



O CORPO COMO INFORMAÇÃO GENÔMICA E OS INVESTIMENTOS EM CAPITAL HUMANO

THE BODY AS GENOMIC INFORMATION AND INVESTMENTS IN HUMAN CAPITAL

EL CUERPO COMO INFORMACIÓN GENÓMICA Y LAS INVERSIONES EN CAPITAL HUMANO

LICENÇA CC BY:

Artigo distribuído sob os termos Creative Commons, permite uso e distribuição irrestrita em qualquer meio desde que o autor credite a fonte original.



Ana de Medeiros Arnt

Universidade Estadual de Campinas

Resumo: Neste ensaio, pretendo analisar discursos sobre a noção de código da vida torna-se base para uma episteme que vê, no corpo, informação a ser decifrada, melhorada e governada. O ensaio se faz a partir de uma breve retomada histórica acerca dos conhecimentos sobre DNA e genética, novas políticas públicas envolvendo projetos genômicos e artigos no campo da economia e genética. Dentro desta perspectiva, a gestão da informação genômica do ser humano, passa por possibilidades de investimento, produzindo novas formas de fomento para o Capital Humano.

Palavras-chave: Determinismo Biológico. Genômica. Capital Humano. Código da Vida.

Abstract: In this essay, I intend to analyze discourses on the notion of the code of life as the basis for an episteme that sees the body as information to be deciphered, improved, and governed. The essay is based on a brief historical review of knowledge about DNA and genetics, new public policies involving genomic projects, and articles in the field of economics and genetics. Within this perspective, the management of human genomic information involves investment opportunities, producing new forms of promotion for Human Capital.

Keywords: Biological Determinism. Genomic. Human Capital. Code of life.

Resumen: En este ensayo, pretendo analizar los discursos sobre la noción del código de la vida como base para una episteme que ve en el cuerpo información que debe ser descifrada, mejorada y gobernada. El ensayo se basa en un breve repaso histórico sobre los conocimientos sobre el ADN y la genética, las nuevas políticas públicas relacionadas con proyectos genómicos y artículos en el campo de la economía y la genética. Desde esta perspectiva, la gestión de la información genómica del ser humano pasa por posibilidades de inversión, lo que genera nuevas formas de fomento del capital humano.

Palabras clave: Determinismo Biológico. Genómica. Capital Humano. Código de la vida.

contrapontos



INTRODUÇÃO

Ao longo de minha trajetória acadêmica, há uma inquietante pergunta que persegue minhas ideias: o que é ser humano? Parece uma questão simplória, olhando apressadamente. E embora a questão pareça beirar o óbvio, todos os dias há espaços em que podemos ver e ouvir alguém falar sobre a necessidade de termos espaços para determinadas pessoas poderem existir e serem tratadas como seres humanos.

Quando falamos, dentro do campo da biologia, em ser humano, podemos nos remeter a um grupo taxonômico, uma “espécie”: *Homo sapiens*. Todavia, à revelia de adentrarmos o campo científico, percebemos que a existência de um genoma, de uma classificação, de delimitações anatômicas e fisiológicas não bastam para delimitar o status de humanidade.

Michel Foucault (2002a) afirma que é um engano afirmar que o corpo é apenas fisiologia e que ele escapa à história. O corpo, diz o filósofo, é formado por uma série de verdades e acontecimentos que marcam a pele, dão sentido e forma, construindo quem somos, enquanto nos inserimos na sociedade. Norbert Elias (1994) afirma que os seres humanos nascem enredados em uma teia, já constituída de linguagens, culturas, premissas e verdades. Não nascemos livres de imposições sociais. Nos constituímos humanos, enquanto estabelecemos relações dentro de uma cultura.

Ambos os autores trabalham com a noção de que “ser humano” e pertencer à espécie humana não é algo dado biologicamente. Pertencer à espécie humana é uma construção social.

Neste ensaio, pretendo analisar discursos sobre a noção de *código da vida*, presente no campo da genômica, torna-se base para uma episteme que vê, no corpo, informação a ser decifrada, melhorada e governada. Assim, traço um debate acerca das definições do que é “ser humano” e como dentro do campo biológico – em especial da biologia molecular e genética – estas definições passam a olhar para nós enquanto informações decifráveis a partir do código genético. Por fim, insiro um debate de como estas questões vinculam-se às teorias econômicas neoliberais, em especial a Teoria do Capital Humano¹.

IDEIAS PARA UMA CONVERSA SOBRE SERES HUMANOS

*A cada parto, a cada luto
A cada perda, a cada lucro
O sol que dura só um dia
A cada dia, o sol diário
Contra o que for hereditário
(Hereditário, Titãs, 1993)²*

¹ É importante apontar que neste ensaio, organizado a partir do evento Políticas da Vida Digital (ocorrido em maio de 2025, em Itajaí), não tem como objetivo dar conta da discussão, tampouco realizar uma revisão sistemática sobre o tema da genômica e o Capital Humano. Mas problematizar alguns discursos presentes na área, que vem sendo levantados para uma pesquisa mais ampla e detalhada, feita pela autora.

² Esta composição, *Hereditário*, presente no álbum *Titanomaquia*, lançado em 1993, traz uma reflexão à repetição de padrões – em especial familiares herdados seja biologicamente ou socialmente (referências ao parto, luto e lucro). A música contrapõe a rotina à busca de frestas contra estas heranças que se impõe à cada geração, compondo novas identidades.



Apesar de o debate sobre nossa constituição social, enquanto seres humanos, não ser recente, também não é tranquilo e sem disputas nos espaços de produção de conhecimento, gestão da vida e na cultura. Não é incomum vermos cientistas apontando para a retomada de discursos eugênicos no meio acadêmico e na política (Kaplan, 2024; Sear, 2025; Wojcik, 2025).

Parte desta discursividade se vincula a uma noção de que temos, em nosso genoma, a resposta para inúmeras questões sobre nossas identidades. A retomada disto que se está nomeando como *a nova eugenia* vincula-se fortemente ao debate acerca da genômica e de como um sequenciamento genético pode nos apontar particularidades, similaridades populacionais e, também, ancestralidade.

Neste aspecto, testes genômicos têm sido cada vez mais frequentes em diferentes espaços sociais. Panofsky e Donovan (2019) e Panofsky, Dasgupta e Iturriaga (2021), por exemplo, pesquisam fóruns e redes sociais e apontam um intenso debate acerca da pureza biológica, a partir de testes de ancestralidade genética, incluindo a porcentagem de contaminação entre raças que pode existir, para ser considerado puro. Embora a existência de raças seja uma questão tomada como ultrapassada e refutada dentro do âmbito científico, essa noção é extremamente presente, e legitimada, não apenas por estes grupos, mas também pela própria noção de *ancestralidade*, que nos remete a características físicas e comportamentais vinculadas a territórios e populações específicos (Fullwiley, 2021). Fullwiley (2021) ainda discute acerca das datações indicada nos testes, para a autora:

A datação é fundamental: o algoritmo de ancestralidade se mantém válido se as pessoas puderem ser classificadas entre aquelas que vieram antes e aquelas que vieram depois do período vagamente denominado de “viagens transcontinentais” e “migração” que começou no final do século XV. Marcar explicitamente esse período histórico, omitindo qualquer detalhe sobre ele, silenciosamente relega a colonização racial e a escravidão às sombras do algoritmo (tradução minha).

Aqui no Brasil, os testes de ancestralidade estão entrando no mercado há alguns anos e, recentemente, tem sido veiculado a valores *mais baratos*. Em reportagem de 2024 na CNN Brasil, o tema é abordado relacionando a possibilidade de saber sobre “ancestralidade e riscos de doenças” (Maraccini, 2024). Embora existam ressalvas sobre os limites do teste, na referida reportagem, não deixa de ser curiosa a associação entre ancestralidade e riscos (ou predisposição) de doenças na mesma sentença. Para além do “conhecimento sobre si mesmo”, como se os testes de ancestralidade explicassem nossa constituição identitária – ancestral e de saúde –, a partir de variações dos chamados SNPs ou AIMs³.

Nossos processos identitários, nossa constituição como sujeitos em uma sociedade – tal como preconizaram Elias (1994) e Foucault (2002a) – ou nossa formação dentro de práticas culturais, que formam nossas identidades – como também nos apontou Stuart Hall (1997), agora são novamente inseridas dentro do escrutínio da linguagem da vida, descrita em nucleotídeos e marcadores ancestrais moleculares.

contrapontos

3 SNP é a sigla para *Single Nucleotide Polymorphism* que é uma variante em uma única base posicionada no DNA. Os estudos envolvendo SNPs têm sido utilizados para entender como, em um genoma, eles influenciam saúde, doença e respostas a medicamentos (GUNTER, 2025). AIM é a sigla para *Ancestry Informative Marker*, que são marcadores genéticos autossômicos, usados para inferir, de forma probabilística, ancestralidade genética em grupos ou indivíduos, a partir da similaridade genética entre indivíduos, correlacionadas com origens continentais e categorias étnicas e raciais especialmente nos Estados Unidos da América (YU et al, 2012).



Os testes de sequenciamento genético não estão sendo mais veiculados em países como o Brasil, sem motivo. Em 2022, a Organização Mundial da Saúde (OMS), publicou o documento *Accelerating access to genomics for global health: promotion, implementation, collaboration, and ethical, legal, and social issues*. Ali consta a diretriz necessária para ampliar o acesso aos testes genômicos em países em desenvolvimento. Segundo a OMS, não existe justificativa para esta tecnologia permanecer fora do alcance de populações menos favorecidas economicamente. Tal diretriz se faz no sentido de compreender melhor o genoma das populações destes países, aumentando também a saúde global, pelo aumento de dados de genes que podem causar doenças, condições, transtornos e características vinculadas à saúde ou agravo à saúde (WHO, 2022).

Países como o Canadá - cujo programa genômico completa 25 anos - e o Reino Unido - que lançou recentemente seu plano de saúde para os próximos 10 anos, em que o aumento da quantidade de sequenciamentos de recém-nascidos é uma das prioridades - a genômica faz parte de programas de políticas públicas há tempos. Aqui no Brasil, o *Programa Nacional de Genômica e Saúde de Precisão – Genomas Brasil* foi criado para estabelecer

as bases para o desenvolvimento da saúde de precisão e, em um futuro próximo, sua implementação no Sistema Único de Saúde (SUS). A saúde de precisão funciona assim: ela associa dados já conhecidos de diagnóstico e tratamento (como histórico pessoal/familiar, exames clínicos e laboratoriais) ao perfil genético do paciente. Portanto, a saúde de precisão permite a escolha de tratamentos mais seguros e que produzam melhores resultados, além de detectar com antecedência a probabilidade de vir a desenvolver certas doenças (Brasil, 2025).

A implementação do Genomas Brasil vem ocorrendo desde 2020 e tem como objetivo fomentar pesquisas, formar cientistas e construir um banco de dados genômicos de brasileiros. Além disso, o desenvolvimento da indústria nacional e fortalecimento do SUS fazem parte de todo o programa de sequenciamento genômico nacional.

Recentemente, dentro deste cenário, uma publicação de alto impacto já vinculada a esta ampliação de dados genômicos, apontou-nos como o país com maior diversidade genética do mundo (Nunes *et al* 2025).

Neste panorama, que percorre uma busca mundial para formação de bancos de dados genéticos sobre populações, vemos novamente emergir a procura por quem somos e como funcionamos a partir de códigos, que quando transcritos, nos possibilitam ler e sermos narrados dentro de categorias, vinculados a etnias, grupos de riscos, pertencimentos identitários humanos. Uma pergunta, no entanto, permanece: existe alguma problemática em sermos pensados como resultados orgânicos de códigos?

A VIDA DECIFRÁVEL E A BUSCA PELOS CÓDIGOS

*I got, I got, I got, I got
Realness, I just kill shit cause it's in my DNA
I got millions, I got riches buildin' in my DNA
I got dark, I got evil that rot inside my DNA
I got off, I got troublesome heart inside my DNA
(DNA, Kendrick Lamar, 2017)⁴*

⁴ A música *DNA*, de Kendrick Lamar, está no álbum *Damn*, lançado em 2017. A música utiliza o DNA como metáfora para a construção da noção de identidades e estereótipos da população negra, apontando características tidas como inatas e constituintes deste corpo que ele narra ser. Simultaneamente, refuta estes mesmos estereótipos indicando que são características conhecidas e aprendidas ao longo da vida, como assassinato, morte e redenção. DNA também é descrição, herança, constituição do que se identifica dentro de uma comunidade e vida.



A compreensão de que somos resultados de códigos que precisam ser decifrados não emerge junto com a descoberta da molécula do DNA, que data de 1869. A questão durante o final do século XIX e início do XX, todavia, era de que o DNA era uma molécula demasiadamente “simples” para abarcar toda a diversidade de seres vivos. As “moléculas da vez” para o estudo da hereditariedade eram as proteínas. Mais diversas e complexas, aparentemente, do que o DNA, todas as pesquisas buscavam nelas as respostas que apontariam sua responsabilidade pela transmissão de nossas características. Poucos apostavam que o DNA, tão simples e regular, poderia ter alguma relação com o que e como nós somos (Arnt, 2013).

As pesquisas sobre hereditariedade e DNA aconteciam paralelamente, sem uma relação aparente, esta falta de conexão entre os dois temas seguirá até início da década de 1950. Em diferentes espaços acadêmicos, Erwin Chargraff (1905-1992) apresentou sua pesquisa sobre as bases nitrogenadas, mostrando que sua relação é variável entre as espécies, mas constante no interior de uma espécie. Além deste resultado, por si só surpreendente, Chargraff ainda tem como resultado que a quantidade de adenina e timina⁵ são iguais em moléculas de DNA, e o mesmo acontece com as de guanina e citosina. Este estudo de Chargraff, publicado em 1949, rompe com a noção de simplicidade da molécula de DNA, uma vez que ela, agora, passa a ser compreendida como específica e passível de carregar informações (Acot, 2003).

A ideia de código, no entanto, aparece alguns anos antes, na obra *O que é vida?* Do físico Erwin Schroedinger, publicada em 1944. Para construir esta noção, Schroedinger em seu livro busca compreender de que modo partículas materiais, ordenada a partir de átomos, pode manter uma estrutura que ofereça arranjos variáveis possíveis, mas também tenha estabilidade suficiente para organizar informação. Segundo ele

o número de átomos em tal estrutura não precisa ser muito grande para produzir um número quase ilimitado de arranjos possíveis. Para ilustrar, pense no código Morse. Os dois sinais diferentes de ponto e traço em grupos bem ordenados de não mais de quatro permitem trinta especificações diferentes. Agora, se você se permitir usar um terceiro sinal, além do ponto e do traço, e usar grupos de no máximo dez, poderá formar 88.572 “letras” diferentes; com cinco sinais e grupos de até 25, o número é 372.529.029.846.191.405. (Schrödinger, 1944, p.61, tradução minha)

Neste breve trecho, é possível perceber como a hereditariedade e a vida passam a ser compreendidas como parte de uma linguagem em código, cujo conhecimento nos permite decifrá-la. O DNA passa a ser, neste cenário, uma molécula sumamente importante, tendo em vista suas características com repetições (as bases nitrogenadas) e combinações que derivam daí.

Ainda era preciso, no entanto, entender a estrutura da tal molécula, que hoje é uma das mais estudadas e comentadas no meio científico. Atribui-se, comumente, a James Watson e Francis Crick a “descoberta” da estrutura do DNA. No entanto, outros nomes devem ser apontados como sumamente importantes para que o conhecimento do modelo viesse à tona e a responsabilidade entre pesquisadores e laboratórios de pesquisa. Nesta direção, pode-se citar Rosalind Franklin que foi, certamente, peça fundamental para a compreensão do formato helicoidal e, além disso, de como se dispõe o açúcar e o fósforo no já reconhecido “longo filamento” da molécula: na parte exterior da hélice. A noção de que é uma hélice dupla, decorrente do pareamento das bases nitrogenadas adenina com timina e guanina com citosina, na forma da conhecida “escada torcida, bem como a noção de replicação do DNA são conclusões de Watson e Crick, com base em todos os estudos ante-

5 Adenina, Timina, Citosina e Guanina são as bases nitrogenadas do DNA, representadas por A, T, C e G, são as letras que representam o que Collins (2010) chama de linguagem da vida.

riormente citados e possibilitam a compreensão de que o DNA, realmente, é a molécula responsável pela transmissão das informações de cada ser vivo. No ano de 1953, então, é publicada na revista *Nature* a estrutura do DNA, com a descoberta atribuída a Watson e Crick (Acot, 2003; Scheid, Ferrari; Delizoicov, 2005; Arnt, 2013).

Os estudos envolvendo DNA e genes passam a vigorar, aliados à teoria evolutiva, na procura de compreender estes mecanismos em códigos, que regem e definem como são e funcionam os seres vivos. Mas é ao final do século XX que temos um enorme aporte financeiro para desenvolver técnicas robustas para não apenas entender genes isolados, mas traçar um grande perfil que dê conta de todo este *código da vida*, tal como foi nomeado: O Programa Genoma Humano (PGH).

O PGH teve como grande empreendimento, o desenvolvimento tecnológico para sequenciar genomas inteiros – ou seja, todo o conjunto genético de um ser vivo, especialmente o humano. Ao longo da década de 1990 e 2000, inúmeros cientistas participaram de pesquisas voltadas ao sequenciamento genômico. No ano de 2003, foi lançado o sequenciamento completo do genoma humano, antecipando a data inicial prevista (2005) e com um orçamento menor do que o estimado. A partir deste projeto original, emergem novos projetos, em que cientistas mergulham não apenas no sequenciamento *das letras* do código, mas no significado das partes – genes, suas funcionalidades, variabilidade, características e relações (NIH, 2025a).

Uma das áreas que vem crescendo, dentro desta perspectiva, é a Bioinformática, que envolve o uso de tecnologia computacional para coletar, armazenar, analisar, prever, inferir e disseminar dados e informações biológicas como sequências de DNA e aminoácidos. A partir destes bancos de dados, há uma organização e indexação de informações, com busca de correlações para definir características variadas – envolvendo saúde, doença, comportamentos e predisposições a estas características, por exemplo.

Pensar seres humanos como banco de informações levanta outras questões que são relevantes também de serem debatidas. Dentre elas, a possibilidade de intervenção nestas informações, modificando-as, buscando alterar isto que vem se nomeando *código da vida* e que, a partir de uma noção biológica, nos define.

Foucault, em seu curso *Nascimento da Biopolítica* (2008), debate como seu conceito de Biopolítica tem implicações dentro deste cenário, articulando com teorias econômicas que se tornaram centrais ao longo do século XX, em especial a Teoria do Capital Humano (CH). A biopolítica, para Foucault, abarca as relações vinculadas à população como problema de governo. Para o autor, diferente do poder disciplinar, que se dirigia ao corpo e à vida de indivíduos, seu funcionamento dentro de relações de poder institucionalizadas, a biopolítica vai atuar em outra esfera, da multiplicidade de seres humanos, a partir de estratégias que organizam essa multiplicidade como população, como unidade que possui relações rastreáveis, identificáveis em sistemas de levantamento de dados e organização destes dados, estatisticamente.

Mais do que apenas analisar fenômenos, identificando-os, a biopolítica tem como pressuposto a intervenção, no que Foucault aponta, para modificar estes fenômenos, controlando seus efeitos. Neste sentido, a biopolítica intervém nos fenômenos com a finalidade de manter a vida, estimular nascimentos, diminuir doenças, controlar acidentes. Em suma, fazer viver e deixar morrer (Foucault, 2002b).





BIOPOLÍTICA, CAPITAL HUMANO E OS CÓDIGOS DA VIDA

*Seu caso deve ser anotado,
o seu mal ser vigiado e lhe requer muita atenção
Pois traz perigo à nossa vida
Não dou amparo, nem guarida
Dou guaraná, com pesticida
Pra acalmar minha dormida
Não tô afim de pôr em risco a minha condição
(Tá certo, doutor! Gonzaguinha, 1975)⁶*

Foucault (2008) discorre sobre como o neoliberalismo introduz um novo aporte teórico, nas teorias e práticas econômicas, para se pensar o trabalho. A teoria do CH buscava, desde a década de 1960, compreender quais são os fenômenos e acontecimentos que tornam o trabalho parte de um sistema de produção, como conduta econômica. Nesta perspectiva, o olhar se volta para como se dá a organização de recursos – mobilizados pela vida de indivíduos – até o ponto em que este sujeito se torna trabalhador. Assim, para os neoliberais a análise econômica não deveria consistir no estudo de mecanismos de produção, de troca, de consumo dentro de uma estrutura social dada, mas no estudo em termos de como “quem trabalha utiliza os recursos de que dispõe” (Foucault, 2008, p.307). As teorias neoliberais, a partir do CH, passam a compreender este campo como “ciência do comportamento humano”. A noção de CH se faz dentro da perspectiva de acúmulo de investimentos, ao longo de uma vida, que possibilitam ser contabilizadas e analisadas, para termos como finalidade *um retorno financeiro* desses mesmos indivíduos.

O Capital Humano é composto de elementos inatos e elementos adquiridos – em especial no campo da Educação e Saúde. Aqueles elementos inatos seriam os hereditários, que não teriam – à época em que a teoria foi publicada na década de 1970 – condições de serem modificadas em tempo hábil de terem retorno. A natureza, para estes teóricos, tinha outro tempo, mais longo, para modificações, não sendo possível alterar em um indivíduo. Para Theodore Schultz (1971)

Um conceito englobante de tecnologia presumivelmente incluiria os atributos técnicos de todos os fatores e de todos os produtos. Incluiria, por conseguinte, as propriedades técnicas originais do solo no sentido ricardiano e, desta forma, levaria em linha de conta as diferenças técnicas entre as parcelas da terra. Mas, desde que são dadas pela natureza, será que isso não estão sujeitas às mudanças? Embora a natureza não seja imutável, não é ela uma fonte significativa de mudança técnica. As propriedades da terra são, não obstante, uma parte integral de uma dada tecnologia. Um conceito abarcante de tecnologia presumivelmente incluiria também as capacidades inatas do homem. Estas, também, são dadas pela natureza e por períodos de tempo são relevantes para a análise econômica, e as diferenças em tais capacidades no seio de uma população qualquer mais vasta estão sujeito às mudanças significativas. Desta forma, a ideia de mutação técnica diz respeito a atributos técnicos outros que não as propriedades originárias da terra e as inatas capacidades de trabalho. Mas, o investimento para melhorar o solo e as habilidades adquiridas do homem podem alterar os atributos técnicos da terra e do homem. Daí, através do investimento, eles também estão sujeitos a mudanças técnicas. (Schultz, 1971, p.19)

6 A música *Tá Certo, Doutor*, de Luiz Gonzaga Jr. (Gonzaguinha) foi lançada em 1975, no álbum *Plano de Voo*. Na música, uma sagaz crítica à sociedade autoritária e ditatorial da época, Gonzaguinha mistura referências e críticas de saúde, constituição física e moral, para isolar e restringir o acesso de um homem ao espaço público. No auge, as regras e normativas condenam à morte, com autorização social – na sugestão de dar guaraná com formicida ao sujeito, desumaniza e impõe hierarquicamente a marginalização do indivíduo indesejado.



A partir deste trecho, é importante ressaltar a mobilização de duas questões: a primeira diz respeito aos fatores inatos estarem dentro do cálculo de capital humano; a segunda, a noção de que há modificações técnicas possíveis neste *substrato natural* – seja a terra ou o inatismo humano – que podem melhorar estes atributos. Para os cálculos do Capital Humano, tal como descrito por Schultz em 1971, no entanto, são os atributos adquiridos que formam o objeto mais importante de seus estudos, uma vez que podem ser modificados de maneira direta ao longo de uma vida.

Todavia, ainda em 1979, na época em que o curso *Nascimento da Biopolítica* foi oferecido, Foucault apontou para o quanto a aplicação da genética humana já anunciava para análise e reconhecimento de indivíduos que representavam riscos à população e os tipos de riscos ao longo de uma existência. Neste sentido, muito embora fossem as análises sobre os atributos adquiridos os que interessavam mais ao cálculo econômico, os “patrimônios genéticos” ou “equipamentos genéticos” não passaram despercebidos como uma questão a ser avaliada como relevante para esta nova racionalidade que era debatida, segundo Foucault.

GENÉTICA, INFORMAÇÃO E NOVAS POSSIBILIDADES DO CAPITAL HUMANO

*Mil nações
Moldaram minha cara
Minha voz
Uso prá dizer o que se cala
O meu país
É meu lugar de fala
(O que se cala, Elza Soares, 2018)⁷*

A busca por uma base que pode ser investida, embora não modificável em curto prazo – ao menos naquela década – não significa que não seja parte de um olhar daquilo que não vale a pena o investimento, ou que tem limitações inatas que tornam o investimento sem retornos “garantidos”.

Desde a emergência dos resultados do Projeto Genoma Humano, vem sendo debatida a releitura dos ideais do Capital Humano a partir da perspectiva de interferência no material genético, proporcionado por novas tecnologias (López-Ruiz, 2008; Rosa, 2009; Ossege; Garrafa, 2015; Castiel *et al*, 2006; Borsa *et al*, 2024).

Deste modo, contemporaneamente, compreender que nosso genoma carrega informações que podem não apenas ser lidas, mas eventualmente modificadas não está apenas em contos de ficção científica. Ao tomar a economia como “ciência do comportamento humano” e discuti-la como parte do investimento que se faz em seres humanos, nos abre a inúmeras possibilidades cuja tecnologia faz parte.

Há muitos estudos recentes sobre as relações entre a genética, a hereditariedade e o capital humano passado durante a gestação e entre gerações. Hugh-Jones e Abdellaoui (2022) buscam compreender como a seleção natural em seres humanos pode ajudar a entender a arquitetura genética no campo da saúde e desigualdade social.

⁷ A música *O que se Cala*, lançada em 2018 no álbum *Deus é Mulher*, fala da diversidade brasileira, como potência, tensão e questionamento sobre as opressões e violências, as segmentações sociais e raciais. “Ser feliz no vão, no triz, é força que me embala” é verso feito sem resignação, pela vida que segue e embate. Nesta seção, em que a diferença é uma das marcas buscadas nas pesquisas de genoma e capital humano – por vezes definindo diferenças entre países, o tom de Elza Soares faz frente à lógica que busca submeter.



Scholder et al (2013) buscam compreender a relação entre altura saúde e capital humano a partir de marcadores genéticos. Dentre suas questões está a se a associação entre altura e melhores desempenhos escolares é ou não causal. Em seu estudo, os autores encontraram relação entre maior altura e melhor desempenho cognitivo para meninos e meninas, embora no caso das meninas, alturas maiores também se vinculam à propensão de sintomas de depressão. Como conclusão, os autores afirmam que “resultados sugerem que a altura é um fator importante na acumulação de capital humano em crianças e adolescentes, provavelmente como resultado das reações sociais desencadeadas por variações de altura” (Scholder et al, 2013, tradução minha).

Kodila-Tedika & Asongu (2016) por outro lado buscam analisar populações mais amplas, objetivando explorar as relações entre quociente de inteligência e capacidade cognitiva, com foco na distância genética em relação às nações líderes. A relação com o capital humano, neste caso, se faz a partir da questão sobre o capital humano ter como base as variações e diferenças genéticas e se estas diferenças podem explicar as diferenças de desenvolvimento entre países. Como resultado, ao analisar dados de 167 países, os autores sugerem que a “distância genética em relação às fronteiras globais tem uma relação negativa com o capital humano”. As diferenças são maiores em relação à fronteira dos Estados Unidos da América (EUA) do que do Reino Unido. “O sinal é consistente e se mantém mesmo após o controle de covariáveis macroeconômicas, geográficas, institucionais e outras” (Kodila-Tedika; Asongu, 2016). Ao final do artigo, todavia, os autores apontam que as descobertas devem ser tratadas como correlações e não como causalidade; inserindo a questão de que a complexidade das relações e fatores analisados não podem ser exclusivamente detectados por análises de correlação linear.

Artigos como *Decoupling genetics from attainments: the role of social environments* (Fletcher, 2023) e *Genetic Endowments and Wealth Inequality* (Barth, Papageorge; Thom, 2020) discutem a relação entre a genética, escolaridade e mobilidade social. Em ambos os artigos, existe a busca por estruturação de modelagens que possibilitem articular e como ambiente e genética interagem, em especial promovendo (ou não) mobilidade educacional.

Neste caso, *genetic endowments* é um termo que vem sendo usado como chave para compreender como estas heranças biológicas impactam tanto no capital humano, quanto na condição escolar de novas gerações e, também, na desigualdade social. Segundo o Dicionário Oxford, *genetic endowment* é esta predisposição em exibir comportamentos – desde perder ou ganhar peso, performance física até desenvolvimento intelectual – que são também vinculados ao modo como, ambientalmente, as pessoas são estimuladas.

Apesar das ressalvas presentes nos artigos – das dificuldades de análise destes parâmetros – está posta a busca por modelagens mais apuradas e, também, a necessidade de aprimorar modelos que apontem a influência ambiental nas *predisposições genéticas*. Isto envolve, segundo os estudos, uma análise de comportamentos de aversão ao risco (que pode impactar no modo como pessoas investem e organizam sua vida financeira) e longevidade (que também impacta na organização financeira, tendo em vista a possibilidade de uma vida mais ou menos longa). Dentre as análises estão as possibilidades de grupos de pessoas investirem mais no mercado financeiro e adquirir imóveis e empresas, como parte destes comportamentos e características com predisposição genética, por exemplo. Um dos elementos chave para este debate é a necessidade de compreender melhor estes mecanismos, para a criação de políticas públicas educacionais e sociais mais eficientes.



Os pesquisadores Williamson et al (2024), por outro lado, apontam para a já emergente área de genômica educacional. Nesta área, uma epistemologia centrada em dados ou informações, mais do que compreender as bases biológicas e genômicas do aprendizado,

molda os seres humanos em termos de dados genéticos e concepções informacionais da biologia (Koopman 2020). Como tal, a epistemologia bioinformacional que permeia os esforços de infraestruturação da genômica educacional também carrega um significado ontológico. Especificamente, ela configura o que são consideradas influências biológicas e genéticas, com essas conceituações sendo então reificadas por meio de uma cascata de microarranjos, biobancos e aparatos de mineração de dados poligênicos. Isso traz consigo o potencial de impactos díspares, uma vez que influências genéticas específicas são propostas como base para intervenções em políticas e práticas.

Tanto no campo da educação, quanto da saúde, o discurso acerca de como o conhecimento genômico trará avanços para pessoas, com atenção individualizada - seja para o aprendizado, seja para a promoção à saúde. Torna-se relevante compreender, de que modo a genômica, dentro de políticas públicas nacionais, vem se configurando a fim de tornar-se central na produção de sujeitos passíveis de serem estudados, escrutinados para uma performance cognitiva e de saúde melhorada.

Além disso, tomando este debate como parte das análises político-econômicos, é relevante ressaltar o quanto não apenas os processos de individualização, mas em propostas políticas amplas de nações, tornam-se parte de uma proposta neoliberal, que reforça e produz a noção de sujeitos como investimentos ativos para um retorno econômico específico. Retomo, aqui, o quanto há um investimento mundial – preconizado pela Organização Mundial de Saúde – para que sequenciamentos genéticos sejam parte de políticas públicas para a composição de bancos de dados mais robustos e comparáveis a partir da diversidade populacional, não ficando mais restritos, enquanto tecnologia de saúde e governo, das nações mais ricas do mundo.

NOVOS INVESTIMENTOS: A PRODUÇÃO SELECIONADA DE HUMANOS

“Meu destino estava traçado diante de mim — todas as minhas falhas, predisposições e suscetibilidades — a maioria delas intratáveis até hoje.” (Vincent, personagem do filme Gattaca, 1997)⁸

Antes de me encaminhar para o final deste texto, não poderia faltar aquele debate que parece “tão 1997”, presente no filme de ficção científica Gattaca, que narrava uma distopia entre seres humanos inválidos versus seres humanos selecionados geneticamente, para performarem melhor em uma sociedade planejada. O ideal de seleção de embriões permeia o campo da ficção científica em muitas obras, certamente. Gattaca talvez seja apenas uma das mais emblemáticas histórias recentes.

⁸ Vincent Freeman é a personagem principal e narrador do filme Gattaca, lançado em 1997. Vincent é concebido naturalmente, em uma realidade em que todos os nascimentos são controlados geneticamente, para nascerem pessoas sadias e livres de genes indesejados. Aqueles nascidos naturalmente, são *considerados inválidos*, pelo seu perfil genético ser portador de vários distúrbios e condições genéticas indesejáveis. Nesta distopia, Vincent Freeman tem um irmão mais novo, Anton Jr., concebido por seleção de embriões, com características geneticamente desejáveis. A fala da epígrafe desta seção é a narrativa de Vincent sobre seu nascimento, com o sequenciamento imediatamente realizado e predições de vida, morte e agravos à saúde que seu genoma possuía.



Para além da ficção científica, em 2018 o anúncio da produção de bebês geneticamente modificados, pelo pesquisador He Jiankui e colaboradores, chocou o mundo. Os pesquisadores anunciaram ter modificado um gene chave que confere resistência ao HIV em embriões que foram implantados em duas mulheres. He Jiankui foi punido e afastado de suas funções científicas, por práticas médicas ilegais (Normile, 2019).

A técnica CRISPR, utilizada neste caso, é uma tecnologia que modifica seletivamente o DNA de organismos vivos. A adaptação de sistemas de edição genômica naturais, encontrados em bactérias é a base para a implementação da técnica em qualquer DNA e basicamente funciona a partir da detecção de sequências do DNA – como genes específicos – e posteriormente recorte e inserção de uma sequência “corrigida” do mesmo gene alvo. Neste sentido, a técnica possibilita a modificação e correção de sequências compreendidas como não desejáveis, tornando-a funcional, dentro de parâmetros de saúde, por exemplo. A técnica possui uma grande precisão e, no ano de 2020, as pesquisadoras que desenvolveram a técnica Jennifer Doudna e Emmanuelle Charpentier, foram laureadas com o Prêmio Nobel (Nih, 2025; Qi, 2024; Uddin, Rudin; Sem, 2020).

Enquanto artigos e matérias de revistas científicas apontam que existem inúmeras questões que não foram esclarecidas e aprofundadas nas informações anunciadas por He Jiankui, o debate acerca da seleção e aprimoramento humano a partir deste caso, toma rumos que antes residiam em especulações sobre ética e possibilidades de implementação.

Castiel *et al* (2006) apontam para o quanto esta “nova genética” participa da construção de novas subjetividades neoliberais, vinculando-se à responsabilidade privada da gestão de riscos à saúde. Para os autores

No caso das estratégias da gestão de riscos genômicos em saúde, além dos limites da responsabilidade como discurso que institui a governância, as buscas de solução que clamam por melhores análises técnicas baseadas estritamente na ciência parecem não dar conta das muitas dimensões possíveis para se pensar a condição humana e das concepções do que é apropriado ou não, “bom” ou “mau”, mais ou menos arriscado para cada sociedade. Todos esses elementos são constantemente redefinidos e negociados, nem sempre da melhor maneira. (Castiel *et al*, 2006, p.196)

Um ponto relevante a ser debatido, nesta perspectiva, é também acerca dos acessos às tecnologias e um agravamento das desigualdades sociais, quando tornamos parte desta concepção de *seleção de genes* como um investimento – não apenas em nosso corpo presente, mas nas gerações futuras. Recaindo, novamente (e esta é a crítica de Castiel *et al*, 2016), em uma perspectiva neoliberal dentro do debate do Capital Humano. Isto é, as responsabilizações individuais para que as proles futuras tenham em vista melhorias a partir das versões genéticas de seus progenitores, como parte do investimento familiar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De todas as coisas em risco, a perda da realidade objetiva é talvez a mais perigosa.
(Mon Mothma, personagem da série Andor, 2025)⁹

9 Mon Mothma é personagem do universo Star Wars, aparecendo em filmes da saga e, mais recentemente, na série Andor. É interpretada por Caroline Blakiston e tornou-se uma personagem central na segunda temporada da série. Mon Mothma é senadora do planeta Chandrila durante os últimos anos da queda da República Galáctica, integra a Aliança Rebelde contra o Império Galáctico de Palpatine. A fala na epígrafe desta seção é parte do seu discurso na segunda temporada de Andor, quando ela frontalmente se posiciona contra a emergência do Império e a apatia dos senadores.

O ideal de melhoria, com a seleção de genes que podem ser trocados e corrigidos, abre porta para novas relações sobre *investimentos* em uma materialidade biológica que, há tempos, eram tidas como imutáveis e dadas (Lopez Ruiz, 2008).

Se nós somos corpos, compostos por códigos que impõe – ou predispõe – comportamentos, modos de ser, estar e acumular no mundo. Se somos um conjunto decifrável de informações, encontrados e rastreáveis em bancos de dados comparáveis, que nos dizem sobre territórios, riscos, ancestralidades, condições cognitivas. Se nosso corpo pode ser visto como pedaços a serem investidos, comercializados, produzidos, vendidos, reparados, questionamos: poderia nosso corpo ser editado, com novas regras, para solucionar diferentes problemas?

Que regras e normativas sociais se fazem a partir desta lógica de investimento na vida e sua reparação? Que sociedade se busca, dentro deste conjunto de soluções e possibilidades tecnológicas?

Enquanto Wojcik (2025) e Sear (2024), apontaram a eugenia como um ressurgimento, que geneticistas devem estar atentos e debater publicamente, seria relevante retomarmos os sentidos em que se ancoram nos pressupostos eugenistas postulados por Galton, ainda no século XIX, que exaltava a necessidade de criarmos condições para que as boas linhagens humanas tivessem êxito reprodutivo. Estamos falando de um ressurgimento, ou estes postulados e pressupostos nunca saíram de cena, imiscuindo-se em novas racionalidades de governo, dentro de perspectivas que ainda buscam garantir *boas linhagens* em seleções organizadas a partir de sequenciamentos e definições genômicas?

Dentro de uma perspectiva de Capital Humano, finalizando a discussão proposta aqui, as condições de investimento mudam de tempo, para características consideradas como inatas. Escores a partir de nossos genomas, produzindo dados populacionais, organizados em estudos estatísticos, predizem nossas relações sociais, entre alturas, pesos, gêneros com desempenhos cognitivos, comportamentos de risco, sucesso e riqueza. Nosso mapeamento no código sequenciado e decifrado dos genes, há valores econômicos a serem calculados, elaborados e, futuramente, investidos. Pensar em nós mesmos, enquanto espécie, com códigos que podem ser decifrados, também é pensar em uma programação desta linguagem, reconstruindo-a a partir de ideais de seres humanos mais bem descritos.

Pensar, todavia, em seres humanos como o devir é, talvez, parte do debate e contraponto necessário, em uma sociedade que nunca deixou de lado a segmentação de nós.

*Aquí estamos, siempre estamos
No nos fuimos, no nos vamos
(This is Not America, Residente, 2021)*

REFERÊNCIAS

- ACOT, P. A dupla revolução da dupla hélice. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 23. 2003. p. 7-16.
- ARNT, Ana de Medeiros. **Genomas, sexualidade, seleção de parceiros, anomalias, defeitos, aborto, seleção de embriões**: governando vidas pelo determinismo biológico, enunciando genes e sujeitos na revista Ciência Hoje. Tese de Doutorado. Porto Alegre: Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/70600> Acesso em 10 de novembro 2025



BARTH, Daniel; PAPAGEORGE, Nicholas; THOM, Kevin. Genetic Endowments and Wealth Inequality. **Journal of Political Economy**, v. 128, n. 4, 2020. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/full/10.1086/705415>. Acesso em 12 de novembro 2025. DOI: <https://doi.org/10.1086/705415>

BORSA, Alexander; MIYAGI, Miriam; ICHIKAWA, Kelsey; JESUS, Kai de; JILLSON, Kai; BOULICAULT, Marion e RICHARDSON, Sarah S. The New Genetics of Sexuality. **GLQ** 1, v. 30, n. 1. 2024. p. 119–140. Disponível em: <https://read.dukeupress.edu/glq/article-abstract/30/1/119/384417/The-New-Genetics-of-Sexuality>. Acesso em 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1215/10642684-10938512>.

BRASIL. **Genomas Brasil**. Ministério da Saúde. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/decit/genomas-brasil>. Acesso em: 12 de novembro de 2025.

CASTIEL, Luis David; et al. Os riscos genômicos e a responsabilidade pessoal em saúde. **Rev Panam Salut Publica**, v. 19, n. 3, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.org/pdf/rpsp/2006.v19n3/189-197>. Acesso em: 12 de novembro de 2025.

COLLINS, François. **A linguagem da vida: O DNA e a revolução na sua saúde**. São Paulo: Editora Gente, 2010.

ELIAS, Norbert. **A sociedade dos indivíduos**. Tradução: Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor. 1994.

FLETCHER, Jason. Decoupling genetics from attainments: The role of social environments. **Econ Hum Biol**. v. 50, 101259. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570677X23000400>. Acesso em: 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ehb.2023.101259>.

FOUCAULT, Michel. **Microfísica do Poder**. Rio de Janeiro: Edições Graal, 17ª ed., 2002a.

_____. **Em defesa da Sociedade**. Tradução Maria Ermantina. São Paulo: Martins Fontes, 2002b.

_____. **Nascimento da Biopolítica**. Tradução Eduardo Brandão. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

FULLWILEY, D. Race, genes, power. **BJS Annual Public Lecture**, v. 66, n. 1. 2015. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1468-4446.12117_2. Acesso em 12 de novembro de 2025. DOI: https://doi.org/10.1111/1468-4446.12117_2.

GREELY Henry T. CRISPR'd babies: human germline genome editing in the 'He Jiankui affair'. **J Law Biosci**. v. 6, n.1. 2019. p.111-183. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570677X23000400>. Acesso em 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ehb.2023.101259>.

GUNTER, Chris. Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs). **NIH**, About Genomics, Talking Glossary of Genomics and Genetic Terms. Disponível em: <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Single-Nucleotide-Polymorphisms-SNPs>. Acesso em: 6 de novembro de 2025.

HALL, Stuart. A centralidade da cultura: notas sobre as revoluções culturais do nosso tempo. **Educação & Realidade**, v. 22, n. 2, 1997, p. 15-46. Disponível em: <https://seer.ufg.br/index.php/educacaoerealidade/article/view/71361>. Acesso em: 12 de novembro de 2025.

HUGH-JONES, David; ABDELLAOUI, Abdel. Correção: O capital humano influencia a seleção natural em humanos contemporâneos. **Behav Genet**, v. 52, 2022. p.205-234. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10519-022-10110-1>. Acesso em 12 de novembro de 2025. <https://doi.org/10.1007/s10519-022-10110-1>. Acesso em: 12 de novembro de 2025.

KAPLAN, Sheila. The Legacy of eugenics. **UC Berkeley Public Health**, 20 de Junho 2024. Disponível em: <https://publichealth.berkeley.edu/articles/spotlight/research/the-legacy-of-eugenics>. Acesso em: 03 de novembro de 2025.



KODILA-TEDIKA, Oasis; ASONGU, Simplicie A. Genetic distance and cognitive human capital: a cross-national investigation. **J Bioecon**, v. 18, 2016. p. 33–51. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10818-015-9210-7>. Acesso em: 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10818-015-9210-7>.

LOPEZ-RUIZ, Osvaldo. (2008). A técnica como capital e o capital humano genético. **Novos Estudos**, v. 80, 2008. p. 127–139. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/nec/a/9Yt3VwKcXRZty9KjX3sgvGB/>. Acesso em: 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-33002008000100009>.

MARACCINI, Gabriela. Teste genético aponta ancestralidade e risco de doenças; veja como funciona. **CNN Brasil**, 03/12/2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/teste-genetico-apon-ta-ancestralidade-e-risco-de-doencas-veja-como-funciona/>. Acesso em: 12 de novembro de 2025.

NIH. The Human Genome Project. **National Institute of Health, National Human Genome Research Institute**, 2025a. Disponível em: <https://www.genome.gov/human-genome-project>. Acesso em 6/11/2025. Acesso em: 12 de novembro de 2025.

_____. CRISPR. **National Institute of Health, National Human Genome Research Institute**, 2025b. Disponível em: <https://www.genome.gov/genetics-glossary/CRISPR>. Acesso em: 12 de novembro de 2025.

NORMILE, Dennis. Chinese scientist who produced genetically altered babies sentenced to 3 years in jail. **Science**, 30 dec. 2019. doi: <https://10.1126/science.aba7347>. Acesso em: 12 de novembro de 2025.

NUNES Kelly; et al. Admixture's impact on Brazilian population evolution and health. **Science**, Maio, v. 388, n. 6748, 2025. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.adl3564>. Acesso em: 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.adl3564>.

OSSEGE Albany; GARRAFA Volnei. Bioética e mapeamento genético na seleção de trabalhadores. **Saúde debate**, v. 39, n. 104, 2015. p. 226–238. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/hVSN-3Js6dvR6CKnTQQn8VBH/>. Acesso em 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-110420131040415>

PANOFISKY Aaron; DASGUPTA, Kushan; ITURRIAGA, Nicole. How White nationalists mobilize genetics: From genetic ancestry and human biodiversity to counterscience and metapolitics. **Am J Phys Anthropol**, v. 175, n. 2. 2021. p. 387–398. . Acesso em 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajpa.24150>.

PANOFISKY Aaron; DONOVAN Joan. Genetic ancestry testing among white nationalists: From identity repair to citizen science. **Soc Stud Sci**, v. 49, n. 5, 2019. p. 653–681. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajpa.24150>. Acesso em 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1177/0306312719861434>.

QI, Stanley. What is CRISPR? A bioengineer explains. **Science & Engineering, Sanford Report**, 10 June 2024. Disponível em: <https://news.stanford.edu/stories/2024/06/stanford-explainer-crispr-gene-editing-and-beyond>. Acesso em 12 de novembro de 2025

ROSA, Susel Oliveira. Os investimentos em capital humano. In: RAGO, Margareth; VEIGA-NETO, Alfredo. (Org). **Para uma vida não-fascista**. Belo Horizonte: Autêntica, 2009. p. 377–388.

SCHEID, Neusa Maria John; FERRARI, Nadir e DELIZOICOV, Demétrio. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência e Educação**, v. 11, n. 2. 2005. p.223–233. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/5CZ5MDGqznkmnqzRFQbdyhq/>. Acesso em 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000200006>

SCHOLDER, Stephanie Hinke Kessler; SMITH, George Davey; LAWLOR, Debbie; PROPPER, Carol; WINDMEIJER, Frank. Child height, health and human capital: Evidence using genetic markers. **Eur Econ Ver**, v. 57, 2013. p. 1–22. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4318168/>. Acesso em 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2012.09.009>.



SCHRÖDINGER, Erwin. **What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell**. Cambridge: Cambridge University Press, 1944.

SCHULTZ, Theodore. **O Capital Humano: Investimentos em Educação e Pesquisa**. Tradução de Marco Aurélio de Moura Matos. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1971.

SEAR, Rebecca. Resurgence of Eugenics. **The British Academy**, 13 junho 2025. Disponível em: <https://www.thebritishacademy.ac.uk/podcasts/the-21st-century-resurgence-of-eugenics/> Acesso em 03/11/2025

SEQUEIRA, Tiago Neves; SANTOS, Marcelo e FERREIRA-LOPES, Alexandra. Human capital and genetic diversity. **Eurasian Econ Rev**, v. 9, 2019. p. 311–330. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40822-018-0112-6>. Acesso em 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40822-018-0112-6>

UDDIN, Fathema; RUDIN, Charles M; SEN, Triparna. CRISPR Gene Therapy: Applications, Limitations, and Implications for the Future. **Front Oncol**, v. 10. 2020. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7427626/>. Acesso em 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.01387>

WHO. **Accelerating access to genomics for global health: promotion, implementation, collaboration, and ethical, legal, and social issues**. A report of the WHO Science Council. Geneva: World Health Organization; 2022. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/359560/9789240052857-eng.pdf>. Acesso em 21 setembro de 2025.

WILLIAMSON, Benjamin; KOTOUZA, Dimitra; PICKERSGILL, Martyn e PYKETT, Jessica. Infrastructuring Educational Genomics: Associations, Architectures, and Apparatuses. **Postdigital Science and Education**, v. 6, 2024. p.1143-1172. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42438-023-00451-3>. Acesso em 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42438-023-00451-3>

WOJCIK, Genevieve. Eugenics is on the rise again: human geneticists must take a stand. **Nature**, v. 641, 2025, p. 37-38. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-025-01297-4>, Acesso em 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-025-01297-4>

YU, Joon-Ho; TAYLOR, Janelle S; EDWARDS, Karen L; FULLERTON, Stephanie M. What are our AIMS? Interdisciplinary Perspectives on the Use of Ancestry Estimation in Disease Research. **AJOB Prim Res**. v. 3, n. 4, 2012. p. 87-97. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25419472/>. Acesso em 12 de novembro de 2025. DOI: <https://doi.org/10.1080/21507716.2012.717339>

