

ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: SITUAÇÃO DE ALUNOS DE ESCOLAS ESTADUAIS DO RIO DE JANEIRO COM RELAÇÃO A CONCEITOS DE BIOLOGIA MOLECULAR
(Science literacy and meaningful learning: status of public high school students from Rio de Janeiro face to molecular biology concepts)

Daniel Alves Escodino [dnescodino@gmail.com]

Andréa Carla de Souza Góes [acgoes@uerj.br]

Departamento de Ensino de Ciências e Biologia
Instituto de Biologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Resumo

O objetivo desse trabalho é avaliar em que nível de alfabetização científica estão os alunos de duas escolas públicas brasileiras em que não há o uso sistemático da teoria *rogeriana* na elaboração das aulas e de alunos de uma instituição que fomenta o uso desta teoria na elaboração das aulas, o CAP UERJ, com relação a termos de Biologia Molecular (BM). Aplicamos questionários divididos em grupos que abordam os diferentes níveis de alfabetização científica. Também objetivamos verificar se estes alunos já experimentaram aprendizagem significativa através da análise de mapas conceituais utilizando conceitos de BM. Finalmente, ministramos aulas nestas escolas sobre temas de BM, considerando os mapas conceituais montados pelos alunos e avaliamos, através de uma segunda montagem dos mapas, o efeito destas aulas sobre a apropriação de novos conceitos. Observamos que a maior parte dos alunos está no nível Funcional de alfabetização científica. No entanto, muitos alunos do CAP encontram-se em níveis mais elevados, como o Conceitual e o Procedimental. Constatamos que a maior parte dos alunos não havia experimentado aprendizagem significativa e que o uso de materiais didáticos e a elaboração de aulas que considerem a estrutura cognitiva dos alunos teve um efeito relevante sobre a apropriação de vários conceitos.

Palavras-chave: Biologia Molecular; aprendizagem significativa; alfabetização científica.

Abstract

In this work we aimed to determine the level of Molecular Biology (MB) science literacy of students from two Brazilian public schools which do not consider the rogerian theory for class planning and from another institution, Cap UERJ, which favours this theory. We applied semi-closed questionnaires specific to the different groups of science literacy levels. Besides, we have asked them to perform conceptual maps with MB concepts in order to observe if they have experienced meaningful learning. Finally, we prepared MB classes for students of the three schools, considering their conceptual maps and tried to evaluate, through a second map execution, if the use of alternative didactics material, which consider meaningful learning process, would have any effect over the appropriation of new concepts. We observed that most students are placed at Functional literacy level. Nonetheless, several students from CAP were also settled at the higher Conceptual and Procedural levels. We found that most students have not experienced meaningful learning and that the employment of didactic material and implementation of proposals which consider the cognitive structure of the students had a significant effect on the appropriation of several concepts.

Keywords: Molecular Biology; meaningful learning; science literacy.

Introdução

Um breve histórico da Biologia Molecular

Os estudos sobre a hereditariedade remontam a tempos remotos, no entanto, as bases das técnicas modernas da Biologia Molecular foram lançadas somente em 1865, com os trabalhos sobre herança de Gregor Mendel. Por isso, a Biologia Molecular é uma área relativamente nova das Ciências Biológicas. A partir da análise dos estudos de Mendel, no início do século XX, acontece o rápido desenvolvimento daquela que viria a ser conhecida como a ciência deste século: a Biologia Molecular (Osada e Costa, 2006). É possível, enfim, estabelecer como se dão os processos de herança e o papel dos ácidos nucleicos nesses processos.

A Biologia Molecular aborda desde a apresentação de conceitos básicos como “herança” no princípio, “cromossomos” e “DNA” mais adiante, até a recente revisão de princípios fundamentais¹ e ampliação de perspectivas e abordagens experimentais, tendo muito contribuído com o desenvolvimento do conhecimento científico. É uma ciência interdisciplinar porque constrói o seu processo investigativo a luz de princípios e ferramentas da análise de sistemas, matemática, química e outras ciências, e porque ela mesma está também associada à construção de outros processos investigativos de diversas áreas de conhecimento. A Biologia Molecular tem sido apontada como a ferramenta mais amplamente utilizada por cientistas das áreas biológicas e afins nas últimas duas décadas do século XX (Westerhoff e Palsson, 2004).

Após o sequenciamento de um genoma viral na Bélgica em 1976 (Fiers *et al*, 1996), muitos grupos de pesquisa ao redor do mundo vem aperfeiçoando essa técnica de grande importância para diversas finalidades. No ano 2000, um grupo de pesquisadores brasileiros do projeto genoma, financiados pela FAPESP, se tornou pioneiro no continente por conseguir mapear o genoma – bem mais complexo que o viral – da bactéria *Xylella fastidiosa*, marcando um novo nível de desenvolvimento tecnológico no país e ganhando assim reconhecimento mundial (Mcilwain e Bonalume, 2000).

O ensino de Biologia Molecular

Os resultados de estudos com uso de ferramentas de Biologia Molecular figuram no dia a dia de qualquer cidadão comum do Brasil. Um exemplo clássico é a produção de alimentos transgênicos que são comprados todos os dias em mercados pelo Brasil afora. No entanto, muitas pessoas não fazem ideia das tecnologias empregadas para o desenvolvimento desse tipo de alimento.

Em seus estudos, Pedrancini discute os baixos níveis de alfabetização tecnológica dos alunos de escolas públicas pesquisadas por ela no Paraná. Os alunos parecem não associar corretamente ou, em alguns casos, sequer conhecer um contingente importante de conceitos. Como resultado, ficam destituídos da perspectiva crítica, em diversos sentidos, sobre assuntos importantes para a comunidade humana como as tecnologias para a produção de plantas resistentes, a expansão demográfica fruto desse evento e as consequências ambientais desse processo. A autora critica a pouca difusão do conhecimento produzido nos centros intelectuais brasileiros à população e incoerência entre prática pedagógica e os objetivos nacionais para a educação (Pedrancini *et al*, 2007).

¹ O conceito de *dogma central da biologia molecular* – que propõe uma única ordem na relação entre a tríade DNA, RNA e proteína – era até pouco tempo aceito na comunidade científica. Contudo, recentemente, graças à elucidação do papel da enzima transcriptase reversa e ao entendimento mais claro sobre a relação do DNA com as proteínas, foi refutado como modelo para explicar a dinâmica na qual os elementos da transcrição e da tradução se relacionam.

O nosso país é apontado como um dos mais segregacionistas e elitistas com relação à distribuição do conhecimento científico na área de Biologia Molecular (Triunfol, 2007). Esses fatos parecem endossar a crítica de Pedrancini à pouca difusão de conhecimento produzido nos centros de pesquisa do Brasil, muitos dos quais, de excelência internacional. Segundo Galvão e colaboradores (Galvão, Reis e Freire, 2011), cabe aos professores estabelecer a ponte entre a cultura associada à comunidade de cientistas e a sociedade através da iniciação dos alunos em determinados aspectos da cultura científica.

No Brasil, o tema Biologia Molecular já faz parte do currículo de alunos do Ensino Médio, em cumprimento às orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e às determinações da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, de 20 de dezembro de 1996. Na discussão acadêmica sobre os preceitos e fundamentos dessa lei os pesquisadores tem se concentrado sobre o termo *competências* que aparece no texto legal no contexto de objetivo para a educação no país. Um recente trabalho de revisão sobre essa discussão aponta competência como o direito de desenvolver a capacidade de saber decidir/agir sobre questões políticas e sociais em que está ou estará inserido (Ricardo e Zylbersztaj, 2008). Já há também no Brasil autores que tem buscado entender a relação entre essa visão da finalidade educacional e o papel do ensino de Biologia Molecular. O que há de consenso é que a Biologia Molecular assume um papel importante no desenvolvimento de competências, por diversas razões (algumas delas comuns a muitas disciplinas), mas também por sua natureza tecnológica, multidisciplinar e interdisciplinar (Trivelato, 1987; Trivelato, 1993; Camargo, Infante e Amabis, 2007).

Tendo isso em vista, salientamos que o problema da difusão de conhecimentos a que Pedrancini se refere é uma realidade que priva um número incontável de alunos de seus direitos. Diante desse debate está o professor de Biologia, ele tem pela frente a tarefa intelectual de desenvolver os seus planejamentos considerando, pelo que já vimos, o papel da Biologia Molecular e das competências por ela desenvolvidas para o desenvolvimento da cidadania, a natureza epistemológica desse conhecimento e ainda tomando o aluno como o centro da análise. É a partir da sua experiência e iniciativa que pode haver ressignificação dos conteúdos.

Aprendizagem significativa e alfabetização científica

Um método de ensino de Biologia Molecular adequado à perspectiva de desenvolvimento que há no Brasil deve ter como base a iniciativa do aluno. Isso não significa dizer que não pode haver aula sem que haja uma prévia iniciativa da turma, na verdade, quer dizer o contrário. Preconiza-se que a educação seja um processo que sempre faculte ao aluno a conscientização de seus potenciais motivadores, em que ele aprenda a aprender e a escolher os princípios básicos de sua autodisciplina (Guedes, 1981).

O método de ensino de Biologia Molecular deve estar associado à uma educação humana, na medida em que demanda do sujeito olhar para dentro da corrente experiencial prestando atenção ao que está sentindo para que novos significados sejam gerados. Portanto, espera-se que haja uma interação entre símbolos e experiência que leva a um resultado significativo na ampliação de conhecimentos e em termos de subjetividade humana (La Puente, 1978). Essa visão de educação é o que leva, segundo Carl Rogers, a *aprendizagem significativa* definida por ele como um processo auto-iniciado de descoberta e compreensão, que tem a qualidade de um envolvimento da pessoa como um todo, tanto no aspecto cognitivo quanto no sensível, modificando tanto o comportamento quanto as atitudes, e até a personalidade do educando, que passa a significar a experiência como um todo, a partir de um *locus* de avaliação que se encontra nele mesmo. Essa visão de educação ficou conhecida como *teoria rogeriana* (Rogers, 1971).

A visão de educação que leva a aprendizagem significativa considera o desenvolvimento humano como um todo (cognição, percepção, afetividade, emoção etc.) ao passo que a visão de educação que leva a aprendizagem semântica considera o desenvolvimento da inteligência e da consciência cognitiva.

Esse contraste de visões educacionais levou a uma série de discussões, não só relacionadas ao método de ensino de ciências e biologia, como também, aos próprios objetivos desse ensino. Dessas discussões, emergiu o conceito de *alfabetização científica*, que ainda hoje é bastante controverso. A alfabetização científica é a denominação atribuída a um novo discurso sobre o Ensino de Ciências escolar decorrente de investigações emergentes no campo da Didática das Ciências (Cajas, 2001). Ela sugere a conversão da educação científica para parte de uma educação básica geral a todos os estudantes (Cachapuz e Gil-Pérez, 2005).

Essa nova visão, entretanto, é ainda muito plural como já dissemos. Após pesquisar em muitos artigos algum consenso sobre o termo, Miller encontrou alguns pontos em comum e acrescentou, ele mesmo, outros elementos chegando a uma visão de Alfabetização Científica como centrada no desenvolvimento da cidadania especialmente no desenvolvimento de uma leitura crítica da política científica, história da ciência, prática científica e do pensamento científico (Miller, 1983).

A perspectiva de educação para a cidadania parece ser o eixo entre a teoria da aprendizagem significativa e a alfabetização científica. Tendo surgido com objetivos similares entendemos que deve haver uma relação positiva entre ambos os processos quer seja pelas competências que o processo de aprendizagem significativa desenvolve por si, quer seja pelo efeito da aprendizagem significativa de conteúdos científicos.

De acordo com Bybee (1997), a alfabetização científica se divide em cinco estágios:

- Nominal – aquele em que o aluno já ouviu falar nos termos científicos em questão, mas não sabe defini-los.
- Funcional – aquele em que o aluno já sabe definir os termos científicos em questão, mas não faz ideia do que realmente significam.
- Conceitual – aquele em que o aluno já sabe definir os termos científicos e realmente se apropria de seus significados, mas não sabe estabelecer relações entre esses termos para resolver problemas do cotidiano.
- Procedimental – aquele em que o aluno é capaz de definir termos científicos e correlacioná-los para resolver questões do seu cotidiano, mas que restringe essa capacidade a termos de uma área da ciência, como a Biologia Molecular por exemplo.
- Multidimensional – é o estágio final da alfabetização científica, quando o aluno é capaz de mobilizar conhecimentos de diferentes disciplinas que já domina em nível Procedimental para resolver problemas do seu cotidiano.

Objetivo

O objetivo deste trabalho é determinar, através dos testes de alfabetização científica e de montagem de mapas conceituais, em que nível de alfabetização científica estão alunos de duas escolas estaduais do Rio de Janeiro em que não há o uso sistemático da *teoria rogeriana* na elaboração das aulas e de alunos de uma instituição que fomenta o uso desta teoria na elaboração das aulas, o Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, com relação a termos de Biologia Molecular. Pretendemos também, avaliar se os alunos são sensíveis a aulas baseadas na

teoria rogeriana de ensino/aprendizagem de forma a se mobilizarem entre os níveis de alfabetização científica.

Metodologia

O estudo foi realizado com 120 alunos do terceiro ano do Ensino Médio de três escolas estaduais que chamamos de extratos. Duas delas localizam-se em Campo Grande, Zona Oeste da cidade: Colégio JM (35 alunos) e Colégio AR (37 alunos). A terceira, o Colégio de Aplicação Fernando Rodrigues da Siqueira, CAp UERJ (48 alunos), localiza-se na Zona Norte da cidade.

Os alunos foram submetidos a dois testes clássicos: um que mede o nível de alfabetização científica e outro que avalia a estrutura cognitiva do indivíduo, considerando-se principalmente a organização de símbolos (conceitos). O primeiro teste, de 45 minutos de duração, consistiu de um questionário semi-fechado dividido em quatro grupos de perguntas (com cinco perguntas em cada grupo, com exceção do Grupo IV que só continha uma pergunta), totalizando 16 questões. Cada grupo de perguntas era referente a um nível de alfabetização científica de acordo com os estudos de Bybee (1997). O questionário está disponível no Anexo. O Grupo I de perguntas refere-se ao nível Funcional, o Grupo II ao nível Conceitual, o Grupo III ao nível Procedimental e o Grupo IV ao nível Multidimensional. Como o teste tinha caráter excludente (posicionava o aluno no nível imediatamente inferior ao correspondente às perguntas de um grupo, se não respondesse corretamente três das cinco perguntas do grupo) não precisamos criar um grupo de perguntas para o primeiro nível de alfabetização científica, o Nominal. O segundo teste, caracterizado pela elaboração de mapas conceituais, teve como objetivo avaliar quais são os possíveis conceitos, em Biologia Molecular, que os alunos possuem e como estão associados. Nesse teste, os alunos receberam uma folha em branco e os seguintes conceitos foram escritos no quadro:

“Cromossomo, Cromatina, DNA, RNA, Núcleo, Ribossomos, Nucléolo, Célula, Pele, Cromátide, Ser vivo, Eucariotos, Ser humano.”

Em seguida, foi pedido aos alunos que organizassem esses conceitos através de linhas que representassem conexões entre os mesmos, e que deixassem sem linhas de ligação direta conceitos que não estivessem relacionados. Pedimos ainda que tentassem colocar mais próximos os conceitos mais relacionados e deixar mais distantes os conceitos menos relacionados. O modelo de teste denominado mapa conceitual foi proposto por Novak e Gowin em 1996. Ele consiste numa variação de um teste psicológico que buscava avaliar a organização de símbolos na estrutura cognitiva do sujeito, e sob a luz dos estudos de Novak passou a ser usado para verificar a organização de conceitos no aparato cognitivo do sujeito a partir de determinada experiência didática (Novak e Gowin, 1996).

Após a avaliação e análise dos testes, ministramos três aulas diferentes, uma para cada instituição. As aulas tinham na *teoria rogeriana* seu fundamento epistemológico, o que se viu tanto nos objetivos – centrar os temas tendo no aluno e na experiência construída os pontos de referência; estimular o pensamento dedutivo; estimular o pensamento indutivo; estimular o uso de ensaio-erro para auto-construção do conhecimento; desafiar conceitos tradicionalmente incorporados (Smole, 2000) – quanto nos métodos – uso de Modelo de Cromossomo, Modelo de Núcleo, Modelo de Cromatina e Modelo de DNA (Macedo, 2011).

No final das aulas, os alunos foram submetidos a uma nova avaliação através da elaboração de um segundo mapa conceitual envolvendo os mesmos conceitos dos mapas conceituais da primeira avaliação. Vale ressaltar que nenhum tipo de gabarito foi liberado aos alunos no final da primeira avaliação.

Os dados dos testes foram analisados separadamente para avaliar o nível de alfabetização científica e a representação da associação desses conceitos. Finalmente, foram contrastados:

- As respostas dos alunos de uma instituição ao primeiro teste e o histórico da instituição bem como a metodologia empregada para o ensino de Biologia Molecular (esses últimos dados foram obtidos em entrevistas com alunos e funcionários da instituição), na tentativa de verificar a articulação entre método, política institucional e alfabetização científica.
- As respostas dos alunos dos três extratos ao primeiro teste para avaliar as diferenças de nível de alfabetização entre os extratos, e a relação entre a aprendizagem significativa e alfabetização científica.
- Os resultados do segundo teste, antes e depois da aula, para avaliar a relação específica de alguns elementos de uma aula significativa e o fomento à alfabetização científica.

Resultados e discussão

Colégio JM

Teste de Alfabetização Científica

O gráfico 1 mostra a distribuição dos alunos do extrato JM nos níveis de alfabetização científica, de acordo com os resultados do teste.

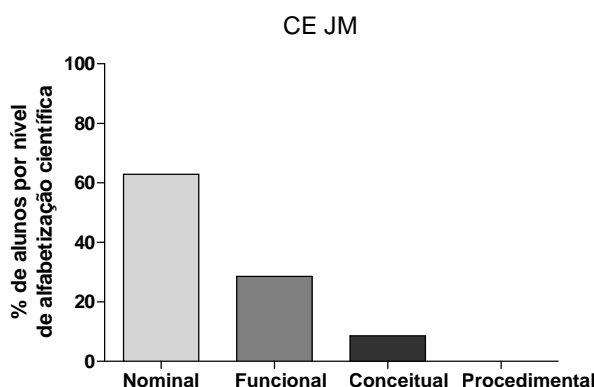


Gráfico 1. Distribuição, em porcentagem, de alunos do extrato JM nos níveis de alfabetização científica: Nominal, Funcional, Conceitual e Procedimental.

No colégio JM, 62,85% dos alunos analisados se encontram no nível Nominal com relação aos conceitos pesquisados, 28,57% se encontram no nível Funcional e apenas 8,57% se encontram no nível Conceitual. Nenhum aluno foi atestadamente alocado no nível Procedimental de alfabetização.

Os resultados dessa instituição corroboram a crítica que se faz a muitas escolas públicas (Lüdke e Boing, 2007). A maior parte dos alunos está no nível Nominal de alfabetização, ou seja, não fazem ideia do que significam os conceitos apresentados.

É notável o fato de que nos outros dois extratos, ainda que sejam poucos, há alguns alunos em nível Procedimental. Essa escola passou por uma série de processos de auditoria que levou a demissão e contratação de muitos professores e funcionários ao longo do triênio que precedeu a pesquisa. Além disso, de acordo com o discurso dos alunos, as aulas de Biologia são sempre permeadas por um "clima" de medo e frustração (aparentemente não se leva em consideração os aspectos emocionais e afetivos da aula no momento de sua elaboração ou na sua prática).

Ao analisarmos a terceira questão do Grupo II obtivemos um resultado interessante. Dos alunos que estavam habilitados a responder perguntas desse Grupo, 66,67% responderam a alternativa B e 33,34% responderam a alternativa E. Nenhum aluno desse extrato respondeu a alternativa correta (alternativa C). Esse dado revela que esses alunos não se apropriaram do conceito “Cromatina”, mas também revela que os mesmos não possuem conhecimento acessório que apoie uma estratégia de eliminação das respostas incorretas. No caso desse extrato, como os alunos não se apropriaram do conceito “Cromatina”, diminuem as suas chances de marcarem a alternativa correta, mesmo que lançassem mão de estratégias de eliminação. Portanto, a falta de um arcabouço de conceitos básicos dificultou o estabelecimento de critérios de eliminação.

Nessa instituição observamos que a ausência de estratégias fundamentadas em elementos da teoria da aprendizagem significativa – que, portanto, não levam em conta o conceito global de educação e aparentemente a importância do pensamento indutivo para se entender ciências – e de uma política pedagógica eficiente – fruto da dinâmica administrativa da escola – coexistem em um ambiente onde a promoção da alfabetização científica se torna difícil, se não impraticável para seus alunos.

Mapas Conceituais

Antes da Aula:

A maior parte dos alunos posicionou apropriadamente os conceitos: “Ser Vivo”, “Ser Humano”, “Célula” e “Núcleo”. Observamos a confusão na associação de “Eucarioto” com “Núcleo” (33 entre 35 alunos). Poucos alunos (apenas 15) correlacionaram “Pele” com “Célula”, e muitos relacionaram “Pele” com “Seres Vivos” (19 alunos).

Nesse extrato, não foram muitos os que relacionaram apropriadamente “Cromossomos”, “Cromátide” e “Cromatina” (13 alunos) e 28 alunos relacionaram “Cromossomos” com “DNA”.

Nosso objetivo de aula específico para essa turma era, principalmente, estimular elementos da auto-iniciativa na aprendizagem e da subjetivação da sua experiência de aprendizagem, dentre os objetivos já citados na seção Metodologia.

Após a aula:

Houve uma redução considerável no número de alunos que não posicionavam “Eucariotos” próximo a “Núcleo” (de 33 para 1) . O número de alunos que associaram “Pele” a “Célula” dentro dos arranjos esperados passou de 15 para 35. Mas também observou-se o aumento do número de alunos que associaram “Pele” diretamente com “DNA” (4 alunos para 13 alunos).

Colégio AR

Teste de Alfabetização Científica

O gráfico 2 mostra a distribuição dos alunos do extrato AR nos níveis de alfabetização científica, de acordo com os resultados do teste.

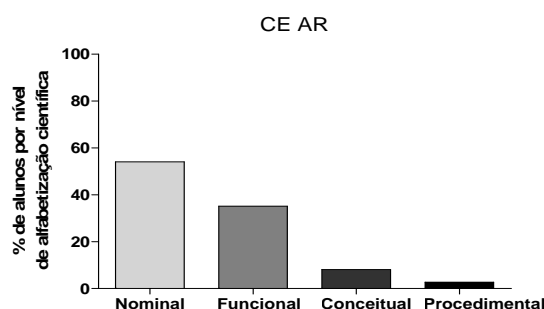


Gráfico 2. Distribuição, em porcentagem, de alunos do extrato AR nos níveis de alfabetização científica: Nominal, Funcional, Conceitual e Procedimental.

No colégio AR, 54,05% dos alunos analisados se encontram no nível Nominal com relação aos conceitos pesquisados, 35,13% se encontram no nível Funcional, 8,1% se encontram no nível Conceitual e apenas 2,7% se encontram no nível Procedimental.

O gráfico de distribuição de alunos do colégio AR nos diferentes níveis de alfabetização mostra a presença inesperada (tomando como base outras escolas públicas da região, além do extrato JM) de alunos no nível Conceitual assim como no nível Procedimental (8,1% e 2,1%, respectivamente). Analisando o histórico da instituição AR, notamos que esta já é há muito tempo considerada como referência entre os colégios públicos da região de Campo Grande. Por isso, muitos alunos se matriculam nessa instituição todos os anos. Esses alunos são provenientes das regiões mais variadas da Zona Oeste, o que não acontece com os alunos do extrato JM, que vem de bairros próximos à escola.

Em entrevista com os alunos desse extrato descobrimos que uma parcela desses alunos era oriunda de instituições federais de ensino, como o Colégio Militar. Esses mesmos alunos relataram experiências diferentes de aula (*“mais interativa”, “dava mais vontade de participar”; “fazia mais sentido”*) em suas instituições de origem, que são reconhecidas pela política de educação continuada por parte dos docentes. Acreditamos que esses alunos tenham participado de experiências significativas de aprendizagem, especialmente considerando o seu resultado atípico aos testes.

Nesse caso, há duas considerações a se fazer. Primeiro, notamos indícios de relação entre o uso de elementos da teoria da aprendizagem significativa e a percepção do educando sobre o seu processo de aprendizagem. Em segundo, nas escolas da Zona Oeste, a dinâmica das instituições educacionais pode agrupar na mesma sala alunos com perspectivas consideravelmente diferentes sobre o próprio processo de aprendizagem, o que promove diferentes demandas de aprendizagem (Nerci, 1976).

Mapas Conceituais

Antes da aula:

A maior parte dos alunos posicionou apropriadamente os conceitos: “Ser Vivo”, “Ser Humano”, “Célula” e “Núcleo”. Também foi observada confusão na associação de “Eucarioto” com “Núcleo” (27 entre 37 alunos). Poucos alunos (apenas 6) posicionaram “Pele” junto a “Célula” no conjunto de arranjos esperado, e muitos relacionaram “Pele” a “Seres Vivos” (22 alunos). Muitos alunos não associaram “DNA” e suas estruturas ao conceito de “Ser Vivo”, muito embora o associassem ao conceito de “Núcleo”.

Nesse extrato, também não observamos muitos alunos relacionarem apropriadamente “Cromossomos”, “Cromátide” e “Cromatina” (11 alunos relacionaram apropriadamente os três conceitos), 21 alunos relacionaram “Cromossomos” com “DNA”.

Em linhas gerais, nesse extrato, os alunos encontram muita dificuldade com conceitos básicos com exceção de pouquíssimos alunos que parecem apresentar alguns conceitos âncora, mas que, no entanto, precisam de um número maior de correlações.

Atender a um grupo nitidamente heterogêneo de alunos representava um desafio ao ministrar aula para este extrato. Para isso usamos um plano de aula que organizava os conceitos de acordo com o perfil de *regularidades conceituais* da turma e os demais conceitos de aprendizagem significativa que citamos na seção Metodologia.

Após a Aula:

Observamos que 23 alunos conseguiram associar “Eucariotos” com “Seres Vivos” e com “Nucléolo”. Houve aumento do número de alunos (19) que associaram “Pele” com “Célula”. Não houve redução considerável no número de alunos que associaram “Pele” a “Seres Vivos”. Foi observado um ligeiro aumento do número de alunos (18) que associaram “Cromossomos”, “Cromatina” e “Cromátide” e quase todos (35 alunos) passaram a associar “Cromatina” com “DNA”. Observamos que o número de alunos capazes de fazer a associação entre “Nucléolo” e “RNA” dobrou.

Colégio Aplicação (CAp UERJ)

Teste de Alfabetização Científica

O gráfico 3 mostra a distribuição dos alunos do extrato CAp nos níveis de alfabetização científica, de acordo com os resultados do teste.

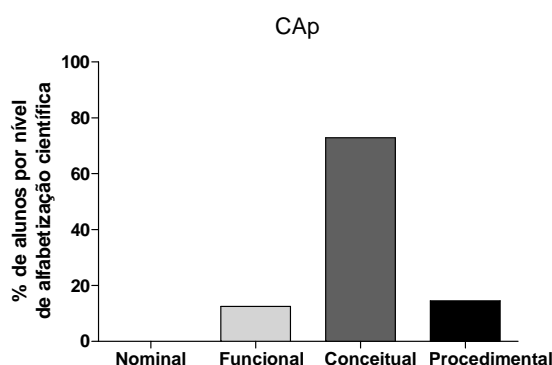


Gráfico 3. Distribuição, em porcentagem, de alunos do extrato CAp nos níveis de alfabetização científica: Nominal, Funcional, Conceitual e Procedimental.

No colégio CAp, 12,5% dos alunos se encontram no nível Funcional com relação aos conceitos pesquisados, 72,9% se encontram no nível Conceitual e 14,5% se encontram no nível Procedimental. Nenhum aluno foi atestadamente alocado no nível Nominal de alfabetização.

Observamos algumas dificuldades com relação aos conteúdos específicos para estes alunos, entretanto os conteúdos gerais pareceram estar bem desenvolvidos. A pergunta 5 do Grupo II apresenta um resultado aparentemente contrastante. Na mesma instituição, dos alunos que estavam habilitados a responder perguntas desse nível, 54,76% responderam a alternativa D, 7,14% responderam a alternativa B, 11,9% responderam a alternativa A e 26,19% responderam a

alternativa correta (alternativa E). A princípio, o objetivo dessa pergunta era avaliar a capacidade dos alunos de reconhecer determinadas estruturas em uma figura, comprovando assim uma maneira plural de encarar um mesmo conceito (sabendo defini-lo e também identificá-lo em uma representação), característica esta de quem está em nível Conceitual de alfabetização. Reconhecemos que pode ter ocorrido uma possível confusão entre os conceitos: “Cópia do DNA” e “Produção de RNA”. Exatamente por isso, essa questão exigia que os alunos tivessem fundamentado e ancorado à maior quantidade de conceitos subsunçores possível, conceitos importantes, como “Transcrição” e “Tradução”, e que fossem capazes de lidar com esses conceitos através de perspectivas bem diferentes, como já dissemos. No entanto, observamos que a maior parte dos alunos não respondeu a alternativa correta. Especificamente nesse extrato, onde o número de alunos em nível Conceitual e Procedimental é bastante elevado, esse dado é um pouco contrastante e nos fez pensar sobre o porquê de tantos alunos responderem incorretamente.

O que observamos é que, mesmo que haja muitos alunos que estão em níveis Conceitual e Procedimental com relação à maioria dos conceitos, ainda é possível que alguns conceitos não tenham sido muito bem estabelecidos, como o de “Nucléolo”, pelo menos não a nível Conceitual de alfabetização. Prova disso é que os alunos associaram nucléolo à “cópia” do DNA e não à produção de RNA para a tradução. E muitos dos que associaram o conceito à produção de RNA podem ter hesitado por não ver listada, dentre as alternativas, a resposta que consideravam correta.

Outro resultado interessante do teste nesse extrato analisado foi o gerado pela pergunta 4 do Grupo III. Nesse caso, o aluno deveria notar que a cromatina foi duplicada e grande parte das respostas apontou alguma coisa nesse sentido. Observamos que alguns alunos, habilitados a responder perguntas desse grupo, responderam corretamente à pergunta. No entanto, muitos deles responderam que o “Cromossomo” foi duplicado ou que a estrutura foi duplicada e essa mesma resposta foi dada por alunos que não haviam pontuado mais que três questões no Grupo II.

Esse dado, articulado com os demais, apresenta outro resultado muito importante: a estratégia utilizada por alunos desse extrato para responder questões de múltipla escolha. O fato de não conseguirem realizar essa articulação cognitiva na elaboração de uma resposta escrita, muito embora tenham feito *scores* elevados nas questões de múltipla escolha (que consideram os mesmos conceitos), revela que, muito provavelmente, muitos alunos nunca se apropriaram, de fato, de conceitos importantes para a Biologia Molecular. Ao invés disso, podem ter lançado mão de outros conceitos básicos, já fundamentados em sua estrutura cognitiva, na tentativa de eliminar respostas incorretas e aumentar suas chances de acerto nas questões objetivas do teste. Encontramos indícios de um resultado parecido para alguns alunos do extrato AR.

Dessa forma, fica claro que a questão não revela somente dados com relação à alfabetização científica, mas a capacidade geral do aluno de elaborar estratégias próprias para mobilizar o seu conhecimento. Essa iniciativa (observada amplamente somente nessa instituição) é um forte indício de que esses alunos participaram, muitas vezes, de aulas onde houve aprendizagem significativa ao longo de sua trajetória educacional.

Essa habilidade dos alunos desse extrato de interpretar textos, somada à habilidade de mobilizar conceitos acessórios para eliminar respostas incorretas, parece estar intimamente relacionada ao histórico da instituição. Portanto podemos dizer que esses alunos estão mais aptos a solucionar problemas envolvendo esses conceitos, ainda que o “problema” seja o teste. Alfabetização científica e aprendizagem significativa são conceitos importantes para os professores dessa instituição, de fato muitos deles realizam pesquisas nessa área. E a promoção da alfabetização, em seu sentido mais amplo, associada à alfabetização científica é um objetivo comum dos planos de aula tanto em ciências quanto em biologia.

Segundo Lorenzetti e Delizoicov, a aquisição do sentido mais amplo de palavras e conceitos auxilia a elucidação do significado de novos conceitos (Lorenzetti e Delizoicov, 2001), ou seja, aumenta a possibilidade de que os conceitos presentes na estrutura cognitiva do aluno funcionem como conceitos âncora. Esse dado é corroborado pela pesquisa de Gil-Pérez e Vilches (Gil-Pérez e Vilches, 2006).

Mapas Conceituais

Antes da Aula:

A maior parte dos alunos posicionou apropriadamente os conceitos: “Ser Vivo”, “Ser Humano”, “Pele”, “Célula” e “Núcleo”. Muitos mostraram confusão para relacionar o conceito “Eucarioto” (36 entre 48 alunos), que é um importante conceito âncora para o ensino/aprendizagem dos conteúdos de Biologia Molecular. No entanto, observamos também a correlação apropriada do conceito “Pele” com “Célula” o que foi um resultado específico desta instituição (46 entre 48 alunos).

Muitos alunos relacionaram apropriadamente “Cromossomos”, “Cromátide” e “Cromatina”. Somente 11 relacionaram “Cromatina” a “DNA”.

Um resultado observado nessa instituição foi a associação apropriada de “Nucléolo” com “Núcleo”, mas não com “RNA”.

O objetivo específico da aula para esse extrato foi justamente tentar ancorar corretamente os possíveis conceitos âncoras, que dentro das regularidades no resultado do primeiro teste haviam sido identificados como inadequadamente apropriados ou alocados.

Após a Aula:

Houve uma redução considerável no número de alunos que não posicionavam “Nucléolo” próximo a “RNA” (de 34 para 3) ou que não posicionavam “Eucariotos” próximo a “Núcleo” (de 36 para 7). Houve redução do número de alunos que não posicionava “Cromatina” próximo a “DNA”.

Conclusão

Mapas conceituais e testes de alfabetização científica se mostraram eficazes na avaliação da estrutura cognitiva dos alunos e como ferramenta para o planejamento de aulas. A análise dos testes aponta para uma relação forte entre elementos de aprendizagem significativa, desde a percepção subjetiva da aprendizagem como em AR até a elaboração de estratégias próprias de mobilização de conceitos como em CAp e promoção da alfabetização científica.

Alunos do Colégio AR foram alocados predominantemente nos níveis Nominal e Funcional de alfabetização científica enquanto alunos do Colégio JM foram alocados predominantemente no nível Nominal de alfabetização científica. Por outro lado, observou-se uma discrepância positiva com relação aos alunos do Colégio CAp. Estes foram alocados predominantemente no nível Conceitual de alfabetização científica tendo sido uma pequena porcentagem também alocada no nível Procedimental.

Preparamos as aulas com o objetivo de avaliar qual seria o impacto de uma intervenção pequena, e estanque, nos extratos analisados com relação à alfabetização científica e aprendizagem

significativa. Através das aulas pudemos perceber que o uso de estratégias de avaliação e ensino/aprendizagem que se baseiem, pelo menos em parte, na teoria da aprendizagem significativa, surtem efeitos positivos na maneira como o aluno ressignifica seus símbolos e percebe a experiência de aprendizagem. No entanto, observamos que os alunos em níveis mais basais de alfabetização científica foram os mais sensíveis às propostas de aulas alternativas.

Alguns elementos foram desconsiderados nesse estudo – a importância das revisões, a concepção do professor sobre aprendizagem significativa, dentre outros. Outros estudos são necessários para avaliar a relação entre esses elementos e os que aqui foram analisados, bem como para a ampliação da associação entre os elementos associados nas três escolas.

Referências

- Bybee, R. (1997). *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Portsmouth: Heinemann Educational Books.
- Cachapuz, A. e Gil-Perez, D. (2005). *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez.
- Cajas, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias* 19(2), 243-254.
- Camargo, S.; Infante, M. e Amabis, J. (2007). O Ensino de Biologia Molecular em Faculdade e Escolar Médias de São Paulo. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, São Paulo, v. 01, Artigo A.
- Fiers W, et al. (1976). Complete nucleotide-sequence of bacteriophage MS2-RNA - primary and secondary structure of replicase gene. *Nature*, 260(5551), 500-507.
- Galvão, C.; Reis, P.; Freire, S. (2011). A discussão de controvérsias sócio-científicas na formação de professores. *Ciência & Educação*, 17(3), 505-522.
- Gil-Pérez, D. e Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, Buenos Aires, 42, 31-53.
- Guedes, S.P. (1981). *Educação, pessoa e liberdade: propostas rogerianas para uma práxis psicopedagógica centrada no aluno*. São Paulo: Moraes.
- La Puente, M. (1978). *O ensino centrado no estudante: renovação e crítica das teorias educacionais de Carl R. Rogers*. São Paulo: Cortez & Moraes.
- Lorenzetti, L. e Delizoicov, D. (2001). Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v3_n1/leonir.PDF>. Acesso: 09 de Abr. 2011.
- Lüdke, M. e Boing, L. A. (2007). O trabalho docente nas páginas de Educação & Sociedade em seus (quase) 100 números. *Educação & Sociedade*, 28(100), 1179-1201.
- Macedo, J. (2011). *Construção de material didático que auxilie na compreensão da estrutura genômica e de fenômenos relacionados à dinâmica do DNA*. Monografia do Curso de Especialização em Ensino de Ciências, UERJ.
- McIlwain, C. e Bonalume, R. (2000). News Feature – A springboard to success. *Nature*, 407, 440.
- Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: a conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112, 29-48.
- Nerci, G. (1976). *Introdução a didática geral*. 14.^a ed. Rio de Janeiro: Editora Científica.
- Novak, J. e Gowin, D. (1996). *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

- Osada, N. M. e Costa, M. C. (2006). A construção social de gênero na Biologia: preconceitos e obstáculos na biologia molecular. *Cadernos Pagu* (UNICAMP), 27, 455-459.
- Pedrancini, D.; Corazza-Nunes, M. J.; Galuch, M. T. B.; Moreira, A. L. O. R. e Ribeiro, A. C. (2007). Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 299-309.
- Ricardo, E. C. e Zylbersztaj, N. A. (2008). Os parâmetros Curriculares Nacionais para as Ciências do Ensino Médio: Uma análise a partir da visão de seus elaboradores. *Investigação em Ensino de Ciências*, 13(3), 257-274.
- Rogers, C. R. (1971). *Liberdade para aprender*. (E.G.M. Machado & M.P. Andrade, Trad.) Belo Horizonte: Interlivros. (Trabalho original publicado em 1969).
- Smole, K. C. S. (2000). Aprendizagem significativa: o lugar do conhecimento e da inteligência. *Aprender Online*, 01, 20-24.
- Triunfol, M. L. (2007). Latin American Science Moves into the Spotlight. *Cell*, 131, 1213-1216.
- Trivelato, S. (1987). *Ciência, tecnologia, sociedade: mudanças curriculares e formação de professores* (Dissertação de Mestrado), Faculdade de Educação da USP.
- Trivelato, S. (1993). *Ciência, tecnologia, sociedade: mudanças curriculares e formação de professores* (Tese de Doutorado), Faculdade de Educação da USP.
- Westerhoff, H. V. e Palsson, B. O. (2004). The evolution of molecular biology into systems biology. *Nature Biotechnology*, 22, 1249-1252. Publicado online: doi:10.1038/nbt1020. Acesso: 6 de outubro de 2011.

Recebido em: 11.12.12

Aceito em: 13.02.14

ANEXO

Teste de Alfabetização Científica

Grupo I:

1) Você já ouviu falar em alguma das palavras abaixo? Se sim quais?

I – Célula

II –DNA

III –Cromossomo

IV –Cromatina

2) Leia o trecho do texto abaixo:

“(...) a produção de antibióticos visa bloquear a síntese de proteínas bacterianas.” Algumas pessoas podem não entender muito bem o que está escrito nesse trecho. Dentre as palavras abaixo qual delas você acredita que dificultam mais a compreensão do trecho?

a) Produção.

b) Bloquear.

c) Síntese.

d) Proteínas.

e) Bloquear.

3) Qual das estruturas abaixo está diretamente relacionada ao processo de replicação do DNA?

a) Fagossomos.

b) Centríolos.

c) Glicocálix.

d) Complexo de Golgi.

e) Nenhuma das alternativas anteriores.

4) Todos os seres vivos por mais diferentes que sejam, possuem algumas características em comum, dentre elas podemos citar:

a) A reprodução sexuada.

b) O metabolismo aeróbico.

c) A presença de DNA.

d) A capacidade de se locomover.

e) A presença de núcleo celular.

5) A pesquisa e produção de alimentos transgênicos possibilitou ao Brasil grande desenvolvimento no cultivo de monoculturas e exportação de insumos para todo o mundo. Um organismo transgênico por definição:

a) É aquele que recebe uma proteína vinda de outro ser vivo e que lhe dá resistência a pragas.

b) É aquele que recebe células inteiras de indivíduos de outra espécie que atuarão como células de defesa contra pragas.

c) É aquele cujas sementes são transportadas para bancos de sementes para produção de alimento em condições ideais.

d) É aquele que recebe moléculas nutritivas como lipídios e açúcares para se tornar mais atraente sob o ponto de vista comercial.

e) É aquele que recebe no seu genoma genes de outros seres vivos que promovem a expressão da característica de outro ser vivo no indivíduo transgênico.

Grupo II:

1) Qual das estruturas abaixo contem DNA:

- a) Cabelo.
- b) Pele.
- c) Ossos.
- d) Músculos.
- e) Todas as anteriores.

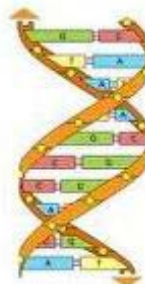
2) Os cromossomos estão localizados no:

- a) Citoplasma, onde são utilizados na produção de proteínas.
- b) Núcleo, onde são formados durante a divisão celular.
- c) Meio extracelular, pois são produzidos por células específicas e liberados para funções variadas.
- d) Nucléolo, uma estrutura do núcleo responsável por armazenar os cromossomos.
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

3) Sobre as características gerais dos seres humanos podemos afirmar que:

- a) Realizam respiração branquial.
- b) Possuem sistema nervoso difuso.
- c) Possuem 23 pares de cromatinas no núcleo.
- d) Machos e fêmeas apresentam glândulas mamárias.
- e) Possuem 23 cromossomos no núcleo de todas as células.

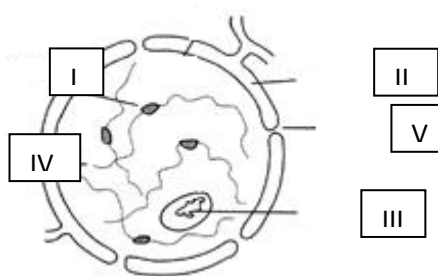
4) Analise a figura abaixo e assinale a alternativa falsa:



Fita I Fita II

- a) A figura mostra a molécula de DNA: a primeira fita veio do pai e a segunda da mãe.
- b) A figura mostra a molécula de DNA: as fitas são formadas por açúcares com íon de fosfato e uma base nitrogenada associados.
- c) A figura mostra a molécula de DNA, a interação entre as duas fitas se dá por pontes de hidrogênio.
- d) A figura mostra uma macromolécula diretamente envolvida no processo de transcrição.
- e) A figura mostra uma macromolécula diretamente envolvida no processo de tradução.

5) Observe o esquema que representa o núcleo de uma célula eucariótica e assinale a alternativa correta:



- II representa a carioteca, membrana que delimita o núcleo e que é característica de todos os seres vivos.
- III indica que o DNA dessa célula está sendo copiado.
- O núcleo celular é envolto por uma membrana com poros como vemos em I
- Uma informação contida em algum gene presente em I será facilmente copiada pela célula.
- Nenhuma das alternativas anteriores.

Grupo III:

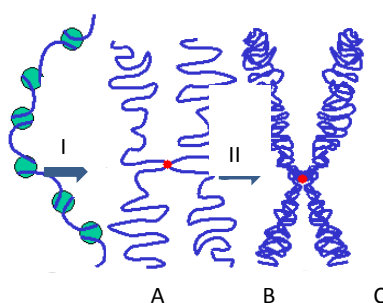
1) *“Todos nós temos DNA encerrado no núcleo celular, e esse DNA está lá protegido, é justamente porque é importante que ele não sofra nenhum tipo de alteração (...)”*

Se o DNA está mesmo encerrado no núcleo, como a célula pode utilizar a informação contida nessa molécula para a síntese de proteínas no citoplasma?

2) A diabetes do tipo I é uma doença que está fortemente relacionada à fatores genéticos. Sabemos que mesmo com hábitos de vida saudáveis indivíduos filhos de portadores dessa doença tendem a se tornarem diabéticos desde a infância. Qual molécula fundamental das células do pâncreas contem o defeito que levará ao desenvolvimento da diabetes?

3) Uma paciente foi diagnosticada com câncer de pele e teme que a doença seja passada aos filhos que ela pretende ter. O médico esclarece que isso não seria possível. Considerando que o câncer é uma doença nos genes explique que fatores podem ter contribuído para o desenvolvimento do câncer de pele e por quê ele não será transmitido aos filhos da paciente.

4) Analise a figura abaixo indicando as diferentes maneiras pelas quais o DNA pode se apresentar no núcleo e responda:



- Qual a diferença do DNA em A e em B? Por que ele passa pelo processo I?
- Qual a diferença do DNA em B e em C? Por que ele passa pelo processo II?

5) Sabe-se que todas as células do corpo, desde fibras musculares, até células do epitélio intestinal tem a mesma origem, são todas descendentes da célula-ovo, aquela que surge logo após a fecundação. Exatamente por isso, todas elas contem DNA com as mesmas informações (o DNA de

todas as células é a cópia do DNA da primeira célula). Assim sendo, porque então as células dos diferentes tecidos são tão diferentes umas das outras?

Grupo IV:

1) Leia o trecho de uma reportagem, abaixo:

“le sofreu sérias queimaduras e voltou para a cidade onde morava, Nagasaki. A segunda bomba foi detonada em 9 de agosto, três dias depois da primeira (...) as explosões resultaram na morte de cerca de 220 mil pessoas em Hiroshima e Nagasaki, até o final de 1945 (...) Yamaguchi espera que sua história sirva como lição de paz para gerações futuras.”

Considerando a interação da radiação com as moléculas orgânicas (incluindo os ácidos nucleicos), explique, com suas palavras, quais deverão ser os efeitos a curto e a longo prazo sobre os habitantes de Nagasaki que entraram em contato com a radiação da bomba nuclear.