



CONHECIMENTO DE GRADUANDOS DO ÚLTIMO SEMESTRE DE CURSOS DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS SOBRE DNA E RNA

UNDERGRADUATE BILOGICAL SCIENCES STUDENTS KNOWLEDGE ABOUT DNA AND RNA

Cátia Sueli Fernandes Primon¹
Daisy de Brito Rezende²

¹Universidade Bandeirante de São Paulo, Instituto de Educação, Universidade Cruzeiro do Sul, Centro de Biológicas e Saúde, catiaprimon@uol.com.br.

²Universidade de São Paulo, Instituto de Química, Departamento de Química Fundamental, dbrezend@iq.usp.br.

Resumo

Este trabalho de pesquisa analisa o conhecimento acerca de DNA e a relação existente entre DNA, RNA, aminoácidos e proteínas apresentado por graduandos do último semestre de cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas. Os dados foram coletados através da realização de entrevistas semi-estruturadas com 33 estudantes do último ano dos cursos de Ciências Biológicas de três Instituições. Os resultados demonstram que pouco mais de 37% dos participantes apenas identificam os termos, mas sua conceituação é ingênua ou desconhecida; pouco mais de 40% conhecem os termos, mas apresentam definições memorizadas, sem compreensão real do seu significado; somente 21% compreendem os conceitos e fazem relações válidas. Os resultados nos permitem inferir que os estudantes participantes desse estudo estão finalizando os cursos Superiores de Ciências Biológicas apresentando dificuldades conceituais básicas em conteúdos fundamentais.

Palavras-chave: DNA, RNA, aprendizagem, ensino superior, Ciências Biológicas.

Abstract

This work refers to the knowledge about biological concepts exhibited by undergraduate students of Biological Sciences teaching formation courses. Data were collected through interviews with 33 students of the last year of Biological Science courses of three different Schools of São Paulo city (Brazil). The data show that 37% of the students only identify some concepts as DNA and RNA, other 40% have some algorithmic information concerning the subject and only 21% are capable of establishing more elaborated relationships concerning the investigated concepts.

Keywords: DNA, RNA, undergraduate instruction, learning, Biological sciences.

INTRODUÇÃO

Tendo como base que em cada área do conhecimento existem conceitos básicos e, portanto, fundamentais para a compreensão do contexto geral e para o aprofundamento dos estudos na referida área, optamos por investigar o conhecimento de graduandos do último semestre da Licenciatura em Ciências Biológicas sobre o conceito e localização do DNA e a relação existente entre DNA, RNA, aminoácidos e proteínas.

De acordo com Griffiths (2001, p.2), os conhecimentos de Genética têm-se tornado fundamentais para a compreensão de inúmeros aspectos dos interesses humanos. De fato, as questões genéticas parecem emergir diariamente nos programas de televisão, nas prateleiras dos supermercados, nos noticiários, nas propagandas, enfim em diversos aspectos de nossas vidas. Isso demanda que o cidadão tenha certo grau de conhecimento científico na área para compreender as potencialidades e as limitações da ciência e da tecnologia e para ter uma participação responsável na sociedade moderna (Wood-Robinson *et al.*, 1998, p.43). A necessidade desse conhecimento para o exercício da cidadania é preconizada no volume 3 dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, 1999, p. 16), quando diz: “*o conhecimento biológico deve ser bem compreendido, a ponto do estudante utilizar os conceitos em novas situações de aprendizado, no seu cotidiano.*”

Essa preocupação se manifesta também em vários outros países que preconizam ser um dos objetivos dos currículos de ciências o de proporcionar formação científica para todos os estudantes como parte de sua formação geral, de modo a permitir que os estudantes do Ensino Médio sejam capazes de tomar decisões pessoais relacionadas aos resultados das novas tecnologias (Wood-Robinson *et al.*, 1998, p. 44).

Segundo Torres (2001, p.36), atravessamos um período no qual a Biologia está dentre as mais comentadas ciências e a que ocupa maior espaço na mídia. Para o autor, alguns indicadores mostram o porquê dessa popularização: a preocupação com a saúde e o bem estar físico dos indivíduos, a liberdade sexual e as doenças sexualmente transmissíveis, os cuidados com o meio ambiente e a interferência no patrimônio genético.

Em relação à alfabetização biológica, Krasilchik (2001, p.38) afirma que alguns pesquisadores consideram quatro estágios de alfabetização. O primeiro é o da alfabetização nominal, em que são identificados termos, mas sua conceituação é ingênua ou desconhecida; o segundo estágio é o da alfabetização funcional, em que os termos são conhecidos e definidos por memorização sem compreensão real do seu significado; o terceiro é o estágio estrutural, em que são compreendidos os conceitos e princípios unificadores da Biologia; o quarto e último estágio de alfabetização biológica é o multidimensional, em que aspectos biológicos são analisados sob o ponto de vista do seu desenvolvimento histórico e influenciados por aspectos científicos, tecnológicos e sociais. Espera-se que, ao concluir o Ensino Médio, os estudantes tenham atingido o estágio multidimensional. Também para essa autora, torna-se primordial, nos dias atuais, uma alfabetização biológica, devido à presença da Biologia no cotidiano de cada um de nós (Primon, 2005, p.3).

A intensa divulgação e popularidade da Biologia trazem novas responsabilidades, especialmente para os professores de Ensino Médio, os quais são, muitas vezes, a única fonte de consulta e esclarecimento dos estudantes. Neste âmbito, o papel do professor é de fundamental importância, pois devemos levar em conta que os estudantes recebem informações das mais diversas fontes, como propagandas na televisão, nas ruas, em revistas, através da Internet e noticiários em geral. Tais informações nem sempre são cientificamente corretas e, portanto, é nas escolas, por

meio dos professores, que os jovens devem adquirir informações pautadas em fundamentos científicos que podem subsidiar discussões. Dessa forma, os estudantes podem desenvolver uma consciência crítica frente às informações da mídia.

No entanto, para que o professor do Ensino Médio possa exercer tal função na sociedade torna-se fundamental que seja um profissional bem formado e informado. Em síntese, o cidadão em geral, seja ele professor ou estudante, deve ser capaz de emitir opinião, de colocar-se criticamente diante dos fatos.

O objetivo deste trabalho é o de investigar a apropriação, por formandos em Ciências Biológicas, de alguns conceitos considerados básicos para o exercício profissional, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Superior dessa disciplina. Assim, a pesquisa foi desenvolvida em torno da seguinte pergunta: *“Quais são os conhecimentos de graduandos do último ano do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas sobre o conceito e a localização do DNA e a relação existente entre DNA, RNA, aminoácidos e proteínas?”*

METODOLOGIA

Para a realização desta pesquisa foram feitas entrevistas com estudantes do último semestre de cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas. Para isso, fizemos um contato prévio com os coordenadores de cursos e professores das Instituições e obtivemos autorização para uma conversa com os estudantes.

No início da aula, explicamos aos estudantes os objetivos da pesquisa e a importância da realização das entrevistas. Os estudantes que se dispuseram a participar preencheram um formulário com seus dados pessoais, contato e disponibilidade. Os alunos foram contatados por telefone para marcar data, horário e local em que estariam disponíveis. Foi realizado um total de trinta e três entrevistas em três Instituições de Ensino Superior, sendo uma pública (C) e duas privadas (A e B) (Tabela 1).

Tabela 1: Número de entrevistas realizadas por Instituição

Instituição	Período	Nº de alunos
A	Noturno	06
B	Vespertino	13
C	Diurno	14

O método utilizado foi o de entrevistas semi-estruturadas e gravadas, mediante autorização. Estas entrevistas foram posteriormente transcritas na íntegra. O objetivo da transcrição integral das entrevistas foi auxiliar a discussão pertinente ao exposto pelos estudantes, além de permitir um relato fiel dos conceitos tidos como corretos pelos entrevistados. As entrevistas tinham três questões abertas e os estudantes foram interrogados sobre suas concepções a respeito do conceito e localização do DNA, relação entre o DNA e os aminoácidos e o conceito e relação existente entre RNA_m, aminoácidos e proteínas. A opção por esses conceitos deveu-se a serem conceitos básicos para a formação do biólogo.

Cada entrevista durou em média dez minutos e transcorreu como uma conversa informal. No início das entrevistas, foi ressaltado aos participantes que não deveria haver preocupação com respostas decoradas e definições prontas; as questões foram conduzidas de forma a que os graduandos respondessem com suas próprias palavras sobre os temas, para evidenciar o que tinha ficado em sua mente de cada um dos tópicos abordados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, são apresentados trechos das entrevistas com o objetivo de ilustrar os conhecimentos que os graduandos apresentaram sobre os conceitos em questão. Os resultados serão apresentados com trechos das entrevistas seguidos do comentário da pesquisadora. Os trechos apresentados nos resultados foram transcritos, porque o conteúdo é o alvo da análise e não a forma. Utilizamos a letra “G” na identificação dos estudantes entrevistados por ser a inicial de “Graduando”, já que todos os entrevistados eram estudantes de último ano. Os comentários que constam ao longo da análise foram pautados nos seguintes critérios:

- a) o estudante declara desconhecimento do assunto;
- b) são apresentadas explicações para o conceito questionado, porém essas explicações são confusas, ou superficiais, ou distorcidas ou, ainda, fazem parte do senso comum; são freqüentes as respostas com palavras soltas e desconexas;
- c) as respostas apresentadas possuem embasamento teórico; o estudante apresenta respostas completas e pautadas em conhecimentos científicos;
- d) além das explicações cientificamente corretas, os estudantes são capazes de estabelecer relações adequadas entre os diversos conceitos biológicos.

Cabe ressaltar que realizamos uma pesquisa qualitativa, no entanto, nos casos em que encontramos um número muito elevado ou muito reduzido de estudantes com respostas adequadas ou inadequadas para um mesmo conceito, decidimos utilizar valores percentuais para que o leitor possa ter a real dimensão do resultado obtido.

Um fato bastante marcante é que, muitas vezes, estudantes oriundos de uma mesma Instituição de Ensino e de uma mesma turma e que, portanto, participaram de situações de ensino-aprendizagem semelhantes, apresentam concepções diferentes sobre determinado tópico. Às vezes, enquanto um apresenta uma conceituação aceita pelo paradigma científico outro, simplesmente declara desconhecer o assunto ou apresenta uma definição de senso comum.

I. Conceito e localização do DNA

Foi solicitado que os estudantes falassem sobre o DNA; esperávamos que discorressem sobre o modelo da dupla-hélice, sobre a constituição química, sobre a função e sobre sua localização. Não encontramos quem dissesse não saber nada sobre o DNA, mas muitos estudantes falaram apenas de sua localização na célula, considerando-o como restrito exclusivamente ao núcleo celular (Quadro 1).

<p>G01 – <i>Ele fica dentro do núcleo da célula,... eu acho; só no núcleo.</i></p> <p>G03 – <i>O DNA fica no núcleo, só no núcleo.</i></p>
--

Quadro 1: DNA restrito ao núcleo celular.

Houve estudantes que responderam de maneira mais satisfatória, dentro do esperado, mas, ainda assim, alguns cometeram equívocos. Continuamos aqui com estudantes que ainda atribuem a localização do DNA exclusivamente ao núcleo, enquanto outros citam o DNA mitocondrial, de cloroplastos e bacteriano. Encontramos, também, estudantes descrevendo nucleotídeos (estudantes G02, G04, G11 e G18). O

estudante G23, afirmou que, no caso dos vírus, “o DNA fica dentro da célula dos vírus” (Quadro 2).

- G02 – *O DNA está no núcleo, só no núcleo. Ele vai mandar produzir as proteínas através dos ribossomos. Eu sei que ele faz isso, mas não lembro como faz para chegar do DNA para os ribossomos.*
- G04 – *O DNA está no núcleo e na mitocôndria; acho que nos cloroplastos também tem. Agora, eu só não sei se ele está no ... ou se é no ribossomo ... Tem uma coisa de nucleotídeos ... é aquela seqüência lá de adenina, timina ... Acho que cada três vai formar uma enzima, é isso?*
- G11 – *Lembro das bases, dos nucleotídeos. Lembro que A liga com T e C com G. Algumas coisas como mutações, algumas funções celulares, lembro daquele desenhinho que tem o tipo de aminoácido, o tipo de bases ligadas. Lembro vagamente. Ele fica no núcleo, só no núcleo da célula.*
- G18 – *Uma molécula tridimensional, ela tem uma dupla-hélice. Ela tem uma replicação semiconservativa. Ela é o material genético da célula. Ela faz o genótipo que vai expressar as características fenotípicas de algum organismo de uma forma geral e fica dentro do núcleo. Tem o DNA mitocondrial, mas acho que ele é mais presente em células germinativas femininas. A germinativa masculina tem, mas acho que ela se perde no momento da fecundação, porque tem uma perda dessas células mitocondriais. O DNA mitocondrial é circular e o DNA nuclear é espiraladinho. Bactéria também tem DNA circular.*
- G23 – *Pode estar no núcleo da célula. Em eucariontes só no núcleo. Aí em procarionte, como não tem núcleo fica lá dentro da célula. No caso de vírus, quando é vírus fica lá dentro da célula do vírus. O DNA é o responsável por fazer a célula funcionar. É o centro de informações da célula e o DNA ... Eu fico pensando, como será que surgiu uma coisa tão complexa como o DNA, ta lá com todas essas informações... É difícil de acreditar!*

Quadro 2: Exemplos de respostas mais completas.

Encontramos estudantes que responderam além do que esperávamos, abordando íntrons, éxons, ligações do tipo pontes de hidrogênio, DNA “lixo”, duplicação semiconservativa dentre outros conceitos citados (Quadro 3).

- G12 – *Seqüência de nucleotídeos, que são diferentes pelas bases nitrogenadas adenina, timina, citosina e guanina, e que elas são arranjadas em dupla hélice. São pontes de hidrogênio entre cada base, como se fosse uma escada. Os degraus são as pontes de hidrogênio de AT, CG. No DNA estão guardadas todas as informações genéticas e os segmentos que codificam essas informações são os genes. Só que a minoria do DNA, por volta de uns 10% codifica genes, tem a parte inferior e superior, para saber onde começa e onde termina o início da transcrição de cada gene. Dentro dos genes estão os íntrons e os exons, os exons codificam mesmo e os íntrons não. Eles serão eliminados na transcrição, não serão traduzidos. O DNA fica no núcleo celular, nos cromossomos. O cromossomo é uma molécula de DNA envolta em proteínas chamadas histonas, essas proteínas são octâmeros, aí elas vão se enrolando até chegar na metáfase onde dá para melhor visualizar. Além do núcleo tem DNA na mitocôndria e nos cloroplastos e só em eucariontes. Nas bactérias o DNA forma os plasmídios.*

Quadro 3: Exemplo de resposta não prevista.

II. Relação entre DNA e aminoácidos

Quando perguntamos aos estudantes o quê eles lembram quando ouvem DNA e aminoácidos e se há relação entre eles, apenas um estudante, dos trinta e três entrevistados, responde que não sabe. Isso faz sentido, pois os termos DNA e aminoácidos são abordados em diversas disciplinas do curso e, mesmo que o estudante não consiga relacioná-los, pelo menos em algum momento já ouviu falar sobre eles.

Entretanto, diversos graduandos confundem conceitos relacionados ao DNA, fazendo relações inadequadas ou incompletas, como exemplificado no Quadro 4. O estudante G04 diz que os ácidos nucléicos se transformam um no outro, ou seja, que DNA se transforma em RNA ou vice-versa. Ele afirma não ter certeza de quem se transforma no outro. Este depoimento evidencia que o estudante não tem domínio do processo de transcrição pois, para ele, ao invés do DNA atuar como molde para o RNA, ocorre transformação de um ácido nucléico em outro. Há estudantes que respondem de maneira simplista e bastante superficial, pulando etapas do processo. A preferência por falar pouco para diminuir o risco de responder de maneira equivocada é sugerida pela insegurança nas respostas, por desconhecimento do assunto (G13).

G12 – *Não sei ao certo.*

G01 – *Acho que dá para seqüenciar as bases do DNA por meio dos aminoácidos. Essa é a relação que consigo fazer.*

G10- *O DNA é um complexo de ácidos desoxirribonucléico com determinada proteína, que eu esqueci o nome; como os aminoácidos formam as proteínas, eu acho que está nessa base o relacionamento deles.*

G04 – *Não sei muito bem, mas acho que um transforma o outro, mas quem fazia isso, quem estava lá primeiro, se era o DNA ou o RNA, eu fico na dúvida. Não sei direito quem se transforma em quem.*

G13 – *O DNA é para formar as proteínas. O DNA, vem o RNA, e, depois, forma as proteínas.*

Quadro 4: Conceitos inadequados ou incompletos sobre DNA e aminoácidos.

Há aqueles que tentam responder de maneira mais completa, fazendo relações, mas utilizam explicações do senso comum, sem embasamento científico, ou ainda, tentam explicar de maneira completa, mas se perdem no caminho como mostrado no Quadro 5.

O conceito de nucleotídeo (Quadro 6) também é outro ponto de desconforto para os estudantes entrevistados. Muitos nem sequer os citam, enquanto outros fazem relações completamente inadequadas entre os termos. Houve, também, estudantes que, em poucas palavras, conseguiram explicar bem, usando uma linguagem cotidiana e relacionar adequadamente os conceitos; outros, ainda, foram capazes de formular respostas muito bem elaboradas, fazendo uso da linguagem científica (G14, G26, G32).

Percebemos certo incômodo nos estudantes por sentirem dificuldades quanto ao assunto, pois acreditavam que, por estarem no último semestre do curso, teriam domínio dos conceitos mínimos exigidos para a formação de um biólogo mas, no decorrer das entrevistas, perceberam as dificuldades e alguns demonstraram certo nervosismo e chegaram a verbalizar a decepção e a desculpar-se.

- G19 – *A relação que eu faço é que o DNA, a estrutura dele tem proteínas que não deixam de ser aminoácidos também, histonas, etc. Se não tiver o DNA, eu acho que não tem como fazer uma proteína, porque os aminoácidos dependem de uma codificação do DNA.*
- G20 – *Não há uma ligação tão direta entre eles, não é direta como a ligação do DNA com o RNAm, mas nada mais é do que a, ... é o produto final daquilo, ... é quase o produto final, do que tem o gene, é o que vai estar na proteína, então é a ligação gene-proteína.*
- G27 – *O DNA é uma molécula que está dentro do núcleo da célula, que tem as informações genéticas que... e as informações que geram as proteínas e as proteínas são formadas por aminoácidos.*
- G33- *Você tem os códons, tem o código genético, com as três basesinhas nitrogenadas e a partir disso você sabe qual vai ser o aminoácido que vai ser chamado lá pelo transportador, pelo RNAt.*

Quadro 5: Explicações em que se busca estabelecer relações entre conceitos.

- G11- *O aminoácido faz parte do DNA. Eu não sei bem a profundidade da coisa, mas eu sei que ele está lá. Acho que ele forma as bases nitrogenadas.*
- G14 – *O DNA tem um código genético que vai determinar a seqüência de aminoácidos.*
- G16 – *Na verdade eu não sei se as bases do DNA são aminoácidos, mas pode ser considerado alguma coisa assim; mas, de qualquer forma, o DNA vai transcrever para RNA e o RNA vai passar para os ribossomos e vai sair, e vai traduzir aminoácidos.*
- G17 – *DNA faz o cruzamento sexuado e acabam fazendo aminoácidos.*
- G25 – *O DNA tem o RNA ... não lembro agora, tem um outro. O DNA ... eu não sei os termos certos, olha só que vexame. A partir do DNA é formado o RNA; eu não lembro se era o mensageiro ou se tinha um antes, enfim, e daí depois liga com os aminoácidos.”*
- G26 – *No DNA são codificadas as informações da seqüência dos aminoácidos que vão formar a proteína.*
- G29 – *O DNA é formado por quatro aminoácidos básicos, que são a adenina, a guanina, citosina e ... esqueci ...*
- G31 – *O aminoácido ... um códon, né, cada três bases formam um códon para um determinado aminoácido.”* G32 – *“No DNA está a informação básica que vai determinar qual vai ser a seqüência de aminoácidos da proteína.*

Quadro 6: Explicações sobre os nucleotídeos.

III. Conceito de RNAm, aminoácidos e proteínas

Perguntamos aos estudantes o que eles lembram quando ouvem RNA mensageiro, aminoácidos e proteínas e como eles se relacionam. Não encontramos estudantes que verbalizassem seu desconhecimento quanto aos conceitos questionados. No entanto, há estudantes que responderam de maneira completamente inadequada, confundindo tradução e transcrição. Fica evidente que, embora já tivessem tido contato com os conceitos, eles não fazem parte de sua rede conceitual, pois as respostas são confusas e sem sentido (G11, G13 e G28; Quadro 7). No decorrer das entrevistas, pôde-se perceber que a relação entre RNAm, aminoácidos e proteínas não é clara para a maioria dos estudantes, havendo lacunas quanto a essas relações. Entretanto, embora os

estudantes não consigam explicar os processos de transcrição e tradução, são capazes de relacionar aminoácidos, polipeptídios e proteínas (Quadro 7). Em contrapartida, encontramos estudantes que demonstram não apenas conhecer os conceitos como também são capazes de estabelecer relações válidas entre eles (Quadro 8).

- G10 – *Aminoácido é o primórdio, vários aminoácidos dão origem a uma proteína, e a proteína é a base de todos os seres vivos conhecidos e RNAm, ácido ribonucléico, mensageiro ele está envolvido no processo de transcrição, de cópia.*
- G11- *A mensagem, o código, as seqüências que são interessantes. Ele que transfere para as células, ele que leva a informação e ele que ajuda a formar os genes e os aminoácidos também fazem parte desta cadeia, fazem parte dos genes.*
- G13 – *Transcrição gênica, formação de proteínas. O RNAm que vai formar as proteínas. Tem o DNA, depois o RNAm, que vai formar os ribossomos com o RNA ribossomal, e, depois, o RNAt, que vai formar as proteínas.*
- G17 – *O RNAm fala quais os aminoácidos que tem que pegar e eles se juntam para fazer a proteína. É a combinação de três aminoácidos e vários aminoácidos vai dar a proteína.*
- G18- *As trincas de aminoácidos vão se juntar ao RNAm para codificar a proteína. O RNAm junto com os ribossomos vão estar codificando as proteínas pela junção dos aminoácidos que vão chegando ao núcleo.*
- G26 – *Um RNAm é aquele que é produzido a partir de um DNA e ele traz a informação genética do núcleo para ser traduzida em ribossomos. Ele vai levar a informação, vai levar a receitinha de quais aminoácidos devem ser incorporados para se formar a proteína.*
- G28 – *RNAm; ele faz com que os aminoácidos trazidos pelos códons se encaixem na fita dos ribossomos e aí são produzidas proteínas.*
- G31 – *O RNAm ele sai do núcleo para ir onde vai ser traduzido, transcrito, não sei bem. Os ribossomos, ... daí vai fazer com que os aminoácidos se juntem para fazerem as proteínas.*

Quadro 7: Tentativas de explicações sobre RNAm, aminoácidos e proteínas.

- G20 – *“RNAm é a ... ele faz a ligação entre a linguagem do gene e a linguagem que o corpo vai conseguir entender. É a ligação entre gene e proteína que é formada por aminoácidos. Tem o DNA, o RNAm e daí os aminoácidos se ligam nos RNAt para codificar, para produzir a proteína.”*
- G33 – *“Eu lembro de síntese de proteínas. O RNAm vai ser uma, ... vai existir uma transcrição a partir do DNA e ele vai levar os códons até o ribossomo e lá o ribossomo vai chamar o RNAt e vai pegar os aminoácidos e construir uma proteína. Essas coisas se relacionam assim a informação que está no núcleo é transmitida, é decodificada, vai para o citoplasma através do RNAm e aí esse dois materiais, aminoácidos é uma pequena parte da proteína e está relacionado ... é o processo de construção da proteína.”*

Quadro 8: Exemplos de explicações mais completas sobre RNAm, aminoácidos e proteínas.

Os estudantes que participaram deste trabalho de pesquisa são graduandos de último ano dos cursos de Ciências Biológicas. Assim, eles já passaram por, no mínimo, quatro anos de Ensino Superior e três anos de Ensino Médio, tendo estudado, nesse

período, os conceitos básicos de Biologia. Devemos lembrar, ainda, que muitos freqüentaram cursinhos pré-vestibulares, onde também tiveram a oportunidade de estudar Biologia. Em seguida, passaram por um curso superior de Ciências Biológicas e estão em fase de conclusão desse curso. Alguns dos entrevistados já estão atuando na área docente. Cabe ressaltar que o estudante G22 já havia concluído a graduação há alguns anos, concluiu o mestrado e agora voltou à Universidade para cursar Licenciatura e já está ingressando no doutorado. Nossos resultados mostram que, apesar dos anos de estudo de Biologia, a maioria dos estudantes entrevistados apresenta muita deficiência em conceitos básicos.

É interessante destacar que pouco mais de 33% dos estudantes entrevistados apresenta sérias dificuldades conceituais, não demonstrando o conhecimento mínimo necessário ao exercício profissional. Durante as entrevistas, esses estudantes deram explicações confusas, superficiais, distorcidas ou lançaram mão do senso comum para se referir aos conceitos investigados. São freqüentes as respostas com palavras soltas e desconexas ou utilizado o significado etimológico da palavra como definição dos conceitos. Acreditamos que esse resultado seja consequência de uma aprendizagem mecânica, por memorização que, geralmente, se dá através de conceitos-estaque, sem uma visão totalizadora da Biologia, em que os conteúdos conceituais não abordam os procedimentais e os atitudinais.

Pouco mais de 51% dos estudantes apresentam alguma dificuldade em relação aos conceitos tidos como cientificamente corretos. Há conceitos que foram compreendidos e incorporados por esses estudantes, porém outros são totalmente desconhecidos ou constituem equívocos sob o ponto de vista científico. As respostas desses estudantes, em muitas ocasiões, são recheadas de insegurança, a ponto de o estudante responder à questão de uma maneira aceitável e, no final da resposta, negar o conceito tido inicialmente como correto. Apenas pouco mais de 15% dos entrevistados responderam as questões com embasamento teórico, utilizando respostas completas e pautadas em conhecimentos cientificamente válidos. Além disso, esses estudantes são capazes de estabelecer relações adequadas entre os diversos conceitos biológicos, o que, para Colinvaux (2007, p. 36), significa que houve aprendizagem verdadeira.

Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001, p. 232) afirmam que o ensino de Ciências pode ocorrer de diversas maneiras e destacam três linhas básicas:

1^a) seguir uma seqüência linear de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, começando com um número reduzido de temas que iriam sendo ampliados em quantidade à medida que a escolarização avança. Essa linha sugere que os conceitos científicos sejam trabalhados proporcionalmente aos anos de escolaridade do estudante, supondo que o formando do Ensino Superior tenha o conhecimento máximo de conceitos dentro de sua área;

2^a) uma visão totalizadora de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, de tal maneira que seja abordado grande volume de informações desde os primeiros anos de escolarização, variando os níveis de aprofundamento conceitual à medida que a escolarização avança. Essa linha defende a idéia de que cada estudante chega à escola trazendo consigo algum tipo de conhecimento a respeito dos saberes científicos e que o domínio mais aprofundado destes conceitos deva ser proporcional aos anos de escolaridade, supondo que o formando do Ensino Superior tenha conhecimento com a máxima profundidade conceitual.

3^a) uma ciência escolar que envolveria uma visão seletiva de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, de tal maneira que a seleção de conteúdos consistiria na relevância dos conceitos estruturantes das disciplinas científicas, adaptados à realidade de cada região. Essa linha espera que cada estudante, ao final da

educação obrigatória, apresente um grau aceitável de alfabetização científica. Supõe-se que, em um curso superior de uma área científica, os formandos adquiriram grande quantidade de conhecimentos específicos a fim de torná-lo um profissional da área, mas que esses não seriam parte imprescindível da bagagem cultural de um membro qualquer da sociedade.

De acordo com essas idéias, independentemente da maneira como a ciência é trabalhada nos diversos níveis de escolarização, o que se espera é que o formando do Ensino Superior, após muitos anos de estudo, tenha adquirido conhecimento máximo em sua área de atuação.

Para Colinviaux (2007, p. 35), “*aprender é um processo de significação*” que ocorre ao longo do tempo e, sendo assim, a aprendizagem não pode ser reduzida a produtos, mas deve ser vista como um movimento que implica em transformações, que possibilitam novas formas de ver, pensar, fazer ou falar. Segundo essa linha de pensamento, a aprendizagem deve ser vista como a possibilidade de ir além do que é dado, além daquilo que já existe, relacionando idéias antes isoladas e caminhando em direção ao progressivo domínio de um tema.

Quando procuramos investigar as concepções dos estudantes sobre DNA e sua localização, não encontramos quem afirmasse nunca ter ouvido falar da sigla e todos responderam à questão. Atribuímos o fato de nenhum estudante alegar desconhecimento do assunto à abordagem constante do termo DNA pelos meios de comunicação. Atualmente, qualquer cidadão que tenha acesso a rádio, televisão, jornais ou revistas já ouviu falar em DNA. No entanto, um número não desprezível de estudantes (pouco mais de 39%) crê que o DNA seja restrito ao núcleo celular, o que significa desconhecimento do DNA mitocondrial.

Encontramos estudantes que apresentavam uma concepção ingênua, utilizando-se do conhecimento do senso comum ou da aprendizagem por memorização para conceituar DNA. Outros, no entanto, além de conceituar, relacionam o DNA com a síntese de proteínas e com cromossomos, reconhecem os nucleotídeos como elementos básicos para a formação do DNA, além de conhecerem a constituição dos nucleotídeos.

A aprendizagem por memorização fica evidente em alguns casos. Para exemplificar, podemos citar o estudante que afirma que o DNA fica dentro da célula de um vírus.

A relação entre DNA, aminoácidos, polipeptídios e proteínas também foi investigada. Encontramos apenas um estudante que declarou desconhecimento do assunto, porém as confusões conceituais apareceram em diversas respostas. Provavelmente isso acontece pelo fato de que a informação foi recebida passivamente pelo estudante e não passou a fazer parte de sua rede conceitual. Para que o conhecimento passe a fazer parte efetivamente da rede conceitual do aprendiz, é necessário que o estudante seja um sujeito ativo de sua aprendizagem, isto é, ele deve ser um agente na construção do seu conhecimento e não apenas receber as informações transmitidas pelo professor durante as aulas. O novo conceito deverá ser incorporado à rede conceitual do estudante e para que isso ocorra torna-se fundamental que ele encontre significado nesse conceito (Ausubel *et al.*, 1980).

Um fato bastante curioso que percebemos no decorrer das entrevistas foi o incômodo apresentado por alguns estudantes ao sentirem dificuldades em responder às questões. Eles acreditavam que sabiam os conceitos e quando percebiam que não os dominavam demonstravam insegurança, nervosismo e constrangimento. Houve estudantes que verbalizaram a decepção em descobrir o desconhecimento dos conceitos e chegaram a desculpar-se.

Quando são abordadas as relações entre RNA mensageiro, aminoácidos e polipeptídios, os resultados são muito semelhantes aos obtidos nos conceitos anteriores. Alguns alunos são capazes de estabelecer relações válidas entre os conceitos, no entanto os processos de tradução e transcrição ficam caracterizados como pontos de grande fragilidade no conhecimento desses alunos.

Um dos entrevistados destaca a importância do uso de modelos quando se trabalha com conceitos abstratos. Em sua resposta, esse estudante deixa evidente que o que ele lembra é proveniente do Ensino Médio, ocasião em que foi feito um trabalho com modelos. Ele inicia a resposta resgatando a lembrança do modelo e, em seguida, busca em sua rede conceitual a relação adequada aos conceitos solicitados, em consonância com o relatado na literatura. De fato, evidências demonstram que o uso de modelos pode proporcionar um caminho que possibilita a compreensão da natureza da ciência (Coll, 2005, p. 195).

Os conceitos de DNA e sua localização, a relação entre DNA e aminoácidos, RNA_m, aminoácidos e proteínas, aminoácidos e polipeptídios são todos intimamente relacionados. No entanto, a impressão que tivemos no decorrer das entrevistas é que há estudantes que não percebem a interligação dos conceitos.

CONCLUSÃO

Os resultados desse trabalho nos permitem inferir que os estudantes participantes desse estudo estão finalizando os cursos Superiores de Ciências Biológicas apresentando dificuldades conceituais básicas em conteúdos fundamentais.

Remetendo-nos aos estágios de alfabetização biológica proposto por Krasilchik (2001, p.38), concluímos que, em relação aos conceitos investigados, pouco mais de 37% dos participantes encontram-se no estágio nominal. Isto significa que esses estudantes são capazes de identificar termos, mas sua conceituação é ingênua ou desconhecida. Pouco mais de 40% dos entrevistados estão no estágio da alfabetização funcional, no qual os termos são definidos por memorização, sem a compreensão real dos seus significados. Mais de 21% encontram-se no estágio estrutural, no qual são compreendidos os conceitos e princípios unificadores da Biologia. Apenas um graduando encontra-se no estágio multidimensional, mas este foi desconsiderado pelo fato de não fazer parte do público característico desse estudo, pois já concluiu o mestrado e está ingressando no doutorado. Colinviaux (2007, p. 37), destaca que aprender envolve dominar conhecimentos, bem como as formas de raciocinar que lhes são associadas. Assim, concluímos que apenas 21% dos participantes deste estudo aprenderam os conceitos envolvidos na pesquisa.

Em algumas ocasiões, os resultados insatisfatórios são atribuídos ao desinteresse do estudante, porém, em nossas entrevistas, notamos que os estudantes não estão alheios e desinteressados, chegando a nos dar pistas para a melhoria da qualidade do ensino. Para Trivelato (1988, p.58), os estudantes não são generalizadamente desinteressados; ao contrário, demonstram estar prontos a traduzir as informações escolares em conhecimentos úteis ao seu dia-a-dia. Cabe, portanto, à escola não sufocar esse anseio por compreender a vida, despejando sobre os estudantes informações estéreis, por serem despidas de significado e relevância.

É preciso preservar e resgatar, quando for o caso, o prazer da aprendizagem e a curiosidade em compreender os fatos da vida em todos os níveis de escolarização.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980, 625p.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 1999, 113p.

COLINVAUX, D. Aprendizagem e construção/constituição de conhecimento: reflexões teórico-metodológicas. **Pró- Posições**, Campinas, v.18, n.3(54), p29-51, set/dez. 2007.

COLL, R.K; FRANCE, B; TAYLOR, I. The role of models/and analogies in science education: implications from research. **International Journal of Science Education**, London, v.27, n.2, p.183-198, 2005.

GALAGOVSKY, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y analogias em la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.19, n.2, p. 231-242, 2001.

GRIFFITHS, A.J.F.; GELBART, W.M.; MILLER, J.H.; LEWONTIN, R.C. **Genética Moderna**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001, 589p.

KRASILCHIK, M. **Ensino de Genética: passado, presente e futuro**. In: Encontro sobre temas de Genética e Melhoramento, 18, 2001, Piracicaba. Anais. Piracicaba: USP, p. 37-41, 2001.

PRIMON, C.S.F. **Análise do conhecimento de conteúdos fundamentais de Genética e Biologia Celular apresentado por graduandos em Ciências Biológicas**. 2005. 135f. Dissertação (Mestrado em Biologia/Genética) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

TORRES, B.B. (2001). **Educação em Ciências Biológicas**. In: Encontro sobre temas de Genética e Melhoramento, 18, 2001, Piracicaba, Anais. Piracicaba. USP, 2001.

TRIVELATO, S.L.F. **Ensino de Genética: Um novo ponto de vista**. São Paulo, FEUSP, p.58-80, 1988.

WOOD-ROBINSON, C.; LEWIS, J.; LEACH, J.; DRIVER, R. Genética y formación científica: resultados de um proyecto de investigación y sua implicaciones sobre los programas escolaresy la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.16, n.1, p. 43-61, 1998.