UM OBSTÁCULO À APRENDIZAGEM DE CONCEITOS EM BIOLOGIA: GERAÇÃO ESPONTÂNEA x BIOGÊNESE

*José Trivelato Júnior**

■ RESUMO: Neste artigo discutimos a importância da superação de alguns conceitos alternativos que atuam como obstáculos à aprendizagem de temas importantes da Biologia: conceitos relacionados a atividade dos microrganismos na natureza. O conceito de vida e a teoria da biogênese dos organismos macroscópicos, são conhecimentos construídos bem cedo pelas crianças, porém o mesmo não acontece quando o tema é a geração de fungos e de bactérias. A História da Ciência nos mostra a distância entre a descoberta dos micróbios (1696) até a aceitação da teoria biogênica para as bactérias (final do sec. XIX). Discutimos, também, as idéias dos alunos (7 a 15 anos) a respeito da geração dos fungos e das bactérias que causam a decomposição orgânica.

■ UNITERMOS: Conceitos alternativos; Decomposição orgânica; Geração espontânea; Biogênese; Pasteur; Obstáculo à aprendizagem.

ABSTRACT: Our aim is to discuss the importance of overcoming some alternative concepts which work as learning obstacles to important themes in Biology: concepts related to microorganisms activity in nature. The concept of life and biogenesis are early built by children but it doesn't happen the same when the subject is fungi and bacteria generation. Science History shows the distance between microbe discovery (1696) up to the acceptance of biogenic theory for bacteria (end of XIX century). We also discuss the students' ideas (7 up to 15 years old) about the generation of fungi and bacteria that take part in organic decomposition.

KEYWORDS: Alternative conceptions; Organic decomposition; Spontaneous generation; Biogenesis; Pasteur; Learning obstacles.

---

* Mestre em Didática (área de Ensino de Ciências e Matemática) e Doutorando em Didática pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

1. Introdução

Os estudos das concepções dos alunos sobre temas científicos proliferaram a partir da década de oitenta, tornando-se muito numerosos. Em situações de ensino, as concepções dos alunos se mostraram mais resistentes do que se supunha e muitas das experiências que buscavam mudanças conceituais não tiveram o êxito esperado.

O ensino que procurava conflitar as idéias dos alunos com contra-exemplos ou experiências realizadas cientificamente sequer arranhavam a concepção dos alunos. Na maioria dos casos os alunos moldam os resultados dos experimentos à sua concepção ou criam "teorias" próprias para aquele conhecimento, não o incorporando a uma rede mais ampla de conhecimento. Assim, as explicações dadas pelos alunos para situações concretas do cotidiano continuam atreladas a uma rede de conhecimentos espontâneos, pessoal e própria de cada aluno (afinal esse é o único conhecimento digno de confiança para as pessoas), não considerando as teorias científicas "aprendidas" na escola. (GIORDAN 1988 p.55, ASTOLFI 1994, DRIVER 1988, CUBERO 1989).

As concepções dos alunos explicam uma gama de situações diferentes com a mesma e complexa estrutura conceitual enquanto que as atividades didáticas, normalmente, entram em conflito com apenas uma parte do esquema conceitual do aluno, não sendo fortes o suficiente, naquele momento, para mudar a representação do aluno. Essa concepção alternativa não aceita pela ciência ou distante da explicação científica somente será substituída por outra quando ela não for mais capaz de responder muitas das questões que se apresentam para o estudante.

Sem dúvida alguma a forma do cientista criar teorias não difere, quanto à estrutura básica, da forma de elaboração dos conhecimentos dos alunos (ou não cientistas) (COULON 1995 p.16-17 e POPPER *apud* SILVEIRA 1993 p.23-25), a qual é fortemente influenciada por valores, crenças, dados observados (empíricos ou não), fatores culturais, meio social em que está imerso, grupo político a que pertence, etc.

As concepções alternativas dos alunos estão ligadas à idéia de algo que funciona como um obstáculo à aprendizagem. No entanto concepções alternativas e obstáculos à aprendizagem têm caráter diferente no que se refere ao ensino de ciências. A diferença reside no fato de que as concepções são uma forma de conhecimento entre outras, que funciona como uma interpretação coerente dos fenômenos científicos, embora diferente da explicação aceita pela ciência. O obstáculo apresenta um caráter mais geral e mais transversal que a concepção, pois é a partir dele que se procura identificar a lógica cognitiva alternativa ou seja, por que existe a necessidade de manter um determinado sistema de pensamento. A não superação do obstáculo faz com que o aluno não mude a sua representação, mesmo quando submetido à pressão do ensino visando mudar algum aspecto da sua concepção.

Diversas noções, sem vínculo aparente, podem aparecer como pontos de emergência de um mesmo obstáculo, ou, ao contrário, vários obstáculos podem convergir para a determinação da mesma representação. Podemos então considerar

que o obstáculo funciona como o "núcleo duro" de uma concepção (ASTOLFI 1994). A mudança conceitual só é possível com a superação do obstáculo que sustenta um sistema de explicações da pessoa.

Podemos fazer uma relação direta entre os obstáculos epistemológicos superados pelas ciências com os obstáculos ontológicos vivenciados pelos estudantes. Neste sentido o conhecimento sobre os processos e etapas do desenvolvimento histórico de teorias científicas que produziram novos paradigmas é fundamental para a superação dos obstáculos ontológicos dos alunos, desde que seja constatada uma similaridade entre as duas formas de desenvolvimento de conhecimento, ou seja a dos cientistas e a dos alunos.

Muitos dos estudos sobre evolução de conceitos científicos (ou processos científicos) realizados recentemente mostraram que os alunos experimentam caminhos semelhantes aos da ciência na construção do conhecimento. Os trabalhos de VIENNOT (1979), GIORDAN e DE VECCHI (1988), NERSESSIAN (1989), TRIVELATO JR. (1995) entre outros, demonstraram a importância do uso da História da Ciência como ferramenta para a organização de atividades didáticas relacionadas aos conceitos trabalhados, como por exemplo, a representação de força e a teoria do *impetus*; a concepção da fecundação e as teorias preformistas; a representação celeste de Aristóteles e a teoria geral da gravitação de Newton; a concepção de geração espontânea e a teoria da biogênese.

Vários autores como CARVALHO (1993) e GIORDAN (1989), com quem concordamos, afirmam que para a organização de atividades de ensino, é importante conhecer os obstáculos epistemológicos e as concepções dos alunos a respeito do tema científico a ser trabalhado. A criação dessas atividades fica mais fácil quando há um paralelismo entre a história da ciência e a psicogênese.

2. Um obstáculo para o desenvolvimento do conhecimento biológico

Um exemplo de obstáculo a ser superado pelos alunos é a ampliação do mundo vivo para além dos animais (vertebrados e invertebrados) e dos vegetais. Um grupo de organismos com quem temos um contato cotidiano, mas que nem sempre é incluído pelos alunos na categoria dos seres vivos é o dos microrganismos (bactérias e fungos).

Com facilidade, crianças de pouco mais de cinco anos incluem os vertebrados e os invertebrados macroscópicos no mundo dos seres vivos, enquanto que a inclusão dos micróbios neste mundo não é tão direta como pode parecer.

O ensino de Ciências nas primeiras séries do primeiro grau inclui em seus currículos temas como a classificação e a função dos seres vivos, sendo comum a introdução de figuras e textos que descrevem os microrganismos.

Em nossa pesquisa recente (TRIVELATO JR. 1995) constatamos que a maioria das crianças de 7 a 10 anos não inclui os fungos e as bactérias, responsáveis pela decomposição orgânica, entre os seres vivos. A não inclusão desses microrganismos no mundo vivo é um obstáculo à construção e à compreensão de conhecimentos importantes da Biologia, como por exemplo, a participação de organismos patogênicos em muitas doenças do homem e dos animais e a

compreensão dos processos de apodrecimento e reciclagem da matéria orgânica. Além disso essas crianças acreditam na teoria da geração espontânea e não aceitam a biogênese, quando se trata de fungos e de bactérias.

O ensino de temas biológicos, como a reprodução de micróbios, a origem de doenças causadas por bactérias ou outros seres microscópicos, a decomposição da matéria orgânica e a importância dos fungos e das bactérias para a reciclagem dos minerais, está relacionado ao mesmo obstáculo conceitual para os estudantes que não aceitam os micróbios como seres vivos.

Quando o objetivo específico de uma atividade didática é ensinar a decomposição orgânica ou o ciclo dos minerais na natureza, o professor somente terá sucesso se o "núcleo duro" da concepção alternativa do aluno for superado ou seja, se o estudante incluir os micróbios na sua concepção de mundo vivo e estender o conceito de biogênese para além dos seres macroscópicos.

3. A compreensão da decomposição orgânica: da geração espontânea à biogênese

Não foi fácil para a Ciência incorporar em seus conhecimentos a explicação de como se dava a decomposição da matéria orgânica (apodrecimento e fermentação). Da Grécia antiga até o Renascimento o conhecimento do mundo vivo não mudou muito. Os intelectuais do século XVI repetiam o que Aristóteles, Hipócrates, Galeno etc. haviam dito. Para Aristóteles

> *"todo corpo seco que se torna úmido, ou todo corpo úmido que se torna seco, produz animais, desde que seja suscetível de nutri-los"* (*in*: GUYÉNOT, 1960, p. 181).

Lucrécio assegurava

> *"que é possível observar os vermes vivos saindo da terra imunda quando esta, encharcada por chuvas excessivas, entra em putrefação"* (*in*: GUYÉNOT, 1960, p. 181).

Até o século XVII era comum acreditar que animais de organização complexa, como cordeiros e aves, podiam nascer espontaneamente do limo ou dos corpos em decomposição (*apud* BSCS, 1973, vol.1, p.55). Descartes, um grande filósofo e cientista do século XVII, aceitava a geração espontânea de seres vivos superiores. Para ele os seres vivos diferiam da matéria bruta apenas na forma de sua articulação, de tal modo que se precisava muito pouco para animar a matéria bruta e fazer surgir um ser vivo: bastava um pouco de calor, pressão e fricção.

> *"Portanto, à medida que é preciso tão pouco para produzir um ser, certamente não é de admirar que tantos animais, tantos vermes, tantos insetos se formem espontaneamente sob nossos olhos em toda matéria em putrefação"*(DESCARTES *in*: JACOB, 1983, p. 60).

Até o final do século XVII acreditava-se na geração espontânea de insetos, vermes etc.

Com a descoberta dos microrganismos por Leeuwenhoek, foi aberto um novo e fértil campo para as explicações espontaneístas, ou seja a geração espontânea dos micróbios. Até o final do século XIX coexistiam as duas explicações para a geração dos microrganismos (leveduras e bactérias): a heterogenia, isto é a formação de micróbios a partir de matéria orgânica em decomposição, e a biogênese (todo ser vivo é gerado por outro ser vivo).

Somente após os trabalhos realizados por Pasteur é que os adeptos da geração espontânea, como Pouchet, se renderam à teoria da biogênese.

Para Pasteur, os responsáveis por qualquer tipo de fermentação eram seres vivos organizados, os quais ele chamou de "fermentos", enquanto que para os químicos, como Liebig e Berzélius, a fermentação se devia a um "fermento" químico específico para cada tipo de substância nutritiva. Esta polêmica permaneceu até o final do século XIX, quando Buchner foi capaz de extrair da trituração e filtração de uma massa de lêvedos mortos uma substância capaz de transformar açúcar em álcool (JACOB, 1983, p.239 e CAULLERY, 1966, p.110). Esse fermento -- enzima -- é produzido apenas por seres vivos, e isto demonstra que tanto Pasteur como os químicos Liebig e Berzélius estavam com a razão. A fermentação é resultante da ação de substâncias químicas produzidas por seres vivos (fungos e bactérias).

A discussão técnica de como se processava a fermentação pelos lêvedos, foi mais fácil de ser resolvida e aceita tanto por químicos como para os biologistas, porém a discussão da geração dos micróbios teve momentos de grandes dúvidas e duas hipóteses monopolizaram os debates: 1. Os germes eram gerados por seres vivos iguais a eles, ou por seus ovos, os quais estavam no ar e no líquido nutritivo, onde encontravam condições para se desenvolverem (Pasteur). 2. Os caldos nutritivos eram capazes de gerar germes desde que o princípio ativo do ar entrasse em contato com as infusões (Pouchet).

As duas hipóteses admitiam que materiais orgânicos fervidos prolongadamente permaneciam incapazes de desenvolver microrganismos desde que não tivessem contato com o ar atmosférico. Os fatos observados eram os mesmos, porém a forma de explicá-los era diferente.

Para os partidários da geração espontânea era necessário que as infusões orgânicas entrassem em contato com o princípio vital essencial, que existia no ar atmosférico, para produzirem germes. Os partidários da biogenia acreditavam que os germes penetravam nas infusões junto com o ar, o qual os transportava juntamente com a poeira.

A confirmação de alguma das hipóteses seria possível, se Pouchet conseguisse provar que o ar atmosférico sempre promovia o aparecimento de germes nas infusões e se Pasteur provasse que o ar nem sempre conseguia contaminar as infusões, pois deveria haver uma quantidade tal de ar atmosférico que não transportava nenhum micróbio contaminante para os líquidos orgânicos (MARTINS e MARTINS, 1989).

Procurando fugir das críticas dos heterogenistas, para os quais o princípio vital do ar era destruído quando este era submetido ao calor direto ou a

soluções ácidas. Pasteur procurou maneiras de preparar os frascos de infusões de tal forma que o ar não fosse tratado quimicamente nem calcinado. Para ele estaria aí o argumento que colocaria um forte obstáculo às explicações dos seus adversários.

Pasteur realiza, em 1860, uma das experiências mais simples e das mais contundentes contra a heterogenia. Ele colocou um fluido fermentável em um frasco, cujo longo pescoço era aquecido e moldado em forma de "S" (frasco pescoço de cisne), e aqueceu-o até a fervura. Durante a ebulição, o vapor forçava o ar através do orifício do pescoço do frasco, e à medida que o líquido se resfriava o ar vagarosamente retornava ao frasco, porém era "lavado" pela umidade acumulada nas curvas do pescoço.

Sob tais condições, qualquer partícula de poeira que penetrasse no frasco ficaria retida na curva do pescoço e o líquido fermentável ficaria estéril. Porém, quando o pescoço do frasco era quebrado e o ar não purificado entrasse em contato com o fluido, a vida microscópica começava imediatamente a se desenvolver (DUBOS, 1967, p. 41 e MARTINS e MARTINS, 1989). Os micróbios também se desenvolviam quando se inclinavam os frascos até que o líquido do seu interior se encontrasse com o pó acumulado nas curvas do gargalo (FROBISHER, 1964, p. 28).

Os experimentos de Pouchet eram realizados com infusões de feno fervidas e filtradas, enquanto que os de Pasteur eram realizadas com infusões filtradas de lêvedo de cerveja (MARTINS e MARTINS, 1989). Um fato importante a se destacar é que Pouchet não realizou experimentos com as infusões de Pasteur, nem vice-versa. As infusões de feno continham esporos (germes) de bacilos resistentes à fervura prolongada, como mostrou Cohn e Tyndall em 1876 (MARTINS e MARTINS, 1989).

Algumas das preparações de Pasteur desenvolveram germes, mesmo depois de tratadas como as outras que continuaram límpidas, pois deveriam conter bacilos de bactérias resistentes ao calor.

Foi desse modo que Pasteur convenceu os biólogos da importância dos métodos empregados pelo cozinheiro Appert, que, em 1810, criou um método de conservação de alimentos semelhante ao de produção de compota que utilizamos hoje em dia.

As discussões sobre a geração espontânea e a biogênese foram fundamentais para a criação de um novo campo da Ciência: a Microbiologia. As pesquisas sistemáticas sobre a produção de vacinas, o uso de técnicas de esterilização dos materiais cirúrgicos, a compreensão do papel dos decompositores no ciclo dos minerais, a descoberta de muitos agentes causadores de doenças, etc. são avanços diretamente ligados aos trabalhos dos microbiologistas do século passado. Em todo esse processo de avanço do conhecimento biológico a teoria da biogênese, sem duvida, teve uma importância muito grande.

Através desse pequeno histórico podemos notar o quanto foi difícil para os cientistas compreenderem o papel ecológico que os microrganismos desempenham durante a decomposição, seja ela a fermentação ou o apodrecimento, bem como compreender como esses microrganismos eram gerados.

A definição de vida para os biólogos só ocorreu na segunda metade do século XIX, quando a teoria celular foi aceita por todos os naturalistas. As

propriedades dos seres vivos podiam ser estudadas em sua unidade básica, isto é, a célula. Assim, aspectos como capacidade de nutrição, de obtenção de energia, de excreção, de reprodução, de realização de movimento, de crescimento e de presença de irritabilidade passaram a ser utilizados para distinguir os seres vivos dos não vivos. Até hoje, estes fatores são considerados para designar o que é a vida.

Embora já estivesse claro como se reconhecia um ser vivo, a teoria da geração espontânea dos micróbios (bactérias e leveduras) era defendida por muitos cientistas importantes, o que dificultou a aceitação da teoria da biogênese. Apesar da vitória da biogênese, no começo do século XX, alguns ainda acreditavam na geração espontânea e defendiam uma teoria sobre enfermidades infecciosas, afirmando que as bactérias não penetravam no nosso corpo a partir do exterior, e sim se desenvolviam nele (RADL, 1988, p. 220).

4. O que pensam os alunos de 7 a 15 anos sobre a decomposição orgânica

O objetivo da nossa pesquisa (TRIVELATO JR., 1995) foi conhecer o que pensam alunos da primeira série do primeiro grau até alunos da segunda série do segundo grau sobre um tópico do conteúdo de Biologia: a decomposição orgânica.

Para a realização dessa tarefa preparamos um material de pesquisa que serviu de motivador de entrevistas clínicas. O material era composto por 9 placas de petri com uma fruta em apodrecimento; 9 placas de petri com pão de fôrma em apodrecimento e 9 placas de petri com mingau de maisena em apodrecimento.

Pudemos notar, (TRIVELATO JR., 1995, p. 59-61) que os alunos de 7 a 10 anos usam argumentos que confirmam a idéia de que o surgimento dos fungos e das bactérias na matéria orgânica é algo inerente ao processo de desenvolvimento dos materiais orgânicos (geração espontânea). Para estes alunos os "pelinhos", "pozinhos", "mofo" (fungos e bactérias) fazem parte do processo de apodrecimento da matéria orgânica.

Essas crianças que não identificam os fungos e bactérias como seres vivos, não fazem distinção entre a decomposição da matéria orgânica e os "pelinhos" que crescem sobre ela, isto é, para eles o bolor é um estado da matéria orgânica em decomposição. Para essas crianças poderem avançar na sua concepção biológica, precisam construir o conceito de vida. A falta desse conceito configura-se como um obstáculo que impede a ampliação da sua compreensão do mundo vivo e de aspectos biológicos (relativos a estes seres vivos) como a reprodução dos microrganismos e o papel deles no processo de reciclagem da matéria na natureza.

Cientistas como Paracelso, Buffon, Descartes, Leeuwenhoek etc. também enfrentaram problemas semelhantes aos desses alunos, pois as idéias que tinham sobre o mundo biológico era limitada devido à falta dos mesmos conceitos: vida e reprodução. Sem esses conceitos, elaborados no século XVIII, não é possível isolar os seres vivos dos componentes inorgânicos presentes na natureza, nem separar os micróbios responsáveis pela decomposição do próprio processo de apodrecimento.

A idéia de vida surge quando se rompe a continuidade entre o orgânico e o inorgânico, ou seja, quando a criança vê alguma diferença entre os substratos e "aquilo" que se desenvolve sobre eles (JACOB, 1983, p.20).

Quando os alunos já incluem os micróbios entre os seres vivos e lhes é perguntado como os fungos e as bactérias aparecem na matéria orgânica ouvimos respostas que indicam a crença na geração espontânea (TRIVELATO JR., 1995, pag. 73-77). A idade dos alunos variou, segundo nossa amostra, entre 9 e 15 anos, sendo a maioria entre 12 e 13 anos. Essas crianças e adolescentes possuem uma concepção de geração espontânea dos micróbios tal qual os naturalistas do século XVIII tinham.

Cientistas, como Needhan, reconheciam as características de vida (ser vivo) nos lêvedos e bactérias e o papel que desempenhavam no processo de transformação dos restos dos organismos mortos em matéria mineral, que era devolvida ao ambiente. Os cientistas do século XVIII conheciam o processo de geração dos seres vivos mais complexos, porém eram adeptos da geração espontânea dos "animálculos" (como eram conhecidos os micróbios).

A superação desses obstáculos por parte dos alunos só é possível quando o professor tem consciência da dificuldade dessas crianças em abandonar o "núcleo duro" da sua concepção e propõe atividades que promovam a reelaboração (substituição) das representações dos alunos (não inclusão dos micróbios decompositores no mundo vivo e crença na geração espontânea).

Uma metodologia de organização de atividades didáticas inovadoras em que acreditamos é a apresentada por GIL (1993) que, neste momento, nos auxilia na elaboração das questões e das situações experimentais adequadas à aprendizagem significativa dos conceitos biológicos discutidos neste artigo.

5. Bibliografia

ASTOLFI, J. P. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enzenãnza de las Ciencias*, 12 (2).

BSCS (Biological Science Curriculum Study) (1973). *Biologia: das moléculas ao homem*. EDART. São Paulo, vol. 1, 12ª ed.

CARVALHO, Anna. Maria. P. (1993). A influência da história da quantidade de movimento e sua conservação no ensino de mecânica na escola de segundo grau. *Perspicillum*, vol. 6.

CAULLERY, M. (1966). *A history of biology*. Walker, New York.

COULON, Alain. (1995). *Etnometodologia e Educação*. Vozes, Petrópolis.

CUBERO, Rosario. (1989). *Como trabajar con las ideas de los alumnos*. Diada editoras, Sevilla.

DRIVER, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del curriculo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2).

DUBOS, René (1968). *Pasteur e a ciência moderna*. EDART. São Paulo.

FROBISHER, Martin (1964). *Microbiologia medica*. Salvat Ed., Barcelona, 3ª ed.

GIL, D. (1993). Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2).

GIORDAN, Andre. (1989). De las concepciones de los alumnos a un modelo de aprendizaje alostérico. *Investigación en la Escuela*. Nº 8.

GIORDAN, Andre. e DE VECCHI, G. (1988). *Los orígenes del saber: de las concepciones personales a los conceptos científicos*. Diada editoras, Sevilla.

GUYÉNOT, E. (1960). Biologia humana e animal. *In:* TATON, R. *História geral das ciências: a ciência moderna - o séc. XVII*. Difusão Européia do Livro, São Paulo.

JACOB, François. (1983). *A lógica da vida: uma história da hereditariedade*. Ed. Graal, Rio de Janeiro.

MARTINS, Lilian A. C. P. e MARTINS, Roberto de A. (1989). Geração espontânea: dois pontos de vista. *Perspicillum*, vol. 3 (1).

NERSESSIAN, Nancy. J. (1989). Conceptual change in science and science education. *Synthese*, 80 (1).

RADL, E. M. (1988). *Historia de las teorias biologicas: desde Lamarck y Cuvier*. Alianza Editorial, Madrid, vol. 2.

SILVEIRA, Fernando. L. (1993). *Uma epistemologia racional-realista e o ensino de Física*. Tese de doutorado. PUCRS, Porto Alegre.

TRIVELATO JR., José. (1995). Concepções de alunos sobre fungos e bactérias - subsídios para o ensino. *Série Textos - Pesquisa para o ensino de Ciências Nº6*. FEUSP, São Paulo.

VIENNOT, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dinamics. *European Journal of Science Education*, 1 (2).