

# EVOLUÇÃO HUMANA E COMPORTAMENTO: UM BREVE HISTÓRICO

*Data de aceite: 03/04/2023*

### **Hudson Mourão Mesquita**

Programa de Pós - Graduação em  
Biotecnologia Industrial, Universidade  
Positivo, Brasil  
Curitiba - Paraná - Brasil

### **Márcia Regina Pincerati**

Programa de Pós - Graduação em  
Biotecnologia Industrial, Universidade  
Positivo, Brasil  
Curitiba - Paraná - Brasil

### **Ilton Santos da Silva**

Programa de Pós - Graduação em  
Biotecnologia Industrial, Universidade  
Positivo, Brasil  
Curitiba - Paraná - Brasil

**RESUMO:** A humanidade evoluiu a tal ponto que, mesmo compartilhando com seus parentes mais próximos boa parte de seu material genético, cada indivíduo é diferente dos demais, tanto no modo de vida, quanto na maneira pela qual concebe a existência de si próprio e do mundo natural. A evolução humana é mais pautada pela evolução do cérebro humano, mais notadamente de sua capacidade de estabelecer relações sociais do que puramente por modificações físicas realizadas por necessidade do

meio ambiente em que vive. Tal processo evolutivo possibilitou à humanidade ocupar todos os nichos ambientais do planeta sem que para isso tivesse que adaptar seus corpos, porque a evolução humana age no sentido de, através da catalogação e processo simbólicos, modificar o ambiente natural de maneira que, mesmo em situações adversas, possa abrigar o modo de vida humano. Este trabalho visa discutir como a evolução humana insurge-se, neste momento, como um dos mais promissores ramos da ciência que podem proporcionar ao ser humano o pleno desenvolvimento social e coletivo ao identificar e possibilitar o bom uso das potencialidades genéticas e ambientais aos quais os indivíduos estejam sujeitos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Genética Comportamental, Herdabilidade, Evolução Humana.

**ABSTRACT:** Humanity has evolved to such an extent that, even sharing with its closest relatives a good part of its genome, each individual is different from the others, both in the way they live and in the way they conceive the existence of themselves and the natural world. Human evolution is guided more by the evolution of the human

brain, more notably of its ability to establish social relationships than purely by physical changes made by necessity of the environment in which they live. This evolutionary process has enabled mankind to occupy all environmental niches on the planet without having to adapt their bodies, because human evolution acts in the sense that, through cataloging and symbolic processes, it modifies the natural environment in such a way that, even in adverse situations, it can shelter the human way of life. This work aims to discuss how Behavioral Genetics is currently one of the most promising branches of science that can provide human beings with full social and collective development by identifying and enabling the good use of the genetic and environmental potentialities to which the individuals are subject.

**KEYWORDS:** Behavioral Genetics, Heritability, Human Evolution.

## 1 | INTRODUÇÃO

Um dos maiores dilemas humanos, que também tem ocupado grande espaço de investigação nas áreas das ciências, filosofias e teologias, é quanto ao surgimento do *Homo sapiens* e de sua distinção aparente em relação aos outros seres vivos do planeta Terra. As perguntas de “o que somos?”, “para que somos?” e “como nos tornamos o que somos:” têm merecido relevante interesse ao longo do nosso caminho evolutivo, primeiro figurando como objeto de mitos de criação, em diferentes religiões, e mais recentemente se interessando em descobrir como a nossa espécie homínida, que partilha entre 95% a 98% do material genético com a espécie dos chimpanzés, conseguiu evoluir de tal maneira que hoje não apenas se adaptou e ocupou todos os biomas existentes no planeta, mas também foi capaz de modificar estes ambientes naturais de forma que pudessem abranger seu estilo de vida (Pruetz e Bertolani, 2007; Stringer, 2016).

Sabemos que a diferença genética de um ser humano não é tão marcante se comparada com os genes encontrados em nossos parentes homínidos, e que a simples diferenciação genética, capaz de separar espécies de seu tronco evolutivo original, por si só não conseguiria, dentro destes padrões de diferença, ser suficiente para produzir tantas diferenças entre as duas espécies. Em outras palavras, não é somente a evolução genética humana o que a faz distinguir dos outros ramos homínidos, como também sua evolução comportamental — daí o surgimento do termo genética comportamental para se referir a evolução do pensamento e do cérebro humano, bem como de sua capacidade de fala ou de se utilizar de ferramentas elaboradas (Zimmer, 1996; Borges Filho e Almeida, 2004; Lovejoy, 2009).

É claro que a ciência não é obtusa quanto ao conhecimento da utilização de ferramentas por outros animais, inclusive não mamíferos, entretanto, é o uso continuado de ferramentas externas, não apenas para o cumprimento de uma tarefa que se tenha destinado, como comer cupins ou empilhar pedras para alcançar algum alimento, mas de construir todo um rol de significados e métodos para utilização de ferramentas que confere à humanidade a primazia no uso de ferramentas, transformando elementos naturais segundo as próprias criações abstratas de uso possível. Mesmo que outros animais, por exemplo,

consigam se utilizar de ferramentas, como ocorre com algumas espécies de macacos, com seleção e até modificação do objeto para cumprir melhor uma determinada tarefa, dificilmente veremos outros animais, conferindo algum tipo de valor externo, a não ser o intrínseco, àquele objeto (Amaral, 2014; Borges Filho e Almeida, 2004; Lieberman, 2006; Lovejoy, 2009).

Tal valoração das ferramentas físicas é o que nos permitiu, por exemplo, criar o conceito de comércio e o aprimoramento dessas mesmas ferramentas, além de nos possibilitar criar parâmetros de comparação racional, classificando os objetos que nos cercam de acordo com as possíveis utilidades que conferimos a ele, segundo a realidade temporal de nossa evolução. Uma estrada só possuirá validade se houverem veículos para transitar por ela, da mesma maneira que uma agulha só encontra validade por causa da necessidade de cobrir nossos corpos com vestimentas. Podemos verificar na utilização de ferramentas pelo *Homo sapiens* que há a progressão dessas ferramentas segundo o seu próprio uso, e não apenas sua utilização para um uso primário (Amaral, 2014; Lovejoy, 2009).

## 1.1 Breve histórico da evolução da sociedade humana

Quando comparamos a evolução humana à evolução dos outros animais, constataremos que nossa evolução não se deu em desenvolver garras e presas, ou em camuflagens, nem mesmo em relação à velocidade e força, visto que outras espécies, como Neandertais, por exemplo, mesmo desenvolvendo mais força física e resistência foram suplantadas pelo desenvolvimento do *Homo sapiens*. Ao contrário, enquanto nossos corpos físicos permaneciam relativamente frágeis, nossos cérebros aumentavam de tamanho de geração a geração, e podemos, do ponto de vista físico, da organização a que chegou nossos corpos a destacar duas principais singularidades: o polegar opositor e o bipedismo (Mithen, 1998; Stewart e Stringer, 2012).

A primeira, o polegar opositor, possibilitou maior habilidade no manejo dos objetos e em especial uma manipulação mais delicada. A que saber, que mesmo hoje, o ser humano não é o único animal a manusear objetos e usá-los como ferramenta, no entanto, é o único até então, capaz de fazê-lo com precisão e acima disso, de imprimir no objeto detalhes que, de forma prática, de nada serviriam, quer fosse para identificar o proprietário ou para diferenciar da ferramenta dos demais, fato é que a arte, mesmo em suas mais primitivas demonstrações, nos tem acompanhado no mesmo passo de nossa evolução física e cerebral (Sholtis e Noonan, 2010; Shettleworth, 2010).

A oposição do polegar, permitiu que o ser humano pudesse fabricar garras e presas que faltava em seu corpo físico, complementando a natureza de seus corpos através da abstração e criação de objetos assemelhados às partes de outros animais. Esta foi a primeira vez que um animal driblou os limites impostos a si pelo seu corpo, não dependendo mais dos atributos de caça herdados por gerações que se modificaram e se adaptaram as

necessidades do meio ambiente (Sholtis e Noonan, 2010; Shettleworth, 2010).

Sabemos que a evolução é o resultado de modificações genéticas que possam conferir algum tipo de vantagem na obtenção de comida e na procriação daqueles indivíduos modificados, legando a sua descendência essas mutações como traços característicos mais ou menos permanentes, e que, por óbvio, isso se dá exercendo pressão aos indivíduos que não possuem as mesmas características. No entanto, a modificação do dedo polegar não é a mesma coisa que o desenvolvimento de garras ou de presas fortes, leva muito menos tempo, mas foi capaz de produzir efeitos muito mais significativos no que diz respeito à competição por comida e por reprodução, visto que atualmente, exceto por condições médicas, não se tem notícias de seres humanos nascendo sem o polegar opositor, o que nos conduz ao entendimento que a oposição do polegar para a espécie humana foi tão radicalmente positiva que fez desaparecer qualquer indivíduo que não possuísse este traço característico (Zimmer, 1996).

A segunda singularidade física que podemos encontrar, foi o rearranjo físico de nossa estrutura óssea para o desenvolvimento do bipedalismo. Além do fortalecimento da coluna vertebral por meio do aumento da bacia e desenvolvimento dos glúteos máximos, e também o rearranjo dos pés e joelhos para suportar todo o peso do corpo. Essa evolução física possibilitou a nossos ancestrais a redução do espaço corporal em exposição ao sol, um problema das savanas africanas, permitindo uma termorregulação mais equilibrada e menos dispendiosa ao organismo (Amaral, 2014; Borges Filho e Almeida, 2004; Lovejoy, 2009; Lieberman, 2006).

Essa simples alteração de postura, primeiro permitiu que o *Homo sapiens* pudesse aproveitar por mais tempo a luz do dia, aumentando seus períodos de coleta, caça e produção de artifícios. Menos tempo dispendido em repouso para regular a temperatura, equivalia a mais tempo para as atividades do grupo e também para as atividades sociais, desenvolvendo melhor os laços interpessoais (Amaral, 2014; Lovejoy, 2009).

O bipedalismo possibilitou ainda uma visão tridimensional do campo e de seu espaço geográfico, o que, podemos cogitar, tenha facilitado ou ao menos servido de estímulo para o desenvolvimento de nossa capacidade para antever situações e engendrar solução antecipadas dos acontecimentos ou das possibilidades, além é claro de ter nos possibilitado um alcance mais amplo de visão, favorecendo o planejamento estratégico da tribo (Amaral, 2014; Borges Filho e Almeida, 2004; Lovejoy, 2009).

Outro fator importante para o bipedalismo, é que a postura ereta força o olhar direto para os outros membros do grupo, fazendo desenvolver a necessidade de detecção de expressões faciais e leitura dos marcadores somáticos (Amaral, 2014; Schwartz, 2004).

Então temos que o *Homo sapiens*, com o cérebro cada vez maior e tendo desenvolvido uma postura que lhe permitia ver melhor e um polegar opositor que lhe dava a capacidade mecânica para criar ferramentas, armas e utensílios, passou a desenvolver a linguagem e a formulação de símbolos representativos, para designar as funções do grupo,

dividindo os trabalhos e criando a mente humana, no abstrato das ideias manifestadas por símbolos e organização social. De certa maneira, podemos dizer que primeiro tenha se desenvolvido a noção de indivíduo, e essa tenha criado a noção de grupo, que então, fazendo o movimento inverso, ressignificou a noção de grupo social, e dessa maneira se desenvolveu, não apenas as proto sociedades humanas, mas também a teoria da mente e a necessidade de transmissão de conhecimento, que é, a grosso modo, o que mais define nossa espécie (Durkheim, 1999; Jungers, 1988; Pickering e Bunn, 2007; Wheeler, 1984).

Mais adiante, na evolução do *Homo sapiens*, o uso do fogo<sup>1</sup>, com o pré-cozimento dos alimentos, permitindo melhor e mais rápida digestão, que forçou a seleção dos indivíduos com menores intestinos e tornou desnecessário corpos muito musculosos e grandes, o que resultou no desenvolvimento da caixa torácica e modificações anatômicas na traqueia, permitindo maior articulações de sons, o que favoreceu os aspectos comunicativos do grupo, com o desenvolvimento paulatino da fala, indo primeiro para a formulação de sons e de vocalização de determinadas proto palavras para expressar sentimentos e ações (Wrangham, 2010; Wrangham et al, 1999).

Seguindo na esteira da evolução humana, nem tanto pelas mudanças adaptativas físicas, mas pelas adaptações sociais, chegamos no desenvolvimento de comunidades. A vida em bandos familiares é traço relativamente comum a boa parte das espécies de mamíferos, entretanto, por meio da descoberta da agricultura e da substituição do modo de vida nômade para um modo de vida permanente, as proto sociedades passaram a se desenvolver em torno de alguma estrutura social bem definida, tanto quanto ao conceito de família quanto ao conceito de comunidade e regras gerais, com a estipulação e divisão social do trabalho e da posição de cada indivíduo na tribo (Wrangham, 2010; Wrangham et al, 1999).

O ser humano passou a ser gregário e, ao mesmo tempo que mantinha a individualidade premente, ressalvada inclusive pela adoção de nomes e principalmente de sobrenomes (patronímicos), criou-se o contexto de sociedade minimamente organizada, não por fatores genéticos, mas por fatores culturais. De certa forma, podemos afirmar que a invenção da sociedade, mantida por meio da divisão social do trabalho, estancou o processo evolutivo físico e inaugurou uma nova fase da evolução humana, que é a evolução do pensamento e da razão (Mithen, 1998; Wrangham, 2010; Wrangham et al, 1999).

Por fim, tendo desenvolvido as primeiras sociedades organizadas, o *Homo sapiens* passou a viver não apenas no mundo material, físico, mas também numa dimensão social, em que as interpretações e significados dados, criavam uma realidade de sentidos que, no todo ou em partes, diferia do objeto e significado puro encontrado na natureza. O que aqui queremos evidenciar é que a evolução humana, ocorrida simultaneamente nas pequenas modificações de seu corpo, mas, principalmente ocorrida no cérebro e na capacidade de

---

1 Não há certeza de que seja o *Homo sapiens* a única espécie Hominídea a dominar o fogo, não apenas em sua produção, mas também em sua utilização para cocção de alimentos e desenvolvimento de ferramentas e utensílios.

imaginar e criar novos significados e simbolismos para os objetos materiais, passou, pela primeira vez na evolução, a intervir no meio ambiente, não por sua simples existência, mas por vontade própria, imanente (Kant, 2013; Platão, 2017; Zimmer, 1996).

Como já dissemos, para os mamíferos, ou mesmo outros animais, como formigas, cupins e aves, viver em comunidade não é algo fora do comum, no entanto, organizar-se em uma sociedade cada vez maior e principalmente mantendo a individualidade de cada integrante do grupo, foi um dos primeiros grandes desafios que a evolução social da humanidade enfrentou. Era preciso se adaptar de maneira que os indivíduos pudessem conviver harmoniosamente, desprezando sua força individual e transferindo-a para outro ente que, de fato, não existia. Surgiram então as primeiras leis, e delas seus primeiros aplicadores e legisladores, que dariam azo, por sua vez, a formulação da ideia de Estado e de sociedade como a conhecemos atualmente (Zimmer, 1996; Martin et al, 2010; Freud, 2012; Hobbes, 2009).

Como todo primata, a sociedade de *Homo sapiens* é formada por hierarquias, no primeiro momento a força física era um dos fatores mais importantes, onde o macho alfa exercia o seu poder por meio da força bruta, subjugando adversários e impondo medo e ao mesmo tempo sensação de segurança e gratidão aos demais (Santos e Dias, 2013; Freud, 2012).

Com o refinamento das sociedades humanas, e em especial depois da revolução agrícola com a fixação das primeiras comunidades humanas, a propensão hierárquica recai não mais ao mais forte, mas sim àqueles mais capazes de construir alianças entre si, e possuírem a capacidade de convencer a maioria dos indivíduos do grupo que a sua forma de pensar é a mais correta, surgindo os rudimentos daquilo que chamaremos de política. Muitas vezes, essa ideologia justifica maiores garantias a um grupo em detrimento da maioria. Imbricados mecanismos de relações humanas de alianças entre grupos e manipulações de massa tornam-se cada vez mais elaborados a depender do tamanho e da complexidade das sociedades humanas. Neste contexto a sobrevivência de um indivíduo humano dependerá, cada vez mais, não apenas dos mecanismos da seleção natural, mas também da seleção social, onde a melhor capacidade para se relacionar com pessoas e extrair benefícios desta relação se torna mais e mais relevante. Fazendo surgir o que conhecemos como o Homem Social (Jobling et al, 2013; Boyd e Richerson, 2005).

Grande parte do desenvolvimento do córtex cerebral dos homínídeos, em especial a do *Homo sapiens*, se baseia no aumento da complexibilidade e no refinamento de áreas e circuitos cerebrais relacionadas, direta ou indiretamente, ao aprimoramento das relações sociais entre os indivíduos. Essas áreas, por sua vez, apresentam importantes conexões com estruturas mais primitivas da evolução do cérebro animal, como o sistema límbico, cerebelo e tronco cerebral, relacionados respectivamente com emoções e instintos (Cheney e Seyfarth, 2007; Martin et al, 2010).

É na diversidade dos padrões das respostas que demonstramos em nossos

comportamentos e decisões sociais que se revela a íntima relação com circuitos relacionados a instintos, emoções e hábitos aprendidos. Muitos só se tornam conscientes nas estruturas do neocórtex depois que a decisão já foi tomada, como se o neocórtex tentasse encontrar alguma explicação racional para padrões fortemente influenciados pelo subconsciente. Esse fato torna-se ainda mais notório quando as relações sociais humanas ou mudanças no ambiente ficam mais instáveis. Nestas situações, aumentam as probabilidades de tomarmos decisões ou estabelecer algum comportamento de forma instintiva ou baseado em nossas emoções para depois tentar explicar o fenômeno de forma mais racional, numa tentativa de organizar e agrupar os fenômenos, inclusive os de ordem moral. O padrão de resposta dos indivíduos às mudanças sociais e ambientais são variadas, com múltiplas combinações, a depender da sua personalidade, estado emocional, momento histórico, cultura e qualidade do estímulo externo (Martin et al, 2010; Dunbar, 2002; Hauser, 2006).

Entretanto, para manter uma coalizão básica da sociedade, frente a estímulos sociais ou ambientais externos, e com isso direcionar toda a capacidade adaptativa que a vida coletiva nos proporciona, um padrão básico de resposta atemporal e acultural é esperado de alguns grupos, tanto para otimizar a ação conjunta, quanto para evitar que atitudes individualistas prejudiquem e dissolvam a coalizão do grupo (Kwasnicka et al, 2016).

### *1.1.1 As primeiras civilizações humanas e a preocupação com a variedade dos tipos de comportamento humano*

O padrão de atitudes e comportamentos que alguns grupos de indivíduos imprimem na sociedade sempre despertaram interesse de estudo e tentativas de padronização, desde o início das primeiras civilizações humanas na antiga Mesopotâmia, o chamado "crescente fértil", atual região dos territórios do Irã e Iraque até os Gregos e Celtas (Rodrigues, 2004).

As primeiras civilizações humanas dependiam muito dos conhecimentos sobre o comportamento do clima, tempo e estudos das ciências da natureza para conseguirem aproveitar melhor as épocas de plantio e colheita, assim como o conhecimento dos hábitos de alguns animais. Simultaneamente havia uma crescente necessidade de conhecer melhor os padrões de comportamento dos indivíduos que compunham a sociedade, tanto os aliados quanto os inimigos. Na sociedade humana são nítidos os efeitos das forças da seleção natural, mas também da seleção social para a continuidade ou fracasso de uma sociedade (Pinsky, 2001).

Para Yuval Harari (2015), é neste período em que ocorreram grandes avanços na matemática, medicina e astronomia, usadas diretamente nas atividades econômicas bélicas, nas artes e nas diversas áreas das relações humanas.

Nas proto ciências, a astrologia surgiu como uma tentativa de classificar perfis comportamentais humanos normais baseados na data e local do seu nascimento, construindo perfis associados ao conhecimento natural da época, notadamente marcado pela observação e pela compilação. Associando a personalidade dos indivíduos a elementos

e fenômenos naturais, como o ciclo dos animais ou as fases da lua. Há 700 anos antes de Cristo os assírios e caldeus desenvolveram os primórdios dos doze signos zodiacais associando o conhecimento da movimentação dos astros e antropomorfizando suas figuras representativas com animais ou ideia dos mesmos, e por conseguinte ligando essas características observáveis aos estilos de personalidade que se poderiam desenvolver nos indivíduos (Pinsky, 2001; Hutin, 1989).

Em 590 antes de Cristo, o profeta hebreu Ezequiel passa a descrever que todos os seres humanos obedecem a quatro padrões básicos de comportamentos, aos quais foram antropomorfizados nas figuras do leão, da águia, do touro e da figura humana. Sendo um exemplo da preocupação ou busca em retratar os padrões de comportamento humano, também, na religião. Já no cristianismo, no novo testamento, os evangelistas são tratados como as mesmas figuras de animais descritas por Ezequiel no antigo testamento (São João seria a águia, São Marcos o leão, São Lucas o touro e São Mateus o humano), descrevendo a mesma passagem histórica sob a visão de quatro temperamentos diferentes (Pinsky, 2001; Hutin, 1989; Bressan, Fernandes e Moraes, 2019).

Já na China, 500 anos antes de Cristo, a importância de conhecer o comportamento humano foi retratada como algo extremamente relevante pelo Estrategista *Sun Tzu* em seu livro de estratégia militar, futuramente traduzido para o português como *A Arte da Guerra*. Nesta obra ele narra para um General que quem pretende ganhar uma guerra deve primeiro conhecer os seus soldados, para em seguida estudar o terreno e o exército inimigo. O conhecimento dos padrões de comportamento humano passa a ser estratégico para o comportamento das tropas na guerra e principalmente antes e após a batalha. Algo que antes poderia ser uma atitude subjetiva de alguns generais, nesta narração passa a ser retratada como uma necessidade vital para uma boa campanha militar. É possível identificar ainda a primeira menção sobre a vantagem do engodo, da espionagem como estratégia militar, e para isso seus espiões deveriam ser exímios conhecedores de pessoas e de si mesmos (Sun, 2015).

Para os Gregos, em 400 antes de Cristo, o calendário zodiacal oriundo dos povos da Mesopotâmia foi apropriado nos estudos do comportamento humano e condensaram os dozes perfis comportamentais do zodíaco em quatro elemento: fogo, terra, água e ar. Desde essa época, cada elemento continha os três signos zodiacais. Até esse momento o conhecimento do perfil comportamental humano era atribuído a algo externo ao indivíduo, como a data e o local do seu nascimento (Rodrigues, 2004).

Em 370 antes de Cristo, Hipócrates, conhecido como o pai da medicina moderna, passa a afirmar que nosso temperamento é determinado pelo equilíbrio dos nossos quatro fluidos corpóreos essenciais: Sangue, se o nosso sangue predomina, somos alegres de temperamento. Bile negra, se é a nossa bile negra somos sombrios de temperamento. Bile amarela, se é a nossa bile amarela, somos entusiásticos de temperamento. Fleuma, se é a nossa fleuma, somos calmos de temperamento (Pasquali, 1999).

Com Hipócrates, os pensadores passaram a considerar que o comportamento humano seria determinado por algo da própria constituição do indivíduo e não mais por posição dos astros no local e hora do seu nascimento (Pasquali, 1999).

Essa forma de abordar o estudo do comportamento normal de seres humanos permaneceu praticamente a mesma pelo restante da idade antiga, média e contemporânea até serem rescritos os quatro tipos comportamentais humanos com uma terminologia diferente, como: colérico, sanguíneo, fleumático e melancólico. O surgimento exato destas terminologias não é claro, entretanto tiveram seus primeiros relatos nos ensaios de Montaigne, nos escritos científicos de Willian Harvey e por toda obra de Shakespeare (Pasquali, 1999).

As tentativas de abordar os padrões de comportamento humano pairavam em diversas áreas do conhecimento, desde a astrologia e astronomia, passando pela religião, filosofia, ciências militares e artes. Apesar de existirem diversas outras classificações de perfis comportamentais humanos havia uma tendência de redução a estes quatro perfis básicos, ao menos até o aparecimento e desenvolvimento da psicanálise.

### *1.1.2 Freud e o início dos estudos científicos do comportamento humano*

O estudo do comportamento humano passa, após os estudos de Sigmund Freud, a convergir para um ramo da ciência específica, no primeiro momento a psicanálise, que muito contribuiu para o conhecimento do comportamento dos indivíduos e das massas populacionais, essa com especial destaque na escola de Frankfurt. Dando ênfase a fatores antes renegados pelos teóricos como as emoções e os instintos, bem como as consequências essas possuem para as ações e inações dos indivíduos e das massas (Freud, 1996; Jung, 2013b; Rouanet e Freitag, 1980; Rouanet, 2003; Adorno e Horkheimer, 1985).

Encontramos em Carl Jung (1875 - 1961), um dos discípulos mais importante de Freud, ao discorrer em seus estudos sobre os arquétipos coletivos, a importância da possível relação de determinados comportamentos como padrões básicos para que uma sociedade primitiva possa se desenvolver e que esse padrão poderia ser transmitido aos nossos descendentes (Jung, 2013a).

Jung (2014), foi o primeiro pesquisador a teorizar que na sociedade humana existem determinados padrões de comportamentos inconscientes, possivelmente herdados, que permitem que indivíduos diferentes possam ter a capacidade de viver em sociedade. Esses padrões são presentes em todas as comunidades humanas, independente da cultura ou período histórico e são chamados de arquétipos coletivos (Panksepp e Biven, 2012).

Ele afirma que tais arquétipos coletivos do inconsciente são uma espécie de “cola”, um padrão mínimo necessário de comportamentos e habilidades para que um grupo de *Homo sapiens* possa estabelecer as bases primordiais de uma sociedade humana (Jung,

2013a).

Em um de seus últimos livros, Jung afirmava que tais padrões poderiam ser herdados e pressupunha certa correlação genética com eles. Também os teóricos da chamada psicologia social acreditavam num possível padrão para garantir a organização de uma sociedade basal primitiva (Jung, 1991).

O início do século XX demonstrava grandes avanços na ciência do comportamento humano e no estudo da genética, com alguns pesquisadores iniciando trabalhos visando encontrar relações entre a genética e o comportamento humano. No primeiro momento tentando encontrar uma relação direta (Fonseca, Maciel e Gouveia, 2020; Martins, 2006; Rivero, 2008).

Dentre estes, Francis Galton (1822- 1911), figura como o primeiro a aplicar métodos estatísticos para o estudo das diferenças e heranças humanas relacionadas à inteligência. Formado em matemática, estatística e antropologia ele introduziu o uso de questionários em pesquisas para coleta de dados antropométricos e comportamentais em comunidades humanas, sendo um dos fundadores da psicometria e psicologia diferencial (Black, 2003).

Em 1883, no auge da sua notoriedade acadêmica como pesquisador dos comportamentos humanos herdados, Francis Galton publica seu polêmico livro *Inquiries into Human Faculty and its Development*. Nesta obra ele cita os estudos de seu primo Charles Darwin e defende a ideia de melhoramento das espécies por meio da seleção artificial e cunha o termo eugenia (Black, 2003).

Galton acreditava que a “raça” humana poderia ser melhorada caso fossem evitados “cruzamentos indesejáveis”, o que caiu rapidamente no agrado dos ideais da burguesia racista europeia da época. Rapidamente foram desenvolvidos testes de inteligência para selecionar homens e mulheres notáveis, destinados a reprodução seletiva e reforçar a ideia política da superioridade dos povos europeus frente aos imigrantes e não brancos. Infelizmente essa ideologia teve papel importante na fundamentação teórica na época para formações de ideias políticas de fascismo, nazismo, ultranacionalismo e reforçando o racismo já existente (Black, 2003).

Neste cenário a ideia da associação genética com comportamento tomou rumos políticos e ideológicos catastróficos para humanidade, culminando como uma das principais correntes ideológicas da Segunda Guerra Mundial, o Nazismo, onde uma de suas principais bandeiras eram a supremacia ariana e o extermínio de judeus, ciganos, testemunhas de Jeová, deficientes físicos congênitos e doentes mentais (Rose, 1997; Schramm, 1997; Hitler, 1925).

Com a derrota da Alemanha na Segunda Guerra Mundial (1945), as pesquisas sobre relação de comportamento com genética se arrefeceram. Havia um medo latente que tais associações pudessem levar a um novo e futuro holocausto, com a eliminação de povos e raças entendidas como inferiores ou indesejáveis (Carvalho e Souza, 2017).

Em 1970 o número de trabalhos publicados abordando a genética do comportamento

voltou a aumentar (Goldsmith e Rieser-Danner, 1986), porém com mais força depois de 1992, com a celebração do centenário da Associação Americana de Psicologia. Nesta solenidade a genética do comportamento foi apresentada como um dos temas que mais representariam os avanços da psicologia e que mais impactariam os rumos da especialidade no próximo centenário que se iniciava (Pickren e Rutherford, 2017).

Dois grandes teorias foram defendidas neste evento: A primeira delas é que os genes desempenham papel fundamental em todos os traços comportamentais e a segunda é que as diferenças individuais nos traços comportamentais complexos eram igualmente influenciadas pela genética de forma muito importante, mas também por fatores ambientais, não como fatores isolados, mas como fatores codependentes que interferiam um no outro, como, por exemplo, a epigenética. Os fatores ambientais seriam mais relevantes para os traços comportamentais nos primeiros anos de vida e, à medida que envelhecemos a importância da informação genética aumenta sobremaneira (Plomin e Rende, 1991).

Nestes trabalhos, é válido ressaltar que tais achados genéticos descrevem o que é, e não predizem o que poderia ser. Não há mais a ideia de eugenia ou determinismo genético. Os dados e conclusões demonstram propensões probabilísticas e não algo predeterminado (Stranger, Stahl e Raj, 2010; Vieira e Oliva, 2017).

A genética do comportamento é uma das áreas mais novas e promissoras deste milênio. O objetivo não é encontrar o gene para um traço de comportamento, mas múltiplos genes, que estarão associados ao traço de comportamento de maneira probabilísticas. (Cipriani, 1996; Myers, 2006).

Neste contexto, já era previsto que a genética do comportamento traria enormes avanços, auxiliando na individualização de tratamentos e abordagens. Podendo ter importância desde a farmacogenética, desenvolvendo e escolhendo medicamentos específicos para o indivíduo em questão, até em promoção de abordagens de adaptações ambientais que melhorem as habilidades do indivíduo, proporcionando estratégias de melhor aproveitamento das oportunidades e proteção quanto ameaças a depender da situação socioambiental ao qual esteja submetido e reagindo (Stranger, Stahl e Raj, 2010; Hall, Lindzey e Campbell, 2000).

Invariavelmente, a humanidade está adentrando na era *OMICS* – campo de estudo em biologia onde o conjunto de dados de vários marcadores biológicos poderão ser correlacionados com auxílio da mineração de dados e inteligência artificial. Os dados poderão ser genômicos, proteômicos, transcriptômicos, metabolômicos, entre outros (Martorell-Marugán et al, 2019).

O mundo está a se tornar cada vez mais virtualizado, e nossa sociedade, posto que só exista segundo nossa capacidade para lhe dar validação, vislumbra a possibilidade real de fazer integrar e interagir todo o conhecimento humano de maneira que antes jamais havia sido sequer pensada. E isso não é uma aposta de futuro, ou uma conjectura possível, é uma realidade atual. A internet das coisas, em sua função de coletar informações de

saúde e comportamento dos indivíduos em tempo real está sendo e será fundamental para as mudanças nos diversos campos da medicina e nas ciências do comportamento humano (Brito, 2017; Massola e Pinto, 2018). Todos esses dados poderão fazer parte de um grande *big data* do indivíduo, aos quais algoritmos e suas derivações na inteligência artificial poderão vir a permitir associações entre os dados do próprio indivíduo, associação de dados dos indivíduos com dados e variações ambientais, associação entre dados de indivíduos diferentes, grupos e por fim uma infinita combinação entre diferentes dados.

Para Sancesario (2018), quanto mais conhecemos os traços comportamentais pela genética, o reconhecimento das diferenças individuais e o respeito a elas será fundamental para personificação do tratamento ou qualquer outra abordagem, seja no ambiente de trabalho, escola ou qualquer outro. Quanto mais soubermos sobre o indivíduo mais podemos aperfeiçoar habilidades, reforçar possíveis fraquezas, aproveitar melhor as oportunidades e proteger melhor das ameaças.

Conforme Gemmati et al (2019), os traços comportamentais são resultados das possibilidades genéticas e suas interações com o meio ambiente, maiores quando mais novos e que aumenta na medida em que envelhecemos.

## 1.2 Escalas e classificações

Ao longo do último século, várias escalas e classificações foram propostas para descrever os arquétipos coletivos. Entretanto a maioria delas com mais de dezesseis variações de arquétipos de interpretação subjetiva, inclusive a original do próprio Jung (2014).

Em 1928, William Moulton Marston (2016b) desenvolveu um conceito da teoria *DISC*, que avalia o comportamento das pessoas no ambiente em que estão inseridas e os motivos que as levam a apresentar determinadas ações e reações. Essas pessoas poderiam ser classificadas usando dois eixos entre ativas e passivas em um ambiente favorável ou antagonista.

Dessa forma, uma pessoa poderia ser enquadrada em quatro quadrantes ou quatro perfis: Dominante (ativo em ambiente antagonista), Influente (ativo em ambiente favorável), Estável (passivo em ambiente favorável), e Conforme (passivo em ambiente antagonista).

Este conhecimento permaneceu em desuso até 1970, quando Walter Vernon Clarke aprimorou os conceitos e criou uma ferramenta de avaliação para determinar em que categoria uma pessoa se enquadra, por meio de perguntas com adjetivos específicos para cada perfil comportamental (*Activity Vector Analysis*). A ferramenta foi ainda aprimorada pelo Professor Jonh G. Geier, transformando-a no *DISC* atualmente em uso.

O teste *DISC* tem como objetivo identificar o perfil comportamental e detectar os pontos fortes e fracos de cada um e a relação entre eles. Trata-se de um questionário rápido que deve ser respondido, intuitivamente, pelo próprio indivíduo permitindo a identificação do perfil predominante do avaliado. De maneira geral, as avaliações *DISC* consideram

comportamentos ou emoções observáveis, não abordando assim a personalidade do indivíduo e sim o perfil comportamental apresentado por ele (Marston, 2016a; Marston, 2016b; Matos, 2008).

A singularidade de cada pessoa pela análise *DISC* é composta pela relação e combinação entre os quatro tipos comportamentais e suas intensidades. Cada padrão comportamental tem características próprias, não há um padrão melhor que o outro. As tendências comportamentais podem ser funcionais ou disfuncionais e dependem do ambiente em que estão se relacionando e a intensidade dos mesmos (Matos, 2008; Jung, 1991).

A ferramenta *DISC* não é uma ferramenta de uso psicológico, mas alguns instrumentos psicológicos foram desenvolvidos usando a teoria *DISC* como base teórica são eles: 16PF e os *Mayers Bringsgs Type Indicator* (Matos, 2008).

A ferramenta *DISC* atualmente é usada em larga escala como avaliação do perfil comportamental de pessoas normais submetidas a processos seletivos, programas de desenvolvimento de pessoas, seja ele individual ou coletivo (Matos, 2008).

Quando identificamos os perfis das pessoas, que fazem parte de um determinado contexto, temos as informações necessárias para explorar os potenciais e aperfeiçoar as limitações. O teste *DISC*, portanto, permite que se descubra o perfil comportamental do indivíduo, com a proposta de aumentar a probabilidade de satisfação e produtividade na vida pessoal e social (Reiter, 2016).

O teste, por suas características de simplicidade, auto-aplicabilidade, escala, amplo uso e validação internacional prática pode ser uma ferramenta de análise comportamental usada como parâmetro de dados fenotípicos sobre o perfil do comportamento humano para ser comparada aos polimorfismos de nucleotídeos unidos de qualquer grupo populacional (Sanchez-Roige et al, 2018).

Apesar de ser a ferramenta de avaliação comportamental de pessoas normais mais utilizadas na prática em ambiente corporativo, não se encontra estudos na literatura de associação genética a escala *DISC*. As escalas mais usadas em literatura para avaliação de personalidade associadas a genética são: *The Eysenck Personality Questionnaire (EPQ)*, *The Tridimensional Personality Questionnaire (TPQ)* e *The Five Factor model* (Big Five). Sendo esse último o mais utilizado em pesquisas de associação genética sob uma adaptação denominada escala NEO-PI (Clark e Watson, 1999; Marston, 2016a; Martson 2016b; Sanchez-Roige et al, 2018).

Nestes estudos encontramos vários modelos de associação, sendo os mais comuns o estudo de gêmeos, a associação com gene candidato, estudos com GWAS (Genome-Wide Association Studies) e análises poligênicas. As indicações preliminares revelam que existem fortes associações genéticas com os traços de personalidade e que estudos com GWAS e análises poligênicas revelam-se mais promissoras. Entretanto, a validação funcional de possíveis genes candidatos mostra-se difícil, pois muitos não apresentam análogos

animais para comprovação. A tendência dos estudos são que traços de personalidades estejam relacionados com um grupo de genes (Bueno, 2019; Sanchez-Roige et al, 2018).

Neste contexto a imputação genética a um fenótipo tal qual são feitas com dados computacionais mostra-se promissora. A imputação genética trabalha com os SNPs e dados fenotípicos tal como associação de dados usando análise booliana para encontrar associações com maiores probabilidades entre grupos populacionais de dados (Sanchez-Roige et al, 2018).

Conhecendo um padrão de imputação genética para um traço de personalidade nos permite fazer melhores inferências sobre um possível perfil comportamental de um indivíduo incapaz de preencher uma escala auto aplicada. Neste ponto, crianças iletradas e idosos com comprometimento cognitivo ou portador de doença mental podem ser, indiretamente, avaliados a respeito de seu possível perfil comportamental.

### 1.3 Variabilidade genética

Quando estudamos a grande variabilidade de comportamentos humanos e suas combinações, encontramos um paralelismo com os SNPs (Tang e Ho, 2007). Eles são os responsáveis por mais de 90% da nossa variedade genética, inclusive dos padrões de comportamento. Outros polimorfismos conhecidos ocorrem quando há inserção ou deleção de pedaços do DNA. O padrão de nucleotídeos repetidos é conhecido como *variable number of tandem repeats* (VNTRs), ou também chamados de minissatélites. Existe, também, o polimorfismo de bases repetidas do DNA, que podem ser duas, três ou quatro bases, chamado de *simple tandem repeats* (STRs) ou microsatélites (Sutherland e Richards, 1995; Tang e Ho, 2007).

Os SNPs são mudanças de uma base nitrogenada em que mais de dois terços correspondem a substituição de uma Citosina (C), por uma Timina (T). Após o projeto genoma foram mapeados mais de 3,7 milhões de SNPs diferentes, entretanto apesar do número, correspondem apenas a 0,1 % do material genético total do *Homo sapiens*. Ou seja, os seres humanos são semelhantes em 99,9 % do seu material genético, e grande parte de nossa diversidade está relacionada com os polimorfismos de nucleotídeos (Nussbaum, McInnes e Willard, 2016).

Os polimorfismos de nucleotídeos são encontrados difusamente em todo o genoma humano: íntrons, éxons, regiões intergênicas, promotores ou *enhancers*. A localização do SNP pode ter grande relevância, a depender da região em que estão presentes. Na região codificadora eles podem interferir na formação de proteínas, assim como um SNP intrônico pode influenciar no *splicing* do RNA (Nussbaum, McInnes e Willard, 2016; Tang e Ho, 2007).

Segundo Tang e Ho (2007), os SNPs possuem diversas vantagens em relação aos demais marcadores genéticos: baixa taxa de mutação, estabilidade, alta frequência e facilidade de automatização como dado computacional. Esse último possibilita a facilitação de usar seu sequenciamento através da mineração de dados para fazer associações,

desenvolvendo algoritmos probabilísticos e programas de aprendizado de máquina, entre sequências de SNPs e qualquer dado que queira associar, entre eles, dentre os quais os padrões comportamentais.

#### 1.4 Herdabilidade e comportamento

A grande vantagem evolutiva da espécie *Homo sapiens* está na capacidade de convivência de grandes grupos humanos de pessoas diferentes que interagem com o ambiente em constante transformação, tentando aproveitar o máximo possível das vantagens individuais para um objetivo específico. Ao mesmo tempo, tentando limitar as desvantagens não adaptativas para convivência em grupo e realização de objetivos variados (Harari, 2015).

A força conjunta de uma sociedade de pessoas diferentes permite adaptações do grupo de forma mais dinâmica, privilegiando habilidades já existentes, mais adaptadas ao momento e ambiente natural ou cultural específico. Diferentes de sociedades onde o comportamento dos indivíduos é determinado geneticamente, como comunidades de abelhas, cupins e formigas. A diversidade humana permitiu a humanidade se adaptar a maioria dos ambientes no planeta terra e prosperar adaptando-se as mudanças ao longo dos tempos. Mudanças tanto no ambiente natural como também nas mudanças dos diversos ambientes socioculturais.

O estudo das individualidades se torna importante para entender as relações humanas no ambiente e em sociedade. Cada *Homo sapiens* é um ser genético único, que nunca será repetido. A variabilidade humana de longe deve ser considerada como um erro de imprecisão do processo genético, pois se assim fosse geraria seres invariáveis e determinados. A diversidade genética é a base da variabilidade humana, sendo essa a vantagem estratégica da sociedade humana, seja nas relações adaptativas com o ambiente e suas mudanças, seja entre seus membros com miríades de possibilidades de combinações (Harari, 2015; Silva, 2016).

Igualmente importante está também a influência do ambiente e as interações entre o genótipo e o ambiente. Os seres humanos não são seres determinados geneticamente, nem tampouco “uma tábua rasa”, como afirmava John Locke, onde o ambiente e a sociedade seriam os responsáveis pela formação do indivíduo. O indivíduo é oriundo de uma relação de genótipo mais ambiente mais a interrelação genótipo e ambiente em um determinado momento. Essa relação é variável a depender das modificações e interações entre seus componentes (Sallis, Smith e Munafò, 2018; Cloninger e Zwir, 2018).

Herdabilidade pode ser interpretada como a contribuição genética para as diferenças individuais (variância), e não para o fenótipo completo do indivíduo. A herdabilidade é uma estatística que descreve a contribuição das diferenças genéticas para as diferenças observadas entre indivíduos de uma população em um momento particular. Em diferentes populações ou em momentos diferentes, as influências genéticas ou ambientais podem

diferir, e as estimativas de herdabilidade tendem a variar em tais populações (Cloninger e Zwir, 2018).

O estudo da herdabilidade contribui para excluir de forma definitiva a ideia do determinismo genético, iniciada no início do século XX por Francis Galton. E em especial na genética comportamental, ficando claro que o comportamento, é produto do genótipo e ambiente. Não pode haver um comportamento sem um organismo ou um ambiente. A herdabilidade deve ser interpretada como a contribuição das diferenças genéticas para as diferenças observadas entre os indivíduos em relação a um traço particular em uma população particular em um momento particular (Cloninger e Zwir, 2018).

Nos fenótipos complexos como os perfis comportamentais, as relações entre genes específicos e o comportamento são menos evidentes, pois esses são em geral influenciados por múltiplos genes e múltiplos fatores ambientais (Cloninger e Zwir, 2018).

As funções mentais, dentre elas os perfis de comportamento, são em última instância originados da atividade cerebral. A formação da arquitetura cerebral assim como suas funções, conexões e plasticidades, são influenciadas por uma variedade de genes e modificações epigenéticas que vão contribuir para regulação da expressão gênica adaptando continuamente o tecido cerebral às condições ambientais desde as modificações dos gametas dos progenitores, a concepção intra útero, desenvolvimento intra uterino, até as mais complexas relações com ambiente externo e sociedade até a morte do indivíduo (Bueno, 2019).

O melhor conhecimento da herdabilidade genética comportamental pode favorecer intervenções ambientais específicas permitindo a melhor expressão de habilidades inatas específicas para um determinado ambiente e momento específico assim como atenuação de possíveis dificuldades (Bueno, 2019).

Um exemplo que vem sendo estudado é como o entendimento da herdabilidade genética pode contribuir na melhoria da educação, propondo estratégias de ensino mais adaptadas ao estilo individual de aprendizagem ou tipo de esporte (Bueno, 2019).

## **1.5 Genética comportamental**

Temperamento e personalidade são os elementos principais na influência de um comportamento. O temperamento é definido como um aspecto da personalidade ligado diretamente as emoções básicas e instintos, são perceptíveis desde o nascimento mantendo estável durante a vida do indivíduo com forte componente de heritabilidade ligadas a maior ou menor ativação dos sistemas simpáticos e parassimpáticos. Personalidade por sua vez é considerado como um sistema de organização de emoções, cognições e condutas que determinam os padrões de comportamento de uma pessoa com relação ao ambiente externo e com seu ambiente intrapsíquico sob certas circunstâncias (Sallis, Smith e Munafò, 2018; Sanchez-Roige, et al, 2018; Volpi, 2004).

Na definição de personalidade intervém tanto a base biológica do temperamento

como a das influências aprendidas ao longo das interações com o ambiente e outras pessoas que modulam a expressão de certos genes (Volpi, 2004).

Os estudos de genética do comportamento humano utilizam como principal meio de avaliação de traços de personalidade a escala *Big Five*. Nesta escala um questionário é respondido pelo próprio indivíduo e suas respostas, após uma análise fatorial, o classifica em 5 grupos de predomínio de traços de personalidade: 1) Abertura para experiência 2) Conscienciosidade 3) Extroversão 4) Neuroticismo ou instabilidade emocional 5) Amabilidade (Nunes, Hutz e Giacconi, 2009).

Os estudos que abordam a relação entre genética e traços de personalidade apresentam diversas abordagens, as mais comuns são: estudos de gêmeos, busca de um gene candidato, estudos de associação genômica ampla (*Genome Wide Association Studies*- GWAS) e análises poligênicas (Bueno, 2019; Ito e Guzzo, 2002; Sallis, Smith e Munafò, 2018).

Os estudos que abordam gêmeos e suas famílias demonstram que a genética influencia na formação da personalidade do indivíduo e que esta mantém certa estabilidade ao longo da vida. Entretanto esses estudos mostram grande variabilidade em seus resultados, entre as limitações encontramos um número reduzido de candidatos, diferenças entre as amostras, metodologias diferentes e uma forte tendência teórica que gêmeos vivem em um mesmo ambiente, desconsiderando as experiências pessoais de cada indivíduo (ambiente compartilhado x ambiente não compartilhado). O ambiente não compartilhado nos estudos de gêmeos monozigóticos revela-se como um componente importante a ser considerado na composição do fenótipo de cada gêmeo, o que faz cada um deles um indivíduo único produto do genótipo com ambiente compartilhado mais ambiente não compartilhado e as relações do genótipo com ambos os ambientes. Não considerar a influência do ambiente não compartilhado interfere nos índices de herdabilidade (Bueno, 2019; Cloninger e Zwir, 2018; Ito e Guzzo, 2002; Sanchez-Roige et al, 2018).

Os estudos com gene candidato revelam que alguns genes, que interferem na produção de neurotransmissores como serotonina e noradrenalina, apresentam influência no comportamento, entretanto mostrou-se impossível atribuir a genótipos tão complexos a participação de um único gene (Ito e Guzzo, 2002; Moore, 1999; Ojopi et al, 2004).

Os estudos utilizando a associação genômica ampla (GWAS) revelam que há uma associação entre genes e traços de personalidade, porém esse desenho de estudo se mostra mais efetivo em mapear associações monogênicas ou com arquitetura genética simples que demonstre lógica entre genótipo e fenótipo (Bueno, 2019; Ito e Guzzo, 2002; Ojopi et al, 2004; Sanchez-Roige et al, 2018).

Mais recentemente os estudos usando GWAS estão mudando a abordagem de transformar toda associação genotípica em fenótipo, em vez disso estão associando achados da análise genômica do GWAS com fenótipos similares. Estes estudos foram chamados de *Multi Trait Analysis of GWAS* ou MTAG, e aumentaram o coeficiente de correlação entre

traço de personalidade, em especial o neuroticismo (Bueno, 2019; Cloninger e Zwir, 2018; Sallis, Smith e Munafò, 2018).

Os estudos de análise de relação poligênica demonstram ser mais promissores, levando em conta a complexidade dos traços de personalidade com múltiplos genes, sendo eles significantes ou não significantes quando vistos no GWAS (Sanchez-Roige et al, 2018; Sallis, Smith e Munafò, 2018).

A relação nestes estudos é de associação poligênica a um dado fenotípico (imputação genética), desde que tenham alguma forte correlação estatística. Neste tipo de análise são criados índices poligênicos com maior associação estatística, similar ao que ocorre na imputação de dados no aprendizado de máquina (Sanchez-Roige et al, 2018; Sallis, Smith e Munafò, 2018).

Os índices poligênicos de forte associação estatística podem orientar estudos de possíveis vias biológicas ainda não correlacionadas com o fenótipo. Além disso o desenvolvimento de algoritmos de forte associação estatística entre genótipo e fenótipo e o próprio aprendizado de máquina, já podem se mostrar úteis ao evidenciar tendências probabilísticas de um determinado fenótipo de se expressar, sem antes sabermos ao certo todos os detalhes das vias biológicas relacionadas (Ludermir, 2021).

A imputação de relações genéticas a fenótipos comportamentais através de índices de associação poligênica e elaboração de algoritmos em aprendizado de máquina vem a contribuir para associação da genética comportamental como um instrumento norteador de elaboração de estratégias de modificações ambientais com maiores probabilidades de expressar no indivíduo a plenitude de suas habilidades inatas para aquele ambiente, assim como antever e se preparar para minimizar os efeitos adversos. Os dados de genética comportamental com índices poligênicos confiáveis podem, inclusive, vir fazer a parte de um *big data* já existente, permitindo associações com outros padrões de dados fenotípicos.

A possibilidade de análise do *big data* genotípico, fenotípico e suas relações algorítmicas entre si e com o ambiente e suas variações combinadas ao aprendizado de máquina serão a vertente que auxiliará as adaptações para novas descobertas na maioria das ciências do comportamento humano desde as artes em geral até ciências humanas e biológicas. Muitas áreas das ciências humanas e da natureza poderão cada vez mais serem vistas de múltiplos ângulos e associadas entre si, desenvolvendo e potencializando a concepção de novos conhecimentos com muito mais acurácia.

### 1.5.1 *Genética comportamental para o futuro*

Tendo excluído de seu escopo de estudo e análise os viesamentos político/ideológicos, a genética comportamental se mostra como o ramo do conhecimento humano mais capaz de auxiliar no desenvolvimento de melhores condições de vida, nos ramos da medicina e da sociologia, tanto no combate quanto no controle e na descoberta precoce de

possíveis doenças e distúrbios, e ainda na sociabilização de crianças e jovens, ao tornar possível uma educação cada vez mais individualizada, respeitando o tempo, a capacidade e também o tipo de inteligência de cada indivíduo segundo sua informação genética e as influências dos meios aos quais estejam inseridos (Vanburen et al, 2019).

Importante salientar aqui, que mesmo uma predisposição genética, quer seja para o desenvolvimento de uma doença ou para o desenvolvimento de algum tipo de inteligência ou habilidade motora, não é o fator determinante para o desenvolvimento, e que o meio em que o indivíduo é criado dará maiores ou menores condições para que essas características se desenvolvam, tanto de forma mais ou menos rápida quanto em relação a maior ou menor presença (Vanburen et al, 2019).

## 1.6 Biotecnologia comportamental

A lógica foi um termo cunhado por Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.) para denotar um conjunto de regras racionais para a obtenção de um conhecimento. Essa premissa é uma das bases de várias áreas do conhecimento humano, em especial a filosofia, matemática e o pensamento científico moderno (Smith, 2012; Ferreira, 2012).

A lógica foi um dos alicerces no desenvolvimento da linguagem computacional, criação de algoritmos, aprendizado de máquina, teoria da evolução das espécies, da genética e da ciência como um todo (Ferreira, 2012; Urban, 2003).

Durante muito tempo diversas áreas do saber utilizavam a lógica em seus nichos de conhecimento específico, muitas vezes sem se importar com o conhecimento de outras áreas correlatas.

Ao longo da história, estudiosos como Leonardo Da Vinci conseguiam criar conexões entre as diversas áreas do saber humano e prever a probabilidade de muitas inovações que hoje usamos na prática, como o helicóptero, submarino, entre outros. Entretanto, gênios como Da Vinci são exceções às regras. Além disso, com o aumento exponencial da gama de conhecimento que estamos adquirindo nos tempos de hoje, em diversas áreas, seria impossível uma pessoa ter acesso a todo conhecimento sem antes estar desatualizado, sem contar o tempo necessário para criar associações e com isso novos conhecimentos e previsões.

Uma das principais atribuições do intelecto humano é fazer previsões e saber se relacionar em sociedade, quanto maior for a capacidade de processamento destas informações no cérebro humano, maiores e melhores serão as previsões e tomadas de decisões ao longo da evolução do gênero *Homo*, favorecendo maiores chances de sobrevivência e crescimento populacional.

Nosso cérebro é um grande órgão processador de vários tipos de informações, oriunda tanto do meio interno quanto do meio externo. Estima-se que a quantidade de energia para manter 1,4 kg de cérebro de um *Homo sapiens* atual é cerca de 20 vezes maior que a mesma quantidade de tecido muscular (Herculano-Houzel; Lent, 2005; Hsu et

al, 2005; Kandel et al, 2014; Lent et al, 2012).

Modificações no padrão de comportamento alimentar humano, como a mudança dietética para inclusão de proteína, gordura além dos já existentes no cardápio dos ancestrais hominídeos como frutas, verduras e raízes aumentaram o aporte energético permitindo um processo de evolução cerebral humana chamada encefalização, onde há um direcionamento energético privilegiando o tecido cerebral (Gould, 1998; Dunbar, 2002; Martin et al, 1985).

O crescimento cerebral e a capacidade de processamento estavam diretamente relacionados ao acesso de reservas de alimentos com alto valor nutritivo e energético. Com o cozimento dos alimentos e sua pré digestão antes de entrar no organismo, os humanos primitivos permitiram a esses uma melhor qualidade e quantidade de aporte energético para o desenvolvimento da complexidade cerebral que temos hoje, permitindo a expressão máxima do processo de encefalização (Dunbar, 2002; Gould, 1998; Martin et al, 1985).

Recentemente, devido à grande quantidade de informações desenvolvidas pela humanidade, o *Homo sapiens* passou a fazer uso da inteligência externa através da lógica atrelada ao desenvolvimento de algoritmos computacionais como apoio no processamento de informações, melhorias na capacidade de predições e tomadas de decisões. Assim como as ferramentas e armas são um prolongamento artificial da força e precisão da neuro musculatura humana, os algoritmos são um prolongamento artificial da capacidade de processamento e tomada de decisões humanas (Dunbar, 2002; Russell e Norvig, 2013).

Mais recentemente vem crescendo a necessidade de interação de diversas áreas do saber para elaboração de conhecimentos novos, mais realistas e interativos. A biotecnologia e a ciência da computação permitiram que a lógica fosse usada para interligar as mais diversas áreas do conhecimento. A análise de um conteúdo do conhecimento como dados computacionais e a possibilidade de estabelecer relações probabilísticas tem criado uma era do conhecimento das ciências humanas e conhecimentos mais integrativos, mais próximo da realidade prática (Checkland, 1999; Russell e Norvig, 2013).

Uma das mais recentes habilidades humanas é saber trabalhar com a inteligência externa, que muitas vezes poder ser até superior à de qualquer humano. A tendência será que a inteligência de processamento externa ultrapasse em muito a capacidade de processamento humano em diversas áreas, entretanto é importante frisar que essas máquinas ainda não são conscientes. A qualidade dos resultados dependerá da qualidade dos dados fornecidos e da estrutura do algoritmo elaborado (Russell e Norvig, 2013; Checkland, 1999).

Paralelamente, a necessidade de busca de dados sobre qualquer variedade ambiental e sobre qualquer parâmetro da biologia e comportamento humano tornou-se uma das principais commodities no século XXI (Batista, 2003; Harari, 2016).

A qualidade das análises e associações destes dados revelam muito sobre as vantagens estratégicas em saber as probabilidades de mudanças ambientais, mudanças

comportamentais e biológicas do ser humano, tanto enquanto indivíduos, quanto de grupos populacionais e até de sociedades inteiras. Dados biométricos do funcionamento biológico e comportamental humano são coletados e associados há muito tempo, coletados de forma autorizada, roubada ou ludibriada (Penha, 2007; Silva, 2019; *World Economic Forum*, 2019).

A qualidade e a quantidade dos dados estão associadas a maior confiabilidade das análises probabilísticas. Sendo assim, o conhecimento de lógica matemática, programação, estatística, noções de aprendizado de máquina são e serão cada vez mais necessários para a diferenciação de qualquer profissional, em qualquer ramo do conhecimento. A disponibilidade de informação hoje ofertada é humanamente impossível de ser assimilada por uma só pessoa, até mesmo em uma área específica como a medicina (Harari, 2016; Jansen, Jong e Oijen, 2001; Silva, 2019; Synlab, 2019).

A genética, em especial o estudo das variedades humanas pelos marcadores confiáveis e estáveis de polimorfismos de nucleotídeos únicos, minissatélites e microssatélites e suas relações com as variedades fenotípicas humanas, simples e complexas, vem em concordância com essa corrente científica de integração. A chamada era OMIC que abriga as áreas de transcriptomas, proteômica, metabolômica, entre outras, podem ser correlacionados em busca de padrões lógicos, via algoritmos específicos. As associações probabilísticas resultantes podem direcionar estudos biológicos onde antes não se tinha uma ideia de possível plausibilidade biológica (Jansen, Jong e Oijen, 2001; Synlab, 2019; Xavier, 2017).

Essa técnica muda a forma como construímos o conhecimento. As associações podem não fazer sentido biológico no primeiro momento, porém apontam com probabilidade confiável que devemos insistir no estudo das relações. Além disso, os índices de associações multivariadas já nos demonstram possíveis padrões com forte associação estatística (Jansen, Jong e Oijen, 2001; Haldane, 1919; Hackett, Pande e Bryan, 2003).

Alguns termos necessitam estar bem definidos quando trabalhamos com as ciências integrativas, bioinformática e ciência de dados. Os mais relevantes são: entender o que são os algoritmos aplicados na informática, inteligência artificial, aprendizado de máquina, aprendizado profundo (*Deep Learning*), redes neurais, Internet das coisas. Cada um destes termos já faz parte das nossas vidas e são atributos vitais para manutenção da sociedade como conhecemos hoje (Checkland, 1999; Russell e Norvig, 2013).

O algoritmo é um conjunto de instruções, sequência de regras ou operações, que aplicada a um número de dados, permite solucionar determinadas classes de problemas. O conjunto de regras e procedimentos lógicos perfeitamente definidos e a qualidade dos dados levam a solução de um problema em um número de etapas (Cormen et al, 2012).

Quanto mais aperfeiçoadas são as regras e melhor a qualidade dos dados que alimentam o algoritmo, mais acurado serão os resultados. Em outras palavras, algoritmos são as diretrizes matemáticas a serem seguidas para que uma Inteligência Artificial

possa realizar uma tarefa anteriormente dada ou programada. Quase todos os processos decisórios baseiam-se no princípio do algoritmo, seja ele um algoritmo computacional ou algoritmo orgânico, pois como sabemos esse último apresenta etapas bem definidas desde o DNA até a expressão do fenótipo. Sendo assim quase que inevitável a evolução para associação de algoritmos computacionais com algoritmos biológicos (Cormen et al, 2012; Gabriel e Delbem, 2008; Garbelini, 2017).

A Inteligência artificial (*Artificial Intelligence* - AI) é a possibilidade de máquinas executarem tarefas que são características da inteligência humana, tais como planejamento, compreensão de linguagens, reconhecimentos de objetos e sons, aprendizado, raciocínio, soluções de problemas, reconhecimento facial e etc. (Cormen et al, 2012; Gabriel e Delbem, 2008; Garbelini, 2017).

A inteligência artificial já superou<sup>2</sup> há muito tempo a inteligência humana em vários campos, talvez o mais famoso tenha sido vencer o campeão mundial de xadrez, Garry Kasparov. A aptidão de uma Inteligência Artificial é resolver problemas, não apresenta cansaço, e pode trabalhar 24 horas por dia, 7 dias por semana, porém, até o momento não apresentam capacidade de sentir coisas e isso a distingue do pensamento humano, já que resolvemos grande parte dos nossos problemas e tomadas de decisões baseados em instintos e emoções (Cormen et al, 2012; Dunbar, 2002; Gabriel e Delbem, 2008; Garbelini, 2017; Kandel et al, 2014).

O aprendizado de máquina é um meio de desenvolver a inteligência artificial. É uma parte da inteligência artificial que envolve a criação de algoritmos que podem aprender automaticamente na dependência dos dados coletados (Cormen et al, 2012; Garbelini, 2017; Gabriel e Delbem, 2008)

No aprendizado de máquina o algoritmo é constantemente alimentado com dados e treinado para conseguir resultados sem interferência do desenvolvedor, muitas vezes com resultados ainda não pensados pelos programadores. Várias formas podem ser utilizadas para o aprendizado de máquina (*machine learning*) são eles: aprendizagem por meio de árvores de decisão (*decision tree learning*), programação de lógica indutiva (*inductive logic programming*), agrupamento (*clustering*), aprendizagem de reforço (*reinforcement learning*), redes bayesianas (*Bayesian networks*), entre outros (Cormen et al, 2012; Gabriel e Delbem, 2008; Garbelini, 2017; Ponti et al, 2017; Silva, Spatti e Flauzino, 2016; Vapnik, 2013).

O aprendizado profundo (*Deep Learning*), é uma estrutura de aprendizado de máquina inspirada na estrutura do cérebro humano e nas interligações entre neurônios, as chamadas redes neurais artificiais. Os algoritmos imitam camadas de neurônios, tal como o córtex cerebral e estabelecem conexões com outros algoritmos em camadas. Cada

---

2 A Inteligência Artificial se baseia num vasto banco de dados e nas predições de possíveis conjecturas. Desta forma, o termo superar, não deve ser aplicado conquanto sua interpretação pura, mas em relação a realização da capacidade de processamento e armazenamento de dados, isso porque nenhuma IA, ao que se tem notícia, é capaz de produzir qualquer tipo de conhecimento sem que estes sejam anteriormente configurados e abastecido por Big Data.

camada escolhe um recurso específico para aprender. O nome aprendido profundo advém em razão destas várias camadas e cada camada de algoritmos em conexão com os precedentes e antecedentes. Essa composição forma as redes neurais que aumentam sobremaneira a capacidade computacional de associações (Ponti et al, 2017; Silva, Spatti e Flauzino, 2016; Vapnik, 2013).

A inteligência artificial funciona, neste caso, como no cérebro, processando as informações recebidas e dando sentido a esses dados, para então propor ações. Neste sentido, a coleta de dados biológicos em tempo real e suas relações com o ambiente poderiam fornecer dados objetivos para auxiliar o indivíduo em diversas tarefas, como atividade física, bons hábitos de saúde, monitoramento dos fatores de risco, etc. (Jansen, Jong e Oijen, 2001).

Para melhor funcionamento dos algoritmos no aprendizado de máquina e no aprendizado profundo, quanto mais dados puderem ser coletados melhor será o desempenho de comparação, e os sensores da internet das coisas são essenciais para que esse processo fique cada vez mais preciso e acurado (*World Economic Forum*, 2019).

O barateamento na aquisição dos sensores vestíveis, internet das coisas e de exames de sequenciamento genéticos e aumento da capacidade de computação abre um universo de possibilidade de associações para uso diversos, sejam eles lícitos ou não. É um caminho sem volta, e nossa sociedade já está baseada em grande parte no uso de algoritmos e aprendizado de máquina em praticamente todas as áreas (*World Economic Forum*, 2019; Silva, 2019).

As propostas mais aceitas no controle do mal uso dos dados coletados seriam que essa realidade seja melhor entendida pela população e órgãos reguladores para que o uso ético e a escolha por conhecimentos que agregam benefícios a comunidade humana sejam favorecidos em detrimento de manipulações que visam interesses de pequenos grupos (Silva, 2019).

Um dos problemas éticos existentes nos algoritmos e no aprendizado de máquina é que esses programas podem conter preconceitos presentes nos criadores do algoritmo ou nos dados que foram usados para treinar o algoritmo. Os próprios algoritmos de redes sociais já demonstraram que são capazes de influenciar comportamento de pessoas induzindo a sentimento e comportamento específico. Em algoritmos de segredo de empresas como Facebook, Google etc., como seria a monitorização do uso ético deles, ainda não se tem respostas. O fato é que nossos dados comportamentais e biológicos estão sendo coletados a cada momento há bastante tempo, como nos mostrou os casos envolvendo a Gigante de Tecnologia do Reino Unido, CAMBRIDGE ANALYTICA, em sua atuação em eleições ao redor do mundo e em especial quanto ao desligamento do Reino Unido da Grã-Bretanha do Bloco Europeu, o chamado Brexit (Silva, 2019; *World Economic Forum*, 2019; Fornasier e Beck, 2020).

Todas essas inovações existentes acima descritas e as que ainda estão por vir de

associação de dados multivariados a inteligência artificial e aprendizado de máquina será essencial para o crescimento de qualquer país ou empresa nos próximos anos (Silva, 2019; *World Economic Forum*, 2019).

O volume de dados coletados, analisados e transformados em informação é a nova “febre do ouro” ou “febre do *Bitcoin*” do século XXI. Essa realidade já está mudando quase todas nossas relações de trabalho humano e relações com pessoas. E será inevitável o impacto sobre os direitos constitucionais de intimidade e privacidade, e será um grande desafio político (Silva, 2019; *World Economic Forum*, 2019).

Podemos usar o conceito básico de algoritmo de “um conjunto de regras a serem seguidas para obter um resultado” e estabelecer um paralelo da lógica computacional com a Biologia. Os organismos vivos são uma espécie de algoritmos orgânicos que respeitam determinadas regras definidas pelos genes e são moduladas pelo ambiente, assim também é o aprendizado de máquina e aprendizado profundo. Podemos afirmar que a genética, vista do ponto de vista de imputações de dados fenotípicos complexos a índices poligenéticos encontra paralelismo com a lógica computacional de imputação de dados e correlações de forte associação probabilística.

## 2 | CONCLUSÃO

O ser humano é um animal cuja evolução se diferencia dos outros animais, inclusive os do ramo dos homínídeos, pela sua capacidade de viver em conjunto e de utilizar o meio natural à sua volta para valorizar conceitos e usos. Sendo este animal social, o ser humano pauta sua evolução segundo a capacidade de os indivíduos conviverem em sociedade e de transmitir o conhecimento às novas gerações.

Os estudos que compreendem a genética comportamental visam compreender de que maneira as características herdadas influenciam no comportamento humano e na capacidade de os indivíduos lidarem com suas emoções e eventualmente atingirem seu pleno potencial genético.

Não se trata, no entanto, de estudos pautados para evidenciar possíveis diferenciações entre grupos humanos, e sim para potencializar as diferenças, compreendendo inclusive que populações com maior variabilidade genética possuem maior resistência e maiores chances de adaptação.

Por fim, os estudos nesta área do conhecimento assumem cada vez maior importância, não apenas para maior compreensão acerca de nossa própria espécie, mas também para criação de políticas e ferramentas que possam proporcionar maior qualidade de vida para os indivíduos e ainda proporcionar maiores avanços nas áreas de educação e aprendizado, fundamental para a convivência estabelecida atualmente pelo avanço das novas tecnologias e o acúmulo de conhecimentos de nossa civilização.

## REFERÊNCIAS

Adorno, T. W. & Horkheimer, M, 1985. [1947]. *Dialética do esclarecimento*. Rio de Janeiro: Zahar.

Amaral, L., 2014. Bipedalismo: solução para carregar crias, correlacionada com a redução de pelos. *Revista da Biologia*, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 19-27, jan. 2014. Universidade de São Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.7594/revbio.11.01.04>.

Batista, G., 2003. *Pré-processamento de dados em aprendizado de máquina supervisionado*. 2003. 232 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências da Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-06102003-160219/publico/TeseDoutorado.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2022.

Borges Filho, R. & Almeida, S., 2004. *Locomoção humana: diretrizes terapêuticas com base nos conhecimentos evolutivos*. *ArqCiênc Saúde*, [s. l], v. 11, n. 2, p. 2-5, abr./jun.

Boyd, R. & Richerson, P., 2005. *The origin and Evolution of cultures*. Nova Iorque: Oxford University Press.

Black, E., 2003. *A guerra contra os fracos*. Tradução T. Magalhães. São Paulo: A Girafa.

Brito, R. L. de L., 2017. **Potencial da Internet das Coisas na Saúde, Educação e Segurança Pública no Brasil**. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Sistemas de Informação, Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~tg/2017-2/rllb-tg.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2022.

Bueno, D., 2019. Genetics and Learning: how the genes influence educational attainment. *Frontiers In Psychology*, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 1-10, 10 jul. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01622>.

Carvalho, L.; Souza, V., 2017. Continuidades e rupturas na história da eugenia: uma análise a partir das publicações de Renato Kehl no pós-segunda guerra mundial. *Perspectiva*, [S.L.], v. 35, n. 3, p. 887-910, 31 dez. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-795x.2017v35n3p887>.

Checkland, P.B., 1999. *Systems Thinking, Systems Practice: Includes a 30-Year Retrospective*. Chichester, England: John Wiley.

Cheney, D. & Seyfarth, R., 2007. *Baboon Metaphysics the Evolution of a social mind*. Chicago: The University of Chicago Press.

Cipriani, D.C., 1996. Stability and change in personality across the life span: Behavioral: Genetic versus evolutionary approaches. *Genetic, Social, and General Psychology Monographs*, 122(1), 55-74.

Clark, L.A. & Watson, D., 1999. Temperament: A new paradigm for trait psychology. In Pervin, L.A.; John, O.P. (Eds.), *Handbook of personality: Theory and research* (pp. 399-423). New York: Guilford.

Cloninger, C. R. & Zwir, I., 2018. What is the natural measurement unit of temperament: single traits or profiles? *Philosophical Transactions Of The Royal Society B: Biological Sciences*, [S.L.], v. 373, n. 1744, p. 1-10, 26 fev. The Royal Society. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2017.0163>.

Cormen, T. H. et al, 2012. Algoritmos. Rio de Janeiro: Elsevier. Tradução Arlete Simille Marques.

Dunbar, R., 2002. Grooming, gossip, and the evolution of language. Cambridge (MA): Harvard University Press.

Durkheim, E., 1999. Da divisão social do trabalho. São Paulo: Martins Fontes. Tradução: Eduardo Brandão.

Ferreira, M., 2012. A Lógica de Aristóteles: problemas interpretativos e abordagens contemporâneas dos primeiros analíticos. 141 p. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/280011>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

Fonseca, P., Maciel, S. & Gouveia, V. (org.), 2020. Psicologia social: aspectos teóricos, metodológicos e práticos. João Pessoa: UFPB.

Fornasier, M. & Beck, C., 2020. CAMBRIDGE ANALYTICA: escândalo, legado e possíveis futuros para a democracia. Revista Direito em Debate, [S.L.], v. 29, n. 53, p. 182-195, 26 mai. Editora Unijui. <http://dx.doi.org/10.21527/2176-6622.2020.53.182-195>.

Freud, S., 1996. Além do princípio do prazer, psicologia de grupo e outros trabalhos. Rio de Janeiro: Imago (Edição standard brasileira das obras psicológicas completas de Sigmund Freud).

Freud, S., 2012. Totem E Tabu, Contribuição À História Do Movimento Psicanalítico e outros textos. São Paulo: Companhia das Letras. Tradução: Paulo César de Souza.

Gabriel, P. & Delbem, A., 2008. Fundamentos de algoritmos evolutivos. [S.l.: s.n.]. Disponível em: [https://repositorio.usp.br/directbitstream/7472618b-87b3-4077-a1ca-eb5f40a0542c/nd\\_75.pdf](https://repositorio.usp.br/directbitstream/7472618b-87b3-4077-a1ca-eb5f40a0542c/nd_75.pdf). Acesso em 28 fev. 2022.

Garbelini, J., 2017. Abordagem baseada em algoritmos meméticos para descoberta de motivos biológicos. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Bioinformática, Departamento de Informática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, 2017. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3107/1/CP\\_PPGBIOINFO\\_M\\_Garbelini%2C%20Jader%20Maikol%20Caldonazzo\\_2017.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3107/1/CP_PPGBIOINFO_M_Garbelini%2C%20Jader%20Maikol%20Caldonazzo_2017.pdf). Acesso em: 28 fev. 2022.

Gemmati, D., Varani, K., Bramanti, B., Piva, R., Bonaccorsi, G., Trentini, A., Manfrinato, M., Tisato, V., Carè, A. & Bellini, T., 2019. “Bridging the Gap” Everything that Could Have Been Avoided If We Had Applied Gender Medicine, Pharmacogenetics and Personalized Medicine in the Gender-Omics and Sex-Omics Era. International Journal Of Molecular Sciences, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 296, 31 dez. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms21010296>.

Goldsmith, H. H. & Rieser-Danner, L. A., 1986. Variation among temperament theories and validation studies of temperament assessment. In KOHNSTAMM, G. A. (Org.), Temperament discussed temperament and development in infancy and childhood (pp. 1-10).

Gould, S. J., 1998. The structure of evolutionary theory. Cambridge: Harvard University Press.

- Hackett, C. A., Pande, B. & Bryan, G. J., 2003. Constructing link age maps in auto tetraploid species using simulated annealing. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v.106, p.1107-1115.
- Harari, N., 2015. *Sapiens- Uma Breve História da Humanidade*. Porto Alegre: L&PM.
- Harari, N., 2016. *Homo Deus: uma breve história do amanhã*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Haldane, J. B.S., 1919. The combination of linkage values, and the calculation of distance between the loci of linked factors. *Journal of Genetics*, Berlin, v.8, p.299-309.
- Hall, C. S., Lindzey, G. & Campbell, J. B., 2000. *Teorias da personalidade*. Trad. Maria Adriana Veríssimo Verone. 4ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul.
- Hauser, M. D., 2006. *Moral minds: how nature designed our universal sense of right and wrong*. Nova Iorque: HarperCollins.
- Herculano-Houzel, S. & Lent, R., 2005. Isotropic fractionator: a simple, rapid method for the quantification of total cell and neurons in the brain. *Journal of Neuroscience*. v. 25(10), p. 2.518-21. 9 mar.
- Hitler, A., 1925. *Minha Luta*. Disponível em: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=dGFyZGluLm5ldHxmaXNpY2F8Z3g6MWE1MTdkOTNIZjcxMTVkJmMw>. Acesso em: 08 mar. 2022.
- Hobbes, T., 2009. *Leviatã*. São Paulo: Martin Claret.
- Hsu, M. et al, 2005. Neural systems responding to degrees of uncertainty in human decision-making. *Science*, 310, 1680–1683.
- Hutin, S., 1989. *História da Astrologia*. Lisboa: Edições 70.
- Bressan, L., Fernandes, A. C. & Moraes, H., 2019. Simbologias religiosas e imaginário: reflexões acerca do bestiário dos quatro evangelistas. *Letras Escreve*, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 165-178, 9 set. Universidade Federal do Amapá. <http://dx.doi.org/10.18468/letras.2018v8n4.p165-178>.
- Ito, P. & Guzzo, R., 2002. Temperamento: características e determinação genética. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, [S.L.], v. 15, n. 2, p. 425-436. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-79722002000200019>
- Jansen, J., Jong, A.G. & Ooijen, J.W., 2001. Constructing dense genetic link age maps. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v.102, p.1113-1122.
- Jobling, M. et al, 2013. *Human Evolutionary Genetics*. Ed. Garland Science, New York, EUA.
- Jung, C. G., 1991. *Tipos Psicológicos*. Petrópolis: Editora Vozes, 1991.
- Jung, C. G., 2013a. Determinantes psicológicas do comportamento humano. In: JUNG, C. G. *A dinâmica do inconsciente: a natureza da psique*. 10. ed. Petrópolis, RJ: Vozes. p. 60-71. (Obra Completa de Jung, Vol. 8/2).

Jung, C. G., 2013b. Sigmund Freud, um fenômeno histórico-cultural. In: JUNG, C. G. O espírito na arte e na ciência. 8. ed. Petrópolis, RJ: Vozes. p.38-45. (Obra Completa de C. G. Jung Vol. 15).

Jung, C. G., 2014. Arquétipos e o inconsciente coletivo. São Paulo: Ed. Vozes.

Jungers, W. L., 1988. Relative joint size and hominoid locomotor adaptations with implications for the Evolution of hominid bipedalism. *Journal of Human Evolution*, v. 17, p. 247-265.

Kandel, E. R. et al, 2014. Princípios de Neurociências. 5.ed. Porto Alegre: AMGH.

Kant, I., 2013. Metafísica dos costumes. Bragança Paulista, SP: Editora Universitária São Francisco, (Coleção Pensamento Humano).

Kwasnicka, D., Dombrowski, S. U., White, M., Sniehotta, F., 2016. Theoretical explanations for maintenance of behaviour change: a systematic review of behaviour theories. *Health Psychol Rev*. Sep;10(3):277-96. doi: 10.1080/17437199.2016.1151372. Epub 2016 Mar 7. PMID: 26854092.

Lent, R. et al, 2012. How many neurons do you have? Some dogmas of quantitative neuroscience under revision. *European Journal of Neuroscience*. v 35 (1). jan.

Lieberman, D. E. et al, 2006. The human gluteus maximus and its role in running. *The Journal of Experimental Biology*, v. 209, p. 2143-2155.

Lovejoy, C. O. et al, 2009. The pelvis and femur of *Ardipithecus ramidus*: the emergence of upright walking. *Science*, v. 326, p. 71e1-71e6, out, 2009.

Ludermir, T. B., 2021 Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: estado atual e tendências. *Estudos Avançados*, [S.L.], v. 35, n. 101, p. 85-94, abr. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35101.007>.

Martin, A. et al, 2010. The Evolution of eusociality. *Nature*, v. 466. pp. 1057-1062.

Martins, L. A. P., 2006. August Weismann e evolução: os diferentes níveis de seleção. *Revista da SBHC*, 1, p. 53-75.

Martin, R.D., Chivers, D. J., Maclarnon, A. M. & Hiladik, E. C. M., 1985. Gastrointestinal allometry in primates and Other mammals. Nova York, Plenum.

Marston, M. W., 2016a. As Emoções das Pessoas Normais, São Paulo: Ed. Success for You.

Marston, W. M., 2016b. Manual definitivo DISC. Tradução de: Galhanone R.F. São Paulo: Success for You.

Martorell-Marugán, J., Tabik, S., Benhammou, Y., Del Val, C., Zwir, I., Herrera, F. & Carmona-Sáez, P., 2019. Deep Learning in Omics Data Analysis and Precision Medicine. In: Husi H, editor. *Computational Biology [Internet]*. Brisbane (AU): Codon Publications; Nov 21. Chapter 3. PMID: 31815397.

Massola, S. C., Pinto, G. S., 2018. Uso da internet das coisas (IOT) a favor da saúde. **Revista Interface Tecnológica**, [S.L.], v. 15, n. 2, p. 124-137, 30 dez. 2018. Interface Tecnológica. <http://dx.doi.org/10.31510/infa.v15i2.515>.

Matos, J. F., 2008. Análise dos Aspectos Comportamentais Através da Ferramenta DISC. 186 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão de Empresas, Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa. Disponível em: <https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/2094/1/Tese%20Jorge%20Fernandes%20de%20Matos%20-%20final.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2022.

Mithen, S., 1998. The prehistory of the mind: a search for the origins of art, religion and science. W. W. Norton.

Myers, D. G., 2006. Psicologia. Trad. Eduardo Jorge Custódio et al. Rio de Janeiro: LTC.

Nunes, C. H. S. Hutz, C. S. & Giacomoni, C. H., 2009. Associação entre bem estar subjetivo e personalidade no modelo dos cinco grandes fatores. *Avaliação. Psicológica*, 8(1), 99-108.

Nussbaum, R.; Mcinnes, R. & Willard, H., 2016 Thompson & Thompson Genética Médica. Barueri: Gen Guanabara Koogan.

Ojopi, E. P., Gregorio, S. P., Guimarães, P. M., Fridman, C. & Dias Neto, E., 2004. O genoma humano e as perspectivas para o estudo da esquizofrenia. *Archives Of Clinical Psychiatry (São Paulo)*, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 9-18. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-60832004000100003>.

Panksepp, J, Biven, L., 2012. The archaeology of mind: neuroevolutionary origins of human emotions. New York, NY: Norton.

Pasquali, L., 1999. Os Tipos Humanos: a teoria da personalidade. Brasília: Copymarket. (Série: Avaliação e Medida).

Penha, E.A., 2007. Geopolítica das Relações Internacionais. In: Lessa, M. L. & Gonçalves, W. S. História das Relações Internacionais: teoria e processos. Rio de Janeiro: Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. p. 133-162.

Pickering, T. R. & Bunn, H. T., 2007. The endurance running hypo the sis and hunting and scavenging in savanna-woodlands. *Journal of Human Evolution*, v. 53, p. 434-438.

Pickren, W. E.; Rutherford, A. (ed.) 2017. 125 Years of the American Psychological Association. S.I: American Psychological Association (APA). 464 p.

Pinsky, J., 2001. As primeiras civilizações. São Paulo: Contexto.

Plomin, R., & Rende, R., 1991. Human behavioral genetics. *Annual Review of Psychology*, 42, 161–190. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.42.020191.001113>

Platão, 2017. A república. São Paulo: Editora Lafonte.

- Ponti, M., Ribeiro, L.S.F., Nazare, T. S., Bui, T. & Collomosse, J., 2017. Everything you wanted to know about deep learning for computer vision but were afraid to ask. In SIBGRAP – Conference on Graphics, Patterns and Images Tutorials (SIBGRAP-T 2017), pages 1–26, 2017.
- Pruetz, J. D. & Bertolani, P., 2007. Savanna Chimpanzees, Pan troglodytes verus, Hunt with Tools. *Curr Biol.* 17:412–417.
- Reiter, J. E., 2016. Entendendo os Perfis DISC. S.I: Publicação Independente.
- Rivero, N., org, 2008. Psicologia social: estratégias, políticas e implicações [online]. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais. 119 p. ISBN: 978-85-9966-286-1. Available from SciELO Books.
- Rodrigues, P. R. G., 2004. Astrologia e Personalidade: o efeito do conhecimento das características do signo solar em variáveis medidas pelo 16 pf. 2004. 172 f. Tese (Doutorado) - Curso de Psicologia, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/47/47134/tde-20092004-172927/publico/TESE.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.
- Rouanet, S. P. & Freitag, B., 1980. Habermas. São Paulo: Editora Ática. Coleção dos Grandes Cientistas Sociais.
- Rouanet, S. P., 2003. Os Dez Amigos de Freud. São Paulo: Companhia das Letras. Vol. 1, 426 p. Vol. 2, 424 p. Prêmio Jabuti 2004, Categoria Educação, Psicologia e Psicanálise.
- Rose, S., 1997. A perturbadora ascensão do Determinismo Neurogenético. *Ciênc Hoje*, janeiro-fevereiro; 21(126):18-27.
- Russell, S. & Norvig, P., 2013. Inteligência Artificial. Tradução da terceira edição. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Sallis, H., Smith, G. D. & Munafò, M. R., 2018. Genetics of biologically based psychological differences. *Philosophical Transactions Of The Royal Society B: Biological Sciences*, [S.L.], v. 373, n. 1744, p. 20170162, 26 fev. The Royal Society. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2017.0162>.
- Sancesario, G. M. & Bernardini, S., 2018. Alzheimer's disease in theomics era. *Clinical Biochemistry*, [S.L.], v. 59, p. 9-16, set. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2018.06.011>.
- Santos, F. R. & Dias, C., 2013. Fascículo – Evolução. Ed. CAED-UFMG, Belo Horizonte, Brasil.
- Sanchez-Roige, S., Gray, J. C., Mackillop, J., Chen, C.-H. & Palmer, A. A. The genetics of human personality. *Genes, Brain And Behavior*, [S.L.], v. 17, n. 3, p. 12-39, 29 dez. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/gbb.12439>.
- Schramm, F. R., 1997. Eugenia, Eugenética e o Espectro do Eugenismo: considerações atuais sobre Biotecnociência e Bioética. *Bioética*. 5(2):203-20.
- Schwartz, J. H., 2004. Gettingto Know Homo erectus. *Science*, [S.L.], v. 305, n. 5680, p. 53-54, 2 jul. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1099989>.

- Shettleworth, S. J., 2010. Cognition, evolution, and behavior. Oxford University Press, Oxford. 720 p.
- Sholtis, S. & Noonan, J. P., 2010. Gene regulation and the origins of human biological uniqueness. Trends In Genetics, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 110-118, mar. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tig.2009.12.009>.
- Silva, A. C., 2016. Na saúde e na doença: variabilidade genética humana estimada por marcadores genéticos neutros e em genes. 168 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia Animal, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília.
- Silva, A. C., 2019. Inteligência Artificial, 5G e geopolítica. Artigo publicado por Público. Disponível em: <https://www.publico.pt/2019/07/14/tecnologia/opiniao/inteligencia-artificial-5g-geopolitica-1879468>. Acesso em: 27 fev. 2022.
- Silva, I. N., Spatti, D. H. & Flauzino, R. A., 2016. Redes Neurais Artificiais: para engenharia e ciências aplicadas. 2. ed. São Paulo: Art Liber.
- Smith, R., 2012. A Lógica de Aristóteles. Investigação Filosófica, Macapá, v. 3, n. 2, p. 1-55, jan./dez. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/investigacaofilosofica/article/download/4867/2193>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- Stewart, J. R. & Stringer, C. B., 2012. Human Evolution Out of Africa: the role of refugia and climate change. Science, [S.L.], v. 335, n. 6074, p. 1317-1321, 16 mar. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1215627>.
- Stranger, B. E., Stahl, E. A. & Raj, T., 2010. Progress and promise of genome-wide association studies for human complex trait genetics. Genetics. 2011 Feb;187(2):367-83. doi: 10.1534/genetics.110.120907. Epub 2010 Nov 29. PMID: 21115973.
- Stringer, C., 2016. The origin and evolution of *Homo sapiens*. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. Jul 5;371(1698):20150237. doi: 10.1098/rstb.2015.0237. PMID: 27298468.
- Sun, T., 2015. A Arte da Guerra. Barueri: Novo Século.
- Sutherland, G R & Richards, R I., 1995. Simple tandem DNA repeats and human genetic disease. Proceedings Of The National Academy Of Sciences, [S.L.], v. 92, n. 9, p. 3636-3641, 25 abr. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.92.9.3636>.
- Synlab, 2019. Genômica nutricional: a dieta personalizada do momento. A dieta personalizada do momento. Disponível em: <https://www.synlab-sd.com/pt/blog/genomica-nutricional-a-dieta-personalizada-do-momento/>. Acesso em: 05 mar. 2022.
- Tang, W. Y. & Ho, S. M., 2007. Epigenetic reprogramming and imprinting in origins of disease. Ver EndocrMetabDisord.8:173-82.
- Urban, A. E., 2003. Ao Redor dos Sistemas: os saberes não-aristotélicos e os limites em sistemas de ensino-aprendizagem. 2003. 83 f. Monografia (Doutorado) - Curso de Informática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/24763/D%20-%20URBAN%2C%20ANTONIO%20EDISON.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 27 fev. 2022.

Vanburen, C., Imrhan, V., Vijayagopal, P., Solis-Pérez, E., López-Cabanillas Lomelí, M., Gonzalez-Garza, R., Gutiérrez-López, M., González-Martínez, B., Boonme, K. & Juma, S., 2018. "Omics" Education in Dietetic Curricula: a comparison between two institutions in the USA and Mexico. *Lifestyle Genomics*, [S.L.], v. 11, n. 3-6, p. 136-146. S. Karger AG. <http://dx.doi.org/10.1159/000499202>.

Vapnik, V., 2013. *The nature of statistical learning theory*. Springer Science & business media.

Vieira, M. L. & Oliva, A.D. (org.), 2017. *Evolução, Cultura e Comportamento Humano*. Florianópolis: Edições do Bosque/Cfh/Ufsc. (Série Saúde e Sociedade).

Volpi, J. H., 2004. Particularidades sobre o temperamento, a personalidade e o caráter, segundo a psicologia corporal. In: Volpi, J.H. & Volpi, S. M. *Psicologia Corporal*. Revista Online. ISSN-1516-0688. Curitiba: Centro Reichiano.

Wheeler, P. E., 1984. The evolution of bipedality and loss of functional body hair in hominids. *Journal of Human Evolution*, v. 13, p. 91-98, 1984.

World Economic Forum, 2019. *Globalization 4.0: shaping a new global architecture in the age of the fourth industrial revolution*. Shaping a New Global Architecture in the Age of the Fourth Industrial Revolution. Genebra. Disponível em: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Globalization\\_4.0\\_Call\\_for\\_Engagement.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Globalization_4.0_Call_for_Engagement.pdf). Acesso em: 10 mar. 2022.

Wrangham, R. W. & outros 4 coautores, 1999. The raw and the stolen: Cooking and the ecology of human origins. *Current Anthropology*. 40: 567-94.

Wrangham, R. W., 2010. *Pegando fogo: Por que cozinhar nos tornou humanos*. Rio de Janeiro, Jorge Zahar.

Xavier, J., 2017. Triagem neonatal permite detectar doenças raras antes que se manifestem. Artigo publicado por Instituto Nacional de Saúde da Mulher, da Criança e do Adolescente - Fiocruz. Disponível em <https://portal.fiocruz.br/noticia/triagem-neonatal-permite-detectar-doencas-raras-antes-que-se-manifestem#:~:text=Triagem%20neonatal%20permite%20detectar%20doen%C3%A7as%20raras%20antes%20que%20se%20manifestem,-26%2F07%2F2017&text=Compartilhar%3A,80%25%20delas%20de%20origem%20gen%C3%A9tica>. Acesso em: 26 fev. 2022.

Zimmer, C., 1996. *O livro de Ouro da Evolução / tradução de Jorge Luís Calife – Rio de Janeiro: Ediouro*, 2003.