

# O avanço da cirurgia robótica cerebral e a possibilidade de substituições neuronais

Fabiano de Abreu Rodrigues

Doutor em Psicologia da Saúde pela  
Université Libre des Sciences de l'Homme, Paris.  
Doutor em Ciências da Saúde na área de Psicologia e  
Neurociência pela Emil Brunner World University.  
E-mail: deabreu.fabiano@gmail.com

Recebido: 04 mar. 2021

Aprovado: 31 mai. 2021

**Resumo:** A neurociência é um campo de estudo que tem, nos últimos anos, implementado o uso da robótica para ajudar nas pesquisas, tratamentos e cirurgias. A tecnologia tem sido uma importante aliada e, desta parceria, têm resultado importantes avanços. O rápido avanço da tecnologia robótica auxilia para que os avanços na medicina sejam também mais céleres. Contudo, temos que compreender que a invenção, inovação e desenvolvimento tecnológico não são uma ciência simples e acarretam sempre um nível de risco que deve ser previamente calculado, ainda mais quando usado em áreas tão sensíveis como a neurociência. A robótica aliada ao tratamento do cérebro possui a vantagem de se conseguir desenvolver técnicas cada vez mais eficazes e minimamente evasivas.

**Palavras-chave:** Tecnologia. Robótica Cerebral. Neurociência.

**Abstract:** Neuroscience is a field of study that has, in recent years, implemented the use of robotics to aid in research, treatments, and surgeries. Technology has been an important ally, and important advances have resulted from this partnership. The rapid advancement of robotic technology helps medical advances to be faster as well. However, we must understand that invention, innovation, and technological development are not a simple science, and always carry a level of risk that must be previously calculated, even more so when used in such sensitive areas as neuroscience. Robotics allied to brain treatment has the advantage of being able to develop increasingly effective and minimally evasive techniques.

**Key words:** Technology. Brain Robotics. Neuroscience.

**Resumen:** La neurociencia es un campo de estudio que, en los últimos años, ha implementado el uso de la robótica para ayudar en investigaciones, tratamientos y cirugías. La tecnología ha sido un aliado importante y, de esta asociación, han resultado importantes avances. El rápido avance de la tecnología robótica ayuda a que los avances en medicina también sean más rápidos. Sin embargo, tenemos que entender que la invención, la innovación y el desarrollo tecnológico no son una ciencia simple y siempre conllevan un nivel de riesgo que debe ser calculado previamente, especialmente cuando se utiliza en áreas tan sensibles como la neurociencia. La robótica combinada con el tratamiento cerebral tiene la ventaja de poder desarrollar técnicas cada vez más efectivas y mínimamente evasivas.

**Palabras clave:** Tecnología. Robótica cerebral. Neurociencia.

## Introdução

A neurocirurgia, como podemos depreender pelo nome, trata do diagnóstico, tratamento (intervenção) e reabilitação pós-cirúrgica de pacientes com lesões do sistema nervoso central. A neurocirurgia estereotáxica tem possibilitado diversos procedimentos cirúrgicos tais como biópsias, evacuação de hematomas, administração medicamentosa, ressecção cirúrgica, SEEG (radiocirurgia estereo-eletroencefalografia) e DBS (estimulação profunda do cérebro), entre outros. Todos estes procedimentos, conhecidos como cirurgias de buraco de fechadura, têm em comum um buraco de entrada com trepanação no exterior do crânio.

As constantes melhorias nas técnicas de imagiologia médica conduziram a grandes avanços na neurocirurgia. A combinação de novas modalidades de imagem e sistemas de neuro navegação ofereceram aos neurocirurgiões a capacidade de visualizar com precisão a anatomia cirúrgica e localizar a patologia durante um procedimento. Permite, a título de exemplo, um planejamento muito mais minucioso antes de uma cirurgia de forma a minimizar a invasividade do procedimento neurocirúrgico e para prevenir a perfuração do tecido neural funcional. A neurocirurgia minimamente invasiva (MIS) beneficia destes avanços.

Além disso, os avanços tecnológicos no campo da neurociência não acabam nas técnicas de diagnóstico ou cirúrgicas. A robótica, e nanotecnologia e os circuitos de patilha de informação elevam o patamar a um outro nível, inclusive da substituição neuronal que tem tido alguns avanços. Ou seja, a possibilidade da substituição de neurónios biológicos por neurónios artificiais e, a partir daí, reparar alguns danos cerebrais.

A neurociência é um campo de estudo que tem, nos últimos anos, implementado o uso da robótica para ajudar nas pesquisas, tratamentos e cirurgias. A tecnologia tem sido uma importante aliada e, desta parceria, têm resultado importantes avanços. O rápido avanço da tecnologia robótica auxilia para que os avanços na medicina sejam também mais céleres. Contudo, temos que compreender que a invenção, inovação e desenvolvimento tecnológico não são uma ciência simples e acarretam sempre um nível de risco que deve ser previamente calculado, ainda mais quando usado em áreas tão sensíveis como a neurociência.

## 1. A robótica na cirurgia

Estão presentes variadas dificuldades no campo da neurocirurgia, entre as quais, graus de liberdade limitados por parte do neurocirurgião, perda de percepção de profundidade, falta de flexibilidade para alcançar pontos anatomicamente complicados, deslocação do cérebro.

Estes problemas foram a base para que se fosse desenvolvendo novas técnicas neste campo e, conseqüentemente têm sido utilizados sistemas robóticos para resolver alguns deles. O uso da robótica na cirurgia tem crescido exponencialmente nos últimos 20 anos; a sua maior contribuição é feita na orientação e posicionamento de instrumentos cirúrgicos, maior grau de liberdade, visão tridimensional superior, melhor resolução, eliminação de tremores, escalada do movimento do neurocirurgião, e imposição de restrições físicas para evitar áreas delicadas. A cirurgia robótica abriu uma nova era em procedimentos minimamente invasivos que melhoram substancialmente o grau de sucesso do procedimento.

A cirurgia assistida pela robótica é uma tecnologia recente com grande potencial, particularmente na neurocirurgia. Os sistemas robotizados colmatam algumas das limitações próprias do ser humano, como o tremor fisiológico e a incapacidade de realizar movimentos precisos em microescala e, simultaneamente, beneficiam da capacidade de discernimento e adaptabilidade humanas inigualáveis. Na neurocirurgia, a estreita margem de erro e a necessidade de precisão e segurança na manipulação de estruturas delicadas, colocam um grande peso sobre as capacidades do cirurgião. (GONÇALVES, 2014, s/p.)

O cenário da neurocirurgia está em constante evolução. O seu objetivo mais desafiante é atingir todos os cantos do sistema nervoso. Confia-se que os avanços na robótica, a modelação do comportamento do tecido cerebral e as técnicas de cirurgia guiada pela imagem permitam grandes realizações neste campo. Em termos de perspectivas futuras, espera-se que os sistemas robóticos forneçam ao neurocirurgião uma superior garantia durante a intervenção cirúrgica. Desse modo, espera-se que seja possível melhorar a assistência sob a forma de movimentos automáticos, colaborativos, ou de controle partilhado, assim como uma realidade aumentada.

Existem ainda as questões dos avanços que ultrapassam a mera cirurgia e em que a tecnologia desempenha um papel mais focalizado na adaptação de sistemas artificiais com o objetivo de reparar o biológico.

O nosso cérebro é constituído por bilhões de neurônios, conectados entre eles e formando uma enorme rede de comunicação, a rede neural. Cada um dos neurônio detém um corpo central, diversos dendritos e um axônio. Os dendritos recebem sinais elétricos de outros neurônios através das sinapses, que integra o processo de comunicação entre neurônios. O corpo celular processa a informação e envia para outro neurônio.

Contudo, um outro tipo de neurônio foi criado. Partindo da estrutura e funcionamento do neurônio biológico, investigadores tentaram simular este sistema em computador. Um dos modelos foi proposto por Warren McCulloch e Walter Pitts em 1943, o qual implementa de maneira simplificada os componentes e o funcionamento de um neurônio biológico. Em termos simples, um neurônio matemático de uma rede neural artificial é um componente que calcula a soma ponderada de vários inputs, aplica uma função e passa o resultado adiante.

Muitos investigadores estão a apostar no avanço científico no campo da investigação das interfaces neurais, inclusive já foi possível desenvolver uma sinapse artificial orgânica. Esta tinha a funcionalidade de ser usada em processadores neuromórficos, ou seja, que reproduzem o modo de funcionamento do cérebro.

Ao longo do experimento, eles conseguiram conectar as sinapses artificiais com células vivas. O que significa que esses constituintes orgânicos poderão ser usados para criar interfaces entre o humano e o eletrônico. Uma das muitas valências poderá ser a criação de próteses controladas pelo cérebro ou interfaces cérebro-computador que poderão desempenhar as mais variadas finalidades.

Enquanto outros mecanismos integrados ao cérebro – as chamadas interfaces neurais – carecem de um sinal elétrico para detetar e organizar as mensagens do cérebro, a comunicação entre estes novos componentes e as células vivas acontece através da eletroquímica – como se o material fosse simplesmente mais um neurônio comunicando com outro neurônio. É, de facto, uma compatibilidade muito profunda entre o orgânico e o inorgânico.

Dessa forma, será possível, no futuro, reverter patologias que, até então, não seriam possíveis. Temos, ainda, a possibilidade em que o cérebro se reajusta a um elemento artificial colocado para auxiliar o corpo humano como é o caso das neuropróteses.

A utilização de neuropróteses no tratamento de pacientes portadores de deficiência locomotora severa, busca a integração entre cérebro humano e máquinas, na chamada interface cérebro-máquina, apresentando aplicações futuras que se mostram promissoras e prometem avanços além dos limites da medicina. A capacidade que o cérebro humano apresenta de se “autorreorganizar”, alterando sua fisiologia para aprender coisas novas, a exemplo da movimentação de um braço robótico, possibilita a implementação da interface cérebro-máquina, fazendo com que a prótese atue como uma extensão do seu próprio corpo. Fica claro que sem o advento da robótica, aplicada ao tratamento de pessoas portadoras de necessidades locomotoras severas, ficaria bem mais difícil e, em alguns casos, impossível sua promoção e reabilitação. Pacientes que perderam as duas pernas nunca mais poderiam andar e a reabilitação de membros lesionados ficaria, praticamente, restrita a técnicas de fisioterapia, que são muito mais demoradas e com nível de eficiência bem menor do que o do uso de robôs nos tratamentos. Com as descobertas feitas recentemente relativas ao estudo da robótica e suas aplicações, no âmbito da neurociência, aliada a experimentos recentes que apontam a possibilidade do estabelecimento de uma comunicação eficaz entre dois indivíduos, através da Interface Cérebro – Cérebro, perspectivas futuras e promissoras prometem “revolucionar” a medicina, da forma que a conhecemos (SOUZA; WANDERLEY; DÓRIA, 2015, p. 17-18).

Por outro lado, esta interligação neuronal está a desenvolver-se cada vez mais, inclusive, um grupo de cientistas copiaram um cérebro biológico para um robô e treinaram este novo ser. Esta pesquisa teve lugar na Universidade Tecnológica de Viena, na Áustria, onde copiaram o cérebro de um verme da espécie *Caenorhabditis elegans* para um computador. Seguidamente construíram uma estrutura corporal robótica e este novo ser foi treinado a balançar um objeto na sua cauda com os mesmos métodos com que ensinamos o nosso animal de estimação.

Apesar de estarmos a lidar com um ser muito simples que possui apenas 300 neurónios e provavelmente não tem consciência sobre si próprio, este tipo de experimentos abre portas a todo um novo mundo. Com o aperfeiçoamento das técnicas será possível copiar o cérebro de um animal mais complexo. No final das contas, este tipo de investigação deixa-nos cada vez mais perto de conseguir transferir a consciência humana para um computador e atingir a imortalidade. Estas questões levantam uma serie de dúvidas éticas que são necessárias ser estudadas.

Existem alguns estudos científicos neste campo (MORYA, 2009; MCBETH, LOUW, RIZUN, SUTHERLAND, 2004; NAKAO, NAKAI, ITAKURA, 2003; SADEGHI-GOUGHARI, MOJRA, 2015; SHAIKHOUNI, ELDER, 2012).

A ideia de separar a consciência de uma pessoa e transferi-la para outro meio - *mind upload*- está a ser ativamente discutida na ciência, filosofia e ficção científica. As tecnologias de transferência da mente também estão atualmente

## O avanço da cirurgia robótica cerebral...

a ser desenvolvidas por empresas privadas no Vale do Silício, e desenvolvimentos tecnológicos semelhantes têm recebido um financiamento significativo na UE. O carregamento da mente tem importantes implicações existenciais e éticas, no entanto pouco se sabe sobre o que as pessoas comuns sentem de facto sobre o assunto. O presente documento visa fornecer uma avaliação psicológica moral completa sobre vários fatores cognitivos que explicam os sentimentos e reações das pessoas relativamente ao uso da tecnologia de carregamento de mente. Em quatro estudos (incluindo o piloto) com um total de 952 participantes, foi demonstrado que os fatores cognitivos biológicos e culturais ajudam a determinar o quão fortemente as pessoas condenam o carregamento da mente. Foram utilizadas tanto manipulações experimentais num laboratório como desenhos de estudos em linha correlativos transversais. Os resultados mostraram que as pessoas que valorizam as normas de pureza e que têm uma maior sensibilidade ao desgosto sexual estão mais inclinadas a condenar o carregamento de mentes. Além disso, as pessoas que estão ansiosas pela morte e condenam atos suicidas estavam mais dispostas a aceitar o carregamento de mentes. Finalmente, uma maior literacia de ficção científica e/ou hobbyismo previam fortemente a aprovação do carregamento da mente. Vários possíveis fatores de confusão foram descartados, incluindo personalidade, valores, tendências individuais para a racionalidade, e teoria das capacidades mentais. Possíveis idiosincrasias nos materiais de estímulo (se a consciência é carregada num computador, chimpanzé, cérebro artificial, ou androide; e se o corpo da pessoa morre fisicamente durante o processo) foram descartados. Os resultados principais informam as discussões filosóficas em curso sobre como o carregamento da mente poderia (ou deveria) ser utilizado no futuro, e implicam que o carregamento da mente é um tópico muito mais saliente para a população em geral do que se pensava anteriormente (LAKKASUO et al, 2018, p. 1).

### Conclusão

A introdução da robótica na neurocirurgia e a assistência de novas técnicas de imagem permitem uma reconhecimento e localização mais precisos dos alvos cirúrgicos. Esta situação leva a uma eliminação mais completa das patologias e ajuda a evitar danos importantes nas estruturas neurais, o que resulta numa diminuição da morbilidade e mortalidade dos pacientes. Além disso existe ainda a questão da cirurgia ser menos invasiva e dessa forma a recuperação do paciente ser mais rápida.

Outro aspeto importante a focar é a utilização de neurónios artificiais no tratamento e pesquisas de patologias neuronais. Dessa forma, será possível recriar circuitos que, até então, não funcionariam. Não devemos esquecer também, toda a capacidade que o cérebro tem para se readaptar caso haja interferência exterior como no caso das neuropróteses.

A tendência atual é que o biológico e o artificial se fundam, cada vez mais, implicando a discussão de uma serie de questões éticas e morais. A robótica aliada ao tratamento do cérebro possui a vantagem de se conseguir desenvolver técnicas cada vez mais eficazes e minimamente evasivas.

## Referências

GONÇALVES, M. de A. F. **O estado da arte robótica na neurocirurgia**. [Dissertação de Mestrado em Medicina] Universidade de Coimbra, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/28089>

LAAKASUO, M., DROSINO, M., KOVEROLA, M. et al. What makes people approve or condemn mind upload technology? Untangling the effects of sexual disgust, purity and science fiction familiarity. **Palgrave Communications**. 4, 84, p. 1-14, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0124-6>

MORYA, E. Interface cérebro-máquina e reabilitação. **Revista Neurociências**, São Paulo, v. 15, n. 59, p. 303-304, 2009.

MCBETH, P. B.; LOUW, D. F.; RIZUN, P. R.; SUTHERLAND, G. R. **Robotics in neurosurgery**, v. 188, n. 4, p. 68-75, oct 2004.

NAKAO, N.; NAKAI, K.; ITAKURA, T. Updating of neuronavigation based on images intraoperatively acquired with a mobile computerized tomographic scanner: technical note. **min - Minim. Invasive Neurosurg.**, v. 46, no. 2, p. 117-120, apr 2003.

SADEGHI-GOUGHARI, M.; MOJRA, A. Intraoperative thermal imaging of brain tumors using a haptic-thermal robot with application in minimally invasive neurosurgery. **Appl. Therm. Eng.**, v. 91, p. 600-610, dec 2015.

SHAIKHOUNI, A.; ELDER, J. B. Computers and neurosurgery. **World Neurosurg.** V. 78, n. 5, p. 392-398, nov 2012.

SOUZA, J. R. M.; WANDERLEY, D. A.; DÓRIA, I. S. A importância da robótica aplicada à neurociência como ferramenta utilizada na reabilitação de pacientes com deficiência locomotora: uma revisão teórica. **Engineering Sciences**, Aquidabã, v.3, n.1, p. 6-18, 2015. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/engineeringsciences/article/view/SPC2318-3055.2015.001.0001>