



# QI e hereditariedade: a importância dos fatores genéticos



**Autor:**

João Batista Araujo e Oliveira  
Presidente, Instituto IDados

**Equipe de pesquisa:**

Guilherme Issamu Hirata  
Matheus Gomes do Carmo

**Revisão e edição pedagógica:**

Iris Walquiria Campos  
IW COMUNICAÇÕES LTDA

**Capa e design:**

Carlos Eduardo Gomes Junior

**Revisão e edição final:**

Heloisa de Oliveira Bastos

## **QI E HEREDITARIEDADE: A IMPORTÂNCIA DOS FATORES GENÉTICOS**

---

A relação entre inteligência e hereditariedade é um dos temas mais debatidos nas ciências cognitivas e neurobiológicas. Entender até que ponto a genética influencia o quociente de inteligência (QI) é essencial não apenas para a ciência, mas também para o desenho de políticas educacionais e sociais que visem ao pleno desenvolvimento do potencial humano. O presente texto oferece uma análise aprofundada da importância dos fatores genéticos na determinação da inteligência, partindo de estudos com gêmeos, evidências neurobiológicas e modelos teóricos como a Teoria da Integração Parieto-Frontal (P-FIT). A obra também dá destaque às contribuições recentes da neuroimagem e da genômica para o entendimento das bases biológicas do QI, além de considerar o papel crítico do ambiente e da neuroplasticidade como elementos moduladores do desenvolvimento cognitivo. Ao final, conclui-se que a inteligência resulta de uma interação dinâmica entre predisposições genéticas e estímulos ambientais, reforçando a importância de contextos educacionais enriquecedores para a promoção do potencial individual. Ao final do texto o leitor encontrará resenhas de importantes e atuais pesquisas mais recentes sobre o tema.

## SUMÁRIO

---

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introdução</b>                                              | <b>5</b>  |
| <b>2. Contribuições da Genética</b>                               | <b>6</b>  |
| ◦ Estudos com gêmeos e herdabilidade                              |           |
| ◦ Conceito de epigenética e seleção de ambientes                  |           |
| <b>3. Estrutura e Função Cerebral</b>                             | <b>7</b>  |
| ◦ Volume cerebral e integridade da substância branca              |           |
| ◦ Eficiência do processamento neural                              |           |
| <b>4. Modelo P-FIT (Teoria da Integração Parieto-Frontal)</b>     | <b>8</b>  |
| ◦ Regiões cerebrais envolvidas                                    |           |
| ◦ Fluxo de informação entre os lobos parietal e frontal           |           |
| ◦ Importância da conectividade da substância branca               |           |
| ◦ Evidências de neuroimagem                                       |           |
| <b>5. Evidências Adicionais Desde 2010</b>                        | <b>9</b>  |
| ◦ Regiões cerebrais envolvidas                                    |           |
| ◦ Fluxo de informação entre os lobos parietal e frontal           |           |
| ◦ Importância da conectividade da substância branca               |           |
| ◦ Evidências de neuroimagem                                       |           |
| <b>6. O Papel do Ambiente</b>                                     | <b>10</b> |
| ◦ Estímulos enriquecedores e neuroplasticidade                    |           |
| ◦ Influência da experiência e da educação                         |           |
| <b>7. Conclusão</b>                                               | <b>11</b> |
| ◦ Interação entre genética e ambiente na formação da inteligência |           |
| ◦ Relevância de ambientes estimulantes                            |           |
| <b>8. Referências</b>                                             | <b>12</b> |
| <b>9. Estudos Adicionais Comentados</b>                           | <b>13</b> |
| ◦ Hsu (2014): Arquitetura genética da inteligência                |           |
| ◦ Kantorovitz et al. (2013): Redes regulatórias genéticas         |           |
| ◦ Borges et al. (2017): Plasticidade sináptica e redes neurais    |           |
| ◦ Roitman & Crum (2019): Neuroplasticidade e talento musical      |           |



## 1. INTRODUÇÃO

---

Um estudo seminal sobre o tema publicado na revista Nature, em 2010 (Deary, Penke e Jonhson), traz contribuições rigorosas sobre a importância dos fatores genéticos na determinação do nível de inteligência. Desde então, esse estudo vem sendo corroborado por outras pesquisas, reforçando tanto o papel da herdabilidade do QI quanto o impacto do ambiente nessa equação.

## 2. CONTRIBUIÇÕES DA GENÉTICA:

---

Estudos com gêmeos e famílias indicam que os fatores genéticos representam uma parcela substancial das diferenças individuais na inteligência, com estimativas de herdabilidade variando de 50% na infância a 80% na idade adulta. Isso sugere que, à medida que as pessoas envelhecem, as influências genéticas na inteligência se tornam mais pronunciadas.

O aumento da herdabilidade da inteligência com a idade pode ser atribuído à seleção e modificação dos ambientes pelos indivíduos de formas que se alinham às suas predisposições genéticas — um conceito conhecido como epigenética, que trata da interação gene-ambiente. Por exemplo, uma criança com uma inclinação genética para alta inteligência pode buscar oportunidades educacionais desafiadoras, aprimorando assim seu desenvolvimento cognitivo.

### 3. ESTRUTURA E FUNÇÃO CEREBRAL:

---

Estudos de neuroimagem identificaram associações entre a inteligência e diversas características cerebrais, incluindo o volume total do cérebro, a integridade dos tratos de substância branca e a eficiência do processamento neural.

De maneira relevante, a teoria da integração parieto-frontal (P-FIT) propõe que uma rede envolvendo os lobos frontal e parietal é crucial para o comportamento inteligente. Volumes cerebrais maiores e maior integridade da substância branca facilitam uma comunicação neural mais eficiente, o que pode melhorar o processamento cognitivo. O modelo P-FIT sugere que a integração de informações entre as regiões frontal e parietal suporta a resolução de problemas complexos e habilidades de raciocínio, componentes essenciais da inteligência.

#### 4. MODELO P-FIT (TEORIA DA INTEGRAÇÃO PARIETO-FRONTAL):

---

A Teoria da Integração Parieto-Frontal (P-FIT) propõe que a inteligência humana depende da eficiência de uma rede de regiões cerebrais, particularmente nos lobos parietal e frontal. Essas regiões trabalham juntas para processar informações, resolver problemas e se adaptar a novas situações.

##### **Pontos-Chave do Modelo P-Fit:**

##### **Regiões Envolvidas no Cérebro:**

- Lobo Frontal: Lida com funções cognitivas de ordem superior, como planejamento, tomada de decisão e resolução de problemas.
- Lobo Parietal: Focado no processamento de informações sensoriais e na integração com raciocínio visual e espacial.

##### **Fluxo de Informação:**

- As informações entram pelos sistemas sensoriais (por exemplo, vias visuais ou auditivas) e são processadas na região parietal.
- O lobo frontal usa essas informações processadas para raciocínio, resolução de problemas e outras tarefas intelectuais.

##### **Conectividade da Substância Branca:**

- A comunicação eficiente entre essas regiões cerebrais, facilitada pelos tratos de substância branca, é crucial para a inteligência.

##### **Evidências de Neuroimagem:**

- Estudos de imagem cerebral (como fMRI e DTI) mostraram que indivíduos com escores de inteligência mais altos tendem a ter conexões mais fortes e processamento mais eficiente na rede P-FIT.



## 5. EVIDÊNCIAS ADICIONAIS DESDE 2010:

---

Pesquisas recentes citadas abaixo têm elucidado ainda mais a interação entre genética, estrutura cerebral e inteligência. Alguns desses estudos demonstraram que fatores genéticos influenciam significativamente o desenvolvimento de redes neurais associadas à inteligência. Além disso, avanços em neuroimagem forneceram mapeamentos mais detalhados das regiões cerebrais envolvidas em funções cognitivas, apoiando e refinando modelos como o P-FIT.

## 6. O PAPEL DO AMBIENTE:

---

Fatores ambientais também desempenham um papel crítico na formação da inteligência. Ambientes que apresentam estímulos enriquecedores podem aumentar a neuroplasticidade — a capacidade do cérebro de se reorganizar, formando novas conexões neurais. Essa adaptabilidade permite que os indivíduos melhorem funções cognitivas em resposta ao aprendizado e à experiência, destacando a importância da educação e de ambientes estimulantes no desenvolvimento cognitivo.

## 7. CONCLUSÃO:

---

A inteligência surge de uma interação complexa entre predisposições genéticas e influências ambientais. Os fatores genéticos fornecem uma base que influencia o desenvolvimento e a função cerebral, enquanto os fatores ambientais, particularmente durante períodos críticos de desenvolvimento, podem modificar significativamente os caminhos neurais por meio da neuroplasticidade. Essa interação dinâmica ressalta a importância de fornecer ambientes estimulantes e de apoio para fomentar o desenvolvimento cognitivo e maximizar o potencial individual.

## 8. REFERÊNCIAS

---

- Deary, I. J., Penke, L., & Johnson, W. (2010). The neuroscience of human intelligence differences. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 201–211.
- Jung, R. E., & Haier, R. J. (2007). The parieto-frontal integration theory (P-FIT) of intelligence: converging neuroimaging evidence. *Behavioral and Brain Sciences*, 30(2), 135–154.
- Plomin, R., & Deary, I. J. (2015). Genetics and intelligence differences: five special findings. *Molecular Psychiatry*, 20(1), 98–108.
- Nisbett, R. E., Aronson, J., Blair, C., Dickens, W., Flynn, J., Halpern, D. F., & Turkheimer, E. (2012). Intelligence: new findings and theoretical developments. *American Psychologist*, 67(2), 130–159.
- Penke, L., Muñoz Maniega, S., Murray, C., Gow, A. J., Hernández, M. C. V., Clayden, J. D., ... & Deary, I. J. (2010). A general factor of brain white matter integrity predicts information processing speed in healthy older people. *Journal of Neuroscience*, 30(22), 7569–7574.

## 9. ESTUDOS ADICIONAIS COMENTADOS

---

Desde 2010, diversos estudos científicos têm aprofundado a compreensão sobre a relação entre genética, neuroplasticidade e inteligência. A seguir, apresento alguns artigos relevantes publicados nesse período, acompanhados de uma breve resenha de suas contribuições ao tema:

**"On the genetic architecture of intelligence and other quantitative traits"** (2014)  
– Stephen D. H. Hsu

Este artigo discute como os genes influenciam a habilidade cognitiva e outros traços quantitativos humanos, como altura ou risco de doenças. O autor revisa medições psicométricas de inteligência, introduzindo a ideia de um "fator geral" ou escore g. Os principais resultados abordam a estabilidade, validade (poder preditivo) e herdabilidade do g adulto. O estudo sugere que a maior parte da variância genética para altura e inteligência é aditiva (linear), o que simplifica a modelagem preditiva e a estimativa estatística. Devido à redução dos custos de genotipagem, é possível que, na próxima década, pesquisadores identifiquem loci que representem uma fração significativa da variação total do g. No caso da altura, esforços análogos já estão em andamento. O autor descreve resultados não publicados sobre a arquitetura genética da altura e habilidade cognitiva, sugerindo que aproximadamente 10 mil variantes causais moderadamente raras, em sua maioria de efeito negativo, são responsáveis pela variação normal na população. Utilizando resultados de "Compressed Sensing" (regressão penalizada L1), estima-se que o poder estatístico necessário para caracterizar modelos lineares e não lineares para traços quantitativos depende do parâmetro de esparsidade (s), que é o número de loci que explicam a maior parte da variação genética. A amostra necessária é da ordem de 100s, ou aproximadamente um milhão no caso da habilidade cognitiva.

**"Genome wide identification of regulatory networks associated with general cognitive ability using a normalized alignment free similarity measure of promoter regions"** (2013) – Miriam Ruth Kantorovitz et al.

Este estudo apresenta uma medida de similaridade normalizada, chamada D2z, que pode ser utilizada para detectar potenciais relações regulatórias em conjuntos de genes, mesmo quando pouco se sabe sobre os elementos regulatórios envolvidos. Os autores aplicam essa abordagem a um conjunto de genes de um estudo de associação genômica ampla (GWAS) sobre habilidade cognitiva geral em crianças. Eles constroem uma rede de co-regulação para os genes do GWAS baseada nos escores D2z, revelando possíveis relações co-regulatórias entre os genes e predizendo genes adicionais que provavelmente fazem parte da rede. O estudo encontrou que o conjunto de genes preditos está enriquecido em genes associados ao retardo mental e termos de ontologia genética relacionados ao desenvolvimento de sinapses e neurônios. Em particular, evidenciou-se uma forte conexão regulatória entre os genes do GWAS e o gene CHL1, conhecido por estar envolvido em retardo mental.

**"Synaptic Plasticity and Spike Synchronisation in Neuronal Networks"** (2017) – Rafael R. Borges et al.

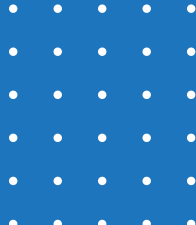
O artigo revisa os efeitos da plasticidade sináptica em redes neuronais compostas por neurônios do tipo Hodgkin-Huxley. Os autores demonstram que a topologia final da rede evoluída depende crucialmente da relação entre as forças das sinapses inibitórias e excitatórias. Quando a excitação é da mesma ordem que a inibição, a rede evoluída apresenta o fenômeno de "rich-club", conhecido por existir no cérebro. Para redes iniciais com forças inibitórias consideravelmente maiores, observa-se o surgimento de uma topologia complexa, onde neurônios estão esparsamente conectados, também típica do cérebro. A presença de ruído aumenta a força de ambos os tipos de sinapses, especialmente quando a rede inicial possui sinapses de naturezas similares em termos de força. Finalmente, os autores mostram como o comportamento síncrono da rede evoluída reflete sua topologia desenvolvida.

**"Hacking the Brain: Triggering Neuroplasticity for Enhancing Musical Talent"** (2019) – Lucas Agudiez Roitman e Poppy Crum

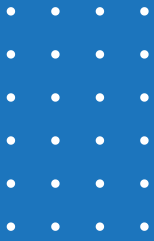
O estudo analisa melhorias cognitivas que podem ser alcançadas por meio da estimulação da neuroplasticidade, utilizando diversos métodos para aprimorar habilidades musicais. A exposição a jogos, por exemplo, mostrou-se propícia para o aprendizado de habilidades do mundo real através de estímulos auditivos e visuais. Os autores discutem a magnificação cortical e tamanhos de campos receptivos, bem como mapas topográficos do cérebro no contexto da neuroplasticidade. Eles propõem a realização de mais estudos para aprimorar o talento e as habilidades musicais.

## Referências

- Hsu, S. D. H. (2014). On the genetic architecture of intelligence and other quantitative traits. arXiv preprint, arXiv:1408.3421. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1408.3421>
- Kantorovitz, M. R., Tcheng, D., Lerman, M. I., & Jakobsson, E. (2013). Genome wide identification of regulatory networks associated with general cognitive ability using a normalized alignment free similarity measure of promoter regions. arXiv preprint, arXiv:1304.1231. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1304.1231>
- Borges, R. R., Borges, F. S., Lameu, E. L., Protachevicz, P. R., Iarosz, K. C., Caldas, I. L., Viana, R. L., Macau, E. E. N., Baptista, M. S., Grebogi, C., & Batista, A. M. (2017). Synaptic Plasticity and Spike Synchronisation in Neuronal Networks. arXiv preprint, arXiv:1709.00455. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1709.00455>



A série Q.I. e Capital Humano apresenta dados e evidências para estimular a discussão sobre as relações entre desenvolvimento do potencial das pessoas e os benefícios econômicos para o país.



Nossa Missão: Promover e implementar políticas e práticas para a identificação precoce de crianças com alto potencial cognitivo, proporcionando oportunidades adequadas para que desenvolvam plenamente suas capacidades.

**[contato@institutoidados.org.br](mailto:contato@institutoidados.org.br)**

