Parte II – Propostas de ensino
***Doping* genético: uma questão sociocientífica para o ensino superior**

Shirley Margareth Buffon da Silva

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

SILVA, S.M.B. Doping genético: uma questão sociocientífica para o ensino superior. In: CONRADO, D.M., and NUNES-NETO, N. *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas* [online]. Salvador: EDUFBA, 2018, pp. 261-275. ISBN 978-85-232-2017-4. <https://doi.org/10.7476/9788523220174.0013>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

DOPING GENÉTICO

UMA QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA PARA O ENSINO SUPERIOR

Shirley Margareth Buffon da Silva

Introdução

Em pouco mais de meio século, o conhecimento genético passou por grandes avanços, como o sequenciamento do genoma humano e de diversas outras espécies; a produção de insulina e hormônio de crescimento, utilizando a técnica do DNA (ácido desoxirribonucleico) recombinante; a caracterização de diversas enfermidades hereditárias e a detecção de suscetibilidades genéticas para o desenvolvimento de enfermidades comuns não transmissíveis, como o câncer, as doenças cardiovasculares, o diabetes e as enfermidades mentais. (PENCHASZADEH, 2012)

Como um dos resultados desse avanço, foi desenvolvida a técnica de terapia gênica, que consiste na transferência de material genético para células-alvo com o objetivo de suprir os produtos de um gene estruturalmente anormal no genoma¹ de uma pessoa. (SANTAMARIA et al., 2013)

Vale ressaltar que esse tipo de terapia ainda se encontra em fase experimental e requer uma regulamentação pautada por critérios éticos presentes em outras terapias

¹ Genoma é toda a informação hereditária de um organismo que está codificada em seu DNA (ou, em alguns vírus, no RNA).

médicas, além de uma avaliação de riscos e benefícios suficientemente positiva para que possa ser aplicada.

Devido às perspectivas de tratamento de doenças para as quais não existem melhores alternativas (como, por exemplo, câncer, amaurose congênita de Leber, β -talassemia, imunodeficiência combinada grave ligada ao X, hemofilia B, síndrome de Wiskott-Aldrich, deficiência de lipoproteína lipase grave, doenças cardiovasculares, doenças infecciosas, neurológicas, oculares, inflamatórias), a terapia gênica não encontra dificuldade para ser considerada legítima. Ressalve-se, entretanto, que essa técnica pode ser utilizada não apenas com finalidade terapêutica, mas também com objetivo de melhoramento ou aprimoramento genético que se baseia apenas na modificação e no aperfeiçoamento de fenótipos² normais. (BENTO, 2008; COELHO, 2012; WIRTH; PARKER; YLÄ-HERTTUALA, 2013)

O uso da terapia gênica com esse objetivo suscita questões de ordem moral e ética. Bento (2008, p. 188) afirma que “[...] uma terapia que tentasse um caminho de melhoramento da genética humana deixaria de ser uma terapia, [...] mas tratar-se-ia de um eugenismo,³ com riscos incontrolláveis para as gerações futuras”.

Recentemente, o potencial para uso indevido da terapia gênica entre atletas tem despertado a atenção de cientistas e de órgãos reguladores de esporte. A transferência de genes que poderiam melhorar o desempenho esportivo de atletas saudáveis, técnica proibida em 2003, pela Agência Mundial Antidoping (AMA),⁴ foi denominada *doping* genético. (HAISMA; HON, 2006)

Uma vez inserido no genoma do atleta, o gene de interesse poderia expressar um produto endógeno capaz de melhorar o desempenho atlético que os métodos atuais de detecção de *doping* não são capazes de identificar, o que poderia estimular seu uso indevido entre atletas. (QUEIROZ; ALVES, 2012)

Com essa QSC, é possível discutir conteúdos sobre hereditariedade, DNA, transcrição, tradução, melhoramento genético, fisiologia do esporte, bem como suscitar um debate sobre as dimensões éticas de tais conteúdos aplicados a esse contexto. Nesse sentido, nosso propósito é apresentar um dilema sobre terapia gênica, discutindo meios para sua aplicação no ensino de ciências.

Este capítulo encontra-se dividido em quatro partes: a primeira apresenta um breve panorama sobre a terapia gênica, o *doping* genético e as questões de ordem moral e ética; a segunda trata das QSC como ferramenta para o desenvolvimento moral; a terceira

2 Fenótipo representa as características observáveis ou caracteres de um organismo ou população, como, por exemplo: morfologia, desenvolvimento, propriedades bioquímicas ou fisiológicas e comportamento.

3 Eugenismo: sistema de ideias ou doutrina que tem como base a eugenia, o aprimoramento genético do ser humano. O movimento eugenista esteve presente na Europa e nas Américas, inclusive no Brasil, no início do século XIX.

4 World Anti-Doping Agency (Wada).

traz uma proposta de ensino baseada em QSC sobre o *doping* genético, objetivos e meios para discussão; e a quarta trata das considerações finais e implicações deste trabalho.

Terapia gênica, *doping* genético e suas relações

A terapia gênica pode ser caracterizada como a transferência de material genético para células-alvo com o objetivo de tratamento ou prevenção de uma doença. Os materiais genéticos podem ser DNA, RNA (ácido ribonucleico) ou células geneticamente alteradas. O material genético inserido nas células de um indivíduo pode gerar a forma funcional de uma proteína que, devido a alterações estruturais no seu gene, é produzida em pequenas quantidades ou sem atividade biológica. Com essa técnica, também é possível regular a expressão de outros genes, ativá-los ou inativá-los. (HAISMA; HON, 2006)

Wirth, Parker e Ylä-Herttuala (2013) relatam que teriam sido realizados mais de 1.800 ensaios clínicos de terapia gênica em todo o mundo. Dos ensaios clínicos em curso no mundo, o câncer é a doença mais tratada, alcançando porcentagem superior a 60%; ele é seguido por doenças cardiovasculares e doenças monogênicas.⁵

O gene de interesse pode ser introduzido na célula-alvo das seguintes maneiras:

- *in vivo*: envolve a introdução direta do gene alvo no interior do corpo por via biológica (vetores virais), químicas (lipossomas) e/ou métodos físicos (injeção direta utilizando uma seringa ou pistola de genes); e
- *ex vivo*: no qual células do próprio paciente são retiradas por meio de biópsia, modificadas geneticamente e reintroduzidas no paciente. (SANTAMARIA et al., 2013)

Vetores virais derivados de retrovírus, adenovírus e lentivírus são os mais comuns, e para serem utilizados são submetidos a várias alterações genéticas, com a retirada ou inativação dos genes que lhes conferem virulência. Assim, ao se ligarem e entrarem na célula-alvo, os vetores virais injetam seu material genético contendo o gene terapêutico no DNA do paciente, possibilitando a transcrição e a tradução do gene para sua proteína funcional correspondente, ou então, utilizam a maquinaria molecular da célula hospedeira para expressar seus genes. (AZZAZY; MANSOUR; CHRISTENSON, 2009)

Segundo Haisma e Hon (2006), a expressão da proteína de interesse depende da natureza do promotor e do vetor utilizado na introdução do gene, podendo ser de curta duração (dias/semanas) ou de longa duração (semanas/anos). A proteína expressa pode ficar confinada à célula-alvo ou, se for uma proteína segregada, pode migrar a partir da célula para o tecido circundante ou para a circulação.

5 Doenças monogênicas são doenças hereditárias causadas por uma mutação ou alteração na sequência de DNA de um único gene.

A terapia gênica pode ser classificada em duas categorias: terapia gênica somática e terapia gênica germinal. A diferença entre essas duas abordagens é que, na terapia gênica somática, o material genético é introduzido em células somáticas (todas as células do corpo, exceto as sexuais) e a alteração não é passada para as próximas gerações, afetando apenas o indivíduo em tratamento. Entretanto, caso a terapia gênica seja realizada em células da linhagem germinal (células sexuais e as que constituem a base da sua formação), o gene terapêutico será transmitido aos descendentes do paciente. (WIRTH; PARKER; YLÄ-HERTTUALA, 2013)

A Lista de Substâncias e Métodos Proibidos da AMA (2004, p. 6) já definia *doping* genético como “uso não terapêutico de genes, elementos genéticos e/ou células que têm a capacidade de melhorar o desempenho atlético”. Em 2015, após revisão, a denominação *doping* genético ficou definida pela mesma agência como “a transferência de ácidos nucleicos ou seus análogos nas células e a utilização de células geneticamente modificadas”. (WADA/AMA, 2015, p. 7)

Os produtos gênicos mais importantes para *doping* genético são: eritropoietina (aumenta a produção de hemácias, de modo que a capacidade de transporte de O_2 para os tecidos fica aumentada), bloqueadores da miostatina (regulador negativo da hipertrofia muscular), fator de crescimento endotelial vascular (VEFG) (crescimento do endotélio vascular, na angiogênese e na vasculogênese), fator de crescimento semelhante a insulina (IGF-1) e hormônio de crescimento (GH) (aumento da síntese proteica na musculatura esquelética), leptina (controle da sensação de fome e saciedade, redução do consumo alimentar e, conseqüente, perda de peso), endorfinas e encefalinas (diminuição da sensação de dor) e receptor ativado por proliferador de peroxissomo delta (PPAR Δ) (diminui a quantidade de tecido adiposo, reduz o peso corporal e aumenta a termogênese). (ARTIOLI; HIRATA; LANCHÁ JUNIOR, 2007) Na Figura 1, podemos visualizar os principais alvos do *doping* genético.

A terapia gênica pode apresentar problemas conhecidos, por exemplo, a inserção do material transgênico em células não alvo ou de modificação genética em células da linhagem germinal com a possibilidade de transmissão do transgene aos descendentes, resposta inflamatória e falta de controle da ativação do gene de interesse. Em pessoas saudáveis, é provável que tais problemas sejam ainda mais importantes, já que haveria excesso do produto do gene transferido. (AZZAZY; MANSOUR; CHRISTENSON, 2009; FISCHETTO; BERMON, 2013)

Fischetto e Berman (2013) relatam que, no caso do gene precursor da eritropoietina (EPO), a produção incontrolada de células vermelhas pode levar ao desenvolvimento de hipertensão, acidentes vasculares cerebrais ou cardíacos por policitemia secundária, anemia autoimune e aumento da vascularização de tumores não detectados. No caso dos genes GH e IGF-1, podem ocorrer acromegalia e desenvolvimento incontrolado do tecido conectivo em órgãos como fígado, coração e pulmão; também existe a possibilidade de valvulopatias, insuficiência cardíaca, apneia do sono, espessamento dos tecidos

moles, espessamento da pele, Doença de Raynaud, hipertrofia muscular com os consequentes problemas osteoarticulares, além do potencial oncogênico desses hormônios.

Figura 1 – Tecidos e órgãos-alvo para o *doping* genético

Em sentido anti-horário, são apresentados: (1) coração: aumento no débito cardíaco; (2) fígado: intensificação do metabolismo energético e do ciclo de Cori; (3) medula óssea: aumento da produção de eritrócitos e da transferência de oxigênio; (4) músculo: alteração da qualidade, estrutura e vascularização; (5) rins: aumento da síntese de eritropoietina pelas células intersticiais e (6) cérebro: aumento da tolerância à dor (tradução nossa, com alteração de esquema de cores).

Fonte: Oliveira e colaboradores (2011, p. 1195).

Segundo Artioli, Hirata e Lancha Junior (2007), apesar dos rigorosos controles em todas as etapas de preparação dos vírus geneticamente modificados, há possibilidade de contaminação com produtos químicos provenientes do processo de produção e purificação dos vírus. Existe o risco dos vírus provocarem respostas inflamatórias importantes no paciente. Outro problema relacionado ao vetor viral decorre da capacidade de mutação e replicação que ele poderia ter, principalmente se houver falhas em sua preparação. O autor também relata a possibilidade, embora pequena, de o gene ser introduzido erroneamente em células germinativas como um risco inerente ao procedimento.

A dificuldade de detecção do *doping* genético está associada ao fato de a proteína produzida pelo gene de interesse ou as células geneticamente manipuladas ser estrutu-

ral e funcionalmente muito semelhante às proteínas endógenas. A maioria das proteínas transgênicas, especialmente as relacionadas ao aumento da força muscular, são produzidas localmente no músculo e podem ser indetectáveis no sangue ou na urina. Um dos métodos apontados como confiável seria uma biópsia do músculo, que dificilmente seria aceito pelos atletas por ser um método invasivo. (BRZEZIAŃSKA; DOMAŃSKA; JEGIER, 2014)

Quando tratamos das diversas finalidades ligadas à engenharia genética, a primeira e fundamental seria o tratamento de doenças graves utilizando a manipulação genética. No esporte, a terapia gênica constitui, ainda, uma possibilidade na recuperação de tecidos de baixa capacidade regenerativa, tais como tendões, cartilagens e músculos esqueléticos, facilitando a recuperação de rompimentos de ligamentos cruzados, meniscos, lesões em cartilagens e calcificação óssea tardia pela inserção de fatores de crescimento para estimular a cicatrização. (COELHO, 2012)

Entretanto, é possível que atletas saudáveis utilizem esse mesmo método em busca de um incremento do desempenho atlético, sendo difícil a distinção entre a terapia para a cura de doenças ou para o aprimoramento genético, o que exige uma reflexão acerca do significado moral da manipulação genética. (BENTO, 2008)

A história da genética humana está distante de ter sido harmoniosa e livre de conflitos. Assim como o conhecimento científico interfere na sociedade, as forças sociais externas também interferem no desenvolvimento da ciência, de forma que a genética não está isenta de conflitos com a sociedade, a política e as ideologias. (PENCHASZADEH, 2012)

Nesse contexto, afloram o determinismo e o reducionismo genético que Penchaszadeh (2004) aponta como ideologias prejudiciais. O determinismo genético se caracteriza pela ideia de que os traços humanos, determinados pelos genes, são pouco afetados por mudanças no ambiente físico e social. O reducionismo também considera que as variações nas características humanas são decorrentes, principalmente, dos genes e que estes são a explicação final para muitas características dos seres vivos. Dessa forma, essas ideologias têm produzido visões do ser humano que privilegiam o individual sobre o coletivo, o biológico sobre o sociocultural. Penchaszadeh (2012) ainda explica que, com o conhecimento genético disponível atualmente, chegamos à compreensão de que todas as características humanas não dependem unicamente da constituição genética, mas são o resultado das interações entre as circunstâncias físicas, biológicas, sociais, culturais e psicológicas as quais o indivíduo é exposto ao longo da vida. Portanto, esse contexto, influenciado pelo reducionismo genético em que se exagera o papel dos genes e as indústrias biotecnológica e farmacêutica são enaltecidas, constitui uma ameaça à equidade e ao direito à saúde.

Apesar da relevância, o tema em questão tem sido pouco explorado na educação científica/ensino de ciências. Esse fato pode ser observado em levantamento realizado

na base de dados de referências e citações de literatura científica SCOPUS, utilizando os descritores *gene doping* e *education*, em que foram identificadas 11 referências, sendo que nenhuma na área de ensino de ciências e na pesquisa nessa área. Nesse sentido, percebemos que as discussões sobre o *doping* genético e suas implicações do ponto de vista da saúde, legal e ético adquirem grande importância.

As Questões Sociocientíficas no ensino e o desenvolvimento moral

Pesquisas da área de ensino de ciências têm apresentado evidências de que os processos de tomada de decisões envolvendo Questões Sociocientíficas (QSC) são guiados, além do conhecimento científico, por fatores sociais, morais e afetivos.⁶ De acordo com Sadler e Zeidler (2004), apoiados em Blair (1997), Nucci (2001), Tisak (1995), Turiel (1983) e Turiel e Smetana (1984), o conhecimento social e a tomada de decisão residem em um dos três domínios universais:

- convencional: está relacionado às questões que são resolvidas mais adequadamente com a aplicação de normas sociais previamente estabelecidas;
- pessoal: representa as decisões que estão sujeitas à escolha pessoal e de preferência de um indivíduo, por exemplo, o fato de determinados indivíduos optarem por adotar comportamentos veganos, a despeito da maioria da população adotar comportamentos especistas, evidenciando o domínio pessoal sobre uma ideologia ainda hegemônica;
- moral: é definido por prescrições universalmente reconhecidas com base em concepções do bem-estar humano, justiça e direitos. A ética é o campo da filosofia que fundamenta este último domínio.

Zeidler e Keefer (2003) apontam que as QSC, devido à sua natureza controversa, requerem a consideração de questões éticas e a elaboração de julgamentos morais sobre temas sociocientíficos. Para isso, é necessário aprender sobre ética. Mueller e Zeidler (2010) apoiam essa ideia, salientando que as decisões éticas são fundamentalmente necessárias para a participação mais efetiva em ações que afetam comunidades.

Com isso, constata-se que o conhecimento científico não representa o todo das questões. De acordo com Garvey (2010), a ciência explica os fatos, e não tudo o que se deve fazer a respeito dos problemas, isto, é tomar uma decisão e agir em concordância. É neste ponto que recorreremos também aos nossos valores, inescapavelmente.

⁶ Ver, por exemplo, Bell e Lederman (2003), Sadler e Fowler (2006) e Walker e Zeidler (2007).

Segundo Callado Moreno (2012), todas as ações humanas são orientadas consciente ou inconscientemente por valores, que são projetos ideais que supõem a eleição de determinadas opções como desejáveis e apreciáveis.

Nesse contexto, compreendemos que a tomada de decisão em QSC implica o ato de escolher entre uma ou mais alternativas muitas vezes conflitantes, emergindo aí o elemento valorativo presente nos juízos de valor, estes que, por sua vez, se apoiam nos princípios morais do indivíduo e da sociedade.

Consideramos, neste capítulo, a apresentação de um dilema sociocientífico que envolve tomada de decisão e, portanto, que inclui o raciocínio moral.

Uma QSC sobre o tema *doping* genético envolve a análise de custo-benefício, a qual remete à consideração dos riscos que interagem com os valores, e estes se apoiam no raciocínio moral. Tais aspectos devem ser levados em conta por aqueles que desejam alcançar um desempenho superior no esporte, além de realizar considerações sobre o uso da engenharia genética para o aperfeiçoamento de características fenotípicas normais.

Estudos têm demonstrado que os valores morais não são inatos nem hereditários, eles se formam e se desenvolvem em função de um complexo sistema de atividades, influências e interações no transcorrer da vida do indivíduo. (REY, 1983; REY; MARTÍNEZ, 1989)

Neste sentido, Rey e Martínez (1989) afirmam que o desenvolvimento da esfera moral humana não pode ser atingido somente pelas normas e informações sobre as quais atuam as organizações e instituições sociais. A moralidade é um processo racional, cognoscitivo e afetivo em que seus determinantes atuam por múltiplos canais sobre a individualidade. Dessa forma, a educação moral possui um caráter ativo, cujos conteúdos não podem ser impostos ao indivíduo, mas podem auxiliá-lo na reflexão sobre os valores morais; e sistêmico, no qual todas as organizações e instituições da sociedade são agentes da educação moral.

A educação moral tem sido apontada como imprescindível à formação do cidadão, pois muitos são os problemas derivados das rápidas mudanças que as sociedades estão sofrendo (a exemplo dos problemas sociais e ambientais atuais). Muitas dessas mudanças requerem de nós a capacidade de interpretar situações com base em raciocínio moral, pois nelas estão envolvidos conflitos de valores que nos obrigam a optar por aqueles que deem um sentido mais justo às nossas ações.

Considerando o caráter ativo da educação moral, o educador deve ser um orientador que promova a organização de atividades que estimulem a participação ativa dos estudantes. Falar de moralidade significa enfrentar fatos e acontecimentos que preocupam, inquietam e questionam, fatos que provocam conflitos de valores. Os conflitos de valores são oportunidades para trabalhar questões morais e valorativas, dentro de uma

educação moral. Sendo assim, a educação moral deverá transmitir e discutir criticamente conteúdos que possam ser de utilidade na resolução dos conflitos de valor e, desta forma, deverá ajudar a desenvolver as capacidades morais que permitirão a cada sujeito enfrentar crítica e reflexivamente tais conflitos. (PUIG, 1998)

Então, pergunta-se: como o ensino de ciências e as discussões de QSC podem contribuir com o desenvolvimento da esfera moral dos estudantes? Tendo como pressuposto que as QSC estão relacionadas ao conhecimento científico, são controversas por natureza, envolvem conflitos de valor que requerem uma análise crítica e reflexiva, nos deparamos com a necessidade de um ensino de ciências que prepare os estudantes para avaliar responsavelmente os problemas científicos e tecnológicos produzidos pela sociedade atual, para lidar com questões de valor, para aprender a fazer julgamentos e assumir a responsabilidade por suas próprias vidas e pela vida dos outros.

Rachels (2006, p. 15), ao expressar a concepção mínima sobre moralidade como o “esforço em guiar a conduta do indivíduo por meio da razão”, ou seja, ser guiado pelas melhores razões para fazer algo, chega à caracterização do que deve ser um agente moral consciente: aquele que se preocupa de forma imparcial com os interesses de cada um que possam ser afetados por aquilo que ele faça; que analisa o fato e suas implicações; que aceita princípios de conduta depois de examiná-los para verificar sua consistência e, mais ainda, que esteja disposto a agir de acordo com o resultado de suas deliberações. Logo, percebemos que o papel do indivíduo como agente moral está diretamente relacionado ao pensamento crítico e reflexivo que é capaz de chegar a tomadas de decisão e, a partir disso, fomentar as ações pertinentes (o que exige protagonismo social).

Portanto, consideramos que o ensino de ciências e as discussões em QSC podem contribuir com o desenvolvimento moral dos estudantes e capacitá-los para agir com responsabilidade na tomada de decisões. (SILVA; SANTOS, 2014)

Uma QSC sobre o *doping* genético

Essa QSC se aplica ao ensino superior, nos cursos de Biologia, Educação Física, Medicina, Química, Fisioterapia, em disciplinas como Biologia Molecular e Genética, Fisiologia do Esporte e, com adaptações, ao ensino médio. Apresenta-se, inicialmente, o caso (Quadro 1) com questões relacionadas e, em seguida, principais objetivos de aprendizagem, segundo Zabala (1998).

Quadro 1 – Caso sobre *doping* genético

Imagine que X,* um atleta de alta performance, ganhador de vários prêmios em competições e medalha de ouro nas Olimpíadas de 2016, apesar dos treinamentos incessantes, começou a ter uma queda no desempenho em algumas provas. Com a aproximação de novas competições e das Olimpíadas de 2020, X expõe sua preocupação a seu primo, Y:

- Y, estou preocupado, pois tenho sofrido pressão por parte do meu treinador. Quero dar o melhor de mim nos treinos e nas competições e ser motivo de orgulho para minha família e para meu país, mas está difícil. Sinto que estou já no limite do meu corpo, mas acho que não é suficiente.

- Primo, tenho ouvido falar que tem muita gente fazendo um procedimento para melhora do desempenho. Parece que se chama *doping* genético. Você já ouviu falar?

- Não sei, mas não haveria problemas nisso? Parece estranho.

Pesquisando sobre o assunto, X chegou ao conhecimento da terapia gênica e do *doping* genético o que despertou seu interesse. Suponha que você é amigo(a) de X. O que você faria para ajudá-lo a decidir?

Fonte: elaborado pela autora.

* Sugere-se que X e Y sejam substituídos por nomes fictícios.

A seguir, algumas questões para nortear a discussão sobre o caso (envolvendo a ciência e a moralidade da manipulação genética) e alguns objetivos de aprendizagem relacionados a essas questões:

- Q1. O que é o *doping* genético? Explique em consiste, do ponto de vista biológico e técnico.
- Q2. Quais poderão ser os impactos dessa alteração genética sobre o indivíduo?
- Q3. Que escolha você acha que X deve realizar? Justifique.
- Q4. Qual seria o critério para justificar, do ponto de vista científico, sua resposta?
- Q5. Qual seria o critério para justificar, do ponto de vista moral, sua resposta?
- Q6. Como apreciador e espectador do esporte, o que é um limite aceitável para as atitudes dos atletas, com relação ao uso de substâncias e procedimentos que auxiliem o desempenho dos atletas?
- Q7. Que critérios podem ser adotados com vistas à detecção, à desaprovação e à punição desse tipo de *doping*?
- Q8. Quais outras formas de intervenção genética de seres humanos?
- Q9. Você concorda com a manipulação genética de seres humanos com vistas a um aprimoramento genético, considerando não só o caso do *doping* genético, mas outras formas de intervenção genética? Justifique sua resposta.
- Q10. Com que objetivo devem-se aplicar técnicas de intervenção genética em adultos? Como distinguir entre terapia e melhoramento?

- Q11. Como deveria acontecer a participação das empresas privadas no patenteamento das biotecnologias genéticas, gênicas e genômicas?
- Q12. Quem seria responsabilizado moral e legalmente pelo insucesso de uma alteração irreversível na estrutura genética de um ser humano?
- Q13. Como a informação genética pessoal pode afetar a percepção social e individual das pessoas? E das minorias? Sua liberação pode aumentar a desigualdade social?
- Q14. Como valores pessoais estão ligados aos valores do esporte e que impacto isso tem sobre a tomada de decisão?
- Q15. Por que as regras são importantes para o desporto e para a sociedade?
- Q16. Por que alguns atletas se colocam em risco por *doping*?
- Q17. Como a sociedade combate o *doping* no esporte?

Objetivos de aprendizagem do tipo conceitual

- Identificação de genes envolvidos em processos como a síntese de eritropoetina, entre outros;
- Descrição do histórico da manipulação genética e do *doping* genético;
- Caracterização do desenvolvimento da técnica de terapia gênica, que pode conduzir ao *doping* genético;
- Definição de DNA, RNA, gene, cromossomo, *doping* genético;
- Discussão dos princípios de biologia celular e genética, como replicação do DNA, transcrição, tradução, expressão gênica, fisiologia celular;

Objetivos de aprendizagem do tipo procedimental

- Descrição e comparação de técnicas de extração de DNA, amplificação de genes, análise do DNA por eletroforese, Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), eletroforese em gel de agarose;
- Argumentação utilizando conhecimentos envolvidos no caso;
- Explicação e classificação de vantagens e desvantagens associadas ao uso de *doping* genético e outras técnicas de intervenção genética.

Objetivos de aprendizagem do tipo atitudinal

- Conhecimento e discussão acerca das implicações morais e éticas dos avanços tecnológicos e científicos na área da engenharia genética;
- Conhecimento da legislação acerca da manipulação genética na espécie humana e em outros organismos; e de normas de bioética;

- Planejamento de ações para fomentar a prática esportiva livre do consumo de produtos e intervenções que potencializem a performance dos atletas, de forma a promover a saúde, justiça e igualdade entre os atletas.

Para alcançar os objetivos de aprendizagem, podem ser utilizados diferentes formatos de ensino. Reis (2007) apresenta algumas possibilidades, como:

- discussão: nesse formato, os estudantes analisam o dilema proposto, apresentando e discutindo suas diferentes opiniões, e o professor pode fazer intervenções a fim de orientar a discussão;
- debate: esse formato envolve a discussão de posições opostas;
- tribunal: apresentam-se diferentes argumentos de indivíduos ou grupos em conflitos de interesse, visando uma decisão final por um júri;
- resolução de problema: requer o envolvimento dos estudantes na elaboração e na discussão de possíveis soluções para situações controversas;
- individual: os estudantes são convidados a expor suas posições individualmente.

De acordo Reis e Pereira (1998), o sucesso das atividades depende de alguns fatores, dentre eles, a atuação do professor, que, durante a realização das atividades, deve criar um ambiente de respeito pelas opiniões individuais, valorizando diferentes contribuições e ideias, motivar e sensibilizar os estudantes para o assunto em análise; incentivar a participação de todos nas sessões de discussão e envolver a turma no esclarecimento das dúvidas apresentadas, procurar manter o interesse da discussão nos diferentes pontos de vista sem expor as suas opiniões pessoais sobre o assunto, evitando influenciar as respostas dos estudantes, que podem interpretá-las como corretas ou desejáveis.

Considerações finais

Pesquisas têm levado à compreensão de que os processos de tomada de decisão suscitados pelas QSC envolvem diferentes fatores, tais como: científicos, sociais, morais e afetivos.

Considerando que um dos objetivos fundamentais do letramento científico é a formação integral do cidadão, para tanto, faz-se necessária a capacidade de considerar e reconhecer a dimensão moral das mudanças produzidas pelo rápido avanço do desenvolvimento científico e tecnológico. Essa proposição fundamenta a importância das QSC no desenvolvimento moral.

Nesse sentido, consideramos que as QSC podem contribuir com o desenvolvimento moral dos estudantes, uma vez que consideramos ser a formação moral de uma pessoa

caracterizada como um processo de construção pessoal e coletiva a partir de reflexão, do diálogo e da ação da pessoa.

Concluimos que, a partir da proposta de ensino baseada em QSC aqui apresentada, o professor pode contribuir para que os estudantes mobilizem diversos conteúdos, no sentido de desenvolver competências e habilidades para analisar criticamente os impactos que podem ser produzidos pelo conhecimento da engenharia genética para o futuro da humanidade.

Referências

- AGENCIA MUNDIAL ANTIDOPAJE- AMA. *La lista de prohibiciones 2015 estándar internacional*. 2014. Disponível em: <<https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/wada-2015-prohibited-list-esp.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2015.
- ARTIOLI, G. G.; HIRATA, R. D. C.; LANCHA JUNIOR, A. H. Terapia gênica, doping genético e esporte: fundamentação e implicações para o futuro. *Revista Brasileira Medicina do Esporte*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 5, p. 349-354, 2007.
- AZZAZY, H. M. E.; MANSOUR, M. M. H.; CHRISTENSON, R. H. Gene doping: of mice and men. *Clinical Biochemistry*, Toronto, v. 42, n. 6, p. 435-441, 2009.
- BELL, R. L.; LEDERMAN, N. G. Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, New York, v. 87, n. 3, p. 352-377, 2003.
- BENTO, L. A. *Bioética: desafios éticos no debate contemporâneo*. São Paulo: Paulinas, 2008.
- BLAIR, R. J. R. Affect and the moral-conventional distinction. *Journal of Moral Education*, Abingdon, v. 26, n. 2, p. 187-196, 1997.
- BRZEZIAŃSKA, E.; DOMAŃSKA, D.; JEGIER, A. Gene doping in sport: perspectives and risks. *Biology of Sport*, [S.l.], v. 31, n. 4, p. 251-259, 2014.
- CALLADO MORENO, J. A. *Relación entre el nivel de desarrollo del juicio moral del profesorado de tercer ciclo de educación primaria y su disposición a la transmisión de valores sociales a su alumnado*. 2012. 50 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad de Jaén, Jaén, 2012.
- COELHO, M. M. Doping genético, o atleta superior e bioética. *Revista Bioéticos*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 171-180, 2012.
- FISCHETTO, G.; BERMON, S. From Gene Engineering to Gene Modulation and Manipulation: Can We Prevent or Detect Gene Doping in Sports? *Sports Medicine*, Auckland, v. 43, n. 10, p. 965-977, 2013.
- GARVEY, J. *Mudanças climáticas: considerações éticas o certo e o errado no aquecimento global*. Tradução de Rogério Bettoni. São Paulo: Rosari, 2010.

- HAISMA, H. J.; HON, O. Gene doping. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 27, n. 4, p. 257-266, 2006.
- MUELLER, M. P.; ZEIDLER, D. L. Moral-ethical character and science education: Ecojustice ethics through socioscientific issues (SSI). In: TIPPINS, M. D. et al. (Ed.). *Cultural studies and environmentalism: the confluence of ecojustice, place-based (science) education, and indigenous knowledge systems*. New York: Springer, 2010. p. 105-128.
- NUCCI, L.; TURIEL, E. God's word, religious rules, and their relation to Christian and Jewish children's concepts of morality. *Child Development*, Chicago, v. 64, n. 5, p. 1475-1491, 1993.
- NUCCI, L. P. *Education in the moral domain*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- OLIVEIRA, R. S. et al. The use of genes for performance enhancement: doping or therapy? *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, Ribeirão Preto, n. 44, v. 12, p. 1194-1201, 2011.
- PENCHASZADEH, V. B. Problemas éticos do determinismo genético. *Revista Bioética*, Brasília, DF, v. 12, n. 1, p. 61-68, 2004.
- PENCHASZADEH, V. B. Reduccionismo genético: un obstáculo para la vigencia del derecho a la salud. In: PORTO, D. et al. (Org.). *Bioéticas, poderes e injustiças: 10 anos depois*. Brasília, DF: Conselho Federal de Medicina, 2012. p. 237-246.
- PUIG, J. M. *A construção da personalidade moral*. São Paulo: Ática, 1998.
- QUEIROZ, P. R. M.; ALVES, L. S. Doping genético. Principais genes alvo, riscos associados e possíveis métodos de detecção. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, Andradina, v. 16, n. 1, p. 177-193, 2012.
- RACHELS, J. *Os elementos da filosofia moral*. Tradução de Roberto Cavallari Filho. Barueri. São Paulo: Manole, 2006.
- REY, F. L. G. *Motivación moral en adolescentes y jóvenes*. La Habana: Científico-Técnica, 1983.
- REY, F. L. G.; MARTÍNEZ, A. M. *La personalidad, su educación y desarrollo*. La Habana: Pueblo y Educación, 1989.
- REIS, P.; PEREIRA, M. Discutindo o "admirável mundo novo". *Inovação*, [S.l.], n. 3, p. 45-59, 1998.
- REIS, P. O ensino de ética nas aulas de ciências através do estudo de casos. *Interacções*, Lisboa, n. 5, p. 36-45, 2007.
- RICHARDSON, H. S. Moral reasoning. In: ZALTA, E. N. (Ed.). *The Stanford encyclopedia of philosophy*. Stanford: Stanford University, 2014. [online]. Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/archives/win2014/entries/reasoning-moral/>>. Acesso em: 28 out. 2015.

- SADLER, T. D. Moral sensitivity and its contribution to the resolution of socio-scientific issues. *Journal of Moral Education*, New York, v. 33, n. 3, p. 339-358, 2004.
- SADLER, T. D.; FOWLER, S. R. A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, New York, v. 90, n. 6, p. 986-1004, 2006.
- SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. L. The morality of socioscientific issues construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, New York, v. 8, n. 1, p. 4-27, 2004.
- SANTAMARIA, S. et al. Gene doping: biomedical and laws aspects of genetic modification of athletes. *Medicina Sportiva*, Roma, v. 17, n. 4, p. 193-199, 2013.
- SILVA, S. M. B.; SANTOS, W. L. P. Questões sociocientíficas e o lugar da moral nas pesquisas em ensino de ciências. *Interacções*, v. 10, n. 31, p. 124-148, 2014.
- TISAK, M. Domains of social reasoning and beyond. In: VASTA, R. *Annals of Child Development*. London: Jessica Kingsley Publishers, 1995. v. 11, p. 95-130.
- TURIEL, E. *The development of social knowledge: Morality and convention*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- TURIEL, E.; SMETANA, J. Social knowledge and social action: the coordination of domains. In: KURTINES, W. M.; GEWIRTZ, J. L. (Ed.). *Morality, moral behavior, and moral development: Basic issues in theory and research*. New York: Wiley, 1984. p. 261-282.
- WALKER, K. A.; ZEIDLER, D. L. Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry. *International Journal of Science Education*, London, v. 29, n. 11, p. 1387-1410, 2007.
- WIRTH, T.; PARKER, N.; YLÄ-HERTTUALA, S. History of gene therapy. *Gene*, [S.l.], v. 525, p. 162-169, 2013.
- WORLD ANTI- DOPING AGENCY -WADA. *The 2004 prohibited list international standard*. 2004. Disponível em: <https://wada-main-prod.s3.amazonaws.com/resources/files/WADA_Prohibited_List_2004_EN.pdf>. Acesso em: 29 out. 2015.
- ZEIDLER, D. L.; KEEFER, M. The role of moral reasoning and the status of socioscientific issues in science education: philosophical, psychological and pedagogical considerations. In: ZEIDLER, D. L. (Ed.). *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 7-38.
- ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.