



Ciência & Saúde Coletiva

ISSN: 1413-8123

[cecilia@claves.fiocruz.br](mailto:cecilia@claves.fiocruz.br)

Associação Brasileira de Pós-Graduação em  
Saúde Coletiva  
Brasil

De Bonis, Marcos; Ferreira da Costa, Marco Antonio  
Educação em biossegurança e bioética: articulação necessária em biotecnologia  
Ciência & Saúde Coletiva, vol. 14, núm. 6, diciembre, 2009, pp. 2107-2114  
Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva  
Rio de Janeiro, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63012431015>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## Educação em biossegurança e bioética: articulação necessária em biotecnologia

Education on biosafety and bioethics:  
necessary articulation in biotechnology

Marcos De Bonis <sup>1</sup>

Marco Antonio Ferreira da Costa <sup>2</sup>

**Abstract** *Science education has been discussed in some segments of the society and, international organizations have encouraged nations to invest in this strategic area. In this context, education in bioethics and biosafety explores a rich content on prevention, standards and ethical principles which serve to guide the paths track by biotechnology. The recovery of bioethics and biosafety, as part of an educational policy scientific, effective and consistent, can stimulate the formation of individuals with a scientific and citizen awareness, in a position to participate on ethical and technological issues produced by biotechnology.*

**Key words** *Science education, Biosafety, Bioethics, Biotechnology*

**Resumo** *A educação científica tem sido debatida em alguns segmentos da sociedade e organizações internacionais têm estimulado as nações a investirem nessa área tão estratégica. Nesse contexto, a educação em biossegurança e bioética explora um conteúdo rico em prevenção, normas e princípios éticos, que servem para nortear os caminhos trilhados pela biotecnologia. A valorização da biossegurança e da bioética como parte de uma política educacional científica, efetiva e consistente, pode estimular a formação de indivíduos com uma consciência científica e cidadã, em condições de participar das questões de natureza ética e tecnológica produzidas pela biotecnologia.*

**Palavras-chave** *Educação científica, Biossegurança, Bioética, Biotecnologia*

<sup>1</sup>Departamento de Virologia, Instituto de Microbiologia Prof. Paulo de Góes, UFRJ. Av. Trompowsk s/n, Cidade Universitária. 21941-590 Rio de Janeiro RJ. debonism@micro.ufrj.br

<sup>2</sup>Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Fiocruz.

## Introdução

Diante dos avanços científicos e tecnológicos e do fenômeno da globalização que ocorrem numa velocidade jamais vista, a educação no planeta tem sido revista por diversos setores da sociedade. Um exemplo disso é referido por Torres<sup>1</sup> no que tange à atuação do Banco Mundial, o qual apresenta propostas para a educação básica dos indivíduos, ocupando um espaço que normalmente seria ocupado pela Unesco, entre outras organizações importantes. Machado<sup>2</sup> chama atenção para o fato de que as novas tecnologias exigem mão-de-obra especializada e que as mudanças nas relações sociais que acontecem de forma acelerada como consequência das novas tecnologias fazem emergir na sociedade a necessidade de uma educação contextualizada com o momento histórico vivido.

Os desafios propostos para a educação no século XXI aparecem no relatório denominado “Relatório Jacques Delors”, elaborado pela Comissão Internacional sobre a Educação para o século XXI, da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (Unesco).

Este relatório foi publicado no Brasil, em 2000, sob o título de “Educação – um tesouro a descobrir”<sup>3</sup>, com a proposta central de que a educação do indivíduo deve passar pelas fases do aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser. Nessa linha de raciocínio, há um consenso entre os educadores de que a agregação destes fatores corrobora, significativamente, para o estabelecimento de novas relações entre o homem e a vida. Visando ampliar a maneira de compreender e de perceber determinadas situações na educação e, conseqüentemente, explorar de forma interdisciplinar e transdisciplinar os saberes, a Unesco publicou o livro “Os sete saberes necessários à educação do futuro”, escrito pelo pensador francês Edgar Morin<sup>4</sup>. Este autor destaca a necessidade da educação ser um processo de formação integral, que entendemos como o desenvolvimento da inteligência racional, da inteligência emocional e da inteligência volitiva do indivíduo e não somente distinção de alguns aspectos do seu ser.

O tema da educação e sua importância para o desenvolvimento sustentável foi objeto da 57<sup>a</sup> reunião da Assembleia-Geral das Nações Unidas, na qual se proclamou o período 2005-2014 como a década da educação para o desenvolvimento sustentável<sup>5</sup> e, simultaneamente, designava a Unesco como agência responsável pela promoção e aplicação da década. Nesta declaração, está suben-

tendida e explícita a necessidade de se ter uma educação de qualidade, bem como aprender valores para no futuro poder respeitar as diferenças, as diversidades e os “outros”. Nesse sentido, a educação facilita o entendimento sobre nós mesmos e sobre os “outros”, além de propiciar a compreensão do ambiente natural e social do mundo. A base de sustentação dessas idéias é o respeito ao “outro”. A construção de alteridade em biotecnologia passa pela responsabilidade mútua entre a sociedade, cientistas e governo.

Quanto à alfabetização científica, Praia *et al*<sup>6</sup> têm debatido o ensino da natureza da ciência e da educação científica, com o objetivo de preparar cidadãos com uma formação científica que os habilite a participar de discussões tecnocientíficas e também de poder participar de tomada de decisões científicas visando ao interesse social.

A necessidade da sociedade de estar presente nas discussões e na tomada de decisões se faz necessário, segundo Fukuyama<sup>7</sup>, porque, na sua visão, a ameaça da biotecnologia é muito sutil e de difícil consenso em qualquer situação que ela esteja envolvida.

Nesses contextos, a educação em biossegurança e bioética torna-se respectivamente instrumento normativo preparatório e formador do caráter científico dos indivíduos que vão produzir produtos biotecnológicos.

Este artigo, portanto, tem como objetivo discutir, à luz da perspectiva cognitivista-construtivista<sup>8</sup>, a inserção da biossegurança e da bioética na formação do indivíduo para o exercício de práticas biotecnológicas com responsabilidade, tendo como premissa que o desafio da biotecnologia não é meramente de caráter ético, mas também político.

## Educação em biossegurança e bioética

O desenvolvimento da biotecnologia suscita uma série de preocupações tanto para cientistas quanto para a sociedade de maneira geral. Dentre essas preocupações, destaca-se a necessidade de se alfabetizar cientificamente a sociedade para que esta saiba se posicionar frente às demandas científicas-tecnológicas atuais. Este assunto é controverso e muitos autores têm se dedicado a debater-lo<sup>9-16</sup>.

A Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI: um novo compromisso, ocorrida em Budapeste, no período de 26 de junho a 2 de julho 1999, patrocinada pela Organização Educacional, Científica e Cultural das Nações Unidas (Unesco) e pelo Conselho Internacional para a

Ciência (ICSU), produziu a Declaração sobre Ciência e o Uso do Conhecimento Científico<sup>17</sup>, na qual sugere que [...] **a criação e manutenção de instituições nacionais para determinação dos riscos e gerenciamento, redução de vulnerabilidade, segurança e saúde; e [...] consequências de novos descobrimentos e tecnologias recentemente desenvolvidas devem ser protegidas para que os problemas éticos possam ser discutidos de uma maneira apropriada.** Percebe-se, nesse documento, implicitamente a preocupação com a biossegurança e a bioética.

A abordagem da educação científica, neste estudo, voltada para a biossegurança e bioética, não traduz uma posição reducionista e sim um enfoque direcionado para a biotecnologia, a qual carrega grandes e novas interrogações éticas, exigindo, assim, uma articulação interdisciplinar a fim de poder atender a um espectro amplo de preocupações de caráter humanitário, ético, científico e cultural.

A biossegurança não se resume somente a normas de prevenção e controle; a sua dimensão científica requer dos indivíduos uma formação educacional adequada para a compreensão e execução dos seus objetivos. Nesse sentido, Costa e Costa<sup>9</sup> se expressam [...] **os processos educacionais de biossegurança devem ser pedagogicamente estruturados para que sejam capazes de gerar competências atualmente demandadas para os profissionais da saúde em todos os níveis.**

O avanço da biossegurança em áreas que também requerem formação adequada dos indivíduos nelas inseridos é comentado por Costa<sup>18</sup>: **A realidade do mundo biotecnológico se apresenta como um processo aparentemente sem limites, e a biossegurança que em termos clássicos pode ser definida como a segurança ocupacional e ambiental da moderna biotecnologia, de forma contraditória, começa a ocupar espaços em ambientes não-biotecnológicos, como hospitais, laboratórios de saúde pública, hemocentros, etc.**

A formação adequada a qual nos referimos é uma educação voltada para a preparação de indivíduos que seriam submetidos a uma alfabetização científica<sup>19</sup>, visando ao desenvolvimento de sua cognição.

Sabe-se que a expressão alfabetização científica possui várias definições<sup>20-31</sup>. Segundo os autores Schulze *et al.*<sup>32</sup>, [...] **o termo alfabetização científica foi empregado pela primeira vez apenas nos anos 1950 por Paul Hurd<sup>33</sup>, desde então, a literatura sobre o conceito tornou-se extensa e diversificada (Duran<sup>34</sup>, Laugksch<sup>34</sup>, Miller<sup>21,35</sup>, Waterman<sup>36</sup>), admitindo diferentes concepções de alfabetização**

**científica, adotadas em função de propósitos distintos para os quais o conceito é utilizado, Jenkins<sup>37</sup>.**

Dentre as muitas concepções de alfabetização científica, achamos relevante à postulada por Miller<sup>21</sup>, em que enuncia uma definição de alfabetização científica composta de três importantes pilares: o primeiro é sobre a aprendizagem de conceitos e nomenclaturas que são indispensáveis em ciência; o segundo, entendimento de modelos, padrões ou normas, bem como saber discriminar o que se deve utilizar em termos de processos, técnicas e métodos; o terceiro, perceber, divisar e formar idéia a respeito do efeito quase sempre devastador que tanto a ciência quanto a tecnologia provocam sobre os indivíduos em uma sociedade, quando se trata de alterar conceitos já estabelecidos. Essa proposta de encarar a alfabetização científica baseada nesses pilares foi aceita pela American Association for the Advancement of Science (AAAS)<sup>20</sup> que, em 1989, formulou sua própria política de alfabetização científica baseada nesse tripé.

Na nossa percepção, os pilares propostos por Miller permitem desenvolver, de maneira muito objetiva, ações em biossegurança e bioética, visando atuar nos processos e nos resultados biotecnológicos. Além disso, contribuem para o surgimento de uma concepção cidadã plena nos indivíduos<sup>38-40</sup>. Estas etapas, sendo executadas de forma competente, poderão no futuro torná-lo um profissional com consciência cidadã, que exercerá atividade científica ou não. Essa mentalidade é construída a partir de uma posição construtivista<sup>8</sup>, criando um comprometimento do indivíduo com o conhecimento e o trabalho.

O impacto causado pela biotecnologia na sociedade, juntamente com o surgimento de novas tecnologias, abriu um leque de discussão em que acaba sobressaindo a necessidade de se discutir biossegurança e bioética de forma articulada. Temas como clonagem de embriões humanos, animais transgênicos, organismos geneticamente modificados (OGM) no ambiente, terapia gênica, células-tronco, entre outros, são assuntos pelos quais a opinião pública sempre manifesta preocupação.

O neurocientista Stevens Rehen, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), deu uma declaração que foi reproduzida no informativo *Jornal da Ciência*<sup>41</sup>, produzido pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, apresentando suas impressões a respeito do fato do Supremo Tribunal Federal (STF) ter liberado as pesquisas com células-tronco embrionárias e da dificuldade de vários setores da sociedade de ab-

sorver cientificamente o assunto em foco e ainda confundi-lo com outros temas que não têm relação com a questão. Em seu comentário, ele destaca que, para dar uma boa direção ao problema apresentado, é necessário investir na educação e cultura científica da população, acrescentando: “é mais uma questão de formação básica mesmo, que precisa melhorar”.

Do lado governamental, a Coordenação de Biotecnologia em Saúde do Ministério da Saúde<sup>42</sup> se posiciona da seguinte forma: ***Nessa gama de novas e promissoras tecnologias, é imprescindível zelar para que seu desenvolvimento e incorporação à atenção à saúde obrigatoriamente respeitem parâmetros de segurança e princípios morais de nossa sociedade, o que qualifica uma estreita interface da biotecnologia com a biossegurança e a bioética.***

O pensamento de que a biotecnologia não precisa estar atrelada a valores morais e éticos é equivocado. Segundo Moser<sup>43</sup>, a biotecnologia não costuma retroceder em seus avanços; com ou sem diálogo, ela segue em frente; portanto, a reflexão ética deve ser obrigatória. A educação em biossegurança e bioética não tem a pretensão de resolver todos os problemas colocados pelo desenvolvimento da biotecnologia; entretanto, são disciplinas fundamentais que corroboram no sentido de se ter uma educação científica relevante em biotecnologia. Essa relevância pode ser evidenciada se for colocado em prática o que o filósofo Edgar Morin<sup>4</sup> chama de “conhecimento pertinente”. É preciso conjugar biossegurança e bioética, embora reconhecendo que cada parte tem sua finalidade e importância. A complexidade de cada disciplina leva a uma reflexão mais profunda quando o objetivo é levar o indivíduo a adquirir informações e saber aplicá-las em conjunto.

Em um mundo globalizado em que a necessidade de congruência se faz presente, biossegurança e bioética não se anulam e sim trocam informações, visando encaminhar racionalmente procedimentos e ações em biotecnologia. Morin<sup>4</sup> acentua que essa idéia de congruência na educação passa pela complexidade das relações humanas, o que permite a inserção de conhecimentos espalhados em outras áreas do conhecimento, como as ciências humanas e da natureza. Na percepção de Morin<sup>4</sup>, é uma educação verdadeiramente paradigmática, porque mexe com todo um sistema estabelecido de produzir conhecimento.

## Educação, ética e política em biotecnologia

Embora seja um documento de diretrizes para a prática da ciência, A Declaração sobre Ciência e o Uso do Conhecimento Científico produzida na Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI: um novo compromisso<sup>17</sup> recomenda algumas ações relacionadas à educação científica, à ética e à política, que também podem ser aplicadas à biotecnologia.

Este documento afirma que: “Educação de ciência, num sentido abrangente, sem discriminação e envolvendo todos os níveis e modalidades, é um pré-requisito para a democracia e para assegurar um desenvolvimento sustentável”. Em outro tópico do documento, é destacado que [...] ***Mais do que nunca é necessário desenvolver e expandir a alfabetização científica em todas as culturas e setores da sociedade bem como a habilidade de raciocinar e perícia e uma apreciação por valores éticos para que haja melhoramento na participação do público no processo de se fazer decisões relacionadas à aplicação do novo conhecimento.***

Em matéria publicada no *Jornal da Ciência*<sup>44</sup>, o engenheiro Paulo Blikstein, formado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), deu uma entrevista a respeito do seu trabalho, o qual associa educação e tecnologia com o objetivo de ter um ensino de melhor qualidade, tendo como base teórica às idéias do educador Paulo Freire.

Em sua dissertação de mestrado no Massachusetts Institute of Technology (MIT), trabalhou com um grupo que se dedicava à questão da aprendizagem e posteriormente testou suas idéias em escolas públicas brasileiras e em alguns países com características educacionais semelhantes ao nosso. Em sua entrevista, ele destaca: “Se a gente realmente quer criar uma geração de cientistas para contribuir para o avanço tecnológico do Brasil, a gente tem de ensinar a ciência do século 21 [...]”.

A formação científica é um processo que não deve ser iniciado somente no ensino superior e sim no ensino médio, em que a capacidade cognitiva do aluno pode ser melhor explorada. Quando esse aluno chega ao ensino superior, se já tem uma base ou, em outras palavras, foi alfabetizado cientificamente, isso faz uma enorme diferença. Porém, para que essa diferença aconteça de fato, é necessário que o sistema educacional seja reestruturado, porque só mudar a grade curricular não será suficiente para produzir uma nova concepção de educação em ciência.

Pode-se verificar, no Plano de Desenvolvimento da Educação do Ministério da Educação (PDE)<sup>45</sup>, que no tópico referente à Educação Profissional e Educação Científica, Decreto nº 6.095, de 24 de abril de 2007<sup>46</sup>, os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IFET) se destacam com a proposta de [...] **constituir-se em centro de excelência na oferta do ensino de ciências, voltado à investigação empírica; qualificar-se como centro de referência no apoio à oferta do ensino de ciências nas escolas públicas**[...]. Essa medida visa, a médio e longo prazo, o incremento de ações que venham fortalecer o ensino de ciência, favorecer a qualificação e a capacitação de indivíduos para ciência e tecnologia e se enquadra nas recomendações estabelecidas na declaração.

Dentro dessa idéia de fortalecimento da educação científica, Morin<sup>4</sup> acrescenta mais um fator ao processo de formação científica do indivíduo, o preparo para enfrentar as incertezas na ciência, destacando que essas incertezas devem ser apresentadas aos indivíduos no seu processo de formação, a fim de que possam saber percorrer interativamente um espaço cercado de paradigmas estabelecidos. O autor faz a seguinte afirmação a respeito do conhecimento: “O conhecimento é, pois, uma aventura incerta que comporta em si mesma, permanentemente, o risco de ilusão e de erro”. Os conhecimentos de biossegurança articulados com os conhecimentos da bioética compõem uma estratégia para a diminuição dos riscos e das incertezas que podem derivar da complexidade que é biotecnologia. A estratégia aqui referida é um conjunto de diversos fatores que vão examinar as certezas e as incertezas do conjunto de circunstâncias apresentadas, bem como as probabilidades e improbabilidades do evento em biotecnologia.

Uma geração de indivíduos que sofra integralmente essas influências aprimorar-se-á cientificamente e, por conseguinte, a visão que a sociedade passa a ter, embasada e firmada em conhecimentos adquiridos durante o processo educacional de amadurecimento científico, deixa de ser uma visão apocalíptica e passa a ser um momento de debate construtivo, visando sempre ao aperfeiçoamento do sistema biotecnológico vigente, nele incluído a biossegurança e a bioética.

### Em relação à ética

Falar de ética em ciência significa fixar parâmetros para sua plena realização. Nesse sentido, a Declaração sobre Ciência e o Uso do Conhecimento

Científico<sup>17</sup> destaca alguns pontos dos quais fazemos referência a dois: o primeiro, “os cientistas e outros personagens principais tenham uma responsabilidade especial em evitar que a ciência venha ser usada de maneira não ética que possam consequentemente trazer resultados indesejáveis”.

A biotecnologia, devido a sua natureza intervencionista, um exemplo da qual é a manipulação do patrimônio genético do ser humano, é geradora de produtos manipulados geneticamente que causam grande impacto na sociedade e, consequentemente, produz preocupações de ordem ética.

Essas preocupações se evidenciam porque alguns grupos de cientistas aceitam e defendem suas posições referentes às práticas biotecnológicas, baseando-se em uma concepção positivista que agregou a razão à ciência e encaminhou para um segundo plano a ética, associando-a à pouca elaboração intelectual<sup>47-49</sup>.

Como resultado, ocorreu um rompimento entre ciência e ética. Essa desconexão deve ser repelida e refutada segundo vários setores da sociedade, porque esta entende que a vida humana é um bem precioso para ficar sujeito a manipulações genéticas sem o controle, também, da sociedade<sup>7,43</sup>.

O segundo ponto é: **Todos os cientistas deveriam se comprometer a altos padrões de ética, [...] A responsabilidade social dos cientistas exige que eles mantenham um alto padrão de integridade científica e controle de qualidade, partilha de seu conhecimento, comunica com o público e educa as gerações jovens. Os currículos científicos deveriam incluir ética das ciências** [...]. O compromisso que cada pesquisador deve ter com a ética não deve ser apenas conceitual e sim um compromisso que influencie constantemente seus pensamentos e que esteja sempre presente em suas ações.

O exemplo para futuras gerações não deve ser visto como um idealismo ingênuo, porque se assim for compreendida a ética, os currículos científicos nunca abordarão as questões da ética e da bioética com a profundidade que deve ser exigida para se examinar os problemas contemporâneos gerados pela tecnociência, em especial a biotecnologia.

Morin<sup>4</sup>, ao referir-se à ética humana, chama-a de “antropo-ética”, isto é, o indivíduo, a sociedade e a espécie formam um conjunto essencial da complexidade humana e, desta relação, manifesta-se a consciência e o espírito humano. Todos esses fatores são considerados fundamentais para ensinar ética para as próximas gerações. Para Morin<sup>4</sup>, dentre os objetivos da “antropo-ética”



como a valorização da vida, o respeito ao “outro”, a solidariedade e a compreensão, a ética deve orientar o indivíduo para exercer a cidadania e a democracia. No escopo dessas ideias, inclui-se a antinomia entre a biotecnologia e a bioética.

As decisões que são tomadas em biotecnologia geram uma difusão de responsabilidades que devem ser assumidas por quem as tomou, não podendo de forma alguma simplesmente ser ignoradas.

O princípio da responsabilidade, segundo Jonas<sup>50</sup> e Lévinas<sup>51</sup>, não é um conceito ultrapassado e sim atual; exige de cada pesquisador inserido no processo biotecnológico que tenha que responder eticamente pelo que faz e, para que isso aconteça, é necessário ter consciência e compreensão das ações desenvolvidas quando está exercendo sua liberdade de escolha. O entendimento de princípios éticos e bioéticos são essenciais quando as decisões são tomadas e, ao mesmo tempo, se exercita a liberdade de escolha no labor biotecnológico.

### Em relação à política

A dimensão política da ciência está expressa na declaração anteriormente citada: [...] ***os países [...] em particular eles deveriam incluir: uma política nacional de longo prazo sobre a ciência a ser desenvolvida junto com os principais agentes do setor público bem como do setor privado; apoio a educação científica e pesquisas científicas [...]***.

Francis Fukuyama<sup>7</sup> defende a posição de que o controle político da biotecnologia deve ser feito de maneira discriminatória pelo Estado e que os representantes da sociedade eleitos democraticamente têm autoridade para estabelecer condições para o desenvolvimento tecnológico. E sobre esse tema ele conclui que a ciência existe para o bem-estar humano e o que a comunidade política cos-

tuma decidir são parâmetros regulatórios e não os problemas e situações científicas decididas pelo pesquisador em seu laboratório.

No rastro desse tema, o governo brasileiro publicou o Decreto nº 6.041<sup>52</sup>, que institui a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia em nosso país e, no artigo primeiro, parágrafo terceiro, item quatro consta, em relação à bioética: “Bioética: assegurar que as questões e os desafios de natureza ética vinculados à biotecnologia sejam considerados na Política de Desenvolvimento da Biotecnologia;” e a “Biossegurança: garantir a segurança à saúde humana e ao meio ambiente em observância à Convenção sobre Diversidade Biológica e à Lei de Biossegurança”.

Percebe-se que, no plano da educação científica, a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia<sup>52</sup> contempla a biossegurança e a bioética e, no plano político regulatório, a Lei de Biossegurança<sup>53</sup> atende a alguns pontos da declaração.

### Considerações finais

A biossegurança e a bioética devem estar articuladas para assegurar que a execução das ações em biotecnologia seja respaldada no respeito à vida e ao “outro”. A construção da alteridade biotecnológica passa pela educação científica. Uma política de educação científica nacional e não setorial alcançará um maior número de indivíduos e contribuirá mais concretamente para atender a necessidade cada vez mais urgente de formar cidadãos cientificamente esclarecidos e não apenas técnicos, objetivando ter, a médio e longo prazo, pessoas capazes de lidarem com as questões propostas pela biotecnologia. A decisão política de valorizar a biossegurança e a bioética, considerando-as estratégicas na educação científica, se faz necessária no contexto nacional e deve ocorrer de forma efetiva e consistente.

### Colaboradores

M De Bonis participou da concepção, elaboração e revisão; MAF Costa participou da revisão geral, reformulação de trechos do texto e revisão final para publicação.

## Referências

1. Torres RM. Melhorar a qualidade da educação básica? As estratégias do Banco Mundial. In: De Tommasi L, Warde MJ, Haddad S, organizadores. *O Banco Mundial e as políticas educacionais*. São Paulo: Cortez; 1998.
2. Machado LRS. Educação e os desafios das novas tecnologias. In: Ferreti CJ, organizador. *Novas tecnologias, trabalho e educação: um debate multidisciplinar*. Petrópolis: Vozes; 1998.
3. Delors J. *Educação: um tesouro a descobrir: relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI*. São Paulo: Cortez; Brasília: MEC/Unesco; 1998.
4. Morin E. *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. 2ª ed. São Paulo: Cortez; Brasília: Unesco; 2000.
5. Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2014). Resolução 57/254 aprovada pela Assembleia-Geral das Nações Unidas. 2002. [acessado 2008 mai 2]. Disponível em: <http://www.unesco.pt/pdfs/docs/LivroDEDS.doc>
6. Praia J, Gil-Pérez D, Vilches A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciênc. & Educação* 2007; 13(2):141-156.
7. Fukuyama F. *O nosso futuro pós-humano. Consequências da revolução da biotecnologia*. Rio de Janeiro: Rocco, 2003.
8. Nardi R, Gatti SRT. Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências. *Ensaio* 2004; 6(2):145-168.
9. Costa MAF, Costa MFB. Educação e Competências em Biossegurança. *Rev. bras. educ. med.* 2004; 28(1):46-50.
10. DeBoer GE. Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *J Res Science Teaching* 2000; 37(6):582-601.
11. Fourez G. *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue; 1997.
12. Jenkins EW. School science, citizenship and the public understanding of science. *Intern J Scien Education* 1999; 21(7):703-710.
13. Cachapuz A, Gil-Pérez D, Pessoa AM, Praia J, Vilches A. *A necessária renovação do ensino das Ciências*. São Paulo: Cortez; 2005.
14. Gil-Pérez D, Vilches A, Toscano JC, Macías O. Década de la Educación para un futuro sostenible (2005-2014): un necesario punto de inflexión en la atención a la situación del planeta. *Rev Ibero de Educación* 2006; 40(2):125-178.
15. Auler D. Alfabetização Científico-Tecnológica para quê? *Ensaio* 2001; 3(2): 105-115.
16. Krasilchik M. Ensinando Ciências para Assumir Responsabilidades Sociais. *Rev de Ensino de Ciên* 1985; 14:8-10.
17. Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI: Um Novo Compromisso. Declaração sobre Ciência e o Uso do Conhecimento Científico. 1999 [acessado 2008 mai. 5]. Disponível em: <http://ftp.mct.gov.br/temas/budapeste/declaracao.htm>
18. Costa MAF. Qualidade e Biossegurança: uma necessidade de integração. *Rev Biotec* 1998; 4:32-33.
19. Dalpian MC. Ensino de ciências e cidadania. *Em Aberto* 1993; 11(55):49-55.
20. American Association for the Advancement of Science. *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, D.C.: AAAS; 1989.
21. Miller JD. Scientific literacy: a conceptual and empirical review. *Daedalus* 1983; 112(2):29-48.
22. Jenkins EW. Scientific literacy. In: Hunsen T, Postlethwaite TN, editors. *The international encyclopaedia of education*. Oxford: Pergamon Press; 1994. p. 5345.
23. Maienschein J. Commentary: to the future – arguments for scientific literacy. *Science Communication* 1999; 21(1):38-63.
24. Shen BSP. Science Literacy. *American Scientist* 1975; 63:265-268.
25. Leal MC, Souza GG. Mito, ciência e tecnologia no ensino de ciências: o tempo da escola e do museu. In: *Atlas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências* 1997; Águas de Lindóia.
26. Bybee RW. Toward an understanding of scientific literacy. In: Graber W, Bolte C, editors. *Scientific literacy. An international symposium*. Kiel: IPN; 1997.
27. Shamos MH. Science literacy is futile: try science appreciation. *The Scientist* 1988; 18(9):17-32.
28. Cazelli S. *Alfabetização científica e os museus interativos de ciência* [dissertação]. Rio de Janeiro (RJ): Departamento de Educação, PUC; 1992.
29. Hurd PH. Science literacy: its meaning for American schools. *Educational Leadership* 1958; 16(1):13-16.
30. Hurd PD. Scientific literacy: new mind for a changing world. *Science & Education* 1998; 82:407-416.
31. Hazen RM, Trefil J. *Saber ciência*. São Paulo: Cultura Editores Associados; 1995.
32. Schulze CN, Camargo B, Wachelke J. Alfabetização científica e representações sociais de estudantes de ensino médio sobre ciência e tecnologia. *Arq Bras Psic* 2006; 58(2):1-14.
33. Durant JR. What is scientific literacy? In: Durant JR, Gregory J, editors. *Science and culture in Europe*. London: Science Museum; 1993. p. 129-137.
34. Laugksch RC. Scientific literacy: a conceptual overview. *Science Education* 2000; 84(1):71-94.
35. Miller JD. Toward a scientific understanding of the public understanding of science and technology. *Public Understanding of Science* 1992; 1(1):23-26.
36. Waterman AT. National Science Foundation: a ten-year resumé. *Science* 1960; 131(3.410):1341- 1354.
37. Jenkins EW. Scientific literacy. In: Hunsen T, Postlethwaite TN, editors. *The international encyclopaedia of education*. Oxford: Pergamon Press; 1994. p. 5.345.
38. Freire P. *Educação como prática da liberdade*. Rio de Janeiro: Paz e Terra; 2007.
39. Freire P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra; 2007.
40. Krasilchik M. Ensino de ciências e formação do cidadão. *Em Aberto* 1988; 7(40):55-60.
41. Jornal da Ciência (SBPC). [site da Internet] 2008 [acessado 2008 jun 3]. Disponível em: <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detailhe.jsp?id=56415>



42. Brasil. Ministério da Saúde. Coordenação de Biotecnologia em Saúde. [site da Internet]. 2008 [acessado 2008 jun 5]. Disponível em: [http://portal.saude.gov.br/portal/sctie/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=22773](http://portal.saude.gov.br/portal/sctie/visualizar_texto.cfm?idtxt=22773)
43. Moser A. **Biotecnologia e Bioética. Para onde vamos?** Petrópolis: Vozes; 2004.
44. Jornal da Ciência (SBPC). [site da Internet] 2008 [acessado 2008 jun 17]. Disponível em: <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=56707>
45. Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE): razões, princípios e programas. [site da Internet]. 2008 [acessado 2008 jun 18]. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=content&task=view&id=593&Itemid=910&sistemas=1>
46. Brasil. Decreto nº 6.095 de 24 de abril de 2007. Estabelece diretrizes para o processo de integração de instituições federais de educação tecnológica, para fins de constituição dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia - IFET, no âmbito da Rede Federal de Educação Tecnológica. **Diário Oficial da União** 2007; 25 abr.
47. Minayo MCS. Editorial. **Cien Saude Colet** 2001; 6(1):2.
48. Minayo MCS. Contribuições da antropologia para dilemas éticos da área da saúde. **Cien Saude Colet** 2008; 13(2):329-339.
49. Ribeiro OM. Por que investir em pesquisa qualitativa? **R. bras. Est. pedag.** 2000; 81(197):109-115.
50. Jonas H. **El Principio de Responsabilidad: Ensayo de una ética para la civilización tecnológica**. Barcelona: Herder; 1995.
51. Lévinas E. **De otro modo que ser, o más allá de la esencia**. Salamanca: Ediciones Sígueme; 1987.
52. Brasil. Decreto nº 6.041, de 08 de fevereiro de 2007. Institui a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia, cria o Comitê Nacional de Biotecnologia e dá outras providências. **Diário Oficial da União** 2007; 09 fev.
53. Brasil. Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005. Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança – CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança – PNB, revoga a Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995, e a Medida Provisória nº 2.191-9, de 23 de agosto de 2001, e os arts. 5º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10 e 16 da Lei nº 10.814, de 15 de dezembro de 2003, e dá outras providências. **Diário Oficial da União** 2005; 28 mar.

---

Artigo apresentado em 15/07/2007

Aprovado em 26/06/2008

Versão final apresentada em 30/10/2008