

BASES NEUROBIOLÓGICAS DAS ALTAS HABILIDADES: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

NEUROBIOLOGICAL BASES OF HIGH ABILITIES: AN INTEGRATIVE LITERATURE REVIEW

Tatiana Ribeiro Hordones^{1*}, Letícia Helena de Castro Naves², Marcelo de Oliveira Fonseca³

¹ Graduanda em Psicologia, Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, São Lourenço, MG, Brasil, tatianahordones@gmail.com

² Especialista, Centro Universitário do Sul de Minas Gerais - UNIS, Varginha, MG, Brasil, leticia.naves@professor.unis.edu.br

³ Doutor, Universidade de Taubaté - UNITAU, Taubaté, SP, Brasil, marcelofonsecafonseca026@gmail.com

* Autor de correspondência

Resumo

Os indivíduos com altas habilidades/superdotação apresentam perfis bastante diversos, diferenciando-se em níveis de motivação, autoconceito, formas de aprender e interesses. Esta revisão integrativa da literatura investigou as bases neurobiológicas das altas habilidades/superdotação, buscando identificar os principais achados sobre o funcionamento cerebral desses indivíduos e compreender se, de fato, há diferenças cerebrais anatômicas e funcionais em comparação com indivíduos típicos. Foram utilizados os termos em inglês como *gifted*, *brain*, *giftedness* e *neuroanatomical*, além de termos em português como: superdotação, altas habilidades, cérebro e neuroanatomia para identificar publicações de 2014 a 2024, no Google Acadêmico e nas bases PubMed e Scopus, esta última acessada pelo Portal de Periódicos CAPES. Na literatura, diversos trabalhos apontaram maior eficiência neural, conectividade frontoparietal mais integrada, menor modularização e maior adaptabilidade cerebral, especialmente em tarefas de raciocínio lógico. A maioria dos estudos foram realizados em países da Ásia e do Oriente Médio. No corpus, não foram encontrados estudos em língua portuguesa, tampouco de pesquisadores brasileiros. Diante disso, destaca-se a importância de fomentar pesquisas nacionais para ampliar o acesso a informações baseadas em evidências, capazes de fundamentar práticas educacionais mais adequadas ao desenvolvimento de um público essencial para o progresso científico, cultural e social do país.

Palavras-chave: Revisão integrativa de literatura. Altas habilidades. Diferenças anatômicas.

Abstract

Individuals with giftedness exhibit highly diverse profiles, differing in levels of motivation, self-concept, learning approaches, and interests. This integrative literature review investigated the neurobiological bases of giftedness, seeking to identify key findings on brain functioning and understand whether anatomical and functional brain differences exist compared with typically developing individuals. English terms such as *gifted*, *brain*, *giftedness*, and *neuroanatomical*, as well as Portuguese terms such as *superdotação*, *altas habilidades*, *cérebro*, and *neuroanatomia*, were used to identify studies published between 2014 and 2024 in Google Scholar and the PubMed and Scopus databases, with Scopus accessed through the CAPES Journals Portal. Several studies reported greater neural efficiency, more integrated frontoparietal connectivity, lower modularity, and greater brain adaptability, particularly during logical reasoning tasks. Most studies were conducted in Asia and the Middle East. Within the corpus, no studies were identified in Portuguese or by Brazilian researchers. These findings highlight the importance of promoting research in Brazil to broaden access to evidence-based information that can inform educational practices better suited to the development of a population essential to the country's scientific, cultural, and social progress.

Keywords: Integrative literature review. Giftedness. Anatomical differences.

1 INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços nas pesquisas sobre altas habilidades/superdotação (AH/SD), ainda é debatida pela complexidade e diversidade dos perfis encontrados. Os indivíduos com AH/SD diferenciam-se em níveis de motivação, autoconceito, formas de aprender e interesses. Compreender as características e necessidades específicas desses estudantes orienta ações educacionais que favorecem seu desenvolvimento pleno, podendo também gerar importantes retornos sociais, científicos e culturais (Brasil, 2023, p. 7). Para compreender as AH/SD, é essencial considerar as diferentes perspectivas sobre a inteligência e suas formas de avaliação.

A inteligência vem sendo estudada há mais de um século pela psicologia, mas ainda é difícil encontrar uma definição única. O modelo Cattell-Horn-Carroll (CHC) busca compreender essa diversidade, organizando as habilidades cognitivas em três níveis: no topo, a inteligência geral (g); no nível intermediário, habilidades amplas, como raciocínio fluido, compreensão verbal, memória de trabalho, velocidade de processamento e habilidades visuais; e, na base, habilidades mais específicas que compõem as amplas (McGrew, 2005, p. 137, 146, 147).

A teoria CHC ajuda a compreender as habilidades avaliadas pelos instrumentos psicométricos. Entre eles, estão as escalas Wechsler, cujos subtestes avaliam inteligência cristalizada (Gc), raciocínio fluido (Gf), memória de trabalho (Gwm), velocidade de processamento (Gs) e habilidades visuoespaciais (Gv). As pontuações dos testes são correlacionadas e examinadas por análise fatorial, buscando identificar as habilidades cognitivas envolvidas no desempenho (Primi, 2003). Esses testes são padronizados e seguem critérios científicos em sua construção, aplicação e avaliação (Viana, Nascimento, 1999).

Com base nesses modelos de inteligência, diferentes autores e instituições educacionais buscaram definir os estudantes com AH/SD. O Ministério da Educação (MEC), por exemplo, considera que alunos com superdotação demonstram potencial elevado nas áreas acadêmica, intelectual, de liderança, psicomotricidade e artes. Esse potencial pode ser observado em áreas isoladas ou combinadas (Brasil, 2008, p. 15).

Entre as teorias mais citadas, está a Teoria dos Três Anéis, proposta por Joseph Renzulli. Nesse modelo, crianças com AH/SD possuem ou podem desenvolver a interação entre habilidades acima da média, comprometimento com a tarefa e criatividade (Renzulli, 1978). Virgolim (2007) entende as AH/SD como um fenômeno multifacetado, que pode se manifestar nas áreas intelectual, artística ou social, em diferentes graus de complexidade e domínio, conforme o talento, a motivação e o desenvolvimento de cada indivíduo.

Nos últimos anos, a neurociência contribuiu para o entendimento das bases biológicas cerebrais associadas às AH/SD, trazendo luz à pergunta: Onde está a inteligência no cérebro?

Com as técnicas de neuroimagem, é possível demonstrar a relação entre as estruturas cerebrais e seu funcionamento. Andreasen *et al.* (1993) comparou imagens de ressonância magnética do volume de regiões do cérebro associadas a funções cognitivas (hipocampo, cavidade intracraniana, hemisférios cerebrais, ventrículos laterais, lobos temporais, caudado e cerebelo) com resultados de QI e encontrou uma correlação, porém modesta. Segundo a autora, a qualidade do tecido cerebral, e não a quantidade, seria outro aspecto importante para as funções cognitivas. Esse estudo ainda cita como a complexidade dos circuitos, espessura da mielina, expansão dos dendritos, número de sinapses, eficiência metabólica e a produção, liberação e recaptação de neurotransmissores, facilitam a velocidade e eficiência de transferência de informação no cérebro, bem como a expansão dessa capacidade.

Received in 27.03.2026 - Received in revised form in 20.12.2025 - Accepted in 16.10.2026 – Available online 30.10.2026

Teorias neurobiológicas, como a Parieto-Frontal Integration (P-FIT), proposta por Jung e Haier (2007), sugerem que uma maior inteligência geral resultaria da atuação de uma ampla rede neuronal, com uma maior integração entre córtex pré-frontal dorsolateral, lobo parietal, córtex cingulado anterior, e regiões específicas do córtex temporal e parietal.

Diante dessas evidências sobre a integração frontoparietal, torna-se relevante investigar como esses mecanismos se manifestam em indivíduos com AH/SD. Assim, este artigo busca realizar uma revisão integrativa das evidências recentes relacionadas às bases neurobiológicas dos indivíduos com AH/SD, trazendo à luz o que há de mais atual sobre o tema.

A justificativa para este trabalho surgiu da necessidade de compreender o funcionamento cerebral desses indivíduos e investigar possíveis diferenças cerebrais anatômicas e funcionais, em comparação com indivíduos típicos. Além disso, busca-se identificar estudos realizados no Brasil sobre o tema, independentemente do idioma de publicação.

2 METODOLOGIA

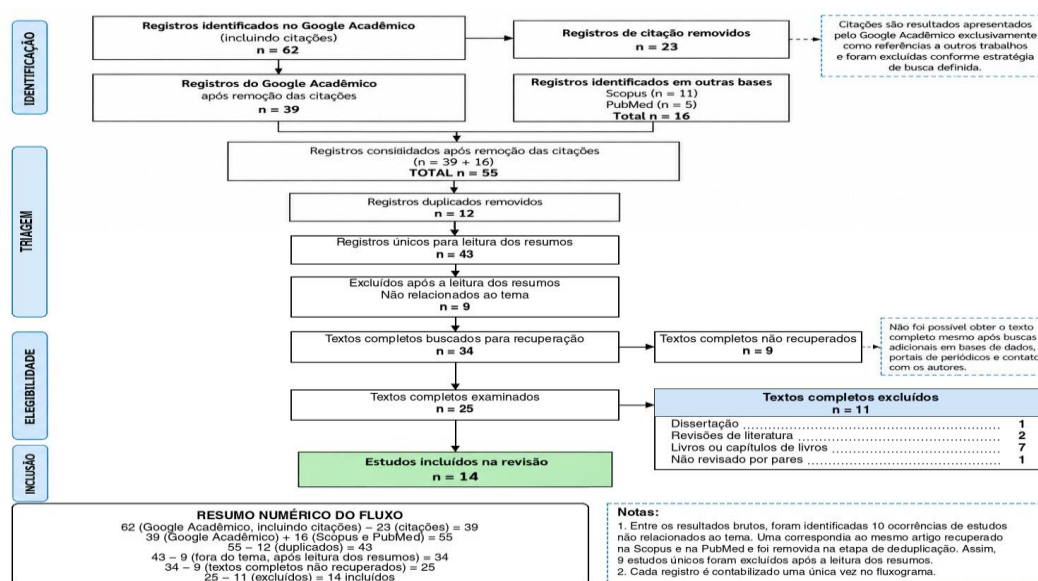
Este estudo configura-se como uma revisão integrativa da literatura sobre as alterações neurobiológicas associadas às AH/SD. As buscas no Google Acadêmico foram realizadas em dezembro de 2024. Nesta plataforma, foram utilizadas as expressões *gifted AND brain* e *neuroanatomical AND giftedness*, com restrição dos termos ao título e recorte temporal de 2014 a 2024. Também foram realizadas buscas em português, utilizando as expressões *cérebro AND superdotação*, *cérebro AND altas habilidades*, *neuroanatomia AND superdotação* e *neuroanatomia AND altas habilidades*, mantendo-se a restrição ao título e ao mesmo período. Nas buscas realizadas no Google Acadêmico utilizando descritores em língua portuguesa, não foram identificados estudos que atendessem simultaneamente aos critérios de inclusão estabelecidos e que apresentassem os termos de busca no título. Os estudos foram selecionados conforme sua adequação conceitual ao tema proposto, priorizando aqueles que abordam evidências sobre o funcionamento neurobiológico de indivíduos com AH/SD. Adicionalmente, foram realizadas buscas complementares nas bases PubMed e Scopus (via Portal de Periódicos CAPES), utilizando as expressões de busca *gifted AND brain* e *neuroanatomical AND giftedness*, com restrição dos termos ao campo do título e recorte temporal de 2014 a 2024. Na PubMed, as buscas foram realizadas em 6 de julho de 2026 para a expressão *gifted AND brain* e em 9 de julho de 2026 para *neuroanatomical AND giftedness*. Foram utilizadas as strings ("gifted"[Title] AND "brain"[Title]) AND (2014:2024[pdat]) e ("neuroanatomical"[Title] AND "giftedness"[Title]) AND (2014:2024[pdat]), ambas com restrição ao campo do título, ao período de 2014 a 2024. Na Scopus, ambas as expressões foram pesquisadas em 20 de julho de 2026 e foram utilizadas as strings TITLE (gifted AND brain) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) e TITLE (neuroanatomical AND giftedness) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")), restringindo-se os resultados ao tipo documental artigo.

Para refinar os resultados, utilizou-se a busca avançada, restringindo os resultados à presença dos termos *gifted AND brain* e *neuroanatomical AND giftedness* no título da publicação. A restrição dos termos apenas ao título teve o propósito de identificar estudos diretamente relacionados ao tema investigado e tornar a estratégia de busca mais específica, evitando a quantidade massiva de estudos que usam esses termos de forma abrangente no corpo do texto ou no resumo.

Na busca realizada no Google Acadêmico, foram identificadas 62 publicações inicialmente. Esses resultados incluíram registros apresentados como citações pela plataforma. Após a exclusão de 23 citações, 39 registros foram considerados.

Na busca complementar, foram identificados 11 artigos na base Scopus e 5 artigos na PubMed, totalizando 55 considerados no processo de seleção. Após a remoção de 12 registros duplicados entre as bases, permaneceram 43 para triagem. Os critérios de inclusão foram: estudos empíricos publicados em periódicos científicos ou como trabalhos completos em anais de eventos, submetidos à revisão por pares, contendo os termos de busca em seu título e relacionados às bases neurobiológicas das AH/SD. Foram considerados diferentes desenhos de pesquisa, incluindo estudos observacionais, correlacionais comparativos e experimentais. A revisão por pares foi verificada a partir do tipo de publicação e das informações disponibilizadas pelo periódico ou evento em que cada artigo foi publicado. Os critérios de exclusão definidos foram: estudos que não se adequaram aos critérios de inclusão, revisões de literatura, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, trabalhos não revisados por pares, livros e estudos duplicados. Também foram desconsiderados websites, citações e estudos que não estavam diretamente relacionados ao tema. Para a exclusão dos estudos fora do tema, realizou-se a leitura dos resumos de todos os artigos encontrados. Com a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram excluídos 29 trabalhos: 1 dissertação, 2 revisões de literatura, 7 livros ou capítulos de livros, 9 estudos não relacionados ao tema, 1 não revisado por pares e 9 sem acesso ao texto completo. Entre os resultados brutos, foram identificadas 10 ocorrências de estudos não relacionados ao tema; entretanto, uma delas correspondia ao mesmo artigo recuperado em mais de uma base e foi removida na etapa de deduplicação. Ao final, 14 estudos foram incluídos na revisão. Após a seleção, os estudos foram lidos integralmente e foram extraídas informações referentes ao idioma da publicação, tamanho e características da amostra, desenho do estudo, instrumentos ou medidas utilizadas, principais achados e limitações relatadas pelos autores. Os dados extraídos foram organizados e posteriormente conferidos nos textos originais dos estudos, conforme apresentado no Quadro 2. Nos artigos em outros idiomas, o Google Tradutor foi utilizado apenas como ferramenta auxiliar de tradução. A identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos encontram-se apresentadas na Figura 1, em fluxograma adaptado das recomendações PRISMA 2020.

Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção dos estudos



Fonte: autoria própria, adaptado de PRISMA 2020.

3 RESULTADOS

Após a leitura e a aplicação dos critérios de exclusão, foram selecionados 14 estudos para análise, a maioria realizada em países da Ásia e do Oriente Médio. Os textos integrais foram publicados em inglês, árabe, persa e coreano, mas todos apresentaram os termos de busca em inglês em seus títulos.

Os artigos selecionados serão apresentados no Quadro 1 e discutidos a seguir.

Quadro 1 - Dados dos estudos selecionados

NOME DO ESTUDO	AUTORES	ANO DE PUBLICAÇÃO	PERIÓDICO/EVENTO
Analysis of the Relationship between Science-Gifted Student's Brain Dominance and Scientific Creative Problem Solving	KWON Min Jung, CHO Sun Hee	2014	Journal of Gifted Education
Brain activity associated with translation between graphical and symbolic representations of functions in generally gifted and excelling in mathematics adolescents	WAISMAN, Ilana <i>et al.</i>	2014	International Journal of Science and Mathematics Education
Localization of neural efficiency of the mathematically gifted brain through a feature subset selection method	ZHANG, Li; GAN, John Q.; WANG, Haixian	2015	Cognitive Neurodynamics
Effectiveness of Teaching Brain-Based Learning in Developing Creative Thinking Skills and Learning Motivation among Gifted Students in Jerash Governorate	ALOQAILY, Mohammed Taha Rashid	2018	The International Journal for Talent Development
Structural brain network of gifted children has a more integrated and versatile topology	SOLÉ-CASALS, Jordi <i>et al.</i>	2019	Brain Structure and Function
Directed Connectivity Analysis of the Brain Network in Mathematically Gifted Adolescents	WEI, et al.	2020	Computational Intelligence and Neuroscience
EEG source-space synchrostate transitions and Markov modeling in the math-gifted brain during a long-chain reasoning task	ZHANG, Li <i>et al.</i>	2020	Human Brain Mapping
Analysing Effective Connectivity of the Math-gifted Brain with Nonlinear Granger Causality	JIANG, Xiang; WANG, Haixian	2021	IEEE IMCEC
Brain Dominance for academic gifted students and its relationship with Overexcitabilities patterns	ABDELREHEEM, Tarik N. Mohamed	2021	Journal of Scientific Research in Education
Neuroanatomical differences in the memory systems of intellectual giftedness and typical development.	KUHN, Taylor <i>et al.</i>	2021	Revista Brain and Behavior
Comparison of the brains quadrant dominance styles and information processing styles in gifted and normal students	PIRMOHAMMAD, Monire; REZAYI, Saeed	2022	Scientific Quarterly of Neuropsychology
Brain dominance and its relationship to tolerance for cognitive ambiguity and academic achievement among gifted and normally developing secondary stage female students in Makkah Al-Mukarramah	ALZHRANI, Elham Majhoud	2023	Journal of Educational and Psychological Sciences (JEPS)
Brain networks of mathematically gifted adolescents based on directed transfer function and partial directed coherence	ZHU, Yakun; WANG, Haixian	2023	Second International Conference on Biomedical and Intelligent Systems
Development of a cognitive empowerment training package based on the executive functions of the brain and its effectiveness on the academic competence of underachievement gifted students of sixth grade elementary	YAVARI, Hanieh <i>et al.</i>	2024	Journal of Applied Psychological Research

Fonte: Autoria própria

4 DISCUSSÃO

Os achados desta revisão de literatura mostraram evidências sobre como o cérebro dos indivíduos com altas habilidades se diferencia do cérebro dos indivíduos com desenvolvimento típico na sua estrutura e funcionalidade, como sugere a literatura (Andreasen *et al.*, 1993).

O Quadro 2 resume as informações dos estudos analisados.

Quadro 2 - Síntese dos estudos incluídos

Estudo	Idioma	Amostra	Desenho do Estudo	Instrumentos/ Medidas	Principais Achados	Limitações
Kwon , Cho (2014)	Coreano	159 estudantes com AH em ciências	Quantitativo Correlacional	LSJI (Lee Sohn Jeon Index), adaptação baseada no HBDI; teste de resolução criativa de problemas científicos	Associação entre dominância cerebral e resolução criativa; maior uso do quadrante superior direito no grupo com maior criatividade	Generalização limitada a estudantes superdotados em ciências
Waisman et al. (2014)	Inglês	84 meninos destros, 16–18 anos; cinco grupos	Quantitativo, comparativo	EEG/ERP; acurácia e tempo de resposta em tarefa matemática; Raven e SAT-M para caracterização dos grupos	Maior precisão e menor tempo de resposta nos estudantes com habilidades matemáticas excepcionais, comparados aos outros dois grupos com excelência matemática. Entre estes, os estudantes com superdotação geral apresentaram menor atividade elétrica cerebral em determinados intervalos da tarefa do que aqueles sem superdotação geral, indicando eficiência neural..	Aplicação das medidas eletrofisiológicas em sala de aula limitada pelas condições de laboratório.
Zhang, Gan e Wang (2015)	Inglês	15 estudantes: 8 superdotados em matemática e 7 controles; ambos os sexos; idade média ≈16 anos	Quantitativo, comparativo, com EEG durante tarefa experimental	EEG (60 canais), GBR, tarefas de raciocínio indutivo numérico, tempo de resposta, acurácia e RAPM	Eficiência neural variou com a complexidade da tarefa e a aprendizagem de curto prazo; maior redução da atividade neural nos superdotados, com predomínio da rede frontoparietal direita.	Não foram identificadas limitações explicitadas pelos autores.
Aloqaily (2018)	Árabe	60 superdotados: 30 experimental e 30 controle; Jerash, Jordânia	Quantitativo, quase-experimental, com avaliação pré e pós-intervenção	Teste de habilidades de pensamento criativo (20 itens) e escala de motivação para aprendizagem (44 itens)	O grupo submetido à aprendizagem baseada no cérebro apresentou maior pensamento criativo e motivação para a aprendizagem.	Não foram identificadas limitações metodológicas explicitadas pelo autor.
Solé-Casals et al. (2019)	Inglês	29 meninos destros: 15 superdotados em matemática e 14 controles; idade média ≈12 anos	Quantitativo, observacional e comparativo	RM estrutural (3T), espessura cortical, redes de covariação estrutural e teoria dos grafos	Rede estrutural mais integrada e menos segregada nos superdotados, com maior comunicação entre módulos e mais nós de alta versatilidade em áreas corticais de associação.	Amostra pequena, composta apenas por meninos destros, com poder estatístico e generalização limitados.
Wei et al. (2020)	Inglês	38 estudantes: 20 superdotados em matemática e 18 controles	Quantitativo, experimental e comparativo	EEG, causalidade de Granger, conectividade direcionada e teoria dos grafos durante tarefa de raciocínio dedutivo	Maior precisão e rapidez, com menor fluxo de informações nas etapas finais, sugerindo processamento mais automatizado.	Não foram explicitadas limitações pelos autores.
Zhang et al. (2020)	Inglês	26 estudantes: 12 superdotados em matemática e 14 controles	Quantitativo, experimental e comparativo	EEG, conectividade funcional e modelagem por cadeias de Markov durante tarefa de raciocínio dedutivo	Maior precisão e menor tempo de resposta, maior recrutamento e estabilidade da rede executiva central e da rede frontotemporal direita e maior capacidade de reorganização das redes funcionais durante o raciocínio	Baixa relação sinal-ruído no EEG de ensaio único, restrições no agrupamento dos estados e necessidade de validação dos métodos de localização das fontes.
Jiang e Wang (2021)	Inglês	38 estudantes: 20 superdotados em matemática e 18 controles	Quantitativo, experimental e comparativo	EEG e análise de conectividade efetiva por causalidade de Granger não linear durante tarefa de raciocínio dedutivo	Maior precisão e rapidez; densidade causal variável conforme a etapa do raciocínio e a faixa de frequência; maior aumento do fluxo causal nas regiões médio-frontais e parietais posteriores.	Não foram explicitadas limitações pelos autores.
ABDELREHEM, Tarik N. Mohamed (2021)	Árabe	200 universitários superdotados; ambos os sexos; seis universidades sauditas	Quantitativo, correlacional/comparativo	Inventário de dominância cerebral + inventário de sobre-excitabilidades	Diferenças nas sobre-excitabilidades conforme sexo e área acadêmica, com associação aos padrões de dominância cerebral e contribuição indireta das dimensões cognitiva e imaginativa.	Não foram identificadas limitações explicitadas pelo autor.
Kuhn et al. (2021)	Inglês	30 crianças: 18 com AH/SD e 12 típicas; ambos os sexos; ≈10 anos. Validação	Quantitativo, observacional e comparativo	Stanford-Binet 5; MRI estrutural; DWI/DTI; análise de estruturas subcorticais e substância	Maior volume subcortical e integridade da substância branca em regiões da memória explícita nos superdotados; nos típicos, as diferenças favorecem	Não foram identificadas limitações explicitadas pelos autores.

		externa: 7.652 participantes		branca	regiões da memória implícita.	
Pirmohammadi e Rezayi (2022)	Persa	368 adolescentes: 184 superdotadas e 184 de escolas regulares; sexo feminino	Quantitativo, observacional e comparativo (causal-comparativo)	Questionários de dominância dos quadrantes cerebrais de Herrmann e de estilos de processamento da informação	Diferenças entre os grupos nos estilos de dominância cerebral e de processamento da informação	Amostragem por conveniência e coleta de dados on-line.
Alzahrani (2023)	Árabe	562 alunas do ensino médio: 267 superdotadas e 295 típicas	Descritivo, correlacional e comparativo	Escala de Dominância Cerebral de Al-Zoubi + Escala de Tolerância à Ambiguidade de Budner + desempenho acadêmico	Predomínio do padrão integrado nas superdotadas e esquerdo nas típicas; diferenças nas relações com tolerância à ambiguidade e desempenho acadêmico.	Não foram identificadas limitações metodológicas explicitadas pelo autor.
Zhu e Wang (2023)	Inglês	38 participantes iniciais; 36 analisados: 19 superdotados e 17 controles	Quantitativo, experimental e comparativo	EEG; DTF; PDC; tarefa de raciocínio dedutivo; bandas θ e γ	Maior integração frontoparietal nos superdotados, com transferência de informação entre regiões distantes e maior fluxo pré-frontal/frontal para regiões parietais.	Amostra pequena.
Yavari et al. (2024)	Persa	36 participantes: 18 experimental e 18 controle; 19 meninos e 17 meninas; 12–14 anos	Método misto; etapa quantitativa quase-experimental, pré/pós-teste e seguimento de 2 meses	Programa de treinamento cognitivo baseado em funções executivas + ACQ	Melhora significativa da competência acadêmica após a intervenção, mantida no seguimento	Amostra intencional, com generalização limitada; sem controle de fatores ambientais, familiares e sociais..

Fonte: Autoria própria

Observando os resultados dos mesmos, podemos agrupá-los em categorias como: estudos que descreveram habilidades matemáticas, estudos que relataram eficiência neural e conectividade, estudos sobre teorias de aprendizagem, estudos sobre a neuroanatomia e sobre dominância cerebral. Um mesmo estudo pode integrar mais de uma categoria.

4.1 Eficiência neural e conectividade

Nos estudos sobre eficiência neural e conectividade, foram comparados estudantes com AH/SD e estudantes típicos. Diversos artigos desta revisão abordaram a diferença na conectividade cerebral e eficiência neural entre estudantes superdotados e típicos. Esses estudos mostraram, através de análises de eletroencefalograma (EEG), as regiões cerebrais que são mais ativadas nos adolescentes superdotados, durante tarefas de raciocínio lógico e também a conectividade efetiva entre regiões cerebrais importantes para a resolução das mesmas, com maior precisão e menor tempo, ou seja, a eficiência neural. As análises foram comparadas com as do grupo controle. As conexões frontoparietais, com maior destaque no hemisfério direito, e sua correlação com alto desempenho cognitivo e AH/SD foram um padrão comum encontrado nesses estudos (Waisman *et al.*, 2014; Zhang, Gan, Wang, 2015; Wei *et al.*, 2020; Zhang, 2020; Jiang, Wang, 2021; Zhu, Wang, 2023).

Waisman *et al.* (2014) encontraram evidências de que os adolescentes com AH/SD utilizam de forma mais focada áreas relevantes para o desempenho da tarefa de raciocínio lógico. Ao contrário de ativar múltiplas áreas de forma difusa ou desnecessária, o cérebro desses estudantes, segundo os autores Zhang e Gan (2015) e Jiang e Wang (2021), concentra sua atividade em conexões específicas, como entre o lobo frontal e o lobo parietal, que são regiões associadas ao controle executivo, planejamento e manipulação de informações abstratas, indicando efeitos da eficiência neural. Esses autores também observaram uma diminuição gradual da atividade cerebral gama (associada à formação da solução) nas regiões frontoparietais direitas e lobo frontal inferior direito durante as fases intermediárias e finais da tarefa, o que sugere um aprendizado de curto prazo e maior rapidez na automatização da tarefa. De modo complementar, Wei *et al.* (2020) identificaram nos adolescentes matematicamente superdotados uma maior densidade causal e maior eficiência global da rede cerebral durante a integração das informações apresentadas e a elaboração inicial da conclusão durante uma tarefa de raciocínio dedutivo. Entretanto, na etapa final, foi observada uma redução do fluxo de informações entre as regiões anteriores e posteriores. Essa redução foi

Received in 27.03.2026 - Received in revised form in 20.12.2025 - Accepted in 16.10.2026 – Available online 30.10.2026

interpretada pelos autores como possível indício de conclusão mais rápida e automatização do processamento. Zhang (2020) observou nos adolescentes com superdotação uma maior ativação cerebral, ou seja, mais fluxo de informações nas fases iniciais da tarefa, especialmente nas regiões frontoparietais (responsáveis pelo controle executivo e planejamento).

Portanto, segundo Waisman *et al.* (2014) e Zhang, Gan e Wang (2015), o alto desempenho cognitivo não está associado a uma maior atividade cerebral. A eficiência neural que se apresenta nos indivíduos com altas habilidades não está atrelada a quanto o cérebro trabalha, mas sim à forma focada e eficiente com que utiliza seus recursos. Os achados de Wei *et al.* (2020) reforçam que essa eficiência tem um caráter dinâmico, podendo ocorrer maior integração e fluxo de informações nas etapas mais exigentes do raciocínio, reduzindo a comunicação quando o processamento se encontra mais avançado. Segundo Zhang *et al.* (2020) e Zhu e Wang (2023), as análises estatísticas do EEG demonstraram maior ativação e frequência de uso de padrões de conectividade entre a rede executiva central, localizada no córtex pré-frontal dorsolateral (CPFDL), e a rede frontotemporal direita, mostrando maior interconectividade cerebral, favorecendo uma maior organização e flexibilidade neural, o que leva ao alto desempenho em tarefas complexas. Os autores também encontraram maior transferência de informação entre regiões cerebrais distantes, especialmente do córtex pré-frontal para outras regiões, o que sugere um funcionamento mais eficiente e distribuído do cérebro matematicamente talentoso, em comparação com adolescentes típicos.

4.2 Diferenças neuroanatômicas corticais e subcorticais

Os artigos Structural brain network of gifted children has a more integrated and versatile topology (Solé-Casals *et al.*, 2019) e Neuroanatomical differences in the memory systems of intellectual giftedness and typical development (Kuhn *et al.*, 2021) analisaram, mediante imagens de ressonância magnética (MRI), as estruturas corticais e subcorticais, respectivamente. Ambos encontraram diferenças anatômicas e de conectividade nos cérebros de crianças superdotadas em comparação com aquelas com desenvolvimento típico (Solé-Casals *et al.*, 2019; Kuhn *et al.*, 2021). Os sistemas de memória implícito e explícito foram citados em apenas um artigo, o décimo do quadro 1, de Kuhn *et al.* (2021), que descreveu diferenças nas dimensões e conexões das regiões cerebrais envolvidas nesses sistemas entre os dois grupos. Os autores sugerem que os sistemas de memória podem estar relacionados às habilidades cognitivas avançadas observadas nos indivíduos superdotados.

Segundo Kuhn *et al.* (2021), as análises das imagens de MRI das regiões subcorticais dessas crianças mostraram diferenças morfológicas no putâmen e no hipocampo, regiões relacionadas aos sistemas de memória implícita e explícita. Solé-Casals *et al.* (2019), ao analisarem a espessura cortical e a organização das conexões cerebrais, encontraram nos indivíduos superdotados uma rede estrutural mais integrada e menos segregada em comparação com o grupo controle. Essa organização apresentou menor modularização e maior comunicação entre diferentes regiões cerebrais, indicando uma topologia de rede mais integrada e versátil, que pode contribuir para o melhor desempenho cognitivo.

Kuhn *et al.* (2021), ao analisarem imagens de MRI das regiões subcorticais, encontraram nas crianças superdotadas estruturas maiores e uma organização microestrutural da substância branca mais robusta entre regiões associadas à memória explícita, especialmente no hipocampo bilateral e no putâmen direito, quando comparadas às crianças com desenvolvimento típico. Em contrapartida, o grupo com desenvolvimento típico apresentou estruturas maiores e mais conectadas em regiões associadas à memória implícita. Solé-Casals *et al.* (2019), ao analisarem a espessura cortical e a organização das redes cerebrais estruturais, identificaram nos superdotados uma rede cerebral mais integrada e menos segregada em comparação ao grupo controle, além de

maior versatilidade e participação dos nós da rede, indicando maior comunicação entre diferentes módulos cerebrais. Os autores também encontraram, no grupo de crianças superdotadas, maior proporção de hubs conectores localizados no córtex de associação.

4.3 Dominância Cerebral

A literatura analisada inclui a investigação da dominância cerebral e sua relação com as altas habilidades. Esses trabalhos buscaram entender as preferências de pensamentos dos indivíduos superdotados. Esses trabalhos buscaram entender as preferências de pensamento dos indivíduos superdotados, avaliadas segundo modelos de dominância cerebral, e sua relação com o alto desempenho acadêmico desse grupo (Kwon, Cho, 2014; Abdelrheem, 2021; Pirmohammadi, Rezayi, 2022; Alzahrani, 2023).

Ao utilizar o modelo de Herrmann, que organiza as preferências de pensamento em quatro quadrantes, cada qual com sua característica cognitiva dominante, como raciocínio, criatividade, empatia e organização (Herrmann, 1998), Pirmohammadi e Rezayi (2022) identificaram escores mais altos nas estudantes superdotadas do que nas típicas, tanto nos quatro quadrantes do questionário de preferências de pensamento quanto nos estilos de processamento da informação. Kwon e Cho (2014), utilizando a escala LSJI (Lee Sohn Jeon Index), uma adaptação baseada no HBDI que avalia preferências de pensamento segundo modelo de Herrmann, e um teste de resolução criativa de problemas científicos, encontraram associações entre os escores do quadrante D, relacionado ao pensamento imaginativo e holístico, e as medidas de originalidade e fluência. Esses resultados dizem respeito às preferências de pensamento e ao desempenho nas tarefas, sem demonstrar diretamente a ativação dos hemisférios ou a conectividade cerebral.

Na fundamentação teórica apresentada por Abdelrheem (2021), a sobre-excitabilidade psicológica é discutida em relação às AH/SD. Nessa perspectiva, as respostas intensas aos estímulos poderiam favorecer a capacidade de encontrar relações entre assuntos diferentes e, assim, produzir alternativas originais, fluentes e flexíveis. Essa interpretação teórica deve ser distinguida dos resultados do estudo, que identificou maior sobre-excitabilidade emocional nas mulheres da amostra. Já Alzahrani (2023), utilizando a Escala de Dominância Cerebral de Al-Zoubi e a Escala de Tolerância à Ambiguidade de Budner, encontrou maior presença do perfil denominado integrado entre as estudantes superdotadas e uma associação negativa entre esse perfil e a tolerância à ambiguidade. Porém, essa associação não permite concluir que a sobre-excitabilidade ou a flexibilidade cognitiva causem menor tolerância à ambiguidade. O perfil integrado se refere à classificação obtida na escala, não a uma medida direta de integração cerebral.

4.4 Aprendizagem

Entender como o cérebro dos superdotados funciona ao aprender e suas bases neurológicas pode ser útil no desenvolvimento de estratégias de aprendizagem alinhadas ao perfil cognitivo desses alunos. Os estudos de Aloqaily (2018) e Yavari et al. (2024) investigaram intervenções educacionais com objetivos distintos: o primeiro avaliou o pensamento criativo e a motivação para aprender, enquanto o segundo investigou um pacote de capacitação cognitiva baseado em funções executivas para alunos superdotados com baixo desempenho acadêmico. Os autores discutem que esse baixo desempenho pode estar associado a dificuldades de motivação, organização e autorregulação. Yavari et al. (2024) observaram melhora na competência acadêmica, avaliada por questionário. Aloqaily (2018) aplicou uma intervenção de aprendizagem baseada no cérebro (Brain-Based Learning) em uma amostra de 60 alunos superdotados. Os resultados apontaram melhora nas habilidades de pensamento criativo e na motivação para aprender, avaliadas por teste e escala,

respectivamente. Esses achados se referem aos resultados educacionais das intervenções, não demonstrando adaptação às estruturas cerebrais individuais ou mudanças neurobiológicas.

De acordo com Kuhn et al. (2021), é possível haver um espectro de tipos de inteligência que são facilitados pelo desenvolvimento distinto dos sistemas de memória implícita e explícita. Isso explicaria por que superdotados e crianças típicas podem apresentar formas de aprendizado diferentes. Aloqaily (2018) relaciona as bases neurológicas com a criatividade e inteligência. Kwon e Cho (2014) consideram importante que as escolas adotem um método de ensino que valorize o desenvolvimento das habilidades analíticas e também das habilidades criativas, para que os estudantes desenvolvam suas capacidades mais equilibradamente.

4.5 Habilidades Matemáticas

Alunos com habilidades matemáticas foram alvo de uma parcela significativa dos estudos aqui citados. As tarefas de raciocínio lógico têm respostas objetivas, mensuráveis e um nível de dificuldade controlado, por isso foram utilizadas na maioria das investigações das altas habilidades. Tais tarefas ativam as regiões cerebrais do córtex frontal e parietal e suas conexões, sendo ideais para analisar e compreender os mecanismos da eficiência neural e da conectividade cerebral (Waisman et al., 2014; Zhang et al., 2015; Wei et al., 2020; Zhang et al., 2020; Jiang, Wang, 2021; Zhu, Wang, 2023). Entretanto, a habilidade em matemática, por si só, não seria um indicador de superdotação geral, pois os alunos com desenvolvimento típico conseguem atingir uma excelência matemática, porém, com mais esforço.

Waisman et al. (2014) observaram maior precisão e menor tempo de resposta nos estudantes com habilidades matemáticas excepcionais, em tarefas de tradução de representações gráficas para simbólicas de funções. Esse desempenho foi superior ao de dois grupos: estudantes com superdotação geral e excelência em matemática e estudantes com excelência em matemática sem superdotação geral. Esses resultados se referem ao desempenho na tarefa, enquanto os achados de eficiência neural apresentados no Quadro 2 se referem à atividade cerebral associada à sua realização. Wei et al. (2020) identificaram que os adolescentes matematicamente superdotados foram mais precisos e responderam mais rapidamente à tarefa de raciocínio dedutivo do que o grupo controle. Os autores também encontraram diferenças no fluxo de informações cerebrais durante a realização da tarefa, indicando um processamento mais eficiente e uma automatização mais rápida. Esses estudos focados na matemática também descrevem as características funcionais e estruturais do cérebro em estudantes superdotados e foram discutidos nos tópicos anteriores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os estudos analisados, os estudantes com altas habilidades apresentaram uma ativação cerebral mais focada e uma comunicação mais eficiente entre as regiões frontais e parietais, principalmente no hemisfério direito, durante tarefas de raciocínio lógico. Nessas amostras, também foram observadas menor modularização e uma organização das redes mais integrada, indicando maior adaptabilidade cerebral e favorecendo o desempenho em tarefas de maior complexidade.

Outro ponto relevante foi o perfil das publicações. A maioria dos estudos selecionados foi realizada em países da Ásia e do Oriente Médio, e as publicações incluem textos integrais em inglês, árabe, persa e coreano. Não foram identificados, entre os trabalhos incluídos nesta revisão, estudos realizados no Brasil ou de autoria de pesquisadores brasileiros, ainda que publicados em língua estrangeira. Essa ausência deve ser interpretada considerando os limites da estratégia de busca adotada, não permitindo concluir que inexistem pesquisas nacionais sobre o tema. A diversidade

linguística das publicações também pode dificultar o acesso de educadores e profissionais da saúde às evidências analisadas.

Diante dessa realidade, evidencia-se a necessidade de fomento a pesquisas nacionais robustas e padronizadas, considerando a diversidade cultural do país, para subsidiar estratégias educacionais mais eficazes para esse público. O perfil das altas habilidades traz impactos funcionais que vão além das implicações educacionais e envolvem não somente o desempenho cognitivo acima da média, mas também características psicológicas e comportamentais, como intensidade emocional, autocrítica elevada, sensibilidade acentuada, pensamento divergente e intensa curiosidade. Essas singularidades podem tornar esses indivíduos vulneráveis e são necessárias modificações na educação como um todo para que se desenvolvam de forma integral e saudável. Quando esses traços não são identificados e acompanhados, podem gerar desequilíbrios socioemocionais, sentimentos de inadequação e dificuldades no contexto escolar. Por outro lado, esse público, quando adequadamente identificado e estimulado, pode alcançar melhores possibilidades de expressão e realização pessoal, podendo assim contribuir significativamente para o avanço científico, tecnológico e cultural da sociedade.

Perante contexto semelhante ao citado acima, de negligência dos aspectos das altas habilidades, pode-se ressaltar que os estudos encontrados se concentraram predominantemente em uma única manifestação da superdotação: o raciocínio lógico. Como já salientado nesta revisão, alguns dos estudos analisados apontaram indicadores de eficiência neural e maior flexibilidade na resolução de problemas nas amostras investigadas, especialmente de raciocínio lógico. Porém, testes de desempenho cognitivo avaliam medidas como precisão e tempo de resposta, enquanto os escores psicométricos caracterizam as habilidades cognitivas dos participantes; essas medidas não avaliam diretamente a eficiência neural. Nos estudos analisados, esta foi investigada por medidas de atividade e conectividade cerebral, especialmente por EEG, e interpretada a partir de indicadores como ativação mais focalizada, mudanças no fluxo de informações e eficiência global das redes durante as tarefas. A concentração dos estudos em tarefas de matemática e raciocínio lógico limita a compreensão de outras manifestações das altas habilidades, que podem chegar à área do atletismo, das artes, etc., e não apenas ao raciocínio lógico. Esses achados se restringem às amostras e às tarefas analisadas, não podendo ser generalizados para todas as manifestações das AH/SD.

É interessante, também, ressaltar que não foram identificados neste corpus estudos longitudinais que acompanhem o neurodesenvolvimento de indivíduos superdotados, uma vez que a literatura tem mostrado como a alta cognição, a estrutura e as funções cerebrais e os fatores genéticos se relacionam nesse fenômeno. Estudos futuros poderiam acompanhar o desenvolvimento cognitivo e as medidas de estrutura, atividade e conectividade cerebral ao longo do tempo, investigando como essas características se relacionam durante o desenvolvimento, além de comparar diferentes domínios de habilidade, para além da matemática, em amostras brasileiras. Esse acompanhamento do neurodesenvolvimento deve ser distinguido do seguimento breve de intervenções, voltado à avaliação de seus efeitos e da manutenção dos resultados.

Uma limitação desta revisão refere-se à estratégia de busca adotada, que restringiu os termos ao título das publicações e utilizou duas expressões específicas. Embora esse recorte tenha permitido maior especificidade na seleção dos estudos, pode ter deixado de recuperar pesquisas relevantes que utilizaram outros termos relacionados às AH/SD ou que apresentaram os termos investigados apenas no resumo ou nas palavras-chave. Dessa forma, os achados desta revisão devem ser compreendidos considerando os limites da estratégia de busca utilizada.

REFERÊNCIAS

- ABDELRHEEM, Tarik N. Mohamed. Brain dominance for academic gifted students and its relationship with overexcitabilities patterns. **Journal of Scientific Research in Education**, Cairo, v. 22, n. 4, p. 154–185, abr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.21608/jsre.2021.63662.1278> . Acesso em: 10 out. 2026.
- ALOQAILY, Mohammed Taha Rashed. Effectiveness of Teaching Brain-Based Learning in Developing Creative Thinking Skills and Learning Motivation among Gifted Students in Jerash Governorate. **The International Journal for Talent Development**, Aden, v. 9, n. 1, p. 97–115, 2018. Disponível em: <https://journals.ust.edu/index.php/IJTD/article/view/1327/1323> . Acesso em: 10 out. 2026.
- ALZAHRANI, Elham Majhoud. Brain dominance and its relationship to tolerance for cognitive ambiguity and academic achievement among gifted and normally developing secondary stage female students in Makkah Al-Mukarramah. **Journal of Educational and Psychological Sciences**, Albuquerque (NM), v. 7, n. 20, p. 84–111, 2023. DOI: 10.26389/AJSRP.R150123. Disponível em: <https://doi.org/10.26389/AJSRP.R150123> . Acesso em: 10 out. 2026.
- ANDREASEN, Nancy C. *et al.* Intelligence and brain structure in normal individuals. **American Journal of Psychiatry**, Washington, v. 150, n. 1, p. 130–134, 1993. DOI: 10.1176/ajp.150.1.130. Disponível em: <https://psychiatryonline.org/doi/10.1176/ajp.150.1.130> . Acesso em: 10 out. 2026.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. **Parecer CNE/CP nº 51/2023**. Orientações Específicas para o Público da Educação Especial: atendimento dos estudantes com altas habilidades/superdotação. Brasília: Ministério da Educação, 2023. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2023-pdf/254491-pcp051-23/file> . Acesso em: 10 out. 2026.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva. **Inclusão: Revista de Educação Especial**, Brasília (DF), v. 4, n. 1, p. 7–17, jan./jun. 2008. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/revinclusao5.pdf> . Acesso em: 10 out. 2026.
- HERRMANN, Ned. **The theory behind the HBDI® and Whole Brain® technology**. Lake Lure: Herrmann International, 1998. Disponível em: https://www.thinkherrmann.com/hubfs/Articles/Theory_Behind_The_HBDI_and_Whole_Brain_Technology.pdf . Acesso em: 10 out. 2026.
- JIANG, Xiang; WANG, Haixian. Analysing effective connectivity of the math-gifted brain with nonlinear Granger causality. *In*: IEEE ADVANCED INFORMATION MANAGEMENT, COMMUNICATES, ELECTRONIC AND AUTOMATION CONTROL CONFERENCE (IMCEC), 4., 2021, Chongqing. **Proceedings[...]**.Chongqing: IEEE, 2021. p. 1932–1936. DOI: 10.1109/IMCEC51613.2021.9482324. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9482324/authors#authors> . Acesso em: 10 out. 2026.
- JUNG, Rex E.; HAIR, Richard J. The parieto-frontal integration theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence. **Behavioral and Brain Sciences**, Cambridge, v. 30, n. 2, p. 135–
- Received in 27.03.2026 - Received in revised form in 20.12.2025 - Accepted in 16.10.2026 – Available online 30.10.2026
- Interação**, Varginha, MG, v. 28, n. 2, p. 52-65, 2026, ISSN 1517-848X / ISSN 2446-9874.

154, 2007. DOI: 10.1017/S0140525X07001185. Disponível em:
<https://www.cambridge.org/core/journals/behavioral-and-brain-sciences/article/abs/parietofrontal-integration-theory-pfit-of-intelligence-converging-neuroimaging-evidence/175ECF09153B51136C21325465C6A86F> . Acesso em: 10 out. 2026.

KUHN, Taylor; BLADES, Robin; GOTTLIEB, Lev; KNUDSEN, Kendra; ASHDOWN, Christopher; MARTIN-HARRIS, Laurel; GHAREMANI, Dara; DANG, Bianca H.; BILDER, Robert M.; BOOKHEIMER, Susan Y. Neuroanatomical differences in the memory systems of intellectual giftedness and typical development. **Brain and Behavior**, Los Angeles(CA), v. 11, n. 11, 2021. DOI: 10.1002/brb3.2348. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/brb3.2348> . Acesso em: 10 out. 2026.

KWON, Min Jung; CHO, Sun Hee. Analysis of the relationship between science-gifted student's brain dominance and scientific creative problem solving. **Journal of Gifted/Talented Education**, Seoul, v. 24, n. 6, p. 961–974, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.9722/JGTE.2014.24.6.961> . Acesso em: 10 out. 2026.

McGREW, Kevin S. The Cattell-Horn-Carroll theory of cognitive abilities: past, present, and future. In: FLANAGAN, Dawn P.; HARRISON, Patti L. (org.). **Contemporary intellectual assessment: theories, tests, and issues**. 2. ed. New York: Guilford Press, 2005. p. 136-181. Acesso em: 10 out. 2026.

PIRMOHAMMADI, Monire; REZAYI, Saeed. Comparison of brain quadrant dominance styles and information processing styles in gifted and normal students. **Neuropsychology**, Tehran, v. 8, n. 3, Serial 30, p. 21–28, Autumn 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.30473/clpsy.2023.62231.1645> . Acesso em: 10 out. 2026.

PRIMI, Ricardo. Inteligência: avanços nos modelos teóricos e nos instrumentos de medida. **Avaliação Psicológica**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 67–77, jun. 2003. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712003000100008&lng=pt&nrm=iso . Acesso em: 10 out. 2026.

RENZULLI, Joseph S. What makes giftedness? A reexamination of the definition of the gifted and talented. **The Phi Delta Kappan**, Bloomington, v. 60, n. 3, p. 180–184, nov. 1978. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/20299281> . Acesso em: 10 out. 2026.

SOLÉ-CASALS, Jordi *et al.* Structural brain network of gifted children has a more integrated and versatile topology. **Brain Structure and Function**, v. 224, n. 7, p. 2373-2383, jun. 2019. DOI: 10.1007/s00429-019-01914-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00429-019-01914-9> . Acesso em: 10 out. 2026.

VIANA, Tania Vicente; NASCIMENTO, Raimundo Benedito do. A inteligência para a psicometria. **Educação em Debate**, Fortaleza, ano 21, n. 37, p. 96–100, 1999. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/14325/1/1999_art_tviana.pdf . Acesso em: 10 out. 2026.

VIRGOLIM, Angela M. R. **Altas Habilidades/Superdotação: encorajando potenciais**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial, 2007. 70 p. (Série: Altas Habilidades/Superdotação). ISBN 978-85-60331-13-0. Disponível em: <https://gedh->

uerj.pro.br/documentos/altas-habilidades-superdotacao-encorajando-potencias/ . Acesso em: 10 out. 2026.

WAISMAN, Ilana; LEIKIN, Mark; SHAUL, Shelley; LEIKIN, Roza. Brain activity associated with translation between graphical and symbolic representations of functions in generally gifted and excelling in mathematics adolescents. **International Journal of Science and Mathematics Education**, Changhua County, v. 12, n. 3, p. 669–696, jun. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9513-5> . Acesso em: 10 out. 2026.

WEI, Mengting; WANG, Qingyun; JIANG, Xiang; GUO, Yiyun; FAN, Hui; WANG, Haixian; LU, Xuesong. Directed connectivity analysis of the brain network in mathematically gifted adolescents. **Computational Intelligence and Neuroscience**, v. 2020, artigo 4209321, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/4209321> . Acesso em: 10 out. 2026.

YAVARI, Hanieh; SHEIVANDI CHOLICHEH, Kamran; DORTAJ, Fariborz; REZAYI, Saeed; ASADZADEH, Hassan. Development of a cognitive empowerment training package based on the executive functions of the brain and its effectiveness on the academic competence of underachievement gifted students of sixth grade elementary. **Journal of Applied Psychological Research**, Tehran, Accepted Manuscript, nov. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.22059/japr.2024.372908.644869> . Acesso em: 10 out. 2026.

ZHANG, Li; GAN, John Q.; WANG, Haixian. Localization of neural efficiency of the mathematically gifted brain through a feature subset selection method. **Cognitive Neurodynamics**, (s.l.), v. 9, n. 5, p. 495–508, out. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11571-015-9345-1> . Acesso em: 10 out. 2026.

ZHANG, Li *et al.* EEG source-space synchrostate transitions and Markov modeling in the math-gifted brain during a long-chain reasoning task. **Human Brain Mapping**, New Jersey, v. 41, n. 13, p. 3620-3636, set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/hbm.25035> . Acesso em: 10 out. 2026.

ZHU, Yakun; WANG, Haixian. Brain networks of mathematically gifted adolescents based on directed transfer function and partial directed coherence. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMEDICAL AND INTELLIGENT SYSTEMS – IC-BIS, 2., 2023, Xiamen. Proceedings(...)*. Bellingham: SPIE, ago. 2023. p. 1–10. Disponível em: <https://doi.org/10.1117/12.2687736> . Acesso em: 10 out. 2026.