugh, 1997), inferências para frente (da predição à consequência) e inferências para trás (das consequências à predição) (Bindra, Clarke e Shultz, 1980), ou baseados nas idéias e baseados na evidência (Park e Pak, 1997).

No final desta pesquisa, em que se pese o pequeno conjunto de dados estudado e o baixo número de sujeitos participantes da pesquisa, parece que os postulados defendidos continuam válidos. Conforme se pôde observar nas seções anteriores, tanto os arquivos de *log* quanto as categorias elaboradas foram úteis para a interpretação dos dados. Nesse sentido, verifica-se a necessidade da continuidade dessas pesquisas para que se corrobore a utilização de tais método e categorias na interpretação de condutas cognitivas.

Agradecimentos:

Gostaríamos de agradecer: ao CNPq pelas bolsas de pesquisa concedidas aos autores desta pesquisa; ao coordenador da Área de Educação Química - UFRGS, Prof. Dr. José Cláudio Del Pino, pelo continuo apoio às discussões interdisciplinares; e ao Colégio de Aplicação da UFRGS pela estrutura que nos foi cedida para desenvolver esta pesquisa.

Referências bibliográficas:

BARAB, S.A.; BAWDISH, B.R. & LAWLESS, K.A. Hypermedia navigation: profiles of hypermedia users. **Educational Technology Research and Development**, 45 (3), 23-41, 1997.

- BEASLEY, R.E. & WAUGH, M.L. Predominant initial and review patterns of navigation in a fully constrained hypermedia hierarchy: an empirical study. **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, 6 (2), 155-172, 1997.
- BINDRA, D.; CLARKE, K.A. & SHULTZ, T.R. Understanding predictive relations of necessity and sufficiency in formally equivalent “causal” and “logical” problems. **Journal of Experimental Psychology: General**, 109 (4), 422-443, 1980.
- EICHLER, M.L. **Um estudo sobre a microgênese da explicação de um problema ambiental**. Dissertação de Mestrado em Psicologia do Desenvolvimento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- EICHLER, M.L. & DEL PINO, J.C. Carbópolis: um software para educação química. **Química Nova na Escola**, 11, 10-12, 2000..
- EICHLER, M.L.; DEL PINO, J.C.; FAGUNDES, L.C. Development of cognitive conducts during a computer simulated environmental analysis. **Chemistry Education Research and Practice**, 5. (2), 157-174, 2004.
- EICHLER, M.L. & FAGUNDES, L.C. A microgênese da explicação de um problema ambiental: os casos Paulo e Piter. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, 14 (3), 505-520, 2001.
- EICHLER, M.L. & FAGUNDES, L.C. Conductas cognitivas relacionadas con el análisis de problemas ambientales. **Enseñanza de las Ciencias**, 22 (2), 287-298, 2004.
- EICHLER, M.L.; GONÇALVES, M.R.; SILVA, F.O.M.; JUNGES, F. & DEL PINO, J.C. Uma proposta para o desenho interdisciplinar de ambientes virtuais de aprendizagem de ciências. **Renote: Revista Novas Tecnologias na Educação**, 1 (2), 2003.
- EICHLER, M.L.; XAVIER, P.R.; ARAÚJO, R.C.; FORTE, R.C. & DEL PINO, J.C. Carbopolis: A java technology-based free software for environmental education. **Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching**, 24 (1), 43-72, 2005.
- FIEDLES, H.; MARTINS, A.F. & SOLARI, J.A. Meio ambiente e complexos carboeléticos: o caso Candiota. **Ciência Hoje**, 12 (68), 38-45, 1990.
- GUTERRES, J.O.; EICHLER, M.L.; DEL PINO, J.C. A usabilidade de Carbópolis, um software livre para a educação ambiental. **Tecnologia Educacional**, 166, 69-82, 2004.
- GUTERRES, J.O.; EICHLER, M.L.; DEL PINO, J.C. Compreensões de professores sobre o software educativo Carbópolis e sua utilização em diferentes realidades de escola. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, 11 (2), 86-99, 2003.
- INHELDER, B. & CELLÉRIER, G. **O desenrolar das descobertas da criança: um estudo sobre as microgêneses cognitivas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- LAWLESS, K.A. & BROWN, S.W. Multimedia learning environments: issues of learner control and navigation. **Instructional Science**, 25, 117-131, 1997.
- MORO, M.L.F. A epistemologia genética e a interação social de crianças. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, 13 (2), 295-310, 2000.
- MOSCA, P.R.F.; SILVEIRA, J.F.P & BURIGO, E. Processos cognitivos na resolução de problemas no campo da matemática: o caso da interação com programassemente. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, 6 (1/2), 57-68, 1993.
- PARK, J. & PAK, S. Student’s responses to experimental evidence based on perceptions of causality and availability of evidence. **Journal of research in science teaching**, 34 (1), 57-67, 1997.