

## Onde fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)?

### Where is the deoxyribonucleic acid (DNA)?

Júlio Vianna Barbosa<sup>1</sup>, Sheila da Mota dos Santos<sup>2</sup>, Giselle Rôças<sup>3</sup>,  
Cristianni Antunes Leal<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fiocruz/Instituto Oswaldo Cruz, Pesquisador do Laboratório de Educação em Ambiente e Saúde

<sup>2</sup>Fiocruz/Instituto Oswaldo Cruz, Especialista em Ensino em Biociências e Saúde

<sup>3</sup>Docente do PROPEC/IFRJ, Campus Nilópolis

<sup>4</sup>PPGEBS/IOC/Fiocruz; e docente de biologia na SEEDUC-RJ  
caleal1@gmail.com

### Resumo

O ensino de biologia tem-se demonstrado conteudista e abstrato, temas como DNA e genética que são recorrentes e importantes na sociedade não tem alcançado êxito na escola, pois questões simples como a localização do DNA nos seres vivos demonstra que o ensino científico não tem sido plenamente abarcado pelos estudantes. Assim, a aquisição do letramento científico para os participantes do fim da educação básica se distancia. Neste contexto, o trabalho objetiva verificar as concepções prévias de 116 estudantes do terceiro ano do ensino médio sobre a localização do DNA, antes de ingressarem em biotecnologia. Para isso, responderam uma pergunta e, para análise das respostas foi usada a Tematização de onde, quatro temas emergiram. Os resultados colocam um acento na fragilidade do processo ensino e aprendizagem de temas científicos, porém comuns na atual sociedade, chamando a atenção para a necessidade de pensar em estratégias para a didática de tais assuntos.

**Palavras chave:** biologia, DNA, concepção prévia, ensino médio

### Abstract

The teaching of Biology has been shown abstract and focused on the content. Themes like DNA and Genetics, that are recurrent and important in our society, have not reached success in school. Simple subjects, like the DNA location in living beings show us that the scientific teaching has not been completely embraced by the students. Therefore, the acquirement of scientific literacy, for the participants of the end of basic education, budges away. Thereupon this paper aims to verify the preconception of 116 students in the last year of High School about the DNA location, before they joy in Biotechnology. For this, the students have answered a question and, for the analyzing of the answers it was used the thematization, where four themes have emerged. The results put an accent in the fragility of teaching-learning process of scientific themes, although common in nowadays society, calling attention to the need of new strategies for the didactic of these issues.

**Key words:** biology, DNA, conception preview, High School

## Introdução

Temas como célula, genética e ácido desoxirribonucleico (o DNA) atualmente fazem parte do vocabulário dos indivíduos que frequentam o ambiente escolar e dos que não frequentam, pois há a utilização habitual destes temas em reportagens, filmes de entretenimento e internet; assim, o letramento científico torna-se necessário para a participação na sociedade, por conta de desdobramentos de temas envolvendo-os, tais como: células-tronco, engenharia genética, transgênicos, análise de DNA, entre outros. De acordo com Góes e Oliveira, assim como a alfabetização ortográfica é indispensável para a cidadania, a “alfabetização científica e tecnológica é de suma importância para o cidadão do terceiro milênio” (2014, p. 565). Contudo, muitos indivíduos desconhecem estes conceitos, reverberando-os sem reflexão crítica. Neste contexto, a escola se apresenta como instituição importante na aquisição de tais letramentos, não apenas o ortográfico, mas também o científico, com uma aplicação social do conhecimento e com sua utilização na vida dos indivíduos (SOARES, 2004; FERREIRA, 2013), haja vista a importância que temas relacionados à ciência biológica apresentam na contemporaneidade (MAYR, 1998; KNIPPELS, WAARLO e BOERSMA, 2005; MELO e CARMO, 2009; PORRAS e OLIVÁN, 2013).

A molécula do DNA teve sua estrutura desvendada em 1953 em um dos momentos mais marcantes da história da biologia. O modelo didático do DNA é até hoje uma articulação entre o conteúdo e a metodologia e, por meio de tal modelo foi inaugurada a genética molecular, a qual se somou com a genética mendeliana (1900) e futuramente, com a genética de populações que tem como ícone, o Projeto Genoma Humano (2003). Os avanços científicos na área se acumulam, e hoje é possível afirmar que todo o material genético dos organismos celulares é o DNA; enquanto a teoria celular garante que todos os seres vivos são dotados por célula (MAYR, 1998). Os progressos científicos neste campo se somam e hoje é aceitável alegar que o DNA desempenha um papel essencial que ultrapassa o componente genético dos organismos, o que é defendido por Smustad e Simmons ao afirmarem que “as moléculas de DNA contêm informações que dirigem as atividades celulares e guiam o desenvolvimento, a atividade e o comportamento dos organismos constituídos por essas células” (2013, p. 06). Deste modo, os avanços da genética, citologia e ácidos nucleicos geraram discussões sobre a inclusão desses conceitos nos currículos da educação básica, mesmo que já presentes como conteúdos das disciplinas escolares de ciências e biologia.

A temática gera controvérsias, pois os conteúdos são abstratos e enciclopédicos, com dificuldades de aplicação dos conceitos no mundo real por parte de alguns indivíduos, mas, são considerados interessantes de acordo com os mesmos estudantes (BONZANINI e BASTOS, 2005; MALAFAIA, BÁRBARA e RODRIGUES, 2010). Revogar esta diferença tem sido o desafio dos pesquisadores em didática da genética e citologia. Talvez, esteja justamente na didática a solução e o desafio a ser vencido na escolarização de tais temas. Trata-se, portanto, de escolhas possíveis dentro de um campo de possibilidades a serem alcançadas para que os estudantes ao fim da educação básica tenham sua autonomia, e não, apenas, um diploma de concluinte do ensino médio.

Diante deste cenário, o trabalho objetiva verificar as concepções prévias dos estudantes do terceiro ano do ensino médio (EM) sobre o DNA, antes que os mesmos cursassem biotecnologia, assunto preconizado no Currículo Mínimo para colégios público estaduais do Rio de Janeiro, utilizando como recurso um questionário. Neste estudo preliminar, apenas uma pergunta foi analisada pela técnica de análise de dados Tematização (FONTOURA, 2011).

## O DNA e o ensino

No Brasil foi adotada de forma informal a sigla em inglês para o ácido desoxirribonucleico; em português a sigla é ADN, mas, se prefere frequentemente DNA. O DNA é uma macromolécula formada por uma sequência de nucleotídeos e forma junto com o ácido ribonucleico (o RNA), os ácidos nucleicos, pois originalmente foram descobertos no núcleo das células. Hoje, sabe-se que tanto organismos portadores de células procarióticas, quanto eucarióticas, apresentam o DNA como molécula do material genético responsáveis pela herança biológica. A estrutura do DNA é uma dupla hélice com fitas antiparalelas enroladas uma sobre a outra. Com isso, as moléculas de DNA de cada indivíduo de uma espécie constituem o genótipo dessa espécie. O conhecimento de tal assunto é essencial para o avanço dos estudos em biologia, pois é um precursor para que o estudante compreenda a genética e a evolução, por exemplo; uma vez que o DNA é objeto da genética.

O DNA participa da genética porque a duplicação do material genético é seguida de sua segregação em duas células-filhas que herdaram o DNA por sua característica semiconservativa. “O evento decisivo na divisão celular é, portanto, a exata replicação do DNA” (MAYR, 1998, p. 920). Assim sendo e respondendo a pergunta no título do texto, o ácido desoxirribonucleico encontra-se na célula, que é a menor unidade morfofuncional de um ser vivo, independentemente de ser procariótica ou eucariótica, assim como independe se é unicelular ou multicelular.

Os autores Knippels, Waarlo e Boersma (2005) afirmam que dentre os desafios a serem vencidos pela didática da genética e citologia, esta que engloba o ensino do DNA, estão o domínio do vocabulário que tem se mostrado específico da área, como: alelos, genes, genótipo e nucleotídeo; a própria citologia para a compreensão da mitose, meiose e organelas, por exemplo; a abstração muito presente no ensino dos temas, por conta da ausência de recursos; e a própria visão microscópica e macroscópica dos assuntos, pois refletem desde um ser unicelular a todos os organismos da biosfera que compartilham da mesma molécula, o DNA com algumas diferenças entre si. O ensino do DNA necessita compreender estas questões e outras que surgem no dia a dia, caso contrário, os estudantes apenas estudarão o assunto para os momentos avaliativos, passando a reproduzir uma falsa aprendizagem, caracterizando a memorização dos conteúdos e aumentando o abismo para o alcance do letramento científico.

A produção científica em citologia e DNA está em constante crescimento, e há desdobramentos, como proteômica<sup>1</sup> e transcriptoma<sup>2</sup> que dentre em breve ingressará no currículo do ensino médio, pois já surge de forma superficial ao se abordar biotecnologia no ensino médio em colégios públicos estaduais no Rio de Janeiro. Barbosa e Costa, afirmam que “para atualizar a sociedade nos avanços da ciência molecular e da genética, é imprescindível que as bases do conhecimento sejam bem trabalhadas nas escolas. Só assim, o conhecimento passa a ter consolidação para entrar em prática” (2011, p. 06). Deste modo, as problematizações de tais temas enriquecem a educação científica.

Isso pode ser alcançado por meio do uso de recursos e suas problematizações, como as estratégias didáticas. Porém, acaba sendo uma militância particular do docente para abarcar os estudantes no conhecimento do DNA ou de qualquer outro conteúdo. Ao mesmo tempo, na atualidade, o papel do professor não é mais apenas o de transmitir o conteúdo, condição que já está defasada; como bem lembra Santos “a escola, com todas as suas críticas, ainda tem sido o local ideal para a realização do processo de ensino e aprendizagem” (2005, p. 28). Assim,

---

<sup>1</sup> Ciência que determina as estruturas e as funções de todas as proteínas produzidas por organismos vivos.

<sup>2</sup> O conjunto completo de RNA transcritos de um genoma.

exterminar com esse paradoxo, desponta como um desafio para a escola e a sociedade, pois não pode negar sua função social: dar acesso ao ensino e garantir a aprendizagem, e isso inclui a compreensão do DNA. Acredita-se na didática como campo da atuação para contornar tal ação mecânica e acrítica na aula unicamente expositiva.

Enquanto que a educação científica comunga com o letramento científico, quando se espera que os conteúdos sejam compreendidos pelos estudantes, em forma de uma aprendizagem significativa, onde os mesmos possam usá-los fora do ambiente escolar, seja na vida profissional, social ou pessoal, promovendo uma melhora na qualidade de vida ou auxiliando na tomada de decisões frente a um mundo em constante mudança.

O estudo de DNA é tema recorrente nas três séries do ensino médio. A presença de conteúdos como DNA e genética exige dos estudantes a capacidade de abstrair modelos e compreender os conceitos científicos sofisticados por meio de explicações, às vezes, unicamente verbalistas ou com o apoio do livro didático, ou demonstrativa (KNIPPELS, WAARLO e BOERSMA, 2005). Esta estrutura de ensino não tem permitido a conquista do letramento científico e a autonomia intelectual. Perde o estudante, perde o cidadão quando fora da escola, perde a sociedade que agrupa os cidadãos. Logo, deve-se considerar a especificidade do ensino de biologia, da sua linguagem científica e dos estudantes, porque a escola ainda é o local para as práticas do ensino científico, é lócus de formação que tanto se fala, se louva e se critica, porém, precisa de aeração para mudanças significativas em seu formato que permita o ensino e aprendizagem de temas, como o DNA e, corroborar para a educação científica do indivíduo.

## **Procedimentos metodológicos**

O pressuposto deste trabalho se baseia no fato de que os estudantes do final de educação básica acumulam anos de escolarização, inclusive com a temática científica e biológica. Esperava-se um revisitar as suas memórias, aos conteúdos já vividos que os ajudassem na elaboração de respostas consideradas corretas.

Este estudo de natureza qualitativa foi realizado no segundo semestre de 2014, com 116 estudantes do terceiro ano do ensino médio do turno manhã, na modalidade regular, na faixa etária entre 16 e 19 anos de idade, de ambos os sexos. O local pesquisado foi um colégio público pertencente à Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ), localizado em um município da Baixada Fluminense, região metropolitana do Rio de Janeiro. Na ocasião da pesquisa, os estudantes responderam a seguinte pergunta aberta proponente “*Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)?*” Para a análise dos dados foi utilizada a Tematização (FONTOURA, 2011). A Tematização oferece estratégias de interpretação e análise de dados coletados para garantir qualidade na pesquisa. Para sua realização, sete passos devem ser seguidos, a fim de minimizar caminhos intuitivos.

Os participantes foram identificados por um código alfanumérico, onde E significa estudante, seguido do número de chamada e turma. Os participantes apresentavam cada um, pelo menos, 13 anos de escolarização, tendo sido possível vivenciar as disciplinas de ciências e biologia. A pesquisa foi realizada antes da abordagem de biotecnologia, de acordo com o currículo oficial (Currículo Mínimo) da SEEDUC-RJ. No Currículo Mínimo, as turmas do terceiro ano do ensino médio cursam biotecnologia no segundo semestre (RIO DE JANEIRO, 2012).

Caracterizou-se, portanto, como uma etapa de avaliação diagnóstica para verificar se os estudantes possuíam, ou não, conhecimentos necessários para ingressarem em biotecnologia. Para que haja a compreensão de biotecnologia, tais assuntos são considerados essenciais uma vez que se retorna a esses conteúdos para avançar nos estudos. Na realização da atividade,

recomendou-se que não houvesse conversa entre os participantes, com a pesquisadora e nem consulta de materiais extras, como livro e celulares.

A pesquisa está em conformidade com o Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 31442214.1.0000.5248).

## Resultados e discussão

Após as avaliações das respostas, quatro temas emergiram como resultados, sendo eles: Sangue; Célula; Corpo/Indivíduo e Outros (QUADRO 01).

**Quadro 01.** Temas emergentes

Pergunta analisada	Tema	Nº de participantes	Exemplos de respostas
Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucléico (DNA)?	SANGUE	75	Sangue – E183005 Nas células do sangue – E203004 Acho que o DNA fica no sangue – E353004
	CÉLULA	22	Nos núcleos das células - E113004 Acho que nas células – E243002 O DNA se encontra dentro das células – E073002
	CORPO/INDIVÍDUO	11	No cérebro - E273003 No corpo, na pele, nos cabelos, nas digitais - E333003
	OUTROS	08	Nos gametas femininos e masculinos - E383005 Não sei – E263004
Total de 116 estudantes em 04 temas			

Fonte: elaboração dos autores.

### 1. Sangue

As células do sangue se originam das células da medula óssea do tipo hematopoiéticas que terminam por dar origem a todos os nove tipos celulares do sangue, incluindo a única célula anucleada dos mamíferos, as hemácias (eritrócito ou glóbulo vermelho), sendo, portanto, desprovidas de DNA genômico (REHEN e PAULSEN, 2007). As células presente em maior número no sangue humano são justamente as hemácias. Os estudantes se mostraram confusos em suas respostas, ao considerarem que a informação hereditária, por meio do DNA, está somente no tecido conjuntivo sanguíneo; como nos relatos: “a genética fica no sangue, que passa em geração a geração” (E333005); “se encontra no sangue de cada cidadão (células sanguíneas)” (E383004) e; “acho que o DNA fica no sangue” (E353004). Predomínio da concepção que as células que possuem o DNA se localizam no sangue. Estes estudantes desconhecem que todas as células possuem informações genéticas e não inter-relacionam com outros temas, como a meiose e reprodução (BANZANINI e BASTOS, 2005). Os estudantes podem ter sido influenciados por reportagens ou programas televisivos nos quais ao se pedir exames de DNA, normalmente, mas não exclusivamente, pede-se uma amostra de sangue. Percebe-se também a visão antropocêntrica quando um estudante afirma ser em cada cidadão.

São recorrentes os exemplos do corpo humano. E o mais preocupante e emblemático, o sangue sendo o responsável pela herança genética. Knippels, Waarlo e Boersma (2005) discutem que as dificuldades se acumulam para a educação biológica, pois quando ocorre sem lançar mão de uma educação problematizadora nos aspectos moleculares, celulares, orgânicos e populacionais, sem inter-relacioná-los, o que se percebe é esta inconsistência em um conteúdo gerador para novas aprendizagens (genética, evolução, biotecnologia). De acordo com Porras e Oliván (2013) esta fragilidade pode ser superada por aulas planejadas e com uso de recursos, além da oratória e livro didático.

## 2. Célula

Todos os seres vivos são formados por célula, é nela que se encontra o DNA e é este o portador da informação genética. A célula como menor unidade morfofuncional de um ser vivo é conhecida desde 1665, quando Hooke descreveu poros de um pedaço de cortiça (planta). O desenvolvimento da citologia, ciência que estuda a célula, iniciou pelo desenvolvimento da microscopia, mas teve seu apogeu como nunca visto antes no século XX (MAYR, 1998) e continua na contemporaneidade com novas tecnologias de pesquisa (SMUSTAD e SIMMONS, 2013). O ensino de citologia ocorre tanto no ensino fundamental quanto no médio, mas é considerado um tema abstrato pelos estudantes (BANZANINI e BASTOS, 2005; PORRAS e OLIVÁN, 2013). Logo, para uma eficaz aprendizagem, torna-se necessário diversificar as estratégias e problematizar a temática, pois mesmo quando os estudantes responderam corretamente (na célula), esqueceram-se das bactérias, organismos portadores de células procarióticas: “o DNA pode ser encontrado no núcleo da célula de um organismo” (E313002); e “localiza-se no núcleo celular, onde encontramos o código genético” (E163002). É considerado o mais correto: “na célula” (E263003). Uma vez que seres procariontes não apresentam membrana nuclear e nem organelas membranosas.

## 3. Corpo/Indivíduo

Este tema representa que os seres vivos são constituídos de DNA, como: “no interior do organismo” (E363003); “no ser vivo todo” (E063003), e “em todo o corpo do ser vivo” (E263005). Pelas respostas não é possível perceber o que os estudantes compreendem como organismos, se consideram os unicelulares. Mas também selecionam uma parte para a existência do DNA “em qualquer secreção que saia do corpo humano” (E323002). Aponta que não houve uma aprendizagem coerente com o conteúdo de citologia, a superficialidade pode comprometer sua cidadania, de acordo com Melo e Carmo, “o conhecimento deve ser proporcionado aos alunos de forma a torná-los cidadãos capazes de se posicionarem criticamente frente a temas atuais e complexos do cotidiano, enquanto conhecimento biológico” (2009, p. 604). Logo, é na escola enquanto instituição da educação formal, que isto também pode ocorrer.

## 4. Outros

Este tema engloba oito contribuições que podem ser agrupadas em: deixar de responder, “não sei” (E303005) e outras que fogem dos demais temas anteriormente citados. Demonstra que os estudantes não refletiram sobre o tema, ou realmente desconhecem. Assim, como aponta Santos (2005), a escola é o local ideal para os processos educativos, inclusive a educação biológica. Não é possível, portanto, se excluir desta função.

Os resultados apontam as dificuldades do ensino de citologia e genética centradas no excesso de vocabulário, por vezes exclusivo, conteúdos acumulativos e desconectados, exigência de alto grau de abstração e ausência de didática em genética e citologia, impedindo assim, uma melhora na educação científica escolar.

## Comentários finais

A partir do ano de 1953 o DNA passou a ser conhecido como o “código da vida” e outros desdobramentos surgiram desta expressão, o fato é que o ácido desoxirribonucleico também foi inserido no currículo escolar. Na escola pertence aos conteúdos das disciplinas ciências e biologia. No ensino médio é abordado em biologia, mas não é exclusivo, como a química que também o abarca. O estudante no fim da educação básica soma mais de dez anos cursando estas e outras disciplinas. Entretanto, nesta pequena amostra da educação pública do Rio de Janeiro, os anos de estudos com esta abordagem científica se mostraram pouco eficazes, pois os educandos ecoaram, talvez sem querer, que o que houve não foi aprendizagem e sim, memorização para os momentos avaliativos; e para responder, a maioria lançou mão de seus entendimentos que, neste caso, não corroboram com a educação científica.

O estudante no fim da educação básica tem a opção de continuar seus estudos; para aqueles que desejam uma área “biomédica” como carreira profissional, o conhecimento de DNA é relevante. E mesmo os que não desejam tais áreas, mas por estar inserido na sociedade pode ser convocado a exercer suas opiniões e escolhas, seja nos transgênicos, seja na busca por uma terapia gênica, seja com vacina e até mesmo para não ser enganado pela indústria de beleza (creme de cabelo com DNA vegetal). O DNA está presente na sociedade e é um tema para desenvolver demais conhecimentos.

Sobre os resultados, primeiro, é perceptivo que os estudantes acham a biologia uma ciência antropocêntrica, haja vista que os participantes ao responderem partem daquilo que é próximo deles, ou seja, o próprio corpo como referência (sangue, cabelo e cérebro). Segundo, a maioria dos pesquisados (75) reduziram todo o material genético a apenas um tecido, o conjuntivo sanguíneo, este que é presente apenas em alguns grupos de animais. Terceiro, coloca em xeque um currículo escolar sobrecarregado de conteúdos o que os torna superficiais, fragmentados e conseqüentemente com uma aprendizagem ilusória, é o hiato pedagógico. Quarto, a escola ainda é um local para educação científica. Quinto, formar professores com outras habilidades, que possam vislumbrar alternativas à aula expositiva em sua realidade, como o uso de estratégias didáticas ao se apropriar da didática. Sexto, nem todos os estudantes aprendem do mesmo jeito e ao mesmo tempo, portanto, a didática é necessária para o uso de pluralidade de estratégias de ensino para compreender a diversidade de educandos. Sétimo, os estudantes em sua formação, dentro das possibilidades, precisam vivenciar visitas técnicas como em museus de ciências, ter contato com revistas de divulgação científica, e assim, possam perceber que as ciências e a biologia que estudam na escola, existem no seu mundo, no mundo além dos muros da escola.

Para corroborar com o ensino e aprendizagem do DNA foi elaborado uma sequência didática contemplando o DNA e a genética, por meio de recursos audiovisuais, um filme (*Gattaca*), experiência de extração de DNA e o uso das estratégias didáticas disponibilizadas na Revista Genética na Escola. Espera-se que tenha ocorrido a promoção entre o conteúdo e os estudantes por meio destas experiências. Assim, não é a intenção culpabilizar os estudantes e sim, possibilitar novas experiências educacionais.

O esperado foi que por meio de diversidade de estratégias para conteúdos correlacionados: DNA e genética, os estudantes pudessem amadurecer em seu letramento científico, ao menos, que compreendessem a biologia além do homem e, além de uma disciplina escolar.

Portanto, antes de iniciar biotecnologia, a maioria dos estudantes demonstraram incoerências na localização do DNA em suas concepções prévias sobre a temática, tal resultado coloca um acento na superficialidade do ensino de um tema com grande impacto no mundo atual, com reportagens, e no dia a dia dos indivíduos. É tempo de pensar na didática para o ensino de

genética e citologia. É um campo sedento de novidades para abarcar a todos na educação científica.

## Referências

BARBOSA, M.D.; COSTA, G.M. Ácidos nucleicos: como entender isso? **Revista Genética na Escola**. SP, v. 06, n. 02, p. 06-10, 2011.

BONZANINI, T.K.; BASTOS, F. Concepções de alunos do ensino médio sobre clonagem, organismos transgênicos e projeto genoma humano. In: **V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC**. Anais. Bauru, SP, p. 1-13, 2005.

FERREIRA, R.M.S. **Letramento científico: conhecimentos construídos ao longo do ensino fundamental**. 2013. 84f. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica, Faculdade de Educação. Orientadora: Profa. Dra. Maria Inês Corte Vitória. Porto Alegre, RS, 2013.

FONTOURA, H.A. Tematização como proposta de análise de dados na pesquisa qualitativa. In FONTOURA, H.A. (Org). **Formação de professores e diversidades culturais: múltiplos olhares em pesquisa**. Coleção Educação e Vida Nacional. Niterói: Intertexto, 2011.

GÓES, A.C.S.; OLIVEIRA, B.V.X. Projeto Genoma Humano: um retrato da construção do conhecimento científico sob a ótica da revista Ciência Hoje. **Revista Ciência & Educação**. Bauru: SP, v. 20, n. 3, p. 561-577, jul-set, 2014.

KNIPPELS, M-C.P.J.; WAARLO, A.J.; BOERSMA, K.T. Design criteria for learning and teaching genetics. **Journal of Biological Education**. [s.l.]. v. 39, n. 3, 2005.

MALAFAIA, G.; BÁRBARA, V.F.; RODRIGUES, A.S. de L. Análise das concepções e opiniões de discentes sobre o ensino da biologia. **Revista Eletrônica de Educação**. São Carlos, SP, v. 4, n. 2, nov. p. 165-182, 2010.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Tradução: Ivo Martinazzo. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1998.

MELO, J.R.; CARMO, E.M. Investigações sobre o ensino de genética e biologia molecular no ensino médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas. **Revista Ciência & Educação**. Bauru: SP, v. 15, n. 3, p. 593-611, 2009.

PORRAS, F.J.I.; OLIVÁN, M.P. Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**. Cádiz, ES, v. 10, n. 3, sept., p. 307-327, 2013.

REHEN, S.; PAULSEN, B. **Células-tronco: o quê são? Para que servem?** Coleção Ciência no bolso. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2007.

RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro. **Currículo Mínimo 2012 – Ciências e Biologia**. 2012.

SANTOS, R.V.dos. Abordagens do processo de ensino e aprendizagem. **Integração**. SP, n. 40, jan-mai., p. 19-31, 2005.

SNUSTAD, P.D.; SIMMONS, M.J. **Fundamentos de genética**. Tradução: Cláudia Lúcia Caetano de Araújo, 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

SOARES, M. Letramento e alfabetização: as muitas facetas. **Revista Brasileira de Educação**. RJ, n. 25, abr., p. 5-17, 2004.