

Reescrevendo a criação com ácidos nucleicos: a arte transgênica de Eduardo Kac e suas implicações ético-culturais

Rewriting the creation with nucleic acids: Eduardo Kac's transgenic art and its ethical-cultural implications

Laryssa Valencise¹
Regilene A. Sarzi-Ribeiro²

Resumo

O presente artigo trata dos debates suscitados pela arte transgênica do artista brasileiro Eduardo Kac na sociedade contemporânea. Tendo em vista o rápido avanço da biotecnologia, a cultura do *upgrade* migra para o espectro orgânico, promovendo a criação de novos imaginários (Sibilia, 2002). Com a apropriação dos recursos biotecnológicos para a criação artística, torna-se realidade a “arte viva” (Flusser) e, com ela, surgem debates de caráter ético. Kac explora as relações entre criador e criatura, propondo novas perspectivas sociais em diversos de seus trabalhos. Neste artigo, analisamos duas produções que abordam aspectos da crença humana em torno da criação, fazendo referências perceptíveis a passagens bíblicas pelos seus títulos: *Genesis* (1999) e *O Oitavo Dia* (2001). O artista promove, acima de tudo, uma discussão acerca dos limites do poderio humano sobre a natureza, ou seja, da sua capacidade de transformar sua constituição e a daqueles ao seu redor.

Palavras-chave: arte transgênica, bioética, Eduardo Kac, pós-humanismo

Abstract/resumen/resumé

*This article brings the discussions raised by the Brazilian artist Eduardo Kac's transgenic art in the contemporary society. Due to the fast progress of biotechnology, the upgrade culture migrates to the organic spectrum, promoting the construction of new imaginaries (Sibilia, 2002). The appropriation of biotechnological resources for artistic creation makes “living art” (Flusser) come true, and therewith, strong ethical debates. Kac explores the relations between creator and creature, suggesting new social perspectives in many of his artworks. In this article, we examine two art pieces about human belief around the creation that make noticeable references to biblical passages on its titles: *Genesis* (1999) and *The Eighth Day* (2001). The artist promotes, above all, a discussion about the limits of the human might over nature itself, i.e. the capacity of transforming its constitution and that of those around it.*

Keywords/Palabras clave/Mots clefs: bioethics, Eduardo Kac, posthumanism, transgenic art

¹ Graduanda do 3º ano de Artes Visuais (Bacharelado) pela Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação – FAAC/UNESP/Bauru. Membro do Grupo de Pesquisa labIMAGEM – Laboratório de Estudos da Imagem – CNPq.

² Líder do Grupo de Pesquisa labIMAGEM – Laboratório de Estudos da Imagem – CNPq. Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Mídia e Tecnologia – PPGMIT e Professor Assistente Doutor do Departamento de Artes e Representação Gráfica da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação – FAAC/UNESP/Bauru. Pós-doutora em Artes do Vídeo pelo Instituto de Artes da UNESP – São Paulo. Doutora em Comunicação e Semiótica pela PUC/SP.

Arte Transgênica: A Bioarte dos Genes

Contexto: Biotecnologia e Pós-humanismo

A Revolução Biotecnológica, cujo início remonta à década de 1970, tem sido responsável por alterar de forma intensa e acelerada a relação da humanidade com seu entorno e consigo mesma. As técnicas de manipulação genética foram responsáveis por instigar inúmeras experimentações e por amplificar a sensação de controle e de superioridade do homem sobre os demais seres vivos e sobre sua própria natureza, culminando com o Projeto Genoma Humano, em 1990, que realizou o sequenciamento genético do ser humano.

Tais descobertas provocaram influências significativas nos campos sócio-culturais e político-econômicos, e o ímpeto pela superação da natureza corpórea produz uma realidade pós-humana, segundo a qual Sibília discorre:

É nesse contexto que surge uma possibilidade inusitada: o corpo humano, em sua antiga configuração biológica, estaria se tornando "obsoleto". Intimidados pelas pressões de um meio ambiente amalgamado com o artifício, os corpos contemporâneos não conseguem fugir das tiranias (e das delícias) do upgrade. Um novo imperativo é internalizado, num jogo espiralado que mistura prazeres, saberes e poderes: o desejo de atingir a compatibilidade total com o tecnocosmos digitalizado. Para efetivar tal sonho é necessário recorrer à atualização tecnológica permanente: impõem-se, assim, os rituais do auto-upgrade cotidiano. (Sibília, 2002, p.13)

Revelam-se, assim, novos ideais estéticos e de consumo, bem como novos mecanismos de lucro e de controle.

Origem e Definição

Conforme observado pelo filósofo Vilém Flusser em seu ensaio *Arte Viva* (1988), os suportes artísticos convencionais não garantem uma preservação duradoura da informação que estes carregam. A deterioração de papéis, telas, madeiras, metais e afins é inevitável, mesmo que tomadas as devidas medidas de conservação dos mesmos. Porém, a Revolução Biotecnológica do século XX permite o armazenamento de informação em matéria viva, matéria esta que se divide, multiplicando-se e, de tempos em tempos, sofrendo também mutações. Flusser (1988, p.2) afirma que "a biomassa como um todo é pois correnteza dentro da qual informações são guardadas e variadas", apontando tal característica como um ponto positivo para o uso da biomassa como material artístico. Tal apropriação ocorre com o advento da chamada bioarte, dentro da qual destaca-se o artista brasileiro Eduardo Kac.

Kac possui um vasto histórico de produções que exploram os limites entre humanos, animais e robôs. Tendo desenvolvido trabalhos artísticos em telepresença desde 1986 e em biotelemática desde 1994, Kac passou a investigar a arte transgênica em 1998, inaugurando-a no ano seguinte com a exposição da obra *Genesis* no festival *Ars Eletronica* em Linz, Áustria. Em seu manifesto de criação da arte transgênica, Kac a define como:

[...] uma nova forma de arte baseada no uso de técnicas da engenharia genética para criar seres vivos únicos. Isso pode ser conseguido transferindo-se genes sintéticos para um organismo, através da mutação dos próprios genes do organismo, ou pela transferência de material genético natural de uma espécie para outra. A genética molecular permite ao artista projetar o genoma de uma planta ou animal e criar novas formas de vida. A natureza desta nova arte é definida não somente pelo nascimento e crescimento de uma nova planta ou animal, mas acima de tudo pela relação entre artista, público, e organismo transgênico. (Kac, 2004, p.37)

Portanto, a arte transgênica surge em consequência das descobertas e avanços biotecnológicos, bem como das questões suscitadas a partir de suas aplicações nos círculos da vida social, médica, política e econômica. Apesar de sua presença cada vez mais ampla na sociedade contemporânea, a engenharia genética e suas implicações éticas se mantêm pouco discutidas, e quanto a isso Kac (2004, p.37) afirma: "Mais que tornar visível o invisível, a arte precisa elevar nossa consciência do que permanece firmemente além do nosso alcance visual, mas que, apesar de tudo, nos afeta diretamente."

Kac busca explicitar essas relações entre o ser transgênico e o homem utilizando-se de *tactical media*, ou seja, não apenas propondo reflexões no campo da biotecnologia mas também fazendo uso de seus próprios mecanismos para tal, trabalhando lado a lado com cientistas e inserindo-se no meio sobre o qual expõe suas críticas e questionamentos.

Flusser aponta, a respeito do caráter criador de vida possibilitado pela biotécnica, que

A crítica de arte romântica, (e não apenas a romântica), afirma que "arte" é um fazer que sopra vida em espírito novo, e que tal novo espírito ultrapassa o próprio artista. Tal afirmação é metafórica, mas agora passa a ser literalmente verdadeira. A biotécnica é arte que traduz as metáforas precedentes em fatos. A biotécnica é "arte" no significado literal do termo." (Flusser, 1988, p.4).

A partir da biotécnica, Kac produz, em sua Arte Transgênica, não mais *objetos* de arte, mas sim *sujeitos* de arte. O artista esboça realidades povoadas por organismos geneticamente modificados, explorando as possíveis reações que essa situação suscita no público e refletindo sobre novas perspectivas que vão muito além de uma noção de supremacia humana sobre a natureza.

Genesis (1999)

Genesis foi exposta no festival Ars Electronica em Linz, Áustria, no ano de 1999. A instalação (Figura 1) foi constituída por uma caixa de luz ultravioleta, sobre a qual estava uma placa de Petri com uma colônia de bactérias E.coli modificadas (Figura 2), a qual foi projetada em grande escala em uma das paredes da galeria. Nas demais paredes, projetaram-se o genoma das bactérias e o trecho bíblico de Gênes no qual o artista fundamentou sua criação.

SIIMI/2020

VII simposio internacional de
innovacion en medios interactivos
VII simpósio internacional de
inovação em mídias interativas
VII international symposium on
innovation in interactive media

HUB
eventos
2020

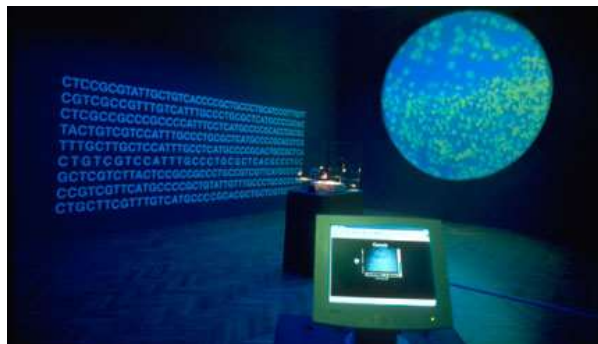


Figura 1. Instalação de Genesis. Eduardo Kac. 1999. Ars Electronica. Linz, Áustria.
Fonte: <http://www.ekac.org/genesis.portugues.html>



Figura 2. Detalhe de Genesis. Eduardo Kac.1999. Fonte:
<http://www.ekac.org/genesis.portugues.html>

Eduardo Kac criou um gene sintético a partir do trecho do Velho Testamento que diz: “Deixe que o homem domine sobre os peixes do mar, sobre as aves do céu e sobre todos os seres vivos que se movem na terra” (Gênesis 1, 28), transcrevendo-o ao código genético de organismos E.coli. Para tal, o artista primeiro traduziu o trecho para código Morse e, a partir disso, aplicou um código desenvolvido por ele mesmo especialmente para esta obra, em que cada elemento do Morse se traduz em um nucleotídeo³ (Figura 3). O gene, introduzido nas bactérias sobre a caixa de luz ultravioleta, sofria mutações por exposição luminosa controlada por participantes remotos via web e por espectadores na galeria. Dessa forma, não apenas o código genético era alterado, mas consequentemente o texto que o originou também.

³ Nucleotídeo: unidade básica na constituição dos ácidos nucleicos. No DNA, correspondem a adenina (A), citosina (C), guanina (G) e timina (T). Fonte: <<https://dicionario.priberam.org/nucleot%C3%ADdeo>>. Acesso em: 26 out. 2020.

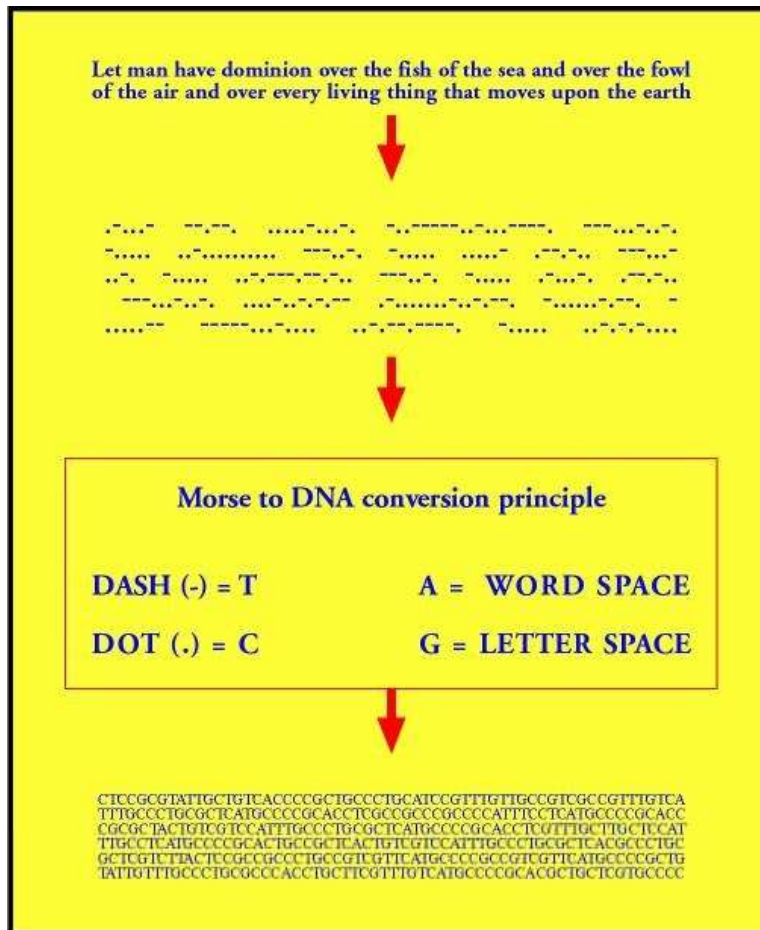


Figura 3. Traduções realizadas por Kac em Genesis. Fonte: <http://www.ekac.org/genesis.portugues.html>

A potência da obra Genesis se estabelece desde a escolha minuciosa do trecho bíblico até sua derradeira mutação pela intervenção humana. Kac não apenas criou um gene sintético que passou a compor um organismo vivo, mas também levou o público a relacionar-se com tal criatura transgênica, propondo assim diálogos até então pouco explorados. O trecho bíblico escolhido é uma sentença divina que implica uma noção duvidosa da supremacia humana sobre a natureza e, conforme o texto sofre alterações pela ação do homem, cria-se um espaço para reflexão e discussão quanto à postura humana diante de sua capacidade de interferir na constituição de demais seres vivos. Segundo palavras do próprio artista,

No contexto do trabalho, a habilidade de mudar a frase é um gesto simbólico: significa que nós não aceitamos seu significado na forma como nós o herdamos, e que novos significados emergem conforme procuramos mudá-lo. (Kac, 2001, p.118, tradução nossa)

Utilizando-se das bactérias E.coli como suporte para informação, o artista cria uma espécie de livro vivo, que por sua vez é constantemente alterado por ação humana. Ele permite, simbolicamente, que se reescreva a relação de dominância do homem e, por consequência, a forma de se lidar com a manipulação genética. Eduardo Kac

explicita que cabe à humanidade ponderar e se posicionar de forma razoável diante da realidade que se apresenta, não endeusando o gene, mas sim explorando suas capacidades e seus limites. Dado que a engenharia genética já se aplica na sociedade, a questão da bioética se situa no presente e é concomitante às descobertas da potência genética e suas implicações. Portanto, o genoma modificado é como uma Bíblia que pode ser reescrita sem que haja condenação herética; ele, por sua vez, tem por objetivo a revisão, a reflexão. A proposta de Kac sugere ao público reorganizar as “linhas tortas” das palavras de Deus, rearranjando-as em conformidade com a discussão sobre o que seria, de fato, o correto.

Em uma segunda fase de Genesis, Eduardo Kac criou um modelo tridimensional de uma proteína produzida pelo gene sintético – a proteína Genesis. A partir de análises de similaridade, descobriu que ela possui estrutura 39% compatível com a proteína Chorion, encontrada em *Ceratitis capitata* (mosca de fruta Mediterrânea). Curiosamente, tal proteína é responsável por formar a membrana que protege o embrião em desenvolvimento, ou seja, está presente na gênese do organismo. Posteriormente, Kac aplicou a proteína Genesis em sua obra *Transcription Jewels* (2001), que expõe tanto o DNA Genesis purificado quanto a proteína Genesis. Visto que ambos foram artificialmente criados e colocados fora de qualquer contexto biológico, são inúteis para a biologia, sendo mesmo incapazes de gerar qualquer tipo de vida. Quanto a isso, o artista disserta:

Ao invés de explicar ou ilustrar princípios científicos, o projeto Genesis complica e ofusca a extrema simplificação e redução das descrições padrões de processos vitais na biologia molecular, restabelecendo a contextualização social e histórica no centro do debate. (Kac, 2001, p. 121, tradução nossa)

Mais uma vez, o artista enfatiza sua preocupação com as implicações ético-sociais da biotecnologia, atentando para o diálogo como maneira de desmascarar o discurso reducionista que acompanha essa aplicação da ciência.

Oitavo Dia (2001)

O Oitavo Dia é um trabalho de arte transgênica que consiste em um sistema ecológico artificial autônomo de criaturas fluorescentes. Desenvolvido entre 2000 e 2001 no Institute for Studies in Arts (Arizona State University, Tempe), a obra investiga as novas tendências do desenvolvimento, em laboratórios, de criaturas fluorescentes isoladas. Kac reúne uma série de espécies modificadas com a proteína GFP (Green Fluorescent Protein) - plantas, amebas, peixes e ratos -, em um só ambiente, dando visibilidade a uma ecologia bioluminescente. Além disso, ele inclui um robô biológico (biorrobô) que circula pelo espaço. Todas essas criaturas se reúnem debaixo de um domo de acrílico, que permite visualizar como seria caso elas realmente coexistissem no mundo em grande escala.

SIIMI/2020

VII simposio internacional de
innovacion en medios interactivos
VII simpósio internacional de
inovação em mídias interativas
VII international symposium on
innovation in interactive media

HUB
eventos
2020



Figura 4. Eduardo Kac. O Oitavo Dia. 2001.
Fonte: <http://www.ekac.org/8thday.html>



Figura 5. Eduardo Kac.
Biorrobô de O Oitavo Dia.
2001. Fonte:
<http://www.ekac.org/8thday.html>

O biorrobô (Figura 5) possui um sistema similar a uma estrutura cerebral constituído por uma colônia de amebas GFP, cuja atividade determina o comportamento do robô. Esses organismos se localizam no biorreator transparente, que possibilita a visualização das amebas. O biorrobô se move lentamente para cima e para baixo, ou ao seu redor, de acordo com a dinâmica da colônia, e é controlado por participantes remotos via web que configuram seu sistema visual através de um sensor de inclinação panorâmica. Dessa forma, funciona como um avatar para os internautas no interior do ecossistema bioluminescente e como uma perspectiva do interior do domo para os visitantes da galeria.

Kac é certo ao nomear seu trabalho, sugerindo através dele a adição de um dia ao período de criação do mundo de acordo com as Escrituras Judeu-Cristãs. A partir disso, o artista propõe que o homem, por meio da biotecnologia, adquiriu o dom até então exclusivamente divino de produzir novas formas de vida, bem como passou a ter um compromisso com os ecossistemas emergentes. O Oitavo Dia (2001) instiga seus espectadores a refletirem sobre a convivência entre humanos e uma ecologia transgênica, ao proporcionar uma visão em primeira pessoa, para o público, de dentro do sistema bioluminescente. O artista retira os seres transgênicos do espaço estéril do laboratório e os aproxima do público, criando assim um ambiente favorável ao desenvolvimento de afeto e empatia.

Implicações Ético-culturais

Ambos os trabalhos analisados possibilitam a percepção do homem como ser ativo na manipulação da natureza e centraliza os debates e reflexões que partem deste princípio sob uma perspectiva sociocultural. Em especial, Kac explora as relações entre criador e criatura, trazendo à tona questões bioéticas que se impõem sobre uma realidade habitada por seres transgênicos.

Ademais, o artista aborda o imaginário humano ao redor da criação, presente tanto nas crenças bíblicas quanto na fé depositada cegamente na engenharia genética.

SIIMI/2020

VII simposio internacional de
innovacion en medios interactivos
VII simpósio internacional de
inovação em mídias interativas
VII international symposium on
innovation in interactive media

HUB
eventos
2020

Kac demonstra, ao convergir estes dois polos aparentemente opostos, que ambos estão envolvidos por uma expectativa e uma noção de que o homem domina os demais seres vivos, sendo necessário repensar estes pressupostos no contexto contemporâneo.



Figura 6. Detalhe de O Oitavo Dia. Eduardo Kac. 2001.
<http://www.ekac.org/8thdaymorepics.html>

As duas obras analisadas sugerem a dispensa da soberania humana, na medida em que colocam o criador no mesmo patamar em que suas criaturas. Afinal, segundo Kac⁴, somos nós mesmos seres transgênicos, visto que possuímos fragmentos de DNA de vírus e bactérias em nosso DNA, conforme revelado pelo Projeto Genoma Humano. Portanto, nota-se que a visão da transgenia como algo antinatural é equivocada e necessita de uma reformulação.

Levando em consideração as categorias *prometéica* e *fáustica* da tecnociência, propostas pelo sociólogo português Hermínio Martins e adotadas por Sibília (2002), é possível identificar o discurso de Eduardo Kac como instrumento instigante para se repensar ambas as posturas. Enquanto a ciência prometeica reconhece seus limites criadores e busca a melhoria do bem humano apenas acrescentando atributos ao corpo orgânico, o projeto fáustico almeja a superação da própria organicidade do corpo, vista como obsoleta; ele pretende reconstruir o humano através de cirurgias plásticas, próteses, procedimentos de engenharia genética e afins (Sibília, 2002). Neste caso, a capacidade humana e seu domínio sobre a natureza são vistos como infinitos e superiores a questões éticas, tendo por objetivo exclusivo sua própria execução enquanto reflexo do progresso científico.

Kac admite que o conhecimento biotecnológico deva ser aplicado para maximizar os potenciais humanos e superar o orgânico, visto por ele como uma barreira que não é mais capaz de separar informações interiores e exteriores ao corpo – como ele sugere na obra *Time Capsule* (1997). Ele reitera, ainda, que é preciso criar novas

⁴ Ibidem

formas de vida através das ferramentas de manipulação genética disponíveis, expandindo assim a biodiversidade.

Entretanto, o artista possui plena convicção de que a bioética deve prevalecer nas ações científicas, de forma que suas obras sempre centralizam as questões sociais e políticas ao debater a criação e manutenção de seres transgênicos. Nas palavras do próprio Kac (2004, p.37), “não existe arte transgênica sem um forte compromisso e responsabilidade com a nova forma de vida assim criada. Preocupações éticas são primordiais em qualquer trabalho de arte, e elas se tornam mais cruciais do que nunca no contexto da bioarte.”

Conforme aponta Sibilia (2002), que se apoia na filosofia de Foucault, a biopolítica atual age por meio do mercado, tendo por alvo a ampliação de consumidores. A propaganda de que a boa aparência está diretamente ligada à saúde incentiva o público a adquirir produtos que prometem rejuvenescer a pele, proporcionar cabelos mais sedosos e um corpo em concordância com os padrões estéticos ideais. Entretanto, o grande interesse capitalista na biotecnologia se dá pela alta produtividade e lucro que ela proporciona às grandes indústrias, tal como a agrônômica e a de cosméticos. Não há vantagens, do ponto de vista comercial, na investigação e na criação de formas de vida autônomas, que por sua vez confrontam a visão consolidada da existência humana enquanto soberana e exigem tratamento ético aos novos seres transgênicos.

Conforme Braga (1992, p. 4, apud Antonio, 2017, p.26), “Prometeu desafiou um deus. Fausto quer ser deus”; da mesma forma, a tecnociência fáustica almeja a capacidade divina, motivo pelo qual o historiador e filósofo Yuval Noah Harari criou o termo *Homo Deus*. Harari aponta que, até o terceiro milênio, as três maiores preocupações da humanidade foram a fome, a peste e a guerra. Ele afirma que a biotecnologia permitiu ao homem controlar a crise destes três fatores, mas que sua aplicação indevida pode ser responsável pelo agravamento dos mesmos tópicos. A negligência do governo e das grandes instituições provoca a continuidade e/ou a ascensão da fome, por exemplo, por mais que a produção agrícola atinja níveis elevados graças aos métodos transgênicos. “Não ocorrem mais surtos de fome por causas naturais, há apenas fomes políticas” (Harari, 2016, p.11).

Quanto aos atuais usos da biotecnologia e à importância da bioarte neste cenário, Eduardo Kac dispara:

Enquanto a engenharia genética continua a ser desenvolvida no porto seguro do racionalismo científico, nutrida pelo capital global, infelizmente ela permanece parcialmente isolada dos grandes temas sociais, dos debates éticos, e dos contextos históricos locais (...). O uso da genética na arte oferece uma reflexão sobre esses desenvolvimentos de um ponto de vista social e ético. Isto coloca em foco assuntos correlatos relevantes tal como a integração doméstica e social de animais transgênicos e o delineamento arbitrário do conceito de “normalidade” através de teste e tratamento genéticos. Cria também um contexto crítico no qual se examina e questiona o reducionismo e a eugenia. (Kac, 2004, p.41)

Portanto, a arte transgênica de Kac possui papel fundamental na reorganização do imaginário humano em torno dos genes e de suas potencialidades. O artista demonstra, por meio de suas obras, que a transgenia possui aceitação unilateral. Enquanto objeto de desejo, comercial e rentável, o transgênico é muito bem-vindo; mas,

enquanto sujeito com vontades e necessidades próprias, é tratado com repúdio e estranhamento, quando não com indiferença.

Assim sendo, os trabalhos de Eduardo Kac oferecem novas perspectivas para tratar aspectos já presentes na sociedade contemporânea – tal como a vigilância genética, a biopirataria, o *genohype*⁵ - e investigar seus impactos culturais, econômicos, políticos e sociais. Criando um universo visual e interativo, o artista permite aproximar do público as questões bioéticas da realidade pós-humana e envolvê-lo em reflexões urgentes, dado o avanço acelerado no campo da biotecnologia.

Referências bibliográficas

Antonio, K.F. (2017). *Transumanismo e suas oscilações prometeico-fáusticas: Tecnoapoteose na era da ciência demiúrgica*. Dissertação (Mestrado em Filosofia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN. Recuperado de https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/24854/1/KeomaFerreiraAntonio_DISSERT.pdf.

Flusser, V. (1988) *Arte viva*. Recuperado de <http://www.flusserbrasil.com/art138.pdf>.

Harari, Y.N. (2016). *Homo Deus: Uma Breve História do Amanhã*. São Paulo, SP: Companhia das Letras.

Kac, E. (2001). Bio Art: Proteins, Transgenics, and Biobots. In: STOCKER, Gerfried; SCHOPF, Christine (Ed.). *Who's doing the art of tomorrow?*. Vienna: Springer Verlag. pp. 118-124. Recuperado de http://90.146.8.18/en/archiv_files/20011/E2001_118.pdf.

Kac, E. (2004). Arte transgênica. *ARS* (v. 2, no.3), São Paulo, SP. Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S167853202004000300004&script=sci_arttext&lng=pt.

Kac, E. (2015). *What if art could truly create biological life?* In: What if..., 2015, Vienna. TEDxVienna: 2015. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=IS_5WJteCC8.

Sibilia, P. (2002) *O homem pós-orgânico: Corpo, subjetividade e tecnologias digitais*. (3. ed.). RJ: Relume Dumará.

Tomasula, S. (Ed.). (2000). (GENE)SIS. In: DOBRILA, Peter T. (Ed.). *Eduardo Kac: Telepresence, Biotelematics, and Transgenic Art*. Maribor, SLO: Kibla. pp. 85-96. Recuperado de <http://www.ekac.org/tomasulgen.html>.

⁵ Termo cunhado por Neil A. Holtzman em *Are genetic tests adequately regulated?* Science, 286 (4539), pp. 409-410, 1999 para caracterizar o discurso de afirmações exageradas e hipérboles anexadas ao DNA, e o esforço para mapear o genoma humano.