



Buscando explicitar os processos cognitivos em construções recursivas no ambiente Logo, na elaboração de um projeto de pesquisa a partir da revisão da experiência

Loiva Cardoso de Zeni¹

Resumo: Este artigo tem por finalidade apresentar a fundamentação teórica que está sendo buscada para oferecer suporte à compreensão da atividade do estudante na construção de procedimentos recursivos, na perspectiva de oferecer subsídios para modelização das condutas interativas entre ele e os sistemas informáticos. Pressupostos psico-cognitivos retirados de teoria sobre a psicogênese do pensamento operatório são relacionados como subsídios para analisar atividades desenvolvidas cooperativamente pelos estudantes, na construção da recursão no ambiente SlogoW. Os resultados apresentam as primeiras tentativas de análise destas atividades de busca de soluções aos desafios propostos.

Palavras Chave: pensamento operatório recursão ambiente Logo.

Abstract: This paper describes the theoretical approach that is being searched to support the understanding of students activities on constructing recursive procedures, with the perspective of offering subsidies to model the interactive conducts between the students and computers. Psycho-cognitive elements withdrawn from the theory of the psychogenetic theory of operatory thought are taken as background to analyse the students co-operative activities, in the construction of the recursion in the SlogoW environment. The results present the first efforts of these activities analysis in the search of solutions to the proposed challenges.

Key Words: operatory thought recursion environment Logo.

1. Introdução

No trabalho com o ambiente Logo que venho desenvolvendo sistematicamente com os alunos ingressantes do curso de Licenciatura em Matemática da UFRGS desde 1993, a recursão tem me desafiado particularmente. Neste artigo, proponho uma abordagem ao pensamento recursivo que se apóia na seguinte hipótese de trabalho: a aprendizagem da recursão pode resultar numa condição de funcionamento cognitivo do sujeito em níveis superiores no tratamento dado por ele às estruturas que se repetem.

O conhecimento pelo professor das características dos diferentes níveis das condutas cognitivas na gênese do pensamento operatório do sujeito epistêmico, o conhecimento do objeto matemático de estudo e o conhecimento dos pressupostos psico-cognitivos explicitados na teoria piagetiana sobre o processo de desenvolvimento cognitivo possibilitam usar o ambiente de aprendizagem construtivista informatizado, expresso no sistema Logo, de modo a definir desafios para acompanhamento do processo de desenvolvimento do estudante na aprendizagem da recursividade. Garantem também ao professor, melhores condições para analisar as atividades realizadas cooperativamente pelos estudantes de modo a inferir e até a modelizar os processos mentais que ocorrem nas coordenações de pontos de vista para criação de novas realidades e, ainda, avaliar as dificuldades e facilidades explicitadas pelos estudantes no trato com a recursão.

A partir da experiência realizada e dos estudos teóricos posteriormente empreendidos, foi organizada uma seleção de condutas cognitivas nos três grandes níveis do pensamento pré-operatório, operatório concreto e operatório formal. Paralelamente, pressupostos psico-cognitivos foram retirados da teoria, para explicar o funcionamento do sujeito naquelas condutas. À luz dessa seleção de itens teóricos, são apresentados exemplos de desafios que podem subsidiar a ação pedagógica na construção de procedimentos recursivos em Logo, cuja implementação realizada até o momento permite registrar alguns resultados, que, no entanto, sofrerão posterior análise sistemática no decorrer das pesquisas sobre o tema.

Buscando delinear a situação experimental para testagem destas hipóteses foram selecionados e organizados os princípios norteadores desse estudo.

¹ Bacharel em Matemática (UFRGS), Especialista em Métodos Matemáticos (UFRGS), Professora do Departamento de Matemática Pura e Aplicada (UFRGS). loivazen@mat.ufrgs.br



2. Princípios norteadores

2.1. Da Epistemologia Genética

"O processo de construção das estruturas lógico-matemáticas se caracteriza por uma abstração reflexiva, a qual consiste na tomada de consciência da ação e na projeção dessa num novo plano superior do pensamento, integrando-a a uma nova estrutura; essa nova estrutura é uma reconstrução da estrutura precedente, que é, então, generalizada pela combinação com os elementos específicos do novo plano de reflexão....No caso da experiência lógico-matemática, os conhecimentos obtidos não são tirados dos objetos, mas das ações exercidas sobre eles." (PIAGET, 1976)

"A abstração reflexionante se toma cada vez mais autônoma (ela é a única a operar na lógica e matemática puras) e a abstração empírica só avança porque apoiada sobre a primeira." [1]

2.2. Do Objeto Matemático de Estudo

"O Princípio da indução (ou Recursão ou Recorrência) é muito útil para demonstrar proposições que se referem aos números inteiros... Não menos importante do que demonstrar proposições por indução é saber definir objetos indutivamente." (LIMA, 1976)

2.3. Da Forma de Trabalho

"A formação das operações sempre requer um meio favorável para a "co-operação", ou seja, operações realizadas em comum (por exemplo, o papel da discussão, crítica ou ajuda mútua, problemas levantados como resultado de trocas de informação, elevada curiosidade devida à influência do grupo social, etc.)." [1]

"É na interação cognitiva no seio de uma situação que, cada um, com reciprocidade, contribui para estabilizar, modificar ou reequilibrar a construção do conhecimento. A coordenação é negociada sobre sistemas de significações e sobre sistemas lógicos comuns, semelhantes ou diferentes..." (FAGUNDES, 1997)

2.4. Do Instrumento de Trabalho

"Como auxiliar no processo de construção do conhecimento, o computador deve ser usado como uma máquina a ser ensinada. Nesse caso, é o aluno quem deve passar as informações para o computador. Os softwares que permitem esse tipo de atividade são as linguagens de programação, como BASIC, Pascal, LOGO..." (VALENTE, 1997)

"Logo ensina resolução de problemas, pensamento lógico, métodos construtivos e permite ao usuário criar e manipular interativamente processos matemáticos." [2]

3. O pensamento pré-operatório

3.1. Condutas cognitivas

"O sujeito está centrado no sucesso ou no fracasso, fixando-se no resultado final da ação, sem atentar para a trajetória e para a discriminação das etapas dessa ação." (PIAGET, 1976)

"O pensamento é dominado pelo egocentrismo e pela ausência da necessidade de buscar validação para os seus próprios pensamentos." (PIAGET, 1976)

"As respostas se apóiam nas configurações perceptivas ou nos tateios empíricos da ação; são função da aparência do fenômeno." (CHIAROTTINO, 1972)



"O sujeito quando considera situações estáticas, tende a explicá-las através de seus caracteres de configuração., ditas "coleções figurais" mais do que em função das transformações; quando se refere às transformações, assimila-as às ações pessoais do sujeito." (PIAGET, 1976)

3.2. Pressupostos psico-cognitivos

"Utilização de regulações perceptivas (regulações semi-reversíveis) para o estabelecimento do equilíbrio." (PIAGET, 1976)

"Pensamento dependente da realidade, com esboço das primeiras transformações virtuais." (PIAGET, 1976)

"Os estados e transformações ainda não forma um sistema único." (PIAGET, 1976)

"Ausência de qualquer reversibilidade; há apenas o retorno empírico." (CHIAROTTINO, 1972)

"As ações sensório-motoras são interiorizadas e tomam-se representações." [1]

"Interiorização dos esquemas de ação." (CHIAROTTINO, 1972)

"Raciocínio desprovido da condição de "necessidade" (=obrigatoriedade de ocorrência do fenômeno); só há induções prováveis." (CHIAROTTINO, 1972)

4. O pensamento operatório concreto

4.1. Condutas cognitivas

"O sujeito não se limita a agir, mas interioriza suas ações sob a forma de operações concretas." (PIAGET, 1976)

"No nível II-A se dá o início das operações concretas. No nível II-B, se dá o estabelecimento das operações concretas de seriação e correspondência, sem levar em conta as possibilidades." (PIAGET, 1976)

"O sujeito realiza deduções a partir da observação direta de suas ações." (PIAGET, 1976)

"O sujeito não mais se detém num aspecto ou noutro da situação, mas passa a considerar as partes como pertencentes a um conjunto e a estabelecer as relações possíveis entre essas partes." (CHIAROTTINO, 1972)

"O sujeito procede por encaixes contíguos, sem ter, ainda, a capacidade de formar ordenadamente todas as combinações possíveis de um dado número de objetos (combinatória), de enumerá-los e de estudar suas propriedades e relações." (CHIAROTTINO, 1972)

"Embora o sujeito identifique os elementos necessários para a descoberta das leis dos fenômenos, não chega à construção do conceito nem à verbalização." (PIAGET, 1976)

"Não há a investigação de uma hipótese explicativa da ação, no sentido do pensamento hipotético-dedutivo (operações formais de implicação)." (PIAGET, 1976)

4.2. Pressupostos psico-cognitivos

"O pensamento ainda é fundamentalmente ligado ao real, estruturando a realidade através da coordenação de leituras sucessivas dessa realidade." (PIAGET, 1976)

"O pensamento atinge uma primeira forma de equilíbrio estável, configurando-se o nível de



reversibilidade concreta." (PIAGET, 1976)

"As formas de reversibilidade, identificadas como inversão e reciprocidade, são utilizadas separadamente ou justapostas e não combinadas entre si, não sendo possível passar de uma a outra." (CHIAROTTINO, 1972)

"Há noção da conservação do todo, independentemente do arranjo de suas partes; há construção de classificações hierárquicas e da quantificação da inclusão." (CHIAROTTINO, 1972)

5. O pensamento operatório formal

5.1. Condutas cognitivas

"O sujeito é capaz de descobrir as leis dos fenômenos, através da apresentação, verificação ou rejeição de hipóteses." (PIAGET, 1976)

"O sujeito no nível III-A tem por conduta a busca dos invariantes que explicam as correspondências resultantes da observação direta." (PIAGET, 1976)

"O sujeito no nível III-B, além de determinar o invariante nas relações observadas, apresenta a necessidade de encontrar a razão da existência desse invariante." (PIAGET, 1976)

"Para resolver um problema, é capaz de eleger um método exaustivo e ordenado num sistema que engloba todas as possibilidades (combinatória), embora sem descobrir a fórmula que rege essas operações." (CHIAROTTINO, 1972)

"Argumentam de forma hipotética, ou seja, dissociam as variáveis envolvidas, relacionando termos de forma combinatória e raciocinando com proposições envolvendo negações e reciprocidades." [1]

5.2. Pressupostos psico-cognitivos

"O pensamento é hipotético-dedutivo, estabelecendo proposições via implicações." (PIAGET, 1976)

"O pensamento hipotético implica a subordinação do real ao plano do possível e, conseqüentemente, a união de todas possibilidades entre si, pelas implicações necessárias que incluem o real, mas que, ao mesmo tempo, o superam." [1]

"Utiliza-se da lógica proposicional." (PIAGET, 1976)

"Utiliza-se de operações, isto é, ações interiorizadas (ações executadas em pensamento sobre objetos simbólicos), reversíveis e coordenadas em estruturas totais." (CHIAROTTINO, 1972)

"Estabelece o equilíbrio via instrumentos mais complexos de coordenação que englobam todos os campos parciais do pensamento concreto, coordenando-os num sistema geral, via todas as combinações possíveis (estrutura combinatória)." (PIAGET, 1976)

"Os sujeitos do nível III possuem operações ao mesmo tempo combinatórias e suscetíveis de assegurar a necessidade dedutiva." (PIAGET, 1976)

"Dispõe de uma grande amplitude de operações virtuais que estabelecem necessariamente o equilíbrio, pois correspondem a transformações virtuais que se compensam, constituindo um



sistema rigorosamente reversível. (PIAGET, 1976)

"A inversão e a reciprocidade aparecem fundidas em um todo único; há a coordenação das duas reversibilidades, o que implica na distinção e na possibilidade de composição entre elas simultâneas." (CHIAROTTINO, 1972)

"A reversibilidade caracteriza a possibilidade mental, corporal ou social de se considerar as relações entre as partes e entre as partes e o todo de modo simultâneo." (MACEDO, 1997)

"As relações estabelecidas entre os elementos de um todo obedecem a leis, as quais compõem sistemas que apresentam as mesmas formas, independentemente dos conteúdos a que se aplicam." (CHIAROTTINO, 1972)

"Há independência da forma em relação ao conteúdo." [1]

"O pensamento formal constitui, ao mesmo tempo, uma reflexão da inteligência sobre si mesma e uma inversão das relações entre o possível e o real (pois o real é colocado, como setor particular, no conjunto das combinações possíveis)." (PIAGET, 1976)

6. Resultados

Desafio 1 : Apresentando a recursão de cauda

Você poderia descobrir o papel de cada um dos inputs L, A e C no procedimento abaixo?

```
APRENDA POLI :L :A :C
PF :L PD :A
POLI :L :A :C+1
FIM
```

Será necessário acionar o comando PARAR, para interromper a execução do procedimento; por que ?

Observação: Esta maneira de elaborar programas é chamada de RECURSÃO DE CAUDA, isto é, um processo que se auto-chama ao final da lista de instruções. Clique uma vez em RASTREAR na tela de COMANDOS e execute-o novamente. MAXIMIZE a tela de COMANDOS e aprecie como a tartaruga interpreta um procedimento com RECURSÃO DE CAUDA.

Atividades dos estudantes: Os alunos, em geral, começam por testar valores aleatoriamente, sem estabelecer qualquer relação entre suas escolhas de valores para os inputs e os resultados obtidos. Percebem a função do input A quando atribuem a ele valores tais como 90, 60, 120, etc. divisores de 360 e que produzem os polígonos regulares convexos. Quando isso acontece, uma questão que solicite a relação existente entre o número N de lados do polígono e os valores correspondentes de A ($N \cdot A = 360$) leva a que modifiquem o procedimento de modo a explicitar essa relação. Surge, então, um novo procedimento recursivo:

```
APRENDA POLI :L :N :C
PF :L PD 360/N
POLI :L :N :C+1
FIM
```

Enquanto a função do input L é facilmente aprendida como medida do lado do polígono, a do input C como contador de implementações do procedimento só é compreendida quando apontada pela professora, o que pode ser explicado pela ausência de representação gráfica dessa função. Na verdade, num primeiro contato com esta estrutura procedural, muitos alunos "esquecem" de digitar a auto-chamada do procedimento, revelando, com isso, ausência de compreensão do processo recursivo..

É importante referir que tais atividades têm explicação nos pressupostos psico-cognitivos das condu-



tas relativas ao pensamento operatório concreto, pois abordam um caso particular para os valores de A (divisores de 360) e experimentam a inversão dos papéis das variáveis (no 1.º procedimento, tínhamos A como variável independente e N como variável dependente; no 2.º, N é a variável independente e A, a dependente).

Desafio 2: Controlando o processo recursivo

É possível eliminar a necessidade de acionar o comando PARAR na execução do procedimento anterior, introduzindo uma CONDIÇÃO DE PARADA do tipo SE.....[PARE], de modo que a figura gerada fique completa e sem repetições ?

Atividades dos estudantes: Além de ter plenamente compreendida a função do input C, a solução correta exige a compreensão da ordem necessária na seqüência das instruções do procedimento. Com efeito, as "soluções" (a terceira não funciona!) apresentadas, quando ocorrem, têm sido alguma das seguintes:

```
APRENDA POLI :L :N :C
SE :C=N [PARE]
PF :L PD 360/:N
POLI :L :N :C+1
FIM
```

```
APRENDA POLI :L :N :C
PF :L PD 360/:N
SE :C=N [PARE]
POLI :L :N :C+1
FIM
```

```
APRENDA POLI :L :N :C
PF :L PD 360/:N
POLI :L :N :C+1
SE :C=N [PARE]
FIM
```

```
APRENDA POLI :L :N :C
SE :C=N [PARE]
POLI :L :N :C+1
PF :L PD 360/:N
FIM
```

O que é notável é que, em geral, os estudantes formulam a condição de parada de forma unívoca e correta, tomando consciência da quantificação, porém, não conseguem antecipar a posição em que devem colocá-la no procedimento recursivo. Após tentativas e constatações resolvem o problema, sem conseguir prever que, por exemplo, a terceira "solução" não funciona.

Desafio 3: Estendendo as resoluções gráficas para ângulos A quaisquer

É possível estabelecer uma condição de parada no primeiro procedimento, de modo que as resoluções gráficas sejam completas e sem repetições?

Atividades dos estudantes: Alguns alunos não apresentam a conduta descrita no comentário da Atividade 1 e buscam as regularidades já no procedimento inicial. Percebem quase que imediatamente que não precisam investigar para valores de A maiores ou iguais a 360. De fato, há exatamente três casos a considerar; com efeito, tome-se a decomposição em fatores primos de A e de 360. Das duas possibilidades, uma ocorre:

- ou A não tem fatores primos comuns com 360 - CASO 1 -
- ou A tem pelo menos um fator primo comum com 360.

Na ocorrência desta última, há duas novas possibilidades:

- ou todos os fatores primos de A também são fatores primos de 360 - CASO 2 -
- ou pelo menos um dos fatores de A não é fator primo de 360 - CASO 3 -

No entanto, a identificação dos possíveis não tem sido referida. Os alunos, em geral, tentam a solução SE :C=360/A [PARE], a qual não tem sentido para os casos 1 e 3 citados anteriormente, já que C é um número natural. Percebendo que tal solução é apenas parcial, os alunos buscam, em geral, outras soluções para os demais casos, não apresentando a necessidade de dar uma única solução para todos os casos. De fato, se se quiser estender o formato dado na solução particular para a solução geral, será necessário um novo procedimento recursivo que fornecerá um output para utilização no primeiro procedimento, que é o que calcula o MÁXIMO DIVISOR COMUM entre os números X e Y:

```
APRENDA MDC :X :Y
ATRIBUA "R RESTO :X :Y
```



```
SE :R=0 [saída :Y PARE]
saída MDC :Y :R
FIM
```

Com sua utilização, a condição de parada no procedimento recursivo inicial será:
SE :C=360/(MDC 360 :A) [PARE].

Outra solução geral pode ser obtida:

```
APRENDA POLI :L :A :C
PF :L PD :A
ATRIBUA "R RESTO :C":A 360
SE :R=0 [PARE]
POLI :L :A :C+1
FIM
```

Desafio 4: Outras atividades análogas às anteriores podem ser propostas com variação dos demais inputs na chamada recursiva; por exemplo:

É possível incluir nos procedimentos uma condição de parada de modo a gerar resoluções gráficas interessantes ?

```
APRENDA POLI :L :A :C
PF :L PD :A
POLI :L+1 :A :C+1
FIM
```

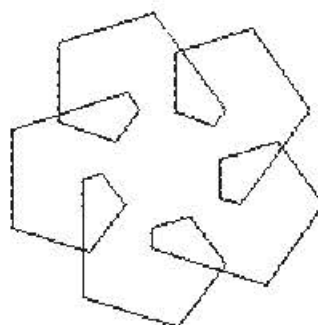
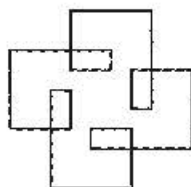
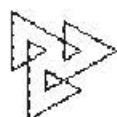
```
APRENDA POLI :L :A :C
PF :L PD :A
POLI :L :A+1 :C+1
FIM
```

```
APRENDA POLI :L :A :C
PF :L PD :A
POLI :L+1 :A+1 :C+1
FIM
```

Atividades dos estudantes: Nestes procedimentos, em geral, os alunos precisam ser auxiliados no estabelecimento da condição de parada sobre o input C. Em geral, suas tentativas de solução relacionam variáveis independentes, tais como C e L como em SE :C=:L [PARE] para o segundo procedimento, ou não têm sucesso, como em SE :C=:L [PARE] para o primeiro ou terceiro procedimentos. A antecipação da impossibilidade de estabelecê-la relacionando C com A ou L na forma SE :C=:L [PARE] ou SE :C=:A [PARE] começa a ocorrer.

Desafio 5: Uma modalidade bastante interessante de apresentar o desafio recursivo ao aluno é aquela que, inversamente, apresenta a resolução gráfica e solicita a elaboração de um procedimento recursivo cuja resolução seja aquela previamente apresentada. Assim:

É possível elaborar um procedimento cuja resolução gráfica seja toda e qualquer das figuras seguintes ?





Atividades dos estudantes: As dificuldades do aluno se manifestam desde a compreensão de cada uma das figuras dadas como compostas de "figuras básicas", até o estabelecimento das relações entre as figuras, as quais determinam os inputs necessários e suficientes para obtenção de toda e qualquer das figuras, passando pelas relações de dependência entre as variáveis de cada figura.

Em geral, os alunos começam por buscar um procedimento para cada figura e trabalham com número excessivo de inputs, não percebendo as relações de dependência necessárias para garantir a unicidade da resolução em cada caso.

Desafio 6: A implementação do seguinte procedimento constitui realmente uma surpresa! Ela pode introduzir a recursão não caudal ou central em que a auto-chamada é seguida de pelo menos uma nova instrução.

```
APRENDA SURPRESA :L
SE :L > 100 [PARE]
SURPRESA :L+20
PF :L PD 90
FIM
```

Sua extensão via a inclusão de novos comandos que enriquecem o procedimento, como no apresentado abaixo, pode se constituir num grande desafio à compreensão da linguagem Logo nas construções recursivas:

```
APRENDA SURPRESA :L
SE :L > 100 [PARE]
PF :L PD 90
SURPRESA :L+20
PT :L PE 90
FIM
```

Atividades dos estudantes: Nessa etapa de construção do pensamento recursivo, os alunos, em geral, não conseguem antecipar o resultado: muitas vezes percebem a repetição das instruções PF :L PD 90 da terceira linha do procedimento o número de vezes necessário para que se verifique a condição de parada e, ao cabo dessa repetição, executam uma única vez as instruções PT :L PE 90 expressa no final do procedimento. Uma hipótese para essa conduta é que tais comandos encontram-se após a chamada recursiva!

Desafio 7: A combinação da recursão central com a inclusão de mais de uma auto-chamada, constituindo a chamada recursão múltipla, constitui uma ferramenta potente na geração de figuras auto-similares (fractais de Mandelbrot). De fato, a programação delas na Linguagem Logo é extremamente econômica e elegante em relação às demais linguagens.

Você é convidado a implementar o procedimento abaixo, com valores de sua escolha para os inputs. Quais as constatações que você pode referir a partir destas implementações ?

```
APRENDA FRACTAL :L :C :N
SE :C=:N [PF :L PARE]
FRACTAL :L/3 :C+1 :N
PE 60
FRACTAL :L/3 :C+1 :N
PD 120
FRACTAL :L/3 :C+1 :N
PE 60
FRACTAL :L/3 :C+1 :N
FIM
```

Atividades dos estudantes: As ações de escolha de valores têm sucesso, revelando tomada de consciência do papel de cada input na resolução gráfica.

Até o momento, procedimentos que envolvem recursões múltiplas não têm sido apresentados pelos



alunos na resolução de problemas com estrutura de repetição. Autores têm referido o pensamento lógico formal como condição necessária para a constituição de recursões de tal ordem. (NETO, 1998). No entanto, após a exploração de algum procedimento como o identificado acima, têm sido capazes de programar outros fractais e até criar alguns.

7. Conclusão e Perspectivas

Praticamente, todos os manuais Logo apresentam a recursão como elemento fundamental da linguagem e preconizam sua introdução desde o início do aprendizado da programação. De fato, a recursão caudal simples (tema desse artigo) tem sido estudada por vários autores e parece ser a forma mais simples do pensamento recursivo.

Segundo Samurçay (1986), o caso geral é aquele de procedimentos com recursão central (presença de instruções antes e depois da auto-chamada); é nele que se evidencia a complexidade da compreensão do funcionamento de um procedimento recursivo. Trabalhos mais recentes (Dupuis, Egret & Guin) põem em evidência a variedade de conceitos errôneos manifestados pelos alunos quando desafiados a descrever procedimentos recursivos. (RETSCHITZKI, 1991)

A compreensão mais ou menos aprofundada do efeito de uma auto-chamada em um procedimento não é senão um primeiro passo no domínio da recursividade; parece evidente que o objetivo a atingir é a capacidade de construir um procedimento utilizando-a. A passagem de uma para outra conduta supõe uma longa experimentação em diferentes situações. Hausmann (1985) relata que a compreensão da recursão é mais passiva do que ativa. (RETSCHITZKI, 1991)

A questão da existência de um pensamento recursivo natural pode ser contestado pelo caráter formal das soluções recursivas: é necessário chamar um procedimento cuja definição não está ainda concluída. Provavelmente, a utilização da recursão necessita de capacidades próprias das operações formais, ainda que Papert declare que o Logo permite "concretizar o formal".

As reflexões anteriores apontam para a necessidade de melhor observar os processos de abstração reflexionante e de generalização que permita identificar as atividades de estruturação do pensamento operatório na construção da recursão e melhor controlar as situações experimentais através da elaboração de desafios mais consistentes com os objetivos.

Por conseguinte, se impõem os seguintes desdobramentos do trabalho:

- investigação da existência ou não de um pensamento pré-recursivo natural;
- investigação da presença do nível operatório formal como condição necessária às construções recursivas na linguagem Logo.

8. Referências bibliográficas

- CHIAROTTINO, Zella Ramozzi. Piaget: Modelo e Estrutura. Rio de Janeiro: Coleção Psicologia Contemporânea, Livraria José Olympio Editora, 1972.
- FAGUNDES, Léa da Cruz. A inteligência distribuída. *Pátio*, Ano 1, N.º1, mai/jul 1997.
- LIMA, Elon Lages. Curso de Análise. Rio de Janeiro: Volume 1, IMPA, CNPq, 1976.
- MACEDO, Lino de. Piaget e a nossa inteligência. *Pátio*, Ano 1, N.º1, mai/jul 1997.
- NETO, A.J., BUSTAMANTE, S.B.V., CABRAL, F.L.. Explorando Recursão e Fractais. In: IV Congresso RIBIE, Brasília, 1998.
- PAPERT, S.. LOGO: Computadores e Educação. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1985.
- PIAGET, J. & INHELDER, B.. Da lógica da criança à lógica do adolescente. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1976.
- RETSCHITZKI, Jean, GURTNER, Jean Luc. Logo et apprentissages. Paris: Ed. Délachaux et Niestlé, 1991.
- VALENTE, José Amando. O uso inteligente do computador. *Pátio*, Ano 1, N.º1, mai/jul 1997.

9. Referências eletrônicas

- [1] <http://www.ufrgs.br/faced/slomp>
- [2] FAQ em <http://cher.media.mit.edu>



Uma abordagem construtivista para a aprendizagem de ciências com o uso do computador.

Marcelo Eichler¹

Resumo: Neste artigo são discutidas algumas concepções sobre a utilização do computador para o aprendizado de química em nível médio. Defende-se um ensino que utilize metodologias ativas para a abordagem de conteúdos centrados no cotidiano do aluno como, por exemplo, temas relacionados ao meio ambiente e à produção de energia elétrica. O computador insere-se nesta proposta através das técnicas de simulação e resolução de problemas.

Palavras-Chave: ambientes de aprendizagem; educação química; epistemologia genética.

Abstract: In this paper are discussed some conceptions about computers use in high school chemistry learning. Should have a teaching that use active methods to study issues centered in student everyday, e.g., environmental themes and electricity production. The computer is used by simulation and problem solve techniques.

Key-works: design environment; chemistry education, genetic epistemology.

1. Introdução

A estratégia de aprendizagem para a química que é descrita neste artigo está, basicamente, assentada na epistemologia genética pela adequação do referencial piagetiano para orientar metodologias de aprendizagem de ciências e, mais particularmente, de química. Uma revisão bibliográfica realizada no final dos anos setenta, apontou mais de 130 publicações em periódicos indexados de ensino de ciências que utilizaram as idéias de Piaget como pauta para proposição e avaliação de estratégias de ensino e aprendizagem, investigações das habilidades de raciocínio dos estudantes de ciências e a natureza do raciocínio formal, revelando a proficiência da obra piagetiana (Good, Kromhout e Mellon, 1979). Recentemente, chegou-se a apregoar a mudança de pautas para as investigações sobre o ensino e a aprendizagem de ciências (Cleminson, 1990; Duschl e Gitomer, 1991; Janiuk, 1993; Kempa, 1986; Larkin e Rainard, 1984; Novak, 1977; Reif e Larkin, 1991), criticando-se as idéias de Piaget e sua utilização para a educação. No entanto, as defesas ao referencial piagetiano não tardaram (Beilin, 1996; Lourenço, 1994; Lourenço e Machado, 1996) e cabe ressaltar que muitas dessas críticas não levaram em conta algumas das últimas obras de Piaget e as revisões que ele fez em sua teoria (Piaget e cols., 1977, 1978, 1986, 1987, 1996).

Em uma de suas primeiras obras, *Recherché*, de 1918, Piaget já relacionava a física como a ciência do fundamento da química, que por sua vez serve de base para biologia, em seus diversos campos de aplicação. (Good, Mellon e Kromhout, 1978; Gruber e Vonèche, 1977). Nesse sentido, entende-se que um ensino somente centrado nos conteúdos e/ou nos problemas próprios da química acabaria por se apoiar em explicações que dariam mais respeito à física. Por outro lado, ao se buscarem os contextos em que se aplicam os conhecimentos químicos é que se possibilitam soluções apoiadas nos modelos descritivos e explicativos da química. Assim, pode-se dizer que é a imersão nos contextos que permite a emergência dos conteúdos químicos e de suas regularidades e diferenças.

Neste artigo, é proposta a aprendizagem de química a partir de problemas de impacto ambiental. Esses problemas são simulados, porque os dados foram recolhidos da realidade e disponibilizados em ambiente mediado por computador, e também virtuais, ou seja, podem acontecer de novo. Se, por um lado, a abordagem de conteúdos de química a partir de questões e implicações do cotidiano favorece a aprendizagem (Chassot e outros, 1993) e a formação do cidadão (Santos e Schnetzler, 1997); por outro lado, a utilização da estratégia pedagógica de resolução de problemas na abordagem de questões de impacto ambiental pode auxiliar objetivos próprios à educação ambiental, tais como: a conscientização e a sensibilização pelos problemas ambientais, a aquisição de habilidades e conhecimentos para determiná-los e resolvê-los, a mudança de valores e comportamentos relacionados ao meio ambiente e a participação em tarefas que propiciem sua proteção (Dias, 1992).

¹ Licenciado em Química. Mestrando em Psicologia do Desenvolvimento (UFRGS), pesquisador da Área de Educação Química (UFRGS). eichler@vortex.ufrgs.br. <http://usr.psic.ufrgs.br/~eichler>



2. A gênese da explicação causal

A solução de problemas ambientais envolve a possibilidade da explicação de sua ocorrência. Mas, a palavra explicação pode apresentar diferentes significados. Em seu sentido denotativo está relacionada à idéia de justificação, esclarecimento, lição, desagravo e razão. Ainda quanto a denotação, o ato de explicar é tornar inteligível ou claro o que é ambíguo ou obscuro, ajuizar, interpretar, justificar, significar, entender ou compreender (Lacerda, Geiger e Barroso, 1996). Em sua etimologia, o termo explicação designa o processo mediante o qual se descobre o que estava envolto, faz-se presente o que estava latente (Ferrater Mora, 1990). Enfim, a explicação do porquê de um problema qualquer permite a identificação de seu agente ou instrumento causador e, a partir dessa, a proposição de sua solução.

No entanto, para Piaget a explicação científica de um fenômeno vai além da simples identificação de antecedentes e entende-se que:

"uma explicação científica no sentido 'causal' do termo só se atinge quando várias leis ou regularidades se integram em um sistema dedutivo que permite que umas sejam necessariamente extraídas a partir de outras" (Lourenço, 1994, p. 174).

Assim, explicação é conceituada como a expressão e o desvendar do modo de produção de um fenômeno material. Nessa concepção, explicar é mostrar como se originou o fenômeno a partir da transformação de uma situação anterior. A causalidade constitui, então, as relações entre fenômenos que ocorrem na realidade e progredem no tempo (Garcia, 1997). De outra forma, isso é possível pelo pressuposto que "os objetos existem e interagem entre si, independentemente do sujeito que os observa e explica" (Dominguez, 1992, p.129).

Mas, a hipótese piagetiana nega qualquer possibilidade de primazia do sujeito ou do objeto, pois postula uma interação entre ambos, na determinação da explicação causal (Dominguez, 1992), onde a construção da causalidade física na criança é interdependente da construção dos conhecimentos lógico-matemáticos (Fagundes, 1986). Para estudar sua hipótese interacionista no contexto da explicação causal, Piaget e Garcia (1971) desenvolveram estudos para caracterizar a interação entre as operações cognitivas e a explicação causal. Desses estudos concluíram que a causalidade possui três características básicas. Uma lei, que é estabelecida a partir da observação e expressa uma relação geral. Uma relação causal, que se obtém dedutivamente e é logicamente necessária, portanto. Finalmente, a construção do sujeito dessa relação causal, que não é observável e sua existência é apenas postulada.

A contribuição do sujeito reside em seu pensamento, ou seja, no exercício do pensar, que se origina na experiência subjetiva e interna. Essa experiência gera esquemas que orientam e determinam a interpretação e a explicação do real. Os esquemas são instrumentos do pensar, que independem do conteúdo de sua origem e atestam o papel do sujeito na formação do conhecimento (Dominguez, 1992), apesar de determinados conteúdos ou situações apresentadas ao sujeito serem mais facilitadoras que outras. Por sua vez, o objeto participa do conhecimento enquanto suporte para observação e experiência, oferecendo conteúdos para serem interpretados pelo sujeito. A partir disso se pode afirmar que "a influência da experiência física e causal sobre o desenvolvimento das estruturas cognitivas reside precisamente na influência dos conteúdos empíricos" (idem, p. 151) e que a explicação causal consiste no uso de ações e operações por um sujeito que cria modelos e os atribui a objetos (Inhelder, 1986). Então, a explicação é modelização.

A busca pela explicação leva a proposição de modelos explicativos ou, em outras palavras, a explicação é possível através de um modelo da realidade. Desta forma, "uma explicação supõe, então, que se estabeleça uma relação de representação, ou correspondência, entre realidade e modelo" (Dominguez, 1992, p.133).

Em qualquer nível de desenvolvimento, a causalidade é elaborada através de interações com as operações de pensamento do sujeito. Nesse sentido, não há uma prioridade entre causalidade e operações, elas se desenvolvem de forma inter-relacionada (Inhelder, 1986). Cabe lembrar que, como em outros casos, a gênese da causalidade parte de uma indiferenciação, nos estágios iniciais, que vai se atenuando e dissolvendo, nos estágios finais. Ou seja, há uma passagem de um estado de indiferenciação dos dados de observação para um de diferenciação, que é possibilitada pelas coordenações inferenciais. Piaget definiu como dados de observação:



"tudo o que pode ser registrado por uma simples constatação de fato (ou empírica): um acontecimento singular, uma relação suscetível de repetição, uma co-variação momentânea ou mesmo regular, permitindo então que se fale em dependência funcional ou lei. Nesse sentido amplo, uma relação ou uma função regulares entre dois dados de observação são ainda dados de observação" (Piaget e cols., 1977, p. 206).

Diferenciando-os das coordenações inferenciais, que foram entendidas como:

"conexões não constatadas, mas deduzidas por composição operatória (e não por simples generalização à base de extensibilidade) e que ultrapassam assim o campo dos dados de observação, em particular enquanto introduzem relações de necessidade" (idem, p. 206).

A análise dos dados de observação relativos à ação fornece o essencial das informações sobre o objeto e, gradativamente, a sua explicação causal, mas a essa situação se acrescentam as coordenações inferenciais que ligam os próprios dados de observação. Assim, na utilização das operações concretas já há um maior grau de diferenciação, mesmo que limitada aos aspectos materiais. Finalmente, somente com as operações formais que se verifica uma plena diferenciação entre sujeito e objeto, formas e conteúdos, aspectos lógicos e causais, então, nesse estágio, "os procedimentos hipotético-dedutivos aliam-se a experiências sistematizadas, gerando 'progressos decisivos' no domínio da causalidade" (Dominguez, 1992, p. 152).

Para Garcia (1997) as explicações causais conferem um caráter de necessidade aos vínculos causais envolvidos na explicação. O processo de construção das explicações causais segue as seguintes etapas: parte-se da situação ou fenômeno empírico a se explicar e de sua representação ou modelização da realidade; sobre essa representação se postula uma "teoria explicativa", onde as relações estabelecidas no modelo são relações lógicas; e, uma vez constatada a correspondência da teoria com os dados empíricos, confere-se o caráter de causalidade às relações entre os dados de observação correspondentes.

Dominguez (1992) propõe que a formação do conhecimento físico está relacionada não só com a evolução dos instrumentos lógicos, mas há, também, a participação da conceituação, pois "o conhecimento físico envolve uma conceituação e, vale frisar, a conceituação determina, tanto quanto os instrumentos lógicos, a leitura e interpretação de um fenômeno" (p. 172). Ora, o referencial piagetiano permitiu, tanto por sua teoria como por sua metodologia, o estudo da conceituação que os sujeitos fazem de sua ação ou da interpretação dos fenômenos.

3. A tomada de consciência

A conceituação foi um dos temas estudados por Piaget com relação à tomada de consciência, que foi feita "à guisa de complementos aos trabalhos sobre causalidade" (Piaget, 1977, p. 9). Já que "as pesquisas sobre a causalidade deviam levar ao problema da tomada de consciência" (idem, p. 10) pois "as estruturas causais são profundamente transformadas conforme os graus de conceituação consciente que modifica a ação" (ibidem, p. 10).

Ao descrever o mecanismo da tomada de consciência, Piaget (1977) afirmou que ela consiste em uma "conceituação propriamente dita, em outras palavras numa passagem da assimilação prática (assimilação do objeto a um esquema) a uma assimilação por meio de conceitos" (p. 200). Já a evolução do processo de tomada de consciência pode ser descrito através de três níveis sucessivos. O primeiro é o da ação material sem conceituação. No plano da ação, as reações iniciais consistem em proceder por meio de esquemas isolados de assimilação, onde há um esforço para conectá-los ao objeto, contudo, não se vai além de acomodações momentâneas. Esses processos não são conscientes para o sujeito. O segundo nível é o da conceituação, que tem origem na ação, mas acrescenta conceitos novos ao esquema, em um processo de construção. Piaget define que:

"a conceituação está longe de constituir apenas uma simples leitura: ela é uma reconstrução (do sujeito), que introduz características novas sob a forma de ligações lógicas, com estabelecimento de conexão entre a compreensão e as extensões" (Piaget e cols., 1977, p. 208).



O terceiro nível, contemporâneo às operações formais, é o das abstrações refletidas, ou seja, de um pensamento com reflexão. Seu mecanismo formador se dá a partir de operações novas, mas realizadas sobre as operações anteriores, e são compostas segundo combinações não efetuadas até aquele momento.

Assim, a passagem da ação para a conceituação consiste na explicação da causalidade, ou na determinação das razões, em termos de conexão entre significações. Se por um lado, "compreender consiste em isolar a razão das coisas" (Piaget e cols., 1978, p. 179), por outro, "fazer é somente utilizá-las com sucesso" (idem). Mas, há de se salientar que, se os sucessos da ação são sempre um projeto de curto ou médio prazo, o mesmo não ocorre com a compreensão ou a procura dos motivos, que é um fim permanente. Dessa forma, a compreensão somente consegue ir além dos sucessos práticos quando a procura das razões ou dos motivos é feita sobre os possíveis e, dessa forma, supera o real.

4. O real, o possível e o necessário

A epistemologia genética de Jean Piaget têm como um de seus pressupostos que a construção de conhecimentos novos se dá através da abertura para novos possíveis. Pôr uma ação ou idéia em curso pressupõe que, antes de tudo, elas tenham sido tornadas possíveis. No entanto, "o possível não é algo observável, mas o produto de uma construção do sujeito, em interação com as propriedades do objeto" (Piaget e cols., 1986, p. 7). Onde são as atividades do sujeito que determinam a abertura de possíveis cada vez mais numerosos e cujas interpretações são cada vez mais ricas. Em um sentido lógico, a abertura aos possíveis se dá por dedução, pois esses estão subordinados a uma lei necessária.

A formação dos possíveis segue uma evolução que está relacionada com a sucessão dos níveis operatórios. No nível inicial, há indiferenciação e se nota a ausência de inferências sobre os observáveis. Os possíveis são abertos por simples analogias, ou seja, seguem uma combinação que ocorre por semelhanças maiores ou diferenças menores e que não é encadeada. Essas características provocam um afastamento em relação ao sistema de partida e modificam a orientação dos procedimentos, o que dificulta o desfecho da ação ou da idéia. Em um segundo nível, começa a ocorrer a diferenciação de formas específicas e capazes de fechamento. Nesse nível, através de operações concretas, começam a aparecer inferências, as abstrações reflexionantes predominam e há o início das deduções. Nessas casos, os possíveis se formam, também, por uma antecipação que é simultânea à ação. Assim, surge uma conjunção entre o possível e o necessário, em que a conclusão da ação ou da idéia passa a ser uma necessidade intrínseca à abertura provocada pelos possíveis. Finalmente, em um terceiro nível as operações formais se manifestam. Os possíveis tomam-se inteiramente dedutíveis, dispensando um apoio material ou controle empírico. Dessa forma, os possíveis passam a ser ilimitados, mesmo que mantendo a relação de necessidade de fechamento. Nesse sentido, pode-se concluir que "tanto o possível como o necessário são produtos das atividades do sujeito" (Piaget e cols., 1986, p. 133).

Um primeiro patamar na evolução do necessário (Piaget e cols., 1987) é o das determinações prévias. Essas estão implícitas no curso da solução de qualquer problema, na construção de modelos ou de estruturas. Mas, para Piaget, a solução de um problema se assenta sobre o sucesso procedural (Inhelder e cols., 1987), ou seja, aquele relacionado às ações. Então, as determinações prévias são aquelas associadas à pesquisa das condições necessárias e suficientes para, por exemplo, encontrar a solução de um problema qualquer. Já a construção de modelos envolve um segundo patamar de necessidade, o qual Piaget denominou aprofundamento, e está associado à explicação ou justificação que os modelos possam dar para ação ou fenômeno observável. Evidentemente que o segundo patamar não exclui o primeiro, como é o caso da necessidade provocada pela antecipação da ação, no qual a modelização desencadeia uma solução vista como necessária. Finalmente, o terceiro patamar é chamado de amplificação e consiste em retirar as conseqüências necessárias, imbricadas e intrínsecas aos modelos explicativos construídos pelo aprofundamento necessário.

Piaget propôs, de modo geral, uma grande lei de evolução englobando o real, o possível e o necessário (Piaget e cols., 1987). Essa evolução passaria por três períodos. O primeiro seria o da indiferenciação, no qual o real é concebido como sendo o que "deve ser", o que conduz a uma pseudonecessidade generalizada. Os únicos possíveis são as poucas variações efetivamente observadas no curso do real. No segundo período ocorreria a diferenciação dessas três modalidades, há a abertura dos possíveis, surgem composições operatórias que são a condição das formas necessárias e o real está relacionado aos conteúdos concretos. Finalmente, no último período haveria a integração das modalidades em um sistema total, onde o real é, por um lado, um



conjunto de diferenciações possíveis e, por outro lado, subordinado as integrações necessárias.

Ora, cabe ressaltar que esses são processos do sujeito e não dos objetos. Os movimentos de exteriorização mostram que a aproximação à natureza intrínseca dos objetos guarda semelhanças com a noção matemática de limite. Dessa forma, "o objeto torna-se mais complexo e nesse sentido recua na medida em que o sujeito se aproxima" (Piaget e cols., 1987, p.128). O possível é a fonte da abertura que permite identificar os próximos passos no caminho em direção ao que é intrínseco ao objeto. Já o necessário é a fonte do fechamento que permite concluir esse passo adiante. Então, conforme a noção de limite, não há um ponto final ou, em outras palavras, não há terminações absolutas para a necessidade. E, por isso, se pode dizer que não existem juízos irrefutáveis enquanto intrinsecamente necessários.

5. Estratégias de aprendizagem: resolução de problemas e tema gerador

Alguns autores tem mostrado como o referencial, até agora apresentado, pode ser desenvolvidas, em sala de aula, através de estratégias de solução de problemas (Pozo e outros, 1998). Mas, é interessante discorrer um pouco sobre o que se entende por problema. Conforme a definição encontrada em dicionários, problema relaciona-se tanto à idéia da questão matemática que necessita de solução quanto às interrogações mais amplas, em qualquer domínio de conhecimento, que são objeto de discussão. A primeira dessas noções está relacionada com a habilidade na utilização de algoritmos algébricos e é um tema que muito preocupa aqueles professores que desejam tão somente melhorar o rendimento de seus alunos nos exames e provas tradicionais (Gabel e Sherwood, 1983; Kempa, 1986) e, inclusive, no vestibular. No entanto, o segundo entendimento faz referência a uma situação, concebida como problemática, em que o sujeito não dispõe de procedimentos automáticos que o levem a soluções imediatas, ou seja, requerem do sujeito alguma forma de reflexão e de tomada de decisão sobre a seqüência de passos a seguir para a proposição de uma ou outra solução. Assim, para se diferenciar, o entendimento algébrico e algoritmo é chamado de exercício, enquanto, problema é considerado uma situação nova ou diferente do que já se aprendeu (Pozo e outros, 1998). Essa situação possui um maior caráter subjetivo e para ela não existe uma só solução, mas sim, a mais adequada (Garret, 1995).

Esse entendimento de problema e sua utilização como estratégia de aprendizagem em sala de aula se assemelha bastante ao conceito de tema gerador, utilizado e desenvolvido pela pedagogia da autonomia de Paulo Freire (1996). O tema gerador é entendido como o assunto que centraliza o processo da educação, sobre o qual acontecem os estudos, pesquisas, análises, reflexões, discussões e conclusões (Corazza, 1992). Segundo a pedagogia da autonomia, o processo de escolha desses assuntos, problemas ou temas geradores é fruto de uma mediação entre as responsabilidades dos professores e os interesses dos alunos.

Na educação científica, por exemplo, Gilbert (1995) mostra a ciência e a tecnologia como exemplos de solução de problemas, entendendo que uma aproximação entre a educação científica e a educação tecnológica² pode ser um valioso veículo para os fins de uma educação construtiva, de um aprendizado eficaz e que esses contribuem consideravelmente ao desenvolvimento dos estudantes a longo prazo, na medida em que, por exemplo:

- ◆ os temas são, ou facilmente podem ser considerados, importantes para os interesses e as preocupações dos estudantes;
- ◆ a metodologia utilizada tem sua orientação centrada no trabalho com projetos;
- ◆ fundamenta-se em questões propostas pelos estudantes; e
- ◆ privilegiam, na contextualização e comparação, a avaliação das informações procedentes de fontes diferentes.

Botkin e Keller (1995) tem como filosofia básica para o ensino de Ciência do Meio Ambiente a apresentação das informações de forma analítica e interdisciplinar. Ressaltando que este tema permite o desenvolvimento do pensamento crítico. A interdisciplinaridade está inclusa na própria natureza da Ciência do Meio

² Para o autor a tecnologia tem amplos significados. Por um lado constitui a soma de conhecimentos e capacidades que se utilizam no processo de solucionar problemas práticos que são importantes para a humanidade. Por outro lado também representa os objetos ou sistemas que são produtos destes esforços, defendendo uma educação na tecnologia, a partir de seus aspectos técnicos (de conhecimentos e de materiais), culturais (os valores por trás da eleição de problemas e necessidades que se pretendem solucionar) e organizativos (a economia e sociologia do comportamento da tecnologia e da utilização de seus resultados).



Ambiente que, nos seus aspectos básicos e aplicados, requer uma sólida fundamentação nas ciências naturais (biologia, química, física, etc.), em adição a antropologia, economia, história, sociologia e filosofia do meio ambiente. O desenvolvimento do pensamento crítico se manifesta desde a simples identificação dos problemas ambientais, passando pela discussão dos diversos pontos de vista envolvidos até chegar a solução destes problemas. A relação da tecnologia, como processo e produto, com o meio ambiente permite a escolha de diversos temas geradores para o ensino de ciências e tecnologia, como por exemplo:

- ◆ os meios de produção de energia elétrica;
- ◆ a contaminação do ar urbano;
- ◆ a diminuição da camada de ozônio;
- ◆ a disponibilidade de água potável;
- ◆ o esgotamento do solo; e
- ◆ o perigo dos resíduos tóxicos.

Segundo Gilbert (1995), o estudo destes temas tem como propósito despertar a noção de que uma geração humana tem o uso da Terra durante sua vida e não deveria comportar-se de forma que seu entorno seja prejudicado para as gerações futuras.

Assim, pode-se imaginar algumas alternativas para a utilização de computadores em atividades de aprendizagem, em realidade de escola, que sigam esse referencial. Uma alternativa será descrita no item 7 deste artigo. Mas, antes cabe discorrer um pouco algumas tendências gerais sobre o uso dos computadores na educação.

6. A aprendizagem de ciências com o uso do computador

Inicialmente, a utilização do computador em atividades de aprendizagem deve ser entendida como mais uma alternativa metodológica a disposição de alunos e professores, da mesma forma como é feito com outras ferramentas, como o quadro negro, o retroprojetor e o livro didático, ou com outros espaços de trabalho, como o laboratório (La Taille, 1989; Lollini, 1991).

Nos últimos anos, a oferta de softwares educativos para o ensino de ciências em nível médio tem aumentado muito. No mercado editorial podem ser encontrados desde programas destinados a um conteúdo específico até pacotes que visam oferecer uma seqüência de conteúdos para todo o nível médio, que seguem, em geral, a mesma orientação dos livros didáticos. No entanto, a pouca qualidade técnica dos materiais educativos computacionais para a área de ciências, que era verificada no início da década, tem sido superada pelo trabalho conjunto entre professores e programadores³. Apesar dessa melhoria, a maneira como professores e programadores entendem a educação e o conhecimento, e a escolha da melhor metodologia a ser utilizada nas relações da educação, estarão manifestadas em seu produto final, o software educacional ou, mais recentemente, o museu virtual e as home-page.

Podemos incluir em uma avaliação e classificação desses materiais computacionais uma componente que se destina a verificar a relação entre as metodologias para a disseminação do conhecimento assistida por computador (exercício-e-prática, tutorial, simulação ou jogo, demonstração e resolução de problema) (Coburn e cols., 1988) e as diferentes abordagens dadas as relações da educação (comportamentalista, humanista, cognitivista e sócio-cultural).

Com essa proposta, poder-se-ia verificar que tutoriais e exercício-e-prática refletiriam uma abordagem comportamentalista do conhecimento. A abordagem cognitivista se manifestaria, em geral, nos programas que possuíssem técnicas de simulação, jogo ou resolução de problemas. Já as demonstrações, devido aos atuais recursos tecnológicos, poderiam ser usadas em uns e outros tipos de programas de computador. Enfim, a utilização em computadores nas abordagens humanista e sócio-cultural necessitariam que eles estivessem ligados em redes telemáticas, desta forma possibilitando uma efetiva interação entre os indivíduos.

A proposta para a educação científica com o uso de computador que é apresentada neste artigo está baseado em pesquisas desenvolvidas com técnicas de simulação e resolução de problemas, distribuídas em redes.

³ Diversas avaliações para softwares educacionais de química, em língua inglesa, podem ser encontrados no URL: <http://www.ilv.ac.uk/ctichem/swrev.html>



Watabe e colaboradores (1995) propuseram um sistema de aprendizagem colaborativa e à distância que possui uma arquitetura distribuída, como pode ser visto na Figura 1. Um servidor para o aprendizado colaborativo (COLS) é ligado a Internet. Também à Internet estão ligados diferentes servidores de comunicação (LOCS) aos quais, por sua vez, ligam-se os usuários. Dessa forma, eles acessam a base de dados que se encontra no COLS e discutem diferentes implicações e conexões de conhecimento, junto aos LOCS.

A base de dados utilizada em sistemas dessa natureza pode ter várias formas, dependendo exclusivamente das qualidades técnicas dos sistemas computacionais que estão ligados ou suportam a rede. Uma das formas possíveis são os exploratórios remotos propostos por Ambach e colaboradores (1995). Esses ambientes de aprendizagem utilizam o máximo dos recursos presentes hoje na Internet. Através de um *browser* o usuário pode acessar os exploratórios, que, segundo os autores, são simulações informatizadas das experiências encontradas nos modernos museus interativos de ciências. Nesses exploratórios o usuário pode interagir com a simulação testando a validade do modelo apresentado, modificando parâmetros ou incluindo novas variáveis, sempre sem danificar a integridade do exploratório original.

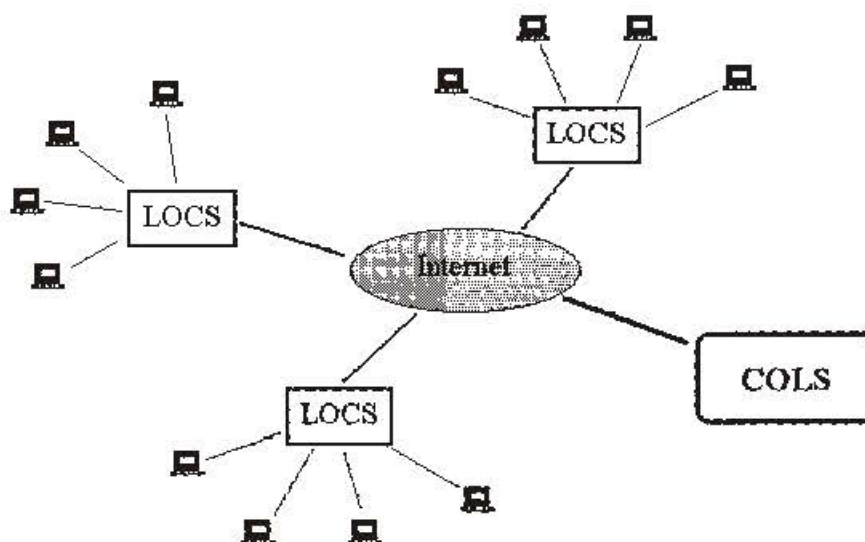


Figura 1 - Configuração em rede para aprendizado colaborativo à distância.

Já a máxima interatividade desses ambientes de aprendizagem poderia ser conseguida através de uma seqüenciação entre os vários ambientes e a ligação com diferentes páginas de textos ou animações de suporte a esses ambientes. Um trabalho desenvolvido por Hay e colaboradores (1994) mostrou como os próprios estudantes podem compor essas páginas de suporte e de que forma eles podem propor as ligações entre os diferentes ambientes e suas páginas de suporte.

7. Um modelo de ferramenta para a aprendizagem de química

No entanto, cabe observar que os trabalhos de Watanabe (1995), Ambach (1995) e Hay (1994), embora tenham desenvolvido modelos e inovações técnicas, estão centrados em uma aprendizagem baseada em conteúdos. As estratégias de aprendizagem apoiadas por essas ferramentas não são aquelas que se postularam como necessárias para a química.

Segundo os aportes apresentados na introdução, entende-se que uma química contextualizada e útil para o aluno, futuro cidadão, deve ser uma química do cotidiano, que pode ser caracterizada como uma aplicação do conhecimento químico estruturado na busca de explicações para a facilitação da leitura dos fenômenos químicos presentes em diversas situações na vida diária (Del Pino e col., 1993).

Então, pode ser citado, como exemplo de ferramenta de aprendizagem de ciência com o uso do computador, um projeto que está em fase de desenvolvimento e utiliza como tema gerador e desencadeador das estratégias de aprendizagem os meios de produção de energia elétrica: hidroelétrica, termonuclear,

termelétrica, geotérmica, solar e eólica (Eichler e Del Pino, 1998). A partir dos possíveis impactos ambientais desses meios de produção são construídas atividades de simulações e de resolução de problemas, que permitem ao usuário:

- ◆ identificar as suas causas e as conseqüências;
- ◆ propor possíveis soluções;
- ◆ decidir sobre os procedimentos de emergência a serem tomados, a partir do estudo das legislações pertinentes;
- ◆ estudar e analisar casos que permitam tomar providências no sentido de evitar possíveis impactos; e
- ◆ escolher o meio de produção de energia a ser ampliado em função do aumento da demanda no consumo.

As situações simuladas dos problemas ambientais estão descritas em uma mapa, representado na Figura 2. Também a esse mapa estão associadas informações de, por exemplo, qualidade do ar, velocidade e direção dos ventos, radiações de fundo e irradiância solar. A comparação dos valores dessas propriedades em relação a sua distribuição no mapa permitem os estudos sobre o impacto poluidor e a escolha de alternativas para a produção de energia elétrica. Por sua vez, os conteúdos teóricos são apresentados a partir de ferramentas hipertextuais, desenhos e/ou animações.

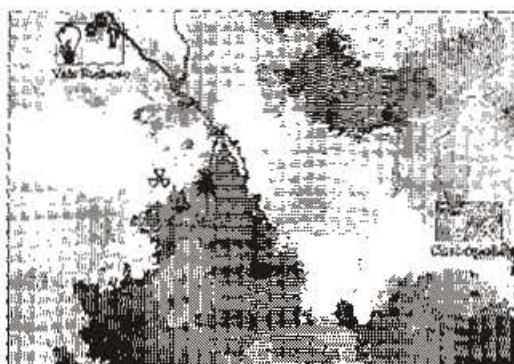


Figura 2 - Cidades locus dos ambientes de aprendizagem mediada por computador

As primeiras atividades foram modeladas junto a uma cidade chamada Carbópolis. Nessa cidade é apresentado um problema de diminuição da produção agropecuária. O objetivo do usuário é identificar a causa do problema apresentado e, em seguida, propor mecanismos para sua solução. Espera-se que com o estudo do problema o usuário descubra que tal ocorreu devido a formação de chuva ácida, causada pela queima de carvão na usina termelétrica existente na região.

Outros problemas são apresentados em Cidade do Átomo e Vale Rochoso. Na primeira cidade, serão abordados os processos de produção de energia termonuclear a partir do estudo sobre as possíveis conseqüências de um acidente na usina nuclear. Na outra, o usuário poderá verificar a produção de energia hidroelétrica e o impacto causado pelo lago criado com a represa da usina.

Essas cidades, que são modeladas, não são totalmente fictícias. Muitos dados incluídos nos problemas simulados são apropriados de estudos de impacto ambiental em regiões como:

- ◆ Candiota, no estado do Rio Grande do Sul, onde está incluída uma usina termelétrica, com fatos semelhantes aos incluídos em Carbópolis;
- ◆ Angra dos Reis, onde se encontram as usinas nucleares brasileiras; e
- ◆ oeste paranaense e sertão bahiano, onde estão algumas das maiores hidroelétricas do mundo.

8. Conclusão

Esse artigo teve a intenção de mostrar como a epistemologia genética, postulada por Piaget, pode ser utilizada no desenvolvimento de estratégias de aprendizagem com o uso do computador.



Entende-se que, para que haja a aprendizagem de conceitos, é necessário que, em sua atividade, o aluno comece a integrá-los em um todo coerente e explicativo. Enfim, sugere-se que a aprendizagem dos conceitos de química partam dos contextos em que eles se manifestam. Nesse caso, a aprendizagem manifestaria características de indução experimental e, esse método, é equivalente ao processo da construção da maior parte dos postulados químicos.

9. Referências bibliográficas

- AMBACH, J e cols.. Remote Explorations: Combining Network Media and Design Environments. *Computers Education*, 24 (3), p. 163-176, 1995.
- BEILIN, H. Mind and meaning: Piaget and Vygotsky on causal explanation. *Human Development* 39, p. 277-286, 1995.
- BOTKIN, D. & KELLER, E. *Environmental Science: earth as a living planet*. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1995.
- CHASSOT, A.I e cols. Química do cotidiano: pressupostos teóricos para a elaboração de material didático alternativo. *Espaços na Escola*, 10, p. 47-53, 1993.
- CLEMINSON, A. Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5), p. 429-445, 1990.
- COBURN, D. e cols. *Informática na Educação*. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 1988.
- CORAZZA, S.M. *Tema gerador: concepções e práticas*. Ijuí, Ed. UNIJUÍ, 1992.
- DEL PINO, J.C. e cols. Química do Cotidiano: Pressupostos Teóricos para a Elaboração de Material Didático Alternativo. *Espaços na Escola*, Vol 10, pp. 47-53, 1993.
- DIAS, G.F. *Educação ambiental: princípios e práticas*. São Paulo: Editora Gaia, 1992.
- DOMINGUEZ, D.C. *A formação do conhecimento físico: um estudo da causalidade em Jean Piaget*. Niterói: EDUFF; Rio de Janeiro: Universidade Aberta, 1992.
- DUSCHL, R.A. & GITOMER, D. Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research In Science Teaching*, 28 (9), p. 839-858, 1991.
- EICHLER, M. & DEL PINO, J.C. Modelagem e implementação de ambientes virtuais de aprendizagem em ciências. In: *IV Congresso Ibero-Americano de Informática na Educação, RIBIE 98*, 1998, Brasília. *Actas...* [CD-ROM], 1998.
- FAGUNDES, L.C. *Psicogênese das condutas cognitivas da criança em interação com o mundo do computador*. Tese de Doutorado em Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.
- FERRATER MORA, J. *Diccionario de filosofia*. Madrid: Alianza, 1990.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática docente*. São Paulo, Paz e Terra, 1996.
- GABEL, D.L.; SHERWOOD, R.D. Facilitating problem solving in high school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, v.20, n.2, p.163-177, 1983.
- GARCIA, R. Análisis constructivista de los conceptos básicos de la ciencia. In: Garcia, R. *La epistemología genética y la ciencia contemporánea*. (pp. 45-68). Barcelona: Gedisa, 1997.
- GARRET, R.M. Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias. *Alambique - didáctica de las ciencias experimentales*, n.5, p.6-15, 1995.
- GILBERT, J.K. Educación Tecnológica: Una Nueva Asignatura en Todo el Mundo. *Enseñanza de Las Ciencias*. 13 (1), p. 15-24, 1995.
- GOOD, R.; KROMHOUT, R.A. & MELLON, E.K. Piaget's work and chemical education. *Journal of Chemical Education* 56, p. 426-430, 1979.
- GOOD, R.; MELLON, E.K. & KROMHOUT, R.A. The Work of Jean Piaget. *Journal of Chemical Education* 55, p. 688-694, 1978.
- GRUBER, H; & VONÈCHE, J.J. *The essential Piaget*. Londres: Routledge and Kegan Paul, 1977.
- HAY, J. e cols. Students as Multimedia Composers. *Computers Education*, 23 (4), p. 301-317, 1994.
- INHELDER, B. Epistemología genética y psicología da causalidad física. In: Piaget, J. & Apostel, L. *Construcción y validación de las teorías científicas: contribución de la epistemología genética*. (pp. 46-57). Buenos Aires: Paidós, 1986.
- INHELDER, B. e cols. Das estruturas cognitivas aos procedimentos de descoberta: esboço de pesquisas atuais. In: Leite, L.B. & Medeiros, A.A. *Piaget e a escola de Genebra*. (pp. 75-91). São Paulo: Cortez., 1987.
- JANIUK, R.M. The process of learning chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70, p. 828-829, 1993.
- KEMPA, R.F. Resolución de problemas de química y estructura cognoscitiva. *Enseñanza de las ciencias*, v.4, n.2, p.99-110, 1986.
- LA TAILLE, Y. *Ensaio sobre o Lugar do Computador na Educação*. São Paulo: Iglu Editora, 1989.
- LACERDA, C.A., GEIGER, P. & BARROSO, M.E.G. *Dicionário Aurélio Eletrônico (Versão 2.0)*. [Software]. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1996.
- LARKIN, J.H. & RAINARD, B. A research methodology for studying how people think. *Journal of Research In Science Teaching*, 21, p. 235-254, 1984.
- LOLLINI, P. *Didática e Computadores - Quando e como a informática na escola*. São Paulo: Edições Loyola, 1991.
- LOURENÇO, O. & MACHADO, A. In defense of Piaget's Theory: a reply to 10 common criticisms. *Psychological Review*, 103 (1), p. 143-164, 1996.



- LOURENÇO, O. **Além de Piaget? Sim, mas devagar!...** Coimbra: Livraria Almedina, 1994.
- NOVAK, J.D. An alternative to piagetian psychology for science and mathematics education. *Science Education*, 61, p. 453-477, 1977.
- PIAGET, J. & GARCIA, R. **Les explications causales.** Paris: PUF, 1971.
- PIAGET, J. e cols. **A tomada de consciência.** São Paulo: Melhoramentos, Edusp, 1977.
- PIAGET, J. e cols. **Fazer e compreender.** São Paulo: Melhoramentos, Edusp, 1978.
- PIAGET, J. e cols. **O possível e o necessário - Volume 1: evolução dos possíveis na criança.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1986.
- PIAGET, J. e cols. **O possível e o necessário - Volume 2: evolução dos necessários na criança.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1987.
- PIAGET, J. e cols. **Abstração reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1986.
- POZO, J. e cols. **A solução de problemas.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- REIF, F. & LARKIN, J.H. Cognition in scientific and everyday domains: comparison and learning implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, p. 733-760, 1991.
- SANTOS, W.L.P. & SCHNETZLER, R.P. **Educação em química: compromisso com a cidadania.** Ijuí: Editora Unijuí, 1997.
- WATABE, S. e cols. An Internet Based Collaborative Distance Learning System: CODILESS. *Computers Education*, 24 (3), p. 141-155, 1995.