

A via glicolítica: investigando a formação de conceitos abstratos no ensino de biologia

Zélia Maria Soares Jófili

Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, UFRPE (jófili@gmail.com)

Risonilta Germano Bezerra de Sá

Secretaria de Educação-PE, Secretaria de Educação-Recife
(risogermano@hotmail.com)

Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leão

Dep. Morfologia e Fisiologia Animal e Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências,
UFRPE
(amanjos2001@gmail.com)

Resumo Realizamos o presente estudo considerando que a construção de significados ocorre com base nas construções realizadas anteriormente. Na perspectiva de uma prática construtivista é importante compreender a gênese dos conceitos espontâneos e a sua importância no processo de aprendizagem. Nosso principal objetivo foi identificá-los entre estudantes de graduação em Licenciatura, sobre a via glicolítica. A intervenção foi realizada numa turma de Licenciatura em Biologia, na disciplina de Bioquímica I, envolvendo onze duplas de alunos. Após a análise dos resultados dos pré e pós-testes percebemos que os alunos demonstraram apresentar lacunas conceituais, comprometendo a compreensão do conceito de uma forma sistêmica.

Introdução

A compreensão dos processos que resultam na formação de conceitos está relacionada à compreensão dos mecanismos que o indivíduo é capaz de acionar diante de uma situação que exija o exercício de um trabalho mental. Significa entender quais são as relações necessárias para que se estabeleça uma dinâmica capaz de favorecer, de forma efetiva, a aprendizagem. Tudo isso toma uma dimensão maior quando se percebe que a formação de conceitos deve ser considerada “como uma função do crescimento social e cultural global do adolescente, que afeta não apenas o conteúdo, mas também o método de seu raciocínio” (VYGOTSKY, 1999 p. 73).

É importante a compreensão, pelos professores, de que a construção de um conceito pressupõe “o desenvolvimento de muitas funções intelectuais: atenção deliberada, memória lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar” (VYGOTSKY, 1999 p. 104). Uma consequência desse pensamento é que, ao elaborar o planejamento de ensino, deve-se levar em consideração que esses processos requerem uma evolução e que nem sempre acontecem espontaneamente numa aula ou numa determinada série.

O desafio posto ao professor é o de compreender os mecanismos que possibilitam ao aluno, dentro de uma concepção de evolução conceitual, a passagem de um nível para o outro. Vygotsky afirma que “Descobrir a complexa relação entre o aprendizado e o desenvolvimento dos conceitos científicos é uma importante tarefa prática” (p. 109).

El-Hani e Bizzo explicam o processo de evolução conceitual, na dinâmica da sala de aula, da seguinte forma:

Quando a sala de aula se torna palco de conflitos entre visões de mundo dos estudantes e as concepções científicas, a alternativa mais racional não parece ser a de forçá-los a uma opção, mediante conflitos cognitivos, mas a de reconhecer e explicitar domínios particulares do discurso nos quais as concepções científicas e as idéias dos alunos tem, cada qual no seu contexto, alcance e validade (EL-HANI E BIZZO, 1999, p. 12).

Conceitos espontâneos

Dentro de uma perspectiva de ensino construtivista é importante compreender a gênese dos conceitos espontâneos e a sua importância no processo de aprendizagem.

Hoje é possível apontar, a partir de vários estudos na área da psicologia cognitiva, que a aprendizagem é um processo de construção interna e não ocorre, exclusivamente, através da transmissão de conhecimentos feita pelo professor. Segundo Schnetzler, o aluno aprende “por um processo seu, idiossincrático, próprio, de atribuição de significados que resulta da interação de novas ideias com as já existentes na sua estrutura cognitiva” (SCHNETZLER, 1992, p. 17).

A autora continua afirmando que na mudança conceitual não ocorre um descarte da concepção prévia em favor das novas ideias apresentadas pelo professor. Não “se trata de destruir as concepções prévias dos estudantes, mas sim de se desenvolver um processo de ensino que promova a evolução de suas ideias” (SCHNETZLER, 1992, p. 20).

Conforme citado por Carvalho (1992, p. 13),

Os conhecimentos científicos não foram construções arbitrárias, senão que partiram de — e quase sempre enfrentaram — concepções pré-científicas de uma certa coerência, sendo que as explicações aristotélicas dos fenômenos da natureza perduraram por mais de 20

séculos e a mudança para uma física clássica não foi uma transformação fácil, exigindo, além de mudanças conceituais, modificações na metodologia de se resolverem os problemas propostos (GIL, 1986; GIL *et al.*, 1992).

“Devemos falar hoje de *conhecimento-processo* e não mais de *conhecimento-estado*” (JAPIASSU, 1992, p. 27). O autor explica que só é possível conhecer realmente quando se passa de um conhecimento menor para um conhecimento maior, cabendo à epistemologia a análise das etapas da estruturação desse processo chegando sempre a um conhecimento provisório, nunca definitivo.

Carvalho (1992) explica que na perspectiva do ensino construtivista sempre se parte de alguns pressupostos teóricos de origem epistemológica e psicológica para explicar como a humanidade produz seu conhecimento. A autora aponta três pressupostos a serem considerados na prática pedagógica tida como construtivista;

- O aluno constrói o seu próprio conhecimento;
- O conhecimento é contínuo e parte do que já é conhecido;
- O conhecimento a ser ensinado deve partir do conhecimento que o aluno já tem

Considerando que necessariamente não há um descarte da ideia prévia do estudante em prol das novas ideias trabalhadas em sala, ao planejar uma aula de Biologia, é importante considerar “que os alunos possuem uma série de ideias bastante estabelecidas sobre os mais diversos fenômenos” (CARRETERO, 1997, p. 67) e que é através desses conceitos espontâneos que os mesmos explicam os fenômenos ao seu redor e compreendem a realidade em que vivem, portanto se faz necessário considerá-los no estudo em sala de aula como ponto de partida, uma vez que serve como segmento estruturado de leitura de mundo onde o estudante vai interagir com as demais visões de seu colegas e o conceito científico.

Formação do conceito de glicólise

Foi a partir do século XIX que os naturalistas atentaram para “o fato de que as propriedades macroscópicas dos organismos estavam relacionadas a uma realidade microscópica que necessitava ser estudada” (BASTOS, 1992, p.64). Esta realidade microscópica refere-se aos diversos níveis de organização dos seres vivos. Quanto às células, por exemplo, são estruturas visualizadas apenas por microscopia, assim como sua organização social (tecidos). Entretanto,

deve-se considerar ainda a organização molecular da célula, nos aspectos estrutural e funcional, caracterizando um universo submicroscópico. A ausência de “atributos diretamente perceptíveis” à aprendizagem, relaciona-se, no meio escolar, a “dificuldades típicas do ensino de conceitos abstratos” (p.65).

Em sua pesquisa, Bastos constatou que os alunos investigados não apresentaram ideias acerca do destino do alimento e do oxigênio. Ele alerta para a necessidade de se estudar os processos de utilização de energia química na célula, “pois se o aluno desconhecer as vertentes imediatas do consumo de energia na célula, a fotossíntese e a respiração não lhe farão sentido” (p. 67).

No estudo do metabolismo energético, as vias (rotas) metabólicas, o detalhamento de sua regulação, o balanço energético em termos do número de ATP gastos e sintetizados a partir de cada molécula de glicose metabolizada se sobressaem, sendo principalmente explorados nos livros didáticos. Tradicionalmente, estes conteúdos são trabalhados de forma compartimentalizada e fragmentada, favorecendo a memorização. Elliott & Elliott (2001) justificam este fato por serem estas vias muito complexas para serem estudadas individualmente e também pelo fato da compreensão dos processos de regulação metabólica exigir uma grande quantidade de conceitos prévios. Um processo vital para a manutenção da vida é a síntese de ATP a partir de glicose, gorduras e aminoácidos. Para tal, é importante ressaltar que os diferentes tecidos do corpo apresentam características bioquímicas especiais, de forma que alguns órgãos assumem um papel especial nesse contexto: fígado, músculos esqueléticos, cérebro, células adiposas e hemácias (ELLIOTT & ELLIOTT, 2001).

Uma vez que a glicose é o combustível celular por excelência, alguns caminhos metabólicos são seguidos por essa molécula no interior da célula: (1) Glicólise, a qual ocorre no citosol; (2) Transporte do piruvato para a matriz mitocondrial; (3) Conversão do piruvato em acetil coenzima A (acetil-CoA), que por sua vez, alimenta o (4) Ciclo de Krebs (ou ciclo do ácido cítrico ou ciclo dos ácidos tricarboxílicos); (5) Cadeia transportadora de elétrons, onde os elétrons são transferidos gradualmente para o oxigênio, formando-se H_2O como produto final. A maior parte do ATP é sintetizada nesta etapa.

No estudo do conceito de glicólise é importante compreender em que contexto ocorre esse processo. Os animais se alimentam em intervalos periódicos, de forma que o corpo está exposto à alternância entre situações de jejum e de suprimento alimentar. Observam-se situações bastante variadas, pois os períodos entre as refeições variam desde pequenos

intervalos ao longo do dia até períodos mais longos, como durante o sono. Assim, são necessários recursos bioquímicos para suprir as necessidades orgânicas em tais situações. Após uma refeição, o sangue torna-se altamente concentrado, pois as moléculas do alimento são digeridas e absorvidas. O estudo do trânsito das moléculas de alimento entre os diferentes tecidos através do sangue, suas transformações no interior da célula e a regulação de tais processos para satisfazer as necessidades fisiológicas no corpo fundamenta o estudo do metabolismo.

Trata-se assim, de um conjunto de conceitos em diversos níveis de complexidade que se inter-relacionam e que envolvem: (1) oxidação das moléculas dos alimentos para prover a energia necessária para os processos celulares na forma de ATP (adenosina trifosfato); (2) conversão das moléculas de alimento em novo material celular e outros componentes essenciais (enzimas, ácidos nucleicos, lipídeos); (3) processamento dos resíduos celulares para facilitar sua excreção através da urina, fezes, suor, lágrimas e leite (NELSON & COX, 2004).

Durante o ensino médio, trabalha-se com o conceito de respiração celular, o qual aborda a glicólise aeróbica e anaeróbica, sem relacionar tais processos com outros eventos moleculares, como o Ciclo de Krebs e a Cadeia Transportadora de Elétrons ou ainda com a regulação da glicemia, envolvendo os hormônios insulina e glucagon, assim como a respiração pulmonar (SÁ et al., 2005).

A teoria da flexibilidade cognitiva (TFC) proposta por SPIRO *et al.* (1988) se aplica à “aquisição de conhecimentos de nível avançado em domínios complexos e pouco estruturados” (CARVALHO, 2000, p. 140) e pode trazer importantes contribuições para o ensino-aprendizagem de conceitos abstratos e complexos como os das áreas de Genética e Bioquímica.

Metodologia utilizada

A intervenção foi realizada numa turma de 3º período de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFRPE, na disciplina de Bioquímica I, envolvendo onze duplas de alunos, tendo como objetivos:

- Levantar as concepções alternativas dos alunos de 3º Período de Licenciatura em Ciências Biológicas sobre glicólise;
- Realizar uma intervenção pedagógica, trabalhando o conceito de glicólise;

- Verificar através do pós-teste a construção conceitual atingida;
- Traçar o perfil conceitual a partir do pré-teste.

A intervenção pedagógica constou de três etapas, onde se trabalhou o conceito de glicólise, que é a primeira etapa da Respiração Celular. Seguimos um modelo de ensino construtivista, proposto por Driver e Oldham (SCHNETZLER, 1992), em uma sequência de cinco fases.

A primeira etapa se deu com a orientação e elicitação sobre o processo de glicólise, utilizando um pré-teste composto de dez questões objetivas e quatro questões discursivas, aplicadas em seleções de vestibulares no Brasil. Tal mecanismo foi utilizado para o levantamento das concepções alternativas sobre o conceito de glicólise. Após a realização do pré-teste, foi distribuído com a turma um texto introduzindo o conteúdo de glicólise. Nesta etapa trabalhou-se com estudo em grupo, problematizando e sistematizando o conteúdo. Os alunos discutiram o texto dado e responderam às questões contidas na problematização.

Na segunda etapa, buscou-se a reestruturação e aplicação dos resultados trabalhados nos grupos, realizados na primeira etapa. Buscou-se, então, construir o modelo conceitual através da modelização, utilizando os próprios alunos. A introdução de novas informações foi feita a partir da apresentação, utilizando *powerpoint*, de um esquema sobre glicólise. Ainda nesta fase realizaram-se dois experimentos sobre fermentação, usando em um deles como substrato o “caldo da cana”; e no outro, um meio de cultura elaborado com gelatina sem sabor, extrato de cana “caldo de cana” e glicerina, para o desenvolvimento de colônias de leveduras.

A terceira etapa concretizou-se com a revisão dos conteúdos trabalhados a partir da realização do pós-teste e construção de mapa conceitual.

Resultados e discussões

As questões objetivas contidas no instrumento de avaliação envolviam o reconhecimento e a identificação de conteúdos relacionados à respiração celular com destaque para a fase da glicólise, a partir de situação contextualizada, de esquema e citação. As questões foram avaliadas, levando em consideração os seguintes indicadores de categoria:

1. Reconhecer o local, na célula, onde ocorre a maior parte de respiração celular;
2. Reconhecer o local, na célula, onde é formado o ATP;
3. Identificar a sequência do encadeamento da respiração celular;
4. Reconhecer a molécula de ATP a partir de um esquema;

5. Identificar o produto da glicólise anaeróbica;
6. Reconhecer o local da célula onde ocorre a glicólise;
7. Identificar, a partir de uma situação dada, a glicólise anaeróbica;
8. Identificar, a partir de um esquema envolvendo a relação de respiração celular e fotossíntese, os seus produtos;
9. Identificar, a partir de um esquema da respiração celular, a fase da glicólise.

Quanto às questões subjetivas, a avaliação levou em consideração os seguintes indicadores:

1. Diferenciar os processos de fotossíntese e respiração celular em relação à produção de ATP;
2. Explicar o que é fermentação e onde ocorre;
3. Explicar a vantagem de se reservar energia na forma de molécula de ATP e não em forma de molécula de glicose;
4. A partir de uma situação, explicar a produção de energia nos músculos e citar os produtos desse processo.

A Figura 1 ilustra o percentual de acertos nos pré e pós-testes, referentes às questões objetivas. É possível observar, diante de tais resultados, que os alunos demonstraram conhecimento sobre a organela citoplasmática, responsável pela transformação de energia, no caso a mitocôndria. A partir da apresentação de um esquema conceitual, os alunos demonstraram certa facilidade em identificar a molécula de ATP, porém apresentam lacunas conceituais em relação ao metabolismo de transformação de energia, como é possível observar nos indicadores 6, 7 e 8.

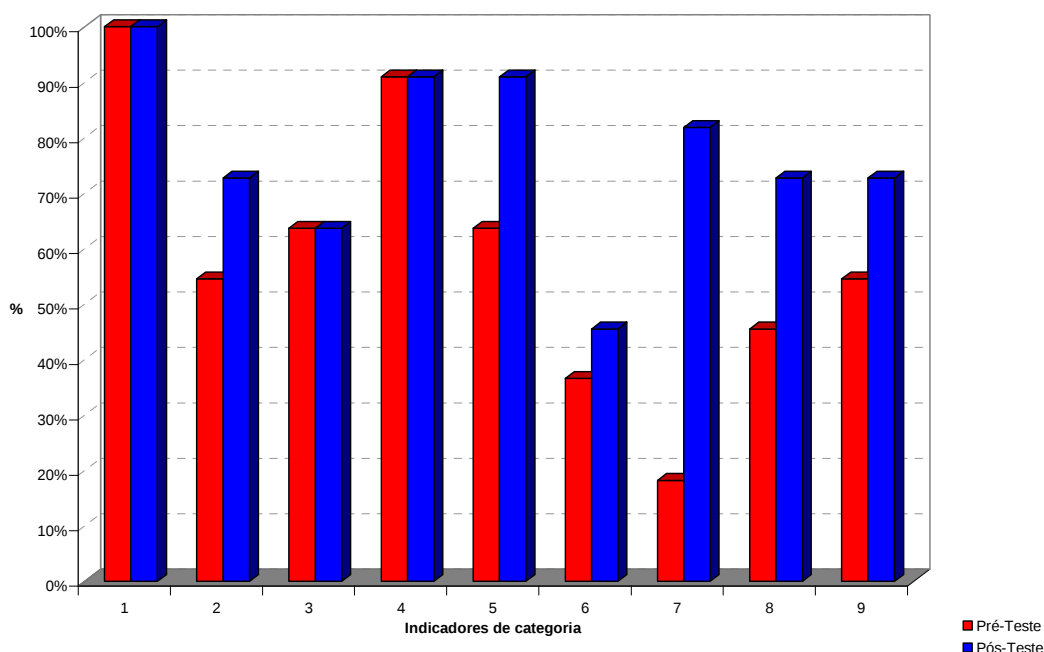


Figura 1 – Resultados dos pré-testes e pós-testes de questões objetivas.

Diante dos resultados do pós-teste, observa-se um significativo avanço nas respostas que envolvem os indicativos 5, 7, 8, 9. Esses indicadores foram explorados na intervenção onde se trabalhou o conceito de glicólise. Já nos indicadores envolvidos com o metabolismo de respiração celular, os graduandos não apresentaram mudanças conceituais como é observado nos indicadores 3 e 4, ou a mudança foi moderada como demonstra o indicador 2.

Na Figura 2, onde estão apresentados os indicadores referentes às questões subjetivas, observam-se com maior facilidade as lacunas conceituais envolvendo o metabolismo energético. No indicador 1, que trata da relação entre fotossíntese e respiração celular, os alunos não apresentam desempenho. Nos indicadores 2, 3 e 4, percebe-se uma melhora na avaliação. Atribui-se a este resultado a possível relação estabelecida pelos graduandos, entre o experimento com o extrato da cana - realizado na segunda etapa do desenvolvimento da intervenção pedagógica - e o conceito de fermentação.

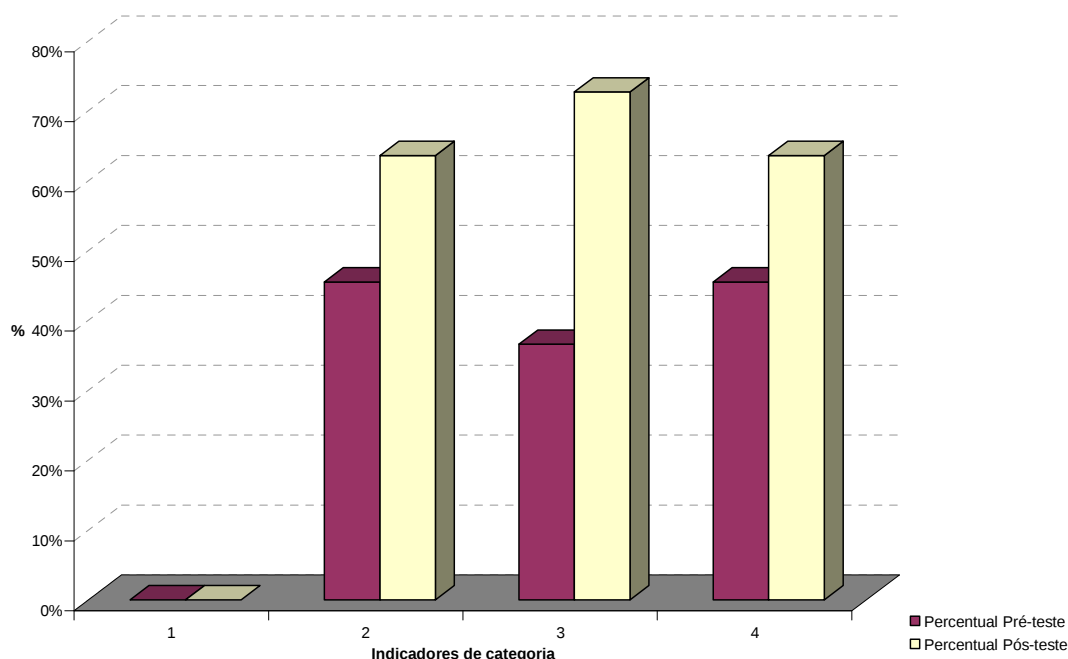


Figura 2 – Resultados dos pré-testes e pós-testes de questões discursivas.

Quanto ao perfil dos graduandos observado no pré-teste, constata-se que a turma não apresentou um conceito formado de respiração celular que envolva o seu metabolismo energético e não reconheceu suas etapas e processos. Fizeram referência à respiração celular como sendo a responsável pela “obtenção” de energia, da mesma forma que identificaram a molécula de ATP como a fonte energética, não estabelecendo relações com outros processos que envolvem a transformação de energia, como por exemplo, a fotossíntese. Em relação a este último, só indicaram os produtos do metabolismo, precisamente o oxigênio e a glicose.

Considerações

É possível observar, a partir dos resultados obtidos nos pré-testes e pós-testes, que a turma apresenta lacunas conceituais envolvendo os conteúdos necessários à compreensão do conceito trabalhado, como por exemplo, funções orgânicas, reações químicas, ligações químicas e o próprio metabolismo celular que envolve as transformações energéticas. Como na intervenção não se trabalhou estas lacunas conceituais, alguns indicadores apresentaram, após a intervenção, desempenho mediano.

Outro elemento observado foi a dificuldade que os alunos apresentaram em questões que envolvem abstrações, não conseguindo estabelecer relações entre o universo microscópico e as

funções orgânicas macroscópicas, apresentando uma maior facilidade com questões contextualizadas ou em forma de esquemas.

É possível inferir, a partir dos resultados, que os graduandos demonstraram possuir um conhecimento fragmentado em relação ao metabolismo energético. Apresentaram, também, dificuldades em estabelecer relações com outros conceitos e, em alguns momentos, expressaram respostas prontas, que provavelmente se construíram em um contexto de formação que não privilegia o universo microscópico e a relação da parte com o todo.

Para que os alunos não avancem em sua escolarização com visões fragmentadas ou distorcidas em relação ao metabolismo energético, é importante que os cursos de Licenciatura em Biologia considerem, na formação dos futuros profissionais, a discussão de como se dá a construção de conceitos que envolvem o universo do metabolismo microscópico, considerando o contexto onde ocorre, bem como a interação de áreas de conhecimentos afins, como a química, física e a biologia. El-Hani (2002) explica que a matéria viva é caracterizada pelo padrão configuracional molecular enquanto entidades funcionais do sistema permanente físico químico e biológico.

Referências

- BASTOS, Fernando. Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências. **Em Aberto**, Brasília, 55: 63-67 jul./set.1992.
- EL – HANI, C. N.; BIZZO, N. M. V. Formas de construtivismo: mudança conceitual e construtivismo contextual. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 3., 1999, Valinhos – SP. **Anais...** São Paulo: ABRAPEC, 1999, p. 1–25. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v4_n1/4113.pdf>. Acesso em: 28 set. 2006.
- CARRETERO, Mário. **Construtivismo e educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- CARVALHO, A. A. A. A representação do conhecimento segundo a Teoria da Flexibilidade Cognitiva. **Revista Portuguesa de Educação**, ano 13, v. 001, Universidade do Minho, Portugal, 2000 pp. 169-184.
- CARVALHO, Ana Maria P. Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências. **Em Aberto**, Brasília, 55: 9-16 jul./Set.,1992.
- ELLIOTT, William H., ELLIOTT, Daphne C. **Biochemistry and Molecular Biology**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2001. p. 109-177.

- GIL, D. et al. La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Barcelona: Horsori, 1991.
- JAPIASSU, H. **Introdução ao pensamento epistemológico**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1992.
- NELSON, D. L., COX, M. M. Lehninger. **Principles of Biochemistry**. 4th ed., New York: Freeman, 2004. 1100p.,
- SÁ, R. G., JÓFILI, Z. M. S., CARNEIRO-LEÃO, A. M. A. Concepções espontâneas de respiração pulmonar por alunos do ensino fundamental I. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 4, 2005, Bauru, SP. **Anais...** São Paulo: ABRAPEC, 2005.
- SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências. **Em aberto**, Brasília, 55: 17-21 jul. /set., 1992.
- SPIRO, R. J., COULSON, R. L., FELTOVICH, P. J., & ANDERSON, D. Cognitive flexibility theory: Advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. **Tenth Annual Conference of the Cognitive Science Society**. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1988.
- VIGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes (traduzido do thought and language por Jefferson Luiz Camargo), 1999.