



UNIVERSIDADE CÂNDIDO MENDES  
INSTITUTO A VEZ DO MESTRE – FACULDADE INTEGRADA  
PÓS-GRADUAÇÃO PRESENCIAL EM NEUROCIÊNCIA PEDAGÓGICA  
DISCIPLINA: NEUROCIÊNCIA E OS TRANSTORNOS DA APRENDIZAGEM  
PROFESSORA: SIMONE FERREIRA  
ALUNO: EVANDRO DE OLIVEIRA MACHADO

## A CONECTIVIDADE CEREBRAL E O TDAH

O presente trabalho pretende examinar o TDAH como sendo também o resultado de sérios problemas ligados à conectividade cerebral.

O debate foi ancorado nas contribuições dos seguintes autores:

1) MARIA ISABEL QUEIRÓS MAGNO DE MESQUITA, *Avaliação das Funções Executivas em Crianças – Estudos Psicométrico, Desenvolvimental e Neuropsicológico*, tese apresentada em 2011 à Universidade Fernando Pessoa (Portugal) como parte integrante dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Ciências Sociais, na área de especialidade em Psicologia<sup>1</sup>;

2) RENATA ROCHA KIELING, *Conectividade Funcional em Repouso em Crianças com Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade*, tese apresentada em 2013 como requisito para obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Medicina (área de concentração: neurociência) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul;<sup>2</sup> e

3) SAMUELE CORTESE & FRANCISCO XAVIER CASTELLANOS, *TDAH e Neurociência*, trabalho apresentado na Enciclopédia sobre o Desenvolvimento na Primeira Infância [on-line], Canadá.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> [http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/3312/3/TD\\_mariaisabelmesquita.pdf](http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/3312/3/TD_mariaisabelmesquita.pdf)

<sup>2</sup> <http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/5567/1/000450585-Texto%2BCompleto-0.pdf>

<sup>3</sup> Cortese S, Castellanos FX. TDAH e neurociência. Bisanz J, ed. tema. In: Tremblay RE, Boivin M, Peters RDeV, eds. *Enciclopédia sobre o Desenvolvimento na Primeira Infância [on-line]*. Montreal, Quebec: Centre of Excellence for Early Childhood Development e Strategic Knowledge Cluster on Early Child Development; 2013:1-8. Disponível em: <http://www.encyclopedia-crianca.com/documents/Cortese-CastellanosPRTxp1.pdf>

Para uma definição sobre TDAH e seus sintomas, a referência foi Paulo Mattos, médico psiquiatra e professor adjunto da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Mestre e Doutor em Psiquiatria e pós-doutor em Bioquímica, coordenador do GEDA – Grupo de Estudos do Déficit de Atenção da UFRJ e fundador da Associação Brasileira do Déficit de Atenção – ABDA.<sup>4</sup>

## INTRODUÇÃO

Já sabemos que o TDAH (Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade) é provocado pela quantidade insuficiente de neurotransmissores ligados à atenção (noradrenalina) e ao prazer (dopamina).

Os portadores de TDAH têm uma alteração nas substâncias que passam as informações entre as células nervosas, os chamados neurotransmissores. No caso do TDAH, é o controle de liberação da dopamina e da noradrenalina que está alterado. Esses neurotransmissores são importantes especialmente na região anterior do cérebro, o lobo frontal, e suas conexões para vários outros locais no cérebro. Os centros reguladores das emoções também parecem frequentemente alterados no TDAH.<sup>5</sup>

Nas sinapses químicas encarregadas de nos mantermos atentos, quando nelas a quantidade *ótima* de noradrenalina não é atingida, temos desatenção. Naquelas sinapses cuja função é produzir sensação de bem-estar, prazer ou satisfação, quando a quantidade *ótima* de dopamina não é atingida, temos hiperatividade. Tudo isso produz o terceiro sintoma típico do TDAH, a saber: a impulsividade.

Resumindo, temos déficits de noradrenalina e dopamina nas respectivas sinapses. Talvez o organismo seja capaz de produzir estes neurotransmissores em quantidade suficiente, e o defeito ocorra no momento da transmissão da informação via sinapse, seja por algum problema *de encaixe* com seus receptores bioquímicos, ou ser o número de tais receptores insuficiente; enfim, são várias as possibilidades de erros ou problemas na

---

<sup>4</sup> MATTOS, PAULO, *No Mundo da Lua – Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade – TDAH*, ABDA, 14ª Edição, Brasil, 2013.

<sup>5</sup> MATTOS, Paulo, op. cit, p. 58.

transmissão de informações entre os neurônios. O fato é que, em tais sinapses, quantidade insuficiente destes neurotransmissores participa do processo. Quando isto acontece de forma recorrente, temos o TDAH.

No tratamento deste transtorno usa-se medicação adequada, além de psicoterapia.

O tratamento com medicamentos sempre deve ser feito? Se o diagnóstico de TDAH estiver claro, ou seja, se há desatenção, hiperatividade e impulsividade que causam problemas significativos na escola, no ambiente familiar, no trabalho e no convívio com as outras pessoas em geral, a resposta é sim.

[...]

Como agem os medicamentos no tratamento do TDAH? Aumentam a quantidade de dopamina e noradrenalina que se encontram relativamente diminuídas em determinadas regiões do sistema nervoso central, mais especificamente nas regiões que controlam os impulsos, os níveis de atenção e os níveis de atividade motora. A dopamina e a noradrenalina são substâncias normalmente produzidas e liberadas pelas células nervosas e servem para transmitir as informações entre elas, por isso são chamadas de neurotransmissores. Uma regulação deficitária nos sistemas de dopamina e/ou noradrenalina parece estar envolvida no aparecimento dos sintomas de TDAH.<sup>6</sup>

Há novas pesquisas em curso que indicam que o TDAH não se resume apenas no déficit destes dois neurotransmissores. O problema é bem mais complexo.

A neuroquímica do cérebro é diferente em caso de TDAH? A convergência das informações genéticas, neuropsicofarmacológicas, de neuroimagem e do modelo animal sugerem que vários sistemas neurotransmissores (como os sistemas dopaminérgico, noradrenérgico, serotoninérgico e, possivelmente, colinérgico nicotínico) estão envolvidos na patofisiologia do TDAH. Estudos espectroscópicos preliminares relataram alterações da proporção entre a creatina e diversos neurotransmissores (compostos da colina, o N-acetil-aspartate e o glutamato/ glutamina - um regulador da dopamina).<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> Idem, pp. 178-179.

<sup>7</sup> CORTESE, SAMUELE; CASTELLANOS, FRANCISCO XAVIER, op. cit., p. 3.

## CONECTIVIDADE CEREBRAL

Na TDAH encontramos, portanto, problemas com neurotransmissores. Ora, se temos problemas com os elementos químicos mediadores de transmissão de informações via sinapse, temos um problema de conexão, que pode ser entre neurônios de um mesmo órgão ou de neurônios pertencentes a órgãos diferentes que, naturalmente, exercem funções diferentes. Neste último caso, temos um problema de *conectividade cerebral*.

Imaginemos um indivíduo qualquer recebendo simultaneamente estímulos visuais e sonoros, por exemplo, no cinema. Temos, então, o seguinte *circuito sináptico*: os receptores sensoriais sensíveis à luz e ao som recebem os estímulos simultaneamente. Fazem, cada um a seu modo, a respectiva *transdução sensorial* para, em seguida, utilizando-se de suas respectivas vias sensoriais (nervos), transmitirem as informações – já transduzidas – ao Tálamo que, por sua vez, fará com que cheguem às respectivas áreas especializadas do córtex (área visual primária localizada no lobo occipital, especializada em luz; área auditiva primária localizada no lobo temporal, especializada em som). Entram em operação os neurônios da memória de trabalho (Córtex Pré-Frontal) que recebem as informações das áreas auditivas e visuais do Córtex.

Enquanto o mecanismo da memória de trabalho [localizada no Córtex Pré-Frontal] é posto em jogo em cada experiência, **a informação processada pelo córtex pré-frontal se comunica a outras regiões do cérebro e faz um intercâmbio de informações com elas**. As outras regiões do cérebro incluem aquelas que analisam rapidamente a informação sensorial [no caso, área visual primária e área auditiva primária] e as que armazenam memórias de maior duração. [...] A análise rápida de informação é feita *on-line* pela memória de trabalho, e compara com outras informações que possam ocorrer simultaneamente ou que já estejam guardadas no cérebro.<sup>8</sup>

A memória de trabalho vai interagir com as memórias de curta e longa duração (basicamente com o Hipocampo) para estabelecer significados para as informações. Vai também interagir com as Amígdalas Cerebrais para ver se aquilo é ou não perigoso, com o Sistema Límbico (emoções) e assim por diante.

---

<sup>8</sup> IZQUIERDO, Iván, *A Arte de Esquecer*, Vieira & Lent, Rio de Janeiro, 2004, pp. 24-25. Grifo nosso.

No exemplo dado, qualquer problema nas vias sensoriais, na comunicação do Tálamo com o Córtex (área visual ou auditiva), e deste com o Córtex Pré-Frontal, ou deste último com o Hipocampo ou com as Amígdalas Cerebrais vai produzir algum tipo de alteração comportamental detectável. Tais problemas de *conectividade* entre os órgãos cerebrais é do que tratamos aqui.

## **A RELAÇÃO ENTRE O TDAH E PROBLEMAS DE INTERCONECTIVIDADE CEREBRAL**

Em indivíduos com TDAH há sérios problemas de conectividade cerebral.

O TDAH se caracteriza por uma combinação de dois grupos de sintomas: [A] Desatenção e [B] hiperatividade e impulsividade.

(...) Sintomas de desatenção (devem ocorrer frequentemente):

- 1) Prestar pouca atenção a detalhes e cometer erros por falta de atenção.
- 2) Dificuldade de se concentrar (tanto nas tarefas escolares quanto em jogos e brincadeiras).
- 3) Parecer estar prestando atenção em outras coisas durante uma conversa.
- 4) Dificuldade em seguir as instruções até o fim ou deixar tarefas e deveres sem terminar.
- 5) Dificuldade de se organizar para fazer algo ou planejar com antecedência.
- 6) Relutância ou antipatia em relação a tarefas que exijam esforço mental por muito tempo (tais como estudo ou leitura).
- 7) Perder objetos necessários para realizar as tarefas ou atividades do dia a dia (ou perder muito tempo procurando).
- 8) Distrair-se com muita facilidade com coisas à sua volta ou mesmo com os próprios pensamentos. É comum “sonhar acordado”.
- 9) Esquecer coisas que deveria fazer no dia a dia.

[...] Sintomas de hiperatividade e impulsividade (devem ocorrer frequentemente):

- 1) Ficar mexendo as mãos e pés quando sentado ou se mexer muito na cadeira.
- 2) Dificuldade de permanecer sentado em situações em que isso é esperado (sala de aula, mesa de jantar etc.).
- 3) Correr ou subir nas coisas, em situações nas quais isto é inapropriado (em adultos pode se manifestar como uma dificuldade de sossegar e relaxar quando se tem tempo livre).
- 4) Dificuldades para se manter calmo ou quieto em jogos ou brincadeiras.
- 5) Parecer ser “elétrico” e a “mil por hora” (em adolescentes e adultos pode se restringir a um sentir-se inquieto por dentro).
- 6) Falar demais.
- 7) Responder a perguntas antes de elas serem concluídas. É comum responder à pergunta sem ler até o final.

8) Não conseguir aguardar a sua vez (nos jogos, na sala de aula, em filas etc.).

9) Interromper os outros ou se meter nas conversas alheias.<sup>9</sup>

Para dar conta – adequadamente - de tantas atividades ou respostas aos estímulos recebidos, é claro que inúmeras conectividades cerebrais se realizam.

[...] estudos recentes por *imagiologia de tensor de difusão*, técnica que possibilita uma exploração quantitativa da substância branca, mostram uma alteração da conectividade estrutural nas vias que ligam o *córtex pré-frontal* direito aos *gânglios basais* assim como nas vias que ligam o *giro cingulado* ao *córtex entorrinal*.<sup>10</sup>

De fato, os pesquisadores no campo do TDAH se concentram atualmente no estudo das disfunções das *redes neuronais distribuídas*. Uma abordagem relativamente nova, que avalia a conectividade funcional em repouso e durante a execução de uma tarefa, parece ser especialmente promissora para entender melhor as anomalias complexas dessas redes presumivelmente por trás do TDAH.<sup>(...)</sup> Evidências preliminares sustentam a hipótese chamada de interferência do modo padrão no TDAH, segundo a qual uma modulação ineficiente das flutuações padrões da rede interfere com o funcionamento ótimo dos circuitos neuronais que sustentam a execução das tarefas ativas.<sup>11</sup>

No estudo de MARIA ISABEL QUEIRÓS MAGNO DE MESQUITA, o controle cognitivo de portadores de TDAH é menor. “Observa-se uma menor ativação nas regiões de interligação entre o córtex-frontal e o corpo estriado [...]”<sup>12</sup> Há também defeitos ligados a órgãos específicos, como a menor atividade em áreas do Sistema Límbico, sistema ligado às respostas emocionais.

São ainda verificados défices de activação no hipocampo e circunvolução do cíngulo (área anterior) que se associam [...] à deficiente capacidade de acesso a dados da memória passada e a desvantagens motivacionais.<sup>13</sup>

---

<sup>9</sup> MATTOS, Paulo, op. cit, pp. 28-30.

<sup>10</sup> CORTESE, SAMUELE; CASTELLANOS, FRANCISCO XAVIER, op. cit., p. 2, grifos nossos.

<sup>11</sup> Idem, p. 3, grifos nossos.

<sup>12</sup> MESQUITA, MARIA ISABEL QUEIRÓS MAGNO DE, op. cit., p. 68.

<sup>13</sup> Idem, p. 67, grifos nossos. A autora faz tais afirmações com base em extensa consulta a estudos de revisão bibliográfica.

RENATA ROCHA KIELING estudou o TDAH utilizando-se de neuroimagem funcional para testar hipóteses sobre o funcionamento das respectivas redes cerebrais. As conclusões foram promissoras.

Foram realizadas análises de conectividade funcional entre regiões de interesse [...] demarcadas sobre áreas da rede default mode network (DMN<sup>14</sup>). Posteriormente, a conectividade da DMN antes e após o tratamento foi mapeada através de uma análise de componentes independentes (ICA, independent component analysis). Os resultados da análise [...] não demonstraram modificações significativas na conectividade entre regiões da DMN com o tratamento, havendo apenas um pequeno aumento da conectividade ântero-posterior da rede. A análise por ICA revelou um aumento significativo de conectividade da DMN com o putâmen esquerdo [...]. Observou-se ainda uma correlação positiva entre a redução dos sintomas e a conectividade entre o putâmen e a DMN após o tratamento [...]. Esses achados indicam que o tratamento com metilfenidato modifica a conectividade entre a DMN e núcleos subcorticais. Disfunções em circuitos corticosubcorticais foram frequentemente associados à fisiopatologia do TDAH. O efeito do tratamento com metilfenidato pode, em parte, estar associado à elevação dos níveis dopaminérgicos em núcleos subcorticais, modulando a sua conectividade com a DMN.<sup>15</sup>

Seus estudos indicaram, portanto, que o uso da medicação atenuou os sintomas dos portadores de TDAH em função da melhora nas suas respectivas conectividades cerebrais.

A análise da conectividade funcional de repouso em meninos com TDAH revelou uma arquitetura fragmentada da DMN, o que pode refletir uma característica específica da conectividade cerebral no transtorno, um estado transitório não-patológico relacionado à idade, ou mesmo ambas as situações. O tratamento ocasionou um aumento de conectividade córtico-subcortical, especificamente aumentando a conectividade entre a DMN e o putâmen esquerdo. Outras formas de manipulação do sistema dopaminérgico já se provaram capazes de alterar a conectividade da DMN e, neste trabalho, mostramos que a melhora associada ao metilfenidato, cujo mecanismo de ação envolve o aumento dos níveis extracelulares de dopamina nos núcleos da base, putativamente provocando um aumento na razão sinal/ruído, pode estar relacionada ao aumento da conectividade da DMN com o putâmen. Esses resultados além de corroborar a hipótese de uma disfunção da rede, potencialmente reversível com o tratamento, sugerem um mecanismo potencialmente envolvido na fisiopatologia do TDAH.<sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> A DMN (de default mode network), rede em modo default (básico, inicial), é uma das diversas redes cerebrais que estão ativas quando estamos em repouso.

<sup>15</sup> KIELING, RENATA ROCHA, op. cit., p. 6, grifos nossos.

<sup>16</sup> Idem, p. 84, grifos nossos.

## CONCLUSÃO

Os estudos sobre conectividade cerebral ampliam nossas perspectivas de análise dos problemas de natureza neurológica. Passamos a observar o cérebro não apenas analiticamente, e em repouso, mas como um todo e em movimento. Muitos dos problemas, como o TDAH, talvez sejam mais de natureza *relacional* do que propriamente *funcional*. Explicando melhor, talvez, em alguns casos, tenhamos cérebros com seus órgãos funcionando adequadamente, ou prontos para tanto, mas sem comunicação adequada entre eles. Um Hipocampo, por exemplo, em perfeito estado, uma memória de trabalho em perfeito estado mas a *estrada* entre eles danificada, impedindo o bom funcionamento de ambos.

As informações fornecidas pelas neurociências mostraram de forma inequívoca que os cérebros das crianças com TDAH são diferentes daqueles de crianças-referência. Mais recentemente, a pesquisa sobre as bases neurobiológicas do TDAH mudou de um modelo baseado em diferenças regionais do cérebro para um contexto caracterizado por uma conectividade alterada entre várias áreas. Atualmente, estamos ainda conseguindo informações principalmente sobre elementos individuais dessas redes. Em um futuro próximo, precisamos entender melhor como esses elementos se encaixam uns nos outros.<sup>17</sup>

Ao que tudo indica, a compreensão de nosso Sistema Nervoso exige uma abordagem multifacetada e profundamente dialética: estudar “*cada uma de suas árvores*”, mas nunca esquecer de examinar “*o bosque*”, um e outro como partes de uma totalidade, condicionando-se reciprocamente o tempo todo. Examinar cada um dos órgãos cerebrais envolvidos no processo e também a relação entre eles, eis a questão. Uma abordagem essencialmente *dialética* do problema.

*Evandro de Oliveira Machado.*

*Em 08 de junho de 2014.*

---

<sup>17</sup> Idem, p. 4, grifos nossos.



## BIBLIOGRAFIA

CORTESE S, CASTELLANOS FX. TDAH e neurociência. Bisanz J, ed. tema. In: Tremblay RE, Boivin M, Peters RDeV, eds. *Enciclopédia sobre o Desenvolvimento na Primeira Infância [on-line]*. Montreal, Quebec: Centre of Excellence for Early Childhood Development e Strategic Knowledge Cluster on Early Child Development; 2013:1-8.  
<http://www.encyclopedia-crianca.com/documents/Cortese-CastellanosPRTxp1.pdf>

IZQUIERDO, Iván, *A Arte de Esquecer*, Vieira & Lent, Rio de Janeiro, 2004.

MARIA ISABEL QUEIRÓS MAGNO DE MESQUITA, *Avaliação das Funções Executivas em Crianças – Estudos Psicométrico, Desenvolvimental e Neuropsicológico*, tese apresentada em 2011 à Universidade Fernando Pessoa (Portugal) como parte integrante dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Ciências Sociais, na área de especialidade em Psicologia.  
[http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/3312/3/TD\\_mariaisabelmesquita.pdf](http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/3312/3/TD_mariaisabelmesquita.pdf)

MATTOS, PAULO, *No Mundo da Lua – Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade – TDAH, ABDA, 14ª Edição*, Brasil, 2013.

RENATA ROCHA KIELING, *Conectividade Funcional em Repouso em Crianças com Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade*, tese apresentada em 2013 como requisito para obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Medicina (área de concentração: neurociência) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.  
<http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/5567/1/000450585-Texto%2BCompleto-0.pdf>

... ..