



## MANIPULAÇÃO GENÉTICA POR MEIO DA TÉCNICA DO CRISPR-CAS9, O ESTADO DA CIÊNCIA E O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

### GENETIC MANIPULATION THROUGH THE CRISPR-CAS9 TECHNIQUE, THE STATE OF SCIENCE AND THE PRECAUTIONARY PRINCIPLE

|                     |            |
|---------------------|------------|
| <i>Recebido em:</i> | 15/09/2021 |
| <i>Aprovado em:</i> | 27/01/2022 |

**Magno Federici Gomes<sup>1</sup>**

**Clarisse Aparecida da Cunha Viana Cruz<sup>2</sup>**

#### RESUMO

Este artigo analisou a sociedade de risco diante da manipulação genética por meio da técnica do CRISPR-Cas9 e os possíveis riscos que o período antropoceno pode vir a produzir, de acordo com o atual estado da ciência. Por conseguinte, faz-se necessário o surgimento dos princípios da precaução e da prevenção no contexto das incertezas da engenharia genética para as gerações futuras e para o meio ambiente. A metodologia

<sup>1</sup> Estágio Pós-doutoral em Direito Público e Educação pela Universidade Nova de Lisboa-Portugal (Bolsa CAPES/BEX 3642/07-0); Estágios Pós-doutorais em Direito Civil e Processual Civil, Doutor em Direito e Mestre em Direito Processual, pela Universidad de Deusto-Espanha (Bolsa da Cátedra UNESCO e do Gobierno Vasco-Espanha); Mestre em Educação pela PUC Minas; Coordenador e Professor do Doutorado e Mestrado Acadêmico em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável na Escola Superior Dom Helder Câmara. Endereço eletrônico: [magnofederici@gmail.com](mailto:magnofederici@gmail.com)

<sup>2</sup> Mestranda em Direito pela Escola Superior Dom Helder Câmara; Advogada. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5461-4292>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3712653528660844>. Endereço eletrônico: [clarisseacvianacruz@gmail.com](mailto:clarisseacvianacruz@gmail.com).



utilizada foi a jurídico-teórica e o procedimento dedutivo, juntamente com a pesquisa bibliográfica. Por fim, concluiu-se que, diante das incertezas científicas sobre os efeitos transfronteiriços e atemporais do CRISPR-Cas9 para a humanidade e para o meio ambiente, deve-se aplicar o princípio da precaução a fim de antever a existência de um risco com probabilidade de danos irreversíveis e sombrios para o meio ambiente ecologicamente equilibrado.

**Palavras-chave:** CRISPR-Cas9. Meio ambiente equilibrado. Princípio da precaução. Sociedade de risco. Estado da ciência.

#### ABSTRACT

This article analyzed the risk society for genetic manipulation using the CRISPR-Cas9 technique and the possible risks that the anthropocene period may produce according to the current state of science. Consequently, the emergence of the principles of precaution and prevention is necessary in the context of the uncertainties of genetic engineering for future generations and for the environment. The methodology used was the legal-theoretical and the deductive procedure, together with a bibliographic search. Finally, it is concluded that the scientific uncertainties about the timeless and timeless effects of CRISPR-Cas9 for humanity and the environment, the precautionary principle must be applied in order to anticipate the existence of a risk with the probability of irreversible damage and dismal for the ecologically balanced environment.

**Keywords:** CRISPR-Cas9. Balanced environment. Precautionary principle. Risk society. State of science.

#### INTRODUÇÃO



Por um longo período de sua história, o homem conviveu com a necessidade de desenvolver técnicas para dominar a natureza como maneira de evoluir e conquistar seus objetivos, em uma visão antropocêntrica. Entretanto, durante esse processo, criou ameaças e riscos para sua própria evolução, originando a chamada sociedade de risco.

Dentro desse contexto, após o domínio da natureza, o homem voltou-se para si e, através da ciência, conseguiu codificar seu material genético e de outros seres vivos, desenvolvendo formas de modificá-lo artificialmente e iniciando o que alguns estudiosos chamam de período antropoceno. Como exemplo, cita-se a recente descoberta da técnica do CRISPR-*Cas9*, na qual o cientista consegue, em laboratório, selecionar e cortar parte do DNA do paciente, de acordo com sua necessidade e objetivo, inserindo outra sequência diversa da original.

Esses feitos realizaram verdadeiras mudanças na sociedade e no estado da ciência atual, trazendo a esperança da possibilidade de cura de diversas doenças, bem como do homem manipular sua própria existência. Entretanto, em um caráter ambivalente da técnica moderna, essa também gera temores do surgimento de danos e riscos irreversíveis e incontroláveis para o meio ambiente e para as gerações futuras, causando inquietações éticas em âmbito mundial sobre os caminhos de sua aplicação, como, por exemplo, para criação de super-humanos ou doenças ainda inexistentes, novas eugenias e possíveis desvios genéticos que podem comprometer a vida humana.

A manipulação do material genético humano, apesar de diversos estudos sobre a questão, possui um enorme potencial de riscos graves, sobretudo para as gerações futuras, tendo em vista que não é possível se estimar, com certeza, quais os males que essa pode causar ao mundo a médio e longo prazo. Nesse sentido, a bioética e o biodireito são ferramentas interdisciplinares e necessárias para promoção de um desenvolvimento seguro e ético da engenharia genética.



Cumpre destacar que, no Brasil, o patrimônio genético é bem jurídico ambiental tutelado pela Constituição Federal de 1988 (CF/88), em seu artigo 225, §1º, que determina ser do Poder Público o dever de preservar a diversidade e integridade desse, bem como de fiscalizar as pessoas jurídicas que trabalham com a manipulação genética.

Em tal aspecto, este artigo se justifica correlacionando a necessidade de proteção desse bem jurídico ambiental diante da presente sociedade de risco e do atual estado da ciência sobre a manipulação genética por meio do CRISPR. Por essa razão, apresenta o seguinte problema: diante do atual estado da ciência sobre o CRISPR-*Cas9* e da manipulação genética em humanos, qual seria o princípio mais adequado para proteger os direitos das futuras gerações e do meio ambiente? O princípio da precaução ou o da prevenção?

O objetivo geral é analisar a sociedade de risco, o estado da ciência sobre o CRISPR-*Cas9* e a aplicação do princípio da precaução nesse contexto, de maneira a estudar os respectivos conteúdos e seus alcances. Especificamente, o objetivo é a análise do necessário uso da precaução enquanto instrumento para o desenvolvimento sustentável diante do atual estado da ciência quanto a técnica do CRISPR-*Cas9*.

A metodologia usada para discussão do problema é a técnico-jurídica com raciocínio dedutivo, a partir da vertente jurídico-dogmática, com análise das leis aplicáveis ao tema e da doutrina, com intuito de compreender e solucionar o problema apresentado. O marco teórico da pesquisa foi a obra “Edição de humanos por meio da técnica Crispr-cas9: entusiasmo científico e inquietações ética” (2020), que trata dos principais pontos a serem discutidos neste artigo.

## **1 A SOCIEDADE DE RISCO E OS PRINCÍPIOS DA PREVENÇÃO E DA PRECAUÇÃO**

Durante os primórdios da história humana, o homem se dedicava a encontrar alimentos, abrigo, a proteger sua família e a tentar dominar o meio ambiente natural. Desde



então, em cada estágio de sua evolução, foi adquirindo novos conhecimentos e habilidades até alcançar o estágio atual de desenvolvimento tecnológico e de grande domínio sobre a natureza.

Nesse processo, destaca-se que, a cada avanço, surgia um novo risco para a sociedade e para o meio ambiente, não sendo, a “sociedade de risco”, fruto da atualidade.

O jurista português Paulo Silva Fernandes cita que podem ser enumeradas três fases na história do risco. A primeira ocorreu com o surgimento da idade moderna, em que os riscos ainda eram controláveis; a segunda tem seu lapso temporal marcado entre o final do século XIX e a primeira metade do século XX, surgindo do desejo de conter a ocorrência e a gravidade desses riscos controláveis e, por fim, a terceira fase corresponde ao período atual, no qual estão presentes “novos, graves e incontroláveis riscos, frutos do desmedido desenvolvimento da sociedade industrial tardia” (FERNANDES, 2001, p.21).

Essa sociedade, fruto da industrialização e da produção incansável, é a mesma que produz seus próprios obstáculos e ameaças ao desenvolvimento sustentável e seguro, possuindo uma ciência que é incapaz de responder adequadamente a esses riscos, tendo em vista seu próprio envolvimento em sua criação.

Por essa razão, os riscos produzem efeitos transfronteiriços, não se resumindo somente aos efeitos e danos já concretizados, mas compreendem também os resultados futuros causados pelos danos previsíveis no presente. Ou seja, além de ser transfronteiriço, os efeitos do riscos são atemporais, gerando ameaças invisíveis e imperceptíveis para as presentes gerações, mas que poderão ser vistas e percebidas pela geração futura.

A procedência humana do risco abre caminho, portanto, para a coerção de comportamentos que apresentem periculosidades maiores que as permitidas, fora dos parâmetros indicados pelo gestor público. Quanto maior o risco, mais restritivas as medidas e mais



severas sanções pelo descumprimento dos limites impostos.  
(BOTTINI, 2013, p. 27)

O risco é inerente ao desenvolvimento humano, não sendo possível aboli-lo completamente. Trata-se de usar da hipótese de um risco aceitável, uma gestão preventiva de seus efeitos, no sentido de adotar-se medidas que equilibrem as decisões e objetivos com os perigos das atividades, fundada no acordo entre os Estados, no acesso à informação, na participação social, e, principalmente, na criação de políticas públicas mundiais:

A intensificação do fenômeno da globalização apresenta desafios importantes aos Estados e exige uma readequação qualitativa e estratégica do Direito, pois este enquanto instrumento de controle social estatal. Emanado de um ente soberanamente isolado no planeta, já não produz mais respostas eficazes para assegurar um futuro com sustentabilidade progressiva para toda a comunidade de vida e em escala global (FERRER; CRUZ, 2016, p.289).

Neste sentido, ciente das possíveis consequências de seus atos para as presentes e futuras gerações, cabe à sociedade refletir e novamente evoluir no sentido de adotar a dimensão política-jurídica para um desenvolvimento sustentável e com riscos aceitáveis. Essa dimensão apresenta-se como “uma junção de fatores capazes de possibilitar o pleno desenvolvimento sustentável gerador de bem-estar para as presentes e futuras gerações (...) consubstanciado na preservação e proteção ambiental” (GOMES; FERREIRA, 2017, p.96) unindo as dimensões sociais, econômicas, éticas e ambientais.

Por sua vez, o desenvolvimento sustentável é aquele que possibilita com que a sociedade se desenvolva, “sem degradar de modo excessivo e insustentável o planeta,



entrando em cena a preocupação com as gerações presentes e futuras” (GOMES; FERREIRA, 2018, p.159).

Dessas conceituações, depreende-se que esse termo está inserido naquele conceito, uma vez que a dimensão política-jurídica não engloba somente o contexto ambiental, mas também, o social, o econômico e ético, permitindo um maior equilíbrio entre as atividades.

Para tanto, os princípios da precaução e prevenção devem ser usados, evitando danos irreparáveis para os presentes e futuros cidadãos, bem como ao meio ambiente.

Conforme abordado, a humanidade almeja por novos avanços, técnicas e conhecimentos. Entretanto, está ciente de que esse processo gera riscos e que esses devem ser minimizados mediante medidas condicionantes e mitigadoras. À exemplo dessas, cita-se a aplicação dos princípios da prevenção e da precaução.

No Direito, muitos autores usam os dois termos como sinônimos, mas outros, como abordado neste artigo, aplicam-os com sentidos distintos. Silva define o princípio da prevenção como aquele que enfatiza a “prioridade que deve ser dada às medidas que previnam a degradação ambiental” (SILVA, 2016, p. 64), com finalidade de evitar que o dano possa ser produzido:

O princípio da prevenção evolui conforme as exigências pleiteadas na questão objeto de estudo. Com o avanço de novas técnicas e tecnologias, a possibilidade de realização de estudos preventivos de impactos tem caráter maior de exatidão, porém, com ressalvas (...) é absolutamente restrita a possibilidade de prever todos os riscos que possam causar a implantação de determinada atividade. Assim, o



princípio da prevenção visualiza os danos<sup>3</sup> e infere impedimentos para redução de impactos (CABRAL; GOMES, 2018, p. 15)

Esse posicionamento é adotado tanto em âmbito internacional, como no Tratado de Maastricht sobre a União Europeia e no julgamento do caso *Gabcíkovo-Nagymaros*, em que a Corte Internacional de Justiça destacou que a vigilância e a prevenção impõem-se no domínio da proteção ambiental; quanto em âmbito nacional, como no art. 2º da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81) e no §1º, inciso IV da Constituição Federal, que determina que haja o estudo prévio de impacto ambiental para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de degradação ambiental.

Silva explica que a prevenção não é aplicada em qualquer caso de perigo de dano, tendo em vista que esse se apoia na “certeza científica do impacto ambiental de determinada atividade” e que “ao se conhecer os impactos para o meio ambiente, impõe-se a adoção de todas as medidas preventivas hábeis a minimizar ou eliminar os efeitos negativos de uma atividade sobre o ecossistema” (SILVA, 2016, p.66).

Entretanto, quando não há certeza científica, o princípio a ser aplicado será o da precaução. Essa busca deve “antever a existência do risco com sua probabilidade de danos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado” (GOMES; MESQUITA, 2016, p.19).

Machado ainda ensina que esse princípio evoluiu juridicamente deixando de ser uma ferramenta limitada para preencher a lacuna entre a atual informação da sociedade, que deseja limitar a exposição aos riscos sérios, para uma regra mais difícil (MACHADO, 2015, p.98).

---

<sup>3</sup> “(...) é dano ambiental toda interferência antrópica infligida ao patrimônio ambiental (natural, cultural, artificial), capaz de desencadear, imediata ou potencialmente, perturbações desfavoráveis (in pejus) ao equilíbrio ecológico, à sadia qualidade de vida, ou a quaisquer outros valores coletivos ou de pessoas” (MILARÉ, 2015, p. 319).





A precaução é considerada um dos princípios mais relevantes do direito ambiental em âmbito global. Na Alemanha, influenciou na elaboração da regra da cautela contida no art. 174 do Tratado da União Europeia; na França, foi utilizado pela *Charte de l'Environnement* para colocar o meio ambiente em um mesmo nível de igualdade na Constituição Francesa com a Declaração Universal dos Direitos do Homem e do Cidadão e, nos Estados Unidos, está presente em diversas políticas que primam mitigar os danos de uma ação por meio da prudência.

Ademais, consolidou-se através de Convenções realizadas pela Organização das Nações Unidas (ONU) na década 1990, como a de Bamako (1991) e a da Diversidade Ecológica (1992). Nesta, houveram proclamações no sentido de evitar a redução ou perda da diversidade biológica por meio da precaução e, naquela, foi estabelecida a necessidade de medidas de precaução quanto o uso de substâncias que representem riscos à saúde e ao meio ambiente.

O maior destaque para seu uso foi conferido a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio-92) em que a declaração pertinente, em seu princípio quinze, estabelece a precaução quando “houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis”, sendo que a “ausência de absoluta certeza científica não dever utilizada como razão para prevenir a degradação ambiental” (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1992).

Entretanto, cumpre destacar que essa premissa não foi em grande parte viabilizada, tendo em vista que “o modelo de desenvolvimento vigente em escala global está pautado muito mais na lógica da maximização dos lucros do que na preocupação ética de distribuição geral e equitativa dos benefícios gerados pelo desenvolvimento e a consequente preservação e recuperação do ambiente” (FERRER; CRUZ, 2016, p.288).

No cenário nacional, está presente no art. 225 da CF/88, na medida em que impõe ao Poder Público e à sociedade civil a obrigação de preservar e proteger o meio ambiente, bem



como na Lei de Biossegurança (Lei nº 11.105/05) e na Lei de Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/09) que determinam a observância da precaução durante o avanço científico nas áreas de biotecnologia e biossegurança e no desenvolvimento sustentável, respectivamente. Ademais, o Brasil é signatário das convenções internacionais mencionadas, devendo cumprir o que nelas está disposto.

Destaca-se que para que a precaução seja usada como fundamento, deve haver um contexto de incerteza científica que impede a identificação e a mensuração dos riscos, havendo a possibilidade de que esses acarretem danos graves, incontrolláveis e irreversíveis (REIS; NAVES, 2016, p. 186). Ou seja, na dúvida, deve-se optar pela alternativa que proteja o homem e o meio ambiente, mesmo que isso gere a presunção de causalidade com a finalidade de evitar-se o dano.

Portanto, correlacionando-o à dimensão jurídico-política da sustentabilidade abordada anteriormente, é possível afirmar que a escolha pela conduta moldada através da precaução só é lógica se realizada em uma sociedade ciente dos prováveis riscos que pode causar, optando por meios para minimizá-los, mas que, também, tenha a opção de aceitar alguns deles. Dentro desse contexto, a precaução será usada com coerência em sua interação ao princípio do desenvolvimento sustentável, tendo em vista que exige a tomada de decisões que permitam a identificação e a redução dos riscos ao nível aceitável, mas a um valor socioeconômico viável.

Por fim, Yagüez (2008, p. 101-103) define que os destinatários desse princípio são os responsáveis políticos, que devem encontrar um equilíbrio entre a liberdade e os direitos dos indivíduos, da indústria e das empresas com a necessidade de reduzir os efeitos adversos para o meio ambiente e para a saúde humana, animal ou vegetal. Assim, para o autor, o que se deveria buscar, atualmente, é a delimitação do que não está determinado pelo atual estado da ciência para que seja discutido dentro dessa temática.



Por isso, a definição e assuntos pertinentes ao Estado da Ciência serão abordados a seguir em uma tentativa de melhor elucidar e solucionar a problemática proposta neste artigo.

## 2 DO ESTADO DA CIÊNCIA E DA TEORIA DO RISCO DO DESENVOLVIMENTO

O “Estado da Ciência” é termo pouco usado pelos doutrinadores e juristas, apesar de estar intrinsecamente contido em suas considerações sobre o princípio da precaução e as certezas científicas. Isso porque quando o Estado da Ciência torna possível prever ou evitar um dano, aplicar-se-á a prevenção e, quando houver a incerteza científica, a precaução.

O autor espanhol Yagüez é um dos poucos que debateu sobre essa temática através de seu livro “A Responsabilidade civil por emissões eletromagnéticas: o “estado da ciência” como solução jurídica” (2008). Nos casos estudados pelo espanhol, discutiam-se quais seriam os riscos das emissões eletromagnéticas para a saúde humana e quais medidas deveriam ser tomadas pelo Poder Público.

Sobre isso, ele diz que o estado atual da ciência torna possível que os cientistas da área se pronunciem sobre a inocuidade ou nocividade desse tipo de onda para o ser humano, indicando os limites toleráveis e excluindo a dúvida ou a incerteza e possibilitando a não aplicação de decisões jurídicas conservadoras, referindo-se àquelas construídas sobre o pensamento de que, não sendo clara a questão, procede adotar a premissa de que *pode ser* prejudicial para a saúde humana e deve ser evitada a atividade de risco.

Para desenvolver a proposta supramencionada, o autor menciona que “um dano não contém responsabilidade para quem o produz, quando quem o padece encontra-se numa situação na qual se justifica que tenha que suportá-lo” (YAGÜEZ, 2008, p.73). Na tradução de seu livro para o português, cita que, no Brasil, isso seria o semelhante a teoria da culpa



exclusiva da vítima e na desconstituição de atos ilícitos se justificados conforme o art.188 do Código Civil (YAGÜEZ, 2008, p.74).

Como exemplo dessa premissa, têm-se o previsto na primeira parte do art. 141 da Lei do Regime Jurídico da Administração Pública da Espanha que dispõe que “não serão indenizáveis os danos que sejam derivados de fatos ou circunstâncias que não pudessem ser previstos ou evitados, segundo o estado dos conhecimentos da ciência ou da técnica existentes naquele momento” (YAGÜEZ, 2008, p.76).

Dessa previsão legal é que o “Estado da Ciência” é definido como sendo o que “os conhecimentos da ciência ou da técnica, num dado momento, consideram que é possível (ou não é possível, conforme se olhe) prever ou evitar” (YAGÜEZ, 2008, p.77). Ou seja, se no momento da produção do dano ou do risco em produzi-lo, os conhecimentos científicos e técnicos existentes não permitiram a sua previsão ou seu óbice, o ato do agente não seria ilícito, afastando sua responsabilização.

Neste sentido, o escritor destaca que o jurista tem que indagar os dados e documentos existentes sobre o estado da ciência naquela situação, mas com o cuidado de diferenciar entre o que é a “verdadeira ciência, ou seja, o que mantém a verdadeira comunidade científica, e o que parecem postular alguns praticantes da pseudociência, impostores ou intrusos, ou seja, os que, em vez de ciência, exercem o engano e a fraude” (ÁNGEL YAGÜEZ, 2008, p.79). Isso, porque vários foram os casos em que não houve efetiva comunicação entre os julgadores e os verdadeiros cientistas, incidindo em decisões equivocadas sobre determinado tema, baseadas em falsos saberes científicos sobre a questão.

Sobre essa problemática, são propostas três soluções. A primeira consiste na ação dos verdadeiros cientistas e dos juristas proporcionarem uma “educação” dos juízes ao redor da ciência. Interligada a essa, a segunda solução seria a revisão dos procedimentos nos quais os magistrados designam os peritos a fim de assegurar que o julgador e, em



alguns casos, os jurados, entendam os princípios científicos que basearam o resultado da perícia daquele caso. O último ponto, seria o acesso à informação dos dados da comunidade científica pela comunidade em geral e pelo Poder Judiciário sobre se a ciência está sendo adequadamente usada por eles.

Atrelada ao Estado da Ciência, está a Teoria do Risco do Desenvolvimento que, nas palavras de Cavalieri Filho é “o defeito impossível de ser conhecido e evitado no momento em que o produto foi colocado em circulação, em razão do estágio da ciência e da tecnologia, vindo a ser descoberto somente após um período de seu uso” (CAVALIERI FILHO, 1999, p.61). Assim, o risco do desenvolvimento exclui a responsabilidade por defeitos desconhecidos, considerando o estado da ciência no momento de seu lançamento.

Como exemplo, cita-se o caso do efeito mundial causado pelo remédio Talidomida. Esse fármaco foi criado por farmacêuticos alemães e comercializado para 146 países, incluindo o Brasil, durante o ano de 1957, como medicamento potente no combate às náuseas durante a gravidez. Entretanto, três anos depois, foi detectado que quando consumido no primeiro trimestre de gestação causava a deformação do feto, o que fez com que milhares de crianças do mundo suportassem esse defeito e nascessem com problemas de saúde.

Tais situações são raras de ocorrerem, mas quando presentes, provocam graves consequências, tendo em vista que, por sua inovação e novidade no mercado, provocam um grande consumo, a nível mundial como do medicamento citado, abrangendo áreas como a dos transgênicos e da engenharia genética.

Fato é que devido à imprevisibilidade de sua ocorrência, suas consequências negativas também não podem ser previstas, podendo ser prejudiciais tanto para os produtores quanto para os consumidores, de modo que nenhuma das partes deve assumir integralmente a responsabilidade e suportar seus danos. Isso, porque, de um lado, esses são hipossuficientes e devem ter sua vulnerabilidade e dignidade resguardadas pelo Direito, e,



de outro, caso aqueles sejam integralmente responsabilizados, pode haver uma elevação desmedida dos custos e a impossibilidade da atividade (EBERLIN, 2007, p. 9-42).

Nessa perspectiva, a União Europeia adotou como regra geral, a não responsabilização do fornecedor pelo risco do desenvolvimento, conforme a Diretiva nº 85/374/CEE. Entretanto, o artigo 15 do mesmo documento possibilita a derrogação dessa norma pelos Estados em suas leis internas, possibilitando a responsabilização total e parcial ou a derrogação total da responsabilidade do produtor.

No Brasil, a legislação sobre o tema é omissa. Entretanto, os doutrinadores têm defendido a aplicação dos princípios constitucionais quanto ao tema, partindo do ponto de que toda a ordem econômica está voltada para a função social e para a proteção do consumidor (art. 170, inc. V da CF/88), não sendo possível argumentar que a responsabilização nesse caso estaria a comprometer os avanços tecnológicos, pois, apesar disso, deve-se primar pela dignidade da pessoa humana, que não pode ser exposta a riscos intoleráveis, principalmente, àqueles que podem abalar sua integridade psicofísicas e biológicas, sem quaisquer garantias de solução posterior (SILVA, 2006, p. 391-392).

Por todo exposto, passa-se ao tópico central deste artigo, que trata do uso da técnica da CRISPR-*Cas9* para manipulação do genoma humano e da aplicação dos princípios e temas abordados até aqui como forma de resguardar os direitos ambientais.

### **3 DO CRISPR-*Cas9* E DA APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO NO ESTADO DA CIÊNCIA**

A sigla CRISPR é um acrônimo da expressão inglesa *clustered regularly inter spaced short palindromic repeats* que, em português, significa repetições palindrômicas curtas agrupadas e regularmente interespaçadas, sendo um componente do DNA de algumas bactérias que permite que essas se adaptem ao material genético de seus invasores,



inserindo parte desse material genético no seu, transformando-o e ficando resistentes ao ataque daquele outro ser vivo. Ou seja, por meio dele, seria possível cortar qualquer tipo de gene (REIS; OLIVEIRA, 2019, p. 127).

Já a sigla *Cas* faz menção ao nome de um grupo de proteínas presentes na região do genoma bacteriano e que contém enzimas que funcionam como catalizadores das reações moleculares nas células, sendo que aquela denominada *Cas9* é a mais eficiente em identificar e cortar o DNA do invasor célula e impedir sua ação.

Em síntese, CRISPR-*Cas9* é o nome dado à uma técnica de engenharia genética que possibilita a substituição de partes do DNA por outros, corrigindo “falhas” genéticas ou inserindo caracteres benéficos em um determinado organismo (REIS; OLIVEIRA, 2019, p. 125).

Em 2013, cientistas fizeram um novo experimento utilizando dessa técnica e descobriram a possibilidade de manipulação do material genético contido nas células germinativas (óvulos e espermatozoides) e em embriões (REIS; OLIVEIRA, 2019, p.131). Tal descoberta representou um grande avanço para o estado da ciência, mas também um grande risco para sociedade, tendo em vista que a partir dela, há a possibilidade de criação de super-humanos, de novas eugenias e de doenças genéticas ainda desconhecidas, o que pode colocar em perigo a sobrevivência da espécie humana no futuro.

A finalidade da criação da técnica seria a sua aplicação enquanto terapia gênica para curar doenças genéticas hereditárias, não no próprio paciente, mas em sua linhagem futura, tendo em vista que os cortes e alterações feitas no DNA de suas células germinais seriam transmitidas para toda sua descendência.

Destaca-se que antes mesmo de ser usada em embriões humanos nos Estados Unidos, em 2015, foi publicado um manifesto na Revista Nature, chamado de *Don't edit the human germ line*, em que diversos cientistas pediram para que seus colegas não desenvolvessem a pesquisa antes de uma extensa discussão ética sobre o tema, solicitando



a moratória total dos estudos que envolvam a sua aplicação em células germinativas e embriões, afirmando que o ser humano não é uma coisa a ser estudada em laboratório, é uma espécie com aspectos próprios e que, ao se discutir a alteração embrionária, seus efeitos significariam uma modificação permanente da espécie:

Há, portanto, afastamento entre o pensamento que considera benéfica a consolidação de sociedade científicada e o pensamento que demanda restrições e limitações ao uso da ciência na sociedade. Ambos os posicionamentos, contudo, compartilham a assunção da existência de uma sociedade pós-genômica, aquela em que o conhecimento e o domínio das informações subjetivas hereditárias lança nova perspectiva sobre os problemas mais diversos do cotidiano (FONSECA *et al*, 2020, p.617).

Em 2019, um novo grupo de especialistas fizeram outro manifesto, chamado de *Adopt a moratorium on heritable genome editing* e publicado na mesma revista que o anterior. Nele, solicitaram uma moratória sobre o tema, sendo que essa não incidiria sobre aquelas edições voltadas para a pesquisa em células germinativas não implantadas no útero e para as realizadas em células somáticas não reprodutivas com a finalidade de tratar doenças. Segundo o documento, esse período deve ser aplicado para favorecer a reflexão da comunidade científica e da sociedade em geral sobre as questões éticas, técnicas, morais, médicas e sociais envolvidas para definir um posicionamento internacional e global sobre o assunto (PESSINI; SGANZERLA, 2020, p. 532).

No atual estado da ciência, o método já foi testado com êxito em animais e, por isso, os estudiosos querem testá-lo o mais breve possível em humanos. Entretanto, pela





incerteza de seus efeitos colaterais, ainda é ilícita em todos os países que regulam a embriologia humana e que possuem capacidade para tal.

No que tange à engenharia genética, a possibilidade da criação de seres híbridos transgênicos ou aberrações humanas são receios que dão azo a preocupações envolvendo em último termo a própria sobrevivência da espécie humana. O risco de degradação e desumanização do Homem perante a engenharia genética suscita temores fundados na tentação da provável eliminação dos limites e barreiras biológicas da essência e condição humanas em relação a outros animais inferiores, pois estas ameaças já não se tratam de mera ficção científica (SOUZA, 2004, p.180).

Elucidando a seriedade e a importância de haverem discussões e legislações rigorosas voltadas para a limitação da manipulação do genoma humano, cita-se o caso chinês do nascimento dos primeiros bebês alterados geneticamente em laboratório. Em 2018, por meio do Youtube, o pesquisador He Jiankui anunciou que usou a técnica CRISPR-Cas9 para editar geneticamente o DNA de embriões que foram usados em fertilização *in vitro* para que fossem mais resistentes ao vírus HIV e que sua experiência resultou no nascimento de duas meninas gêmeas, chamadas Lulu e Nana, sendo essas “perfeitamente saudáveis”. Entretanto, o “cientista” não publicou seu estudo em nenhuma revista da área ou divulgou os procedimentos usados (PESSINI; SGANZERLA, 2020, p. 529).

Destaca-se que esse experimento somente foi possível porque a China possui referências éticas e bioéticas quase inexistentes para guiar os procedimentos científicos e muito mais permissivos do que outros países desenvolvidos.



Como resposta à divulgação, os principais institutos globais de ciência e medicina reagiram ao experimento chinês e destacaram a urgência da necessidade de criar proteções jurídicas para impedir esses experimentos não supervisionados. Ademais, os riscos não se limitam apenas às doenças que Nana e Lulu possam a vir a desenvolver no plano de sua hereditariedade, mas correlaciona-se também a uma reação negativa por parte da sociedade civil quanto à prática da pesquisa por meio da manipulação genética em células somáticas diante da falta de cuidado daquele pesquisador.

Outro caso que exemplifica a indispensável ampliação dos estudos sobre o uso dessa técnica em seres humanos antes de torná-la acessível é o experimento feito na Universidade de Sun Sat-Sem, na China, em que os pesquisadores utilizaram da CRISPR-Cas9 para reparar o gene responsável pela beta-talassemia presente em um embrião inviável. Nessa pesquisa, publicada na revista *Protein & Cell* (2015), os cientistas informaram que alcançaram seu objetivo apenas em 04 dos 81 embriões testados, o que, segundo o próprio líder da equipe, significou o fracasso do experimento e a necessidade de novas testagens para aprimoramento da técnica.

Nesse contexto, a Academia Nacional de Ciências, Engenharia e Medicina dos Estados Unidos fizeram um relatório favorável à manipulação genética em embriões e células germinativas, desde que observados alguns princípios e suas respectivas responsabilidades. Como exemplo, citam-se o princípio do bem-estar, que busca apoiar e conceder benefícios e prevenção de danos aos afetados pela pesquisa; o princípio do respeito pelas pessoas, que exige o reconhecimento da dignidade da pessoa humana e respeito por suas decisões individuais; e o princípio da cooperação internacional, que apoia o compromisso de colaboração entre os Estados e suas comunidades científicas para partilharem os dados de suas pesquisas sobre a manipulação do genoma humano.

Reis e Oliveira também dizem que dois artigos publicados pela comunidade científica relatam evidências de que a edição genética por meio dessa técnica favorece o



aparecimento de tumores nos pacientes, bem como pode causar maior destruição genética do que o imaginado, destruindo outras sequências de DNA que não estavam envolvidas nos procedimentos, o que pode gerar graves efeitos patogênicos (REIS; OLIVEIRA, 2019, p. 135).

São inegáveis, portanto, os impactos de cunho ético, social e legal, levando a posicionamentos divergentes e debates ainda intermináveis acerca dos limites do limite da ciência, o que faz bem-vinda a tutela jurídica para essa matéria (FONSECA *et al*, 2020, p.617).

Assim, cabe questionar se seria possível a aplicação do princípio da precaução ou da prevenção no estado da ciência existente sobre o CRISPR-*Cas9* e se isso corresponderia à um obstáculo para o desenvolvimento científico.

De acordo com Habermas, as técnicas de manipulação do genoma humano e de sua programação genética provocam uma alteração da “autocompreensão da ética da espécie” que rompe com a noção existencial do que somos e leva a uma composição construída (HABERMAS, 2016, p.33). Além disso, abrem-se possibilidades do aperfeiçoamento da eugenia, o que afeta a liberdade de escolha dos indivíduos das gerações futuras sobre seu próprio corpo, carregando uma escolha irreparável sobre si feita por terceiro.

No contexto do CRISPR-*Cas9*, esses efeitos são agravados pela incerteza científica do quadro de possibilidades aberto por essa técnica. Quanto ao seu uso em células somáticas, somente o paciente suportaria suas consequências negativas que, conforme mencionado em tópico anterior, são graves, considerando a possibilidade de um surgimento de um câncer não previsto e da deterioração do DNA alterado. Nas células reprodutivas, a técnica já atingiria não apenas a presente geração, mas também os futuros descendentes dessa:

Ocorre que essa promessa é marcada por complexas questões éticas, entre elas: não é possível saber alguns dos caminhos que a geração de



descendentes viáveis poderia ser afetada; como proceder quando o processo de edição não for bem-sucedido; bem como as características ou qualidades presentes no próprio conceito de *enhancement* como oposto a corrigir uma mutação prejudicial (SGANZERLA; PESSINI, 2020, p.537)

Ademais, a edição do material genético em embriões e zigotos humanos por meio do CRISPR-*Cas9* podem gerar efeitos não desejados e impossíveis de se prever para as futuras gerações, tendo em vista que a imaginação do homem sobre o assunto é seu próprio limite. Dessa permissão, os cientistas ou pseudocientistas, como elucidou Ángel Yagüez, podem partir para a edição de espermatozoides e óvulos, criação de seres híbridos e até de super-humanos, interferindo diretamente na seleção natural das espécies e representando grande risco para a desvalorização de todo o estado da ciência, como ocorreu no caso do cientista Hi Jiankui.

Nesse sentido, o incerto não pode ser descartado, cabendo a aplicação do princípio da precaução sobre essa questão para prevenir os riscos e danos futuros à saúde e ao meio ambiente, bem como para delimitar o que ainda não foi abordado pelo estado da ciência.

Destaca-se que com sua aplicação, o estado da ciência ou o desenvolvimento não serão prejudicados, uma vez que não será buscado um “risco zero”, mas uma limitação dos riscos intoleráveis à saúde humana e ao meio ambiente. Ademais, o próprio princípio está “fundamentado nos avanços da ciência, por meio dele, pode-se promover alterações sobre os atuais padrões de proteção ao meio ambiente, sendo importantíssimo que as razões que fundamentem as incertezas científicas sejam plenamente divulgadas” (GOMES; MESQUITA, 2016, p.23).



Corroborando com esse entendimento, Yagüez (2008) dispõe sobre a adoção do princípio da precaução nos casos da incerteza científica, conforme documento da União Europeia (COM, 2000):

[...] quando a preliminar e objetiva avaliação científica indica que existem motivos razoáveis para temer efeitos potenciais perigosos que possam ser incompatíveis com o nível de proteção escolhido pela própria Comunidade europeia. Isto é dito no número 3 do resumo, que abre o documento. Ademais, no número 4 do mesmo resumo lê-se: O recurso ao princípio de precaução pressupõe que se identificaram os efeitos potencialmente perigosos, derivados de um fenômeno, um produto ou um processo, e que a avaliação científica não permite determinar o risco com suficiente certeza (YÁGÜEZ, 2008, p. 105).

Dentro desse contexto, Sganzerla e Pessini mencionam um painel realizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre a aplicação do CRISPR-Cas9 na edição genética, publicado pela Revista *Nature*, em 2019. Nele, foi proposto a realização de um registro mundial dos estudos que envolvessem o uso dessa técnica para manipulação do genoma humano e que os financiadores dessas pesquisas exigissem que os cientistas dele participassem. Entretanto, ao final, nenhum mecanismo para assegurar a discussão internacional sobre o tema foi criado, apesar de todos saberem dos perigos envolvidos (SGANZERLA; PESSINI, 2020, p.533).

Os autores também dizem que desses avanços e da atual realidade da engenharia genética podem surgir cenários imprevisíveis, indesejáveis, catastróficos e irreversíveis, caso não sejam desenvolvidos preceitos éticos e jurídicos em âmbito mundial para sua



aplicação. Para tanto, ilustra sua afirmação com duas hipóteses. Na primeira, cita a possibilidade de um cientista bem-intencionado descobrir a cura de uma doença hereditária, aplicando sua descoberta em milhares de pessoas, sem antes saber dos efeitos colaterais mortais dela decorrentes. Neste caso, a busca da cura seria pior do que a própria doença. Na segunda, menciona a possibilidade dessa técnica ser usada por *bio-hackers*, que poderiam aplicá-la sem escrúpulos, alterando o genoma de patógenos humanos e causar uma epidemia global (SGANZERLA; PESSINI, 2020, p. 533).

Vinculado ao tema, no Brasil, o princípio da precaução está no art. 225 da CF/88 e, dentre outras legislações, na Lei de Biossegurança. Nessa, o legislador o aplica ao proibir qualquer técnica de engenharia genética em embriões e células germinativas humanas, sendo apenas permitida a pesquisa e a terapia com células-tronco de embriões excedentes ou inviáveis de fertilização *in vitro*, congelados há mais de 03 anos e desde que os pais e o comitê de ética autorizem.

Entretanto, não há mais especificações e aprofundamentos sobre as limitações da manipulação genética, competência fiscalizatória e penalizações severas para quem infringir o ali disposto, não desestimulando sua inobservância pelos cientistas no país e dando abertura para que, em um futuro não muito distante, possam haver casos como o chinês no país.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vontade humana de dominar a natureza e ser superior a ela, levou a sociedade a assumir os riscos de seu desenvolvimento, bem como os possíveis danos deles decorrentes. Após atingir esse seu objetivo, o homem voltou-se para si e para sua composição biológica, decifrando seu material genético e, por meio de avanços tecnocientíficos, alcançou a manipulação de seu genoma e dos outros seres vivos, de acordo com seus interesses.



Nesse contexto, a técnica de manipulação genômica chamada de CRISPR-Cas9 foi criada. Por meio dela, surgiram novas possibilidades na área da medicina genética e da alteração do DNA em células somáticas e reprodutivas, causando grandes discussões éticas e jurídicas sobre os limites de sua aplicação diante dos princípios da dignidade humana, do meio ambiente equilibrado e da identidade gênica, bem como dos direitos das futuras gerações.

Por essa razão, o problema que foi discutido neste artigo refere-se à escolha entre a aplicação do princípio da precaução ou da prevenção no que tange ao atual estado da ciência sobre o CRISPR-Cas9 e da manipulação genética em humanos com intuito de conferir maior proteção jurídica ao meio ambiente e à humanidade.

Cumprido destacar que, conforme abordado no desenvolvimento deste estudo, os riscos e possíveis danos oriundos desse novo conhecimento científico ainda não são totalmente certos e conhecidos pelo atual estado da ciência. Fato é que seu uso em células somáticas podem beneficiar pacientes que possuem patologias hereditárias, mas que, em um futuro, podem sofrer de oncogênese proveniente do corte de seu DNA, além de discriminação gênica. Em outra seara, a edição do genoma em células germinativas pode provocar uma nova eugenia, perda de identidade genética e surgimento de doenças até então desconhecidas.

Por essa razão, diante de tamanhas incertezas e em busca de uma sociedade sustentável e capaz de gerir sua vida e modo de produção, conclui-se ser necessário o uso do princípio da precaução. Por meio dele, os riscos intoleráveis serão administrados até que o estado da ciência tenha a informação adequada sobre os danos gerados pela técnica, não podendo o Poder Público ficar inerte.

É evidente a imprescindibilidade de um diálogo a nível internacional entre os países que desenvolvem as pesquisas sobre o tema, as agências reguladoras e os cientistas para que a velocidade das informações científicas consiga acompanhar o rápido



desenvolvimento da área a fim de resguardar a existência futura do ser humano na Terra. Assim, é primordial que haja uma ciência ética, cautelosa e prudente diante dos perigos do surgimento de danos potenciais para toda a hereditariedade humana.

Em âmbito nacional, nota-se que a temática, mesmo sendo de extrema relevância para o futuro, é tratada de maneira leviana pela Administração Pública, não havendo previsões mais claras e específicas sobre a engenharia genética em humanos, bem como sua punibilidade, na Lei de Biossegurança.

Assim, diante de todo o exposto, cumpre destacar a necessidade da discussão ora proposta, tendo em vista sua relação com a própria evolução e permanência da espécie humana, deixando de ser uma questão meramente médica para tornar-se multidisciplinar e dentro do âmbito de política pública.

Nesse diapasão, o estudo alcançou todos seus objetivos. Primeiramente, apresentou as noções básicas sobre a sociedade de risco e o princípio da precaução e prevenção, enquanto sustentáculos distintos. Após, houve uma breve conceituação sobre o que é o estado da ciência e suas implicações, bem como sobre a teoria do risco do desenvolvimento. Por fim, o tema central foi discutido, havendo uma explanação sobre a descoberta do CRISPR-*Cas9*, seu uso e consequências já conhecidas para, então, responder a problemática levantada, vinculando a técnica ao estado da ciência e ao princípio mais adequado.

## REFERÊNCIAS

BOTTINI, Pierpaolo Cruz. **Crimes de perigo abstrato**. 3.ed.rev. e atual. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2013.

BRASIL, Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.





**Diário Oficial da União**, Brasília, 31 ago. 1981. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)> Acesso em: 10 jun. 2021.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. 4.ed. São Paulo: Saraiva, 1990. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)> Acesso em 10 jun. 2021.

BRASIL. Lei nº 11.105, 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**, Brasília, 29 mar. 2005. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2004-2006/2005/lei/l11105.htm#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Lei%20estabelece%20normas,o%20descarte%20de%20organismos%20geneticamente](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2005/lei/l11105.htm#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Lei%20estabelece%20normas,o%20descarte%20de%20organismos%20geneticamente). Acesso em: 27 mai. 2021.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre a Mudança Climática – PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 mar. 2009. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm)> Acesso em 10 jun. 2021.

CAVALIERI FILHO, Sérgio. **Responsabilidade civil por danos causados por remédios**. São Paulo: RT, 1999.



CABRAL, Ana Luiza Novais; GOMES, Magno Federici. A necessidade de estudo prévio de impacto ambiental nos procedimentos de aprovação de organismos geneticamente modificados. **Scientia Iuris**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 11-42, jul.2018. Disponível em < <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/iuris/article/view/33967> > Acesso em 10 jun. 2021.

EBERLIN, Fernando Buscher Von Teschenhausen. Responsabilidade dos fornecedores pelos danos decorrentes dos riscos do desenvolvimento: análise sob a ótica dos princípios gerais da atividade econômica. **Revista de Direito do Consumidor**, São Paulo, v. 64, p. 9-42, out./dez. 2007. Disponível em < <https://bdjur.tjdft.jus.br/xmlui/handle/tjdft/25442>> Acesso em 10 fev. 2021.

FERNANDES, Paulo Silva. **Globalização, sociedade de risco e o futuro do direito penal: panorâmica de alguns problemas comuns**. Coimbra: Almedina, 2001.

FERRER, Gabriel Real; CRUZ, Paulo Márcio. Direito, sustentabilidade e a premissa tecnológica como ampliação de seus fundamentos. **Revista da Faculdade de Direito da UFRGS**, Porto Alegre, n. 34, p. 276-307, ago. 2016. Disponível em < <https://seer.ufrgs.br/revfacdir/article/view/62003/38600>> Acesso em 14 jun. 2021.

FONSECA, Anna Karoliny Alexandre; ZAGANELLI, Margareth Vetis; DEZAN, Matheus Lopes. Testes genéticos preditivos: estudo da insuficiência legislativa brasileira à luz do Direito Comparado. **Derecho y Cambio Social**, Lima, n. 59, p.612-631, jan./mar. 2020. Disponível em <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7219648>> Acesso em 15 jun. 2021.

GOMES, Magno Federici; FERREIRA, Leandro José. A dimensão jurídico-política da sustentabilidade e o direito fundamental à razoável duração do procedimento. **Revista do Direito**, Santa Cruz do Sul, v.2, n.52, p. 93-111, maio/set. 2017. Disponível em < <https://online.unisc.br/seer/index.php/direito/article/view/8864#:~:text=0%20presente> >



[%20estudo%20tem%20como.plenitude%20do%20ideal%20de%20sustentabilidade>](#)

Acesso em 10 jun. 2021.

GOMES, Magno Federici. MESQUITA, Leandro Paiva de. Sociedade de Risco, sustentabilidade para gestão e princípio da precaução. **Revista do Direito**, Santa Cruz do Sul, v.3, n.50, p.16-33, set./dez. 2016. Disponível em <<https://online.unisc.br/seer/index.php/direito/article/view/7863>> Acesso em 10 jun. 2021.

GOMES, Magno Federici; FERREIRA, Leandro José. Políticas Públicas e os objetivos do desenvolvimento sustentável. **Revista Direito e Desenvolvimento**, João Pessoa, v. 9, nº 2, p. 155-178, ago./dez. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.25246/direitoedesenvolvimento.v9i2.667>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

HABERMAS, Jürgen. **O futuro da natureza humana**. Tradução de Karina Jannini. 2. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2016

LANDER, E, Baylis F, Zhang F, et al. Adopt a moratorium on heritable genome editing. **Nature**, 2019. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/d41586-019-00726-5>>. Acesso em: 12 mai. 2021.

LANPHIER E, Urnov F, Haecker SE, et al. Do not edit the human germ line. **Nature**, 2015. Disponível em: <<https://www.nature.com/news/don-t-edit-the-human-germ-line-1.17111>>. Acesso em: 12 maio 2021.

LIANG P, Xu Y, Zhang X, et al. Crispr/Cas9: mediated gene editing in human tripronuclear zygotes. **Protein & Cell** (Online). 2015. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13238-015-0153-5>> Acesso em: 02 dez. 2020.



MILARÉ, Édis. **Direito do ambiente**. 7. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015.

ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento**. Disponível em:

<<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2020.

REARDON S. World Health Organization panel weighs in on CRISPR-babies debate. **Nature**, 2019. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/d41586-019-00942-z>>. Acesso em: 21 maio 2021.

REIS, Émilien Vias Boas; NAVES, Bruno Torquato de Oliveira. **Bioética Ambiental: premissas para o diálogo entre a Ética, a Bioética, o Biodireito e o Direito Ambiental**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2016.

REIS, Émilien Vias Boas; NAVES, Bruno Torquato de Oliveira. CRISPR-*Cas9*, biossegurança e bioética: uma análise jusfilosófica-ambiental da Engenharia Genética. **Revista Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v.16, n.34, p. 123-152, jan./abr. 2019. Disponível em <<http://revista.domholder.edu.br/index.php/veredas/article/view/1490>> Acesso em 10 jun. 2021.

SGANZERLA, Anor; PESSINI, Leo. Edição de humanos por meio da técnica Crispr-cas9: entusiasmo científico e inquietações ética. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v.44, n.125, p. 527-540, abr./jun. 2020. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/sdeb/a/8z84LrTTPq6Xzr77D3jtWDG/?lang=pt>> Acesso em 10 jun. 2021.

SILVA, Marco Aurélio Lopes Ferreira da. Responsabilidade pelo risco do desenvolvimento. **Revista da Faculdade de Direito de Campos**, ano VII, nº 8, p.380-398, jul. 2006. Disponível em <<https://silo.tips/download/responsabilidade-pelo-risco-de-desenvolvimento#>> Acesso em 10 jun. 2021.



SILVA, Romeu Faria Thomé da. **Manual de direito ambiental**. 6. ed. Salvador: JusPODIVM, 2016.

SOUZA, Paulo Vinícius Sporleder. Bem jurídico-penal e engenharia genética humana: contributo para a compreensão dos bens jurídicos supra-individuais. São Paulo: **Revista dos Tribunais**, 2004.

UNIÃO EUROPÉIA. **Directiva 85/374/CEE do Conselho, de 25 de julho de 1985**. Relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados-Membros em matéria de responsabilidade decorrente dos produtos defeituosos. Disponível em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex%3A31985L0374>. Acesso em: 27 mai. 2021.

YÁGÜEZ, Ricardo de Ángel. **A Responsabilidade civil por emissões eletromagnéticas: o “estado da ciência” como solução jurídica**. Tradução por Magno Federici Gomes. Rio de Janeiro: Usina de Letras, 2008.