

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS
DEPARTAMENTO DE SOCIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIOLOGIA

Cesar Augusto Aspiazu da Silva

De Animais a Máquinas:
Humanos Tecnicamente Melhores nos
Imaginários de futuro da convergência tecnológica

BRASÍLIA

2020

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS
DEPARTAMENTO DE SOCIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIOLOGIA

Cesar Augusto Aspiazu da Silva

De Animais a Máquinas:
Humanos Tecnicamente Melhores nos
Imaginários de futuro da convergência tecnológica

Dissertação apresentada ao Departamento de
Sociologia da Universidade de Brasília/UnB
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre.

BRASÍLIA

2020

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS
DEPARTAMENTO DE SOCIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIOLOGIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

De Animais a Máquinas:
Humanos Tecnicamente Melhores nos
Imaginários de futuro da convergência tecnológica

Autor: Cesar Augusto Aspiazu da Silva
Orientador: Prof. Dr. Fabrício Monteiro Neves (UnB)

Banca:

Prof. Dr. Fabrício Monteiro Neves (UnB)

Prof. Dr. Tiago Ribeiro Duarte (UnB)

Prof. Dr. Edemilson Paraná (UFC)

Prof. Dr. Luis Augusto de Gusmão (Suplente)

À vida que minha mãe me deu, me dá e acompanha, junto com meu pai, minha linda irmã e meu lindo irmãozinho. Adjetivos qualificativos faltam para descrever o amor que sinto por estas pessoas. Companhia de uma vida inteira, as vezes à distância e as vezes abraçados, sempre presentes. Compartilhamos alegrias, tristezas e saudades. A eles, minhas maiores homenagens, sem a sua colaboração, compreensão, suporte econômico e resguardo emocional, nada do que escrevo adiante seria possível.

Grato, por cada segundo.

Agradecimentos

Ao CNPq, pelo apoio, mediante a bolsa de estudos, à FAPDF pela viabilização de minha participação em congressos e à Universidade de Brasília (UnB). A diversidade de vidas que pude conhecer nestes espaços. Pessoas desconhecidas que se tornaram familiares, meus e minhas amigas, professores, servidores, terceirizados e às pessoas nos corredores. Às conversas curtas e às longas digressões. Às salas de aula, à biblioteca, aos laboratórios, ao Restaurante Universitário, aos jardins, festas, bares, cafés e cervejas. Sem a atmosfera criada, entre estes espaços e estes humanos:

Professores Fabrício Neves, Tiago Duarte & Edemilson Paraná, aqueles que melhor conhecem este trabalho, agradeço pela leitura, releitura e paciência, por me ajudar a pensar e a reconstruir esta dissertação.

Os cafés, livros e ideias trocadas foram sempre muito especiais, de fundamental importância para a existência deste trabalho, por me mostrar um lado mais humano da vida acadêmica. Professor, orientador, conselheiro e amigo, sou muito grato, Fabrício!

Entre as salas de aula, congressos da área, corredores, coffee-breaks, seus shows de rock, os festivais de jazz e sambas, falamos sobre a vida, debatemos sobre autores e suas ideias mais complexas, agradeço pela construção social dessa amizade, Tiagão.

Paraná, te conheci em uma de minhas primeiras aulas sobre a área de ciência e tecnologia, na ocasião substituindo o professor Michelangelo, nos encontramos em outras palestras e em lançamentos de livros. Sua dedicação à vida acadêmica e sua transitoriedade interdisciplinar, foram de grande inspiração para o desenvolvimento desta pesquisa.

Michelangelo G. S. Trigueiro, que foi um dos primeiros a escutar sobre as ideias que resultaram nesta investigação; Fabrício; Tiago; Stefan K.; Emerson F. e Sayonara L., Tutores no tempo de aprendizado dentro do PET/SOL. Aos professores não mencionados do Departamento de Sociologia e de outras áreas da UnB, com todos eles tive uma chance de aprendizado.

Por vocês, sinto admiração e desejo sucesso!

Aos amigos que tive o prazer conhecer na UnB: Antônio (Toninho/co), um dos primeiros amigos da vida acadêmica, uma pessoa literária, como o Flávio(ão), meu

companheiro de estudos até altas horas, domingos e feriados no laboratório e, junto com o Lucas (Luquitas/nhas), companheiro dos bailes de forró; Larissa (Lari), amiga e conselheira; Sofia (Sofi), companheira nas trilhas e pelos ideais sobre a natureza; Wan(Wanderson) e Ângelo(daré) vamos marcar mais sinucas; Tiago(guinho) carnavais; Matheus (perguntinha) não mais memes, mais concertos; Gabriela (Gabs), sobremesas; Andressa e Camila, cafés; Carol e Sarah (Sarita), viagens teóricas; Thais, escaladas; Larissa I., orientadores; Kelly, Marina, André, Cléa, Yuri, Rodolfo(s), Yacine, Denis, Laura, Cleide, entre outros amigos do mestrado e doutorado do PPG/SOL.

Estas pessoas escutaram minhas maiores elucubrações teóricas/filosóficas, além das mais íntimas dissonâncias cognitivas.

A todos mis amigos del resto de América Latina, Alfonso, Nelson, Clara, Laura, Eva, Ricardo.

A todos meus amigos da turma de Ciências sociais de 2.2014, com quem tive a chance de compartilhar as salas de aula, tenho conversas ocasionais, mas muito frutíferas sobre a vida para além da academia.

A meus amigos cientistas de outras universidades, de outras áreas, destaque para os biólogos e psicólogos que debateram comigo sobre várias das ideias desta dissertação.

A minhas amigas da Secretaria do SOL, Gabriela (Gabi), que além de resolver meus problemas burocráticos me ajuda a lidar com problemas pessoais. Já passamos por viagens e perrengues. Como bióloga, tivemos longas conversas, desde os tópicos de evolução até os de socialização, muitas discussões sobre interdisciplinaridade, ou a falta dela. Gabi, transmite meus agradecimentos e sentimentos à Michelle, Renata, Patrícia, Enderson, Esther e Ultyelle. Sem vocês nada do que acontece na sociologia seria possível.

Agradeço aos funcionários terceirizados da UnB, Carlos, Tarciso e dona Ana, da portaria do ICS, dona Esteva e Geandra do RU, outro Carlos, motorista do sistema de transporte público de Brasília. Eles representam uma grande parte da sociedade brasileira não destacada pela sua contribuição para alguns dos pensamentos que tive fora do ambiente acadêmico. Muitas vezes objetos de estudo, não participantes, de nossas pesquisas sobre desigualdades sociais. Estas pessoas recebem pouco crédito, às vezes, socialmente invisibilizadas, nem são cumprimentadas. São elas que sustentam e permitem a existência

do sistema sob o qual esta pesquisa se desenvolve nas próximas páginas. A crítica não é a ciência, é ao sistema sob o qual ela se desenvolve.

Nesses nomes e apelidos está inserido o sentimento de admiração e respeito que tenho por cada um de vocês, espero que saibam disso. Muitos destes nomes fazem parte das referências às quais não se faz justiça nas páginas finais desta dissertação.

Sem vocês, amigos e amigas, a produção de conhecimento não seria possível, sou eternamente grato!

Breathe

Breathe, breathe in the air
Don't be afraid to care
Leave, but don't leave me
Look around, choose your own ground

For long you'll live and high you'll fly
And smiles you'll give and tears you'll cry
And all you touch and all you see
Is all your life will ever be

[...]

Respire

Respire, respire o ar
Não tenha medo de se importar
Vá, mas não me deixe
Olhe em volta, escolha seu próprio chão

Por muito tempo você viverá e alto você voará
E sorrisos você dará e lágrimas você chorará
E tudo que você toca e tudo que você vê
É tudo o que a sua vida sempre será

[...]

(Pink Floyd, The Dark Side of The Moon, 1973)

Resumo

O tema desta investigação é discutir os imaginários sociais de ciência e tecnologia que emergem a partir da área da neuroengenharia, em sua relação com a Convergência Tecnológica de quatro disciplinas: Nanotecnologia, Biotecnologia, tecnologias da Informação e tecnologias Cognitivas -neurociências- (CT-NBIC). Estas áreas desenvolvem-se e são articuladas por meio de discursos que ressaltam o aprimoramento das capacidades físicas e cognitivas dos seres humanos, com o intuito de construir uma sociedade melhor por meio do progresso científico e tecnológico, nos limites das agendas de pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Os objetivos nesse cenário, são discutir as implicações éticas, econômicas, políticas e sociais deste modelo de sistema sociotécnico. Nos referimos, tanto as aplicações tecnológicas, quanto as consequências das mesmas na formação dos imaginários sociais, que tipo de relações se estabelecem e como são criadas dentro desse contexto.

Concluimos na busca por refletir criticamente sobre as propostas de aprimoramento humano mediado pela tecnologia, que surgem enquanto parte da agenda da Convergência Tecnológica NBIC. No entanto, as propostas de melhoramento humano vão muito além de uma agenda de investigação. Há todo um quadro de referências filosóficas e políticas que defendem o aprimoramento da espécie, vertentes estas que se aliam a movimentos trans-humanistas e pós-humanistas, posições que são ao mesmo tempo éticas, políticas e econômicas. A partir de nossa análise, entendemos que ciência, tecnologia e política estão articuladas, em coprodução, em relação às expectativas de futuros que são esperados ou desejados. Ainda assim, acreditamos que há um espaço de diálogo possível, a partir do qual buscamos abrir propostas para o debate público sobre questões de ciência e tecnologia relacionadas ao aprimoramento da espécie humana.

Palavras-chave: convergência tecnológica, aprimoramento humano, interação humano-máquina, interface cérebro-máquina, neuroengenharia, imaginários sociotécnicos

Abstract

The subject of this research is to discuss the social imaginaries of science and technology that emerge from the area of neuroengineering in relation with the Technological Convergence of four disciplines: Nanotechnology, Biotechnology, Information technologies and Cognitive technologies -neurosciences- (CT-NBIC). These areas are developed and articulated through discourses that emphasize the enhancement of human physical and cognitive capacities, the intuition it is to build a better society, through the scientific and technological progress, at the limits of the research and development (R&D) agendas.

The objective in this scenery, is to discuss the ethic, economic, politic and social implications of this model of sociotechnical system. We refer about the technological applications and the consequences of them in the formation of social imaginaries as well as the kind of social relations that are created and established in this context.

We conclude looking for critical reflections about the proposals of human enhancement mediated by the technology. That appear as a part of the NBIC technologies agenda. Even so, the proposals of human enhancement go beyond boundaries that an investigation agenda. There is a frame of philosophical and political references that defend the enhancement of the human beings. These currents that ally to the transhumanism and posthumanism movements, positions that are ethic, politic and economic at the same time. From our analysis, we understand that science, technology and politics are articulated, are in co-production, regarding the expected and desired futures. Even so, we believe that there is a space of possible dialog, from which we look to open proposals for the public discussion on questions of science and technology related to enhancement of human beings.

Key-words: technological convergence, human enhancement, human-machine interaction, brain-machine interface, neuroengineering, sociotechnical imaginaries

Sumário

INTRODUÇÃO: EXPECTATIVAS FICCIONAIS DE FUTURO	15
DIVULGAÇÃO CIENTIFICA OU FUTUROLOGIA?.....	17
OS PROFETAS DO FUTURO E O DETERMINISMO TECNOLÓGICO	19
AGENDA TECNO-ECONÔMICA DO FUTURO.....	22
A NEUROENGENHARIA E A CONVERGÊNCIA TECNOLÓGICA	27
APONTAMENTOS METODOLÓGICOS PRELIMINARES	35
TÉCNICAS DE PESQUISA E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	37
ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS	38
CAPÍTULO 1 - O PROJETO SOCIOTÉCNICO DO APRIMORAMENTO	
HUMANO	40
O APRIMORAMENTO HUMANO COMO PROJETO DE SOCIEDADE	43
IDIOMA DA COPRODUÇÃO E IMAGINÁRIOS SOCIOTÉCNICOS	46
CAPÍTULO 2 - UMA NOVA TEORIA CIENTÍFICA, UMA NOVA CONCEPÇÃO	
DE HUMANIDADE	53
<i>Quadro 1 - Parcerias do Consórcio.....</i>	<i>54</i>
MUITO ALÉM DO NOSSO EU: UMA NOVA NEUROCIÊNCIA?.....	56
MIGUEL NICOLELIS	65
CAPÍTULO 3 – ALÉM DA HUMANIDADE.....	72
COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	83
PESQUISA EXPLORATÓRIA	83
CONSIDERAÇÕES FINAIS - IMAGINARIOS SOCIOTÉCNICOS SOBRE O	
DESTINO HUMANO	101
POSFÁCIO - CONVITE	107
APÊNDICE	110

Índice de Figuras

Figura 1	26
Figura 2	91
Figura 3	92
Figura 4	93
Figura 5	93
Figura 6	95

Índice de Quadros

Quadro 1.....	55
Quadro 2.....	86
Quadro 3.....	86
Quadro 4.....	88

Índice de Gráficos

Gráfico 1.....	87
Gráfico 2.....	88
Gráfico 3.....	89

Introdução: Expectativas ficcionais de futuro

No dia 12 de junho de 2014 foi celebrada a inauguração da Copa do Mundo, realizada no Brasil. Um dos pontos centrais da cerimônia foi o chamado “chute inaugural”. Este, foi feito por Juliano Pinto, uma pessoa paraplégica, que o realizou por meio do uso de um exoesqueleto (uma veste robótica desenhada para ser utilizada pelo mesmo). Consideramos este evento como a maior exibição pública de uma Interface Cérebro-Máquina (ICM) até o momento.

O exoesqueleto foi desenvolvido por uma equipe interdisciplinar, que reuniu cientistas de vários países. O projeto foi coordenado por Miguel Nicolelis, cuja proposta era mostrar o potencial desenvolvimento da área. O ato foi televisado internacionalmente, ainda que no Brasil tenha recebido pouca atenção pela mídia local¹. O Projeto ficou conhecido como “Andar de Novo (Walk Again Project)”, e foi criado com a missão de desenvolver uma veste robótica (exoesqueleto) controlada pelo cérebro humano capaz de restaurar a locomoção em pessoas acometidas por paralisia². Consistiu em um consórcio internacional, cujo principal objetivo foi demonstrar o potencial de Interfaces Cérebro-Máquinas (ICMs) para uso clínico em reabilitação motora. Nicolelis afirmou que “Isso será possível por meio da criação da neuroprótese de corpo inteiro com capacidade de restaurar a mobilidade em pacientes paralisados por dano neurológico”³.

Este evento é considerado um ponto importante do desenvolvimento da área da neuroengenharia (objeto de estudo desta dissertação). Também introduz bem como a ciência, a tecnologia e a sociedade se relacionam. Os poucos segundos do ato podem ser resumidos nos seguintes elementos, os quais são de interesse desta pesquisa: anos de pesquisa básica e aplicada em diversas áreas de conhecimento;

- O alto investimento público e privado para financiar tal projeto;

¹ Foram poucos segundos de exposição, a performance dos artistas internacionais foi o centro das atenções na televisão brasileira.

² AASDAP: Walk Again Project (Projeto Andar de Novo) <<https://www.aasdap.org.br/projeto-andar-de-novo>>. Acesso em 10/05/2020

³ Finep: Miguel Nicolelis, conquistas na área de Neurociência <<http://www.finep.gov.br/noticias/todas-noticias/3641-miguel-nicolelis-fala-na-finep-sobre-suas-conquistas-na-area-de-neurociencia>>. Acesso em 10/05/2020

- uma série de controvérsias abarcando os cientistas envolvidos;
- questões éticas sobre a utilização desse tipo de tecnologias na reabilitação e melhoramento das capacidades físicas e cognitivas de pessoas com necessidades especiais e doenças neurodegenerativas;
- a (pouca) atenção que a mídia dá à ciência, tecnologia e inovação no Brasil;
- os interesses políticos e econômicos nacionais e internacionais envolvidos.

O evento evidencia muitos fatores que explicam a forma em que a ciência e tecnologia se desenvolvem contemporaneamente e como diferentes sistemas da sociedade legitimam tal forma de produção científica e desenvolvimento tecnológico. Criando expectativas de futuro e legitimando agendas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) baseadas em promessas de inovação, esse processo se desenvolve na ausência de um envolvimento público, e pauta-se em um molde de C&T que adota, ou se submete, a ideais propostos além do contexto em que C&T se desenvolvem, principalmente ideais econômicos e políticos engendrados nos EUA.

O desenvolvimento científico e tecnológico cada vez mais acelerado das últimas décadas (TURNER, 2016), além do crescimento da exposição e midiatização pública de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), levanta diversas questões a respeito da posição que os seres humanos ocupam dentro da natureza. Ao estar em um contexto em que há um desenvolvimento progressivo das tecnologias de aprimoramento humano, busca-se neste trabalho questionar a experiência humana emergente, que se coloca entre animais (supostamente instintivos, selvagens) e máquinas (supostamente racionalizadas, controladas). Essa nova experiência narrada sobre a natureza humana, vai além do campo científico (no caso em tela, da neuroengenharia), já que as possibilidades de aprimorá-la e as tentativas de explicá-la, ocupam um lugar de destaque na cultura contemporânea.

Assim, quer se dizer que concepções de ser humano se desenvolvem em consonância com as mudanças no sistema científico e tecnológico, na cultura mais ampla, na economia, na política. É nesse contexto que o discurso sobre o aprimoramento humano ganha espaço. Muitos são os questionamentos que se evidenciam, por exemplo, sobre as consequências desse tipo de desenvolvimento tecnológico (WHITMAN *et al.*, 2018); sobre o aprimoramento e a natureza humana (BUCHANAN, 2009), sobre os limites éticos das

tecnologias do aprimoramento humano (SANDEL, 2013) e sobre o próprio conceito de aprimoramento humano (HOFMANN, 2017). Novamente, diz-se que tais debates se dão além do campo científico. Os imaginários sociais se manifestam em diferentes esferas da sociedade, constituindo futuros imaginados que emergem tanto de dentro quanto de fora do sistema de P&D. É uma pauta abrangente, pode-se dizer, econômica, política, filosófica e social, que repercute na esfera da divulgação científica, por meio da qual o público forma seus imaginários sobre ciência, tecnologia e aprimoramento humano. Muito desse debate assemelha-se a futurologia.

Divulgação científica ou futurologia?

Nas listas dos livros mais vendidos nos últimos anos, como por exemplo a da Amazon de 2019⁴, nas dez primeiras posições, aparecem, além das ficções científicas, livros que tentam prever ou levantam cenários especulativos sobre o futuro, conhecidos como futurologistas. Eles são importantes pois evidenciam expectativas generalizadas sobre o futuro. O livro “De Primatas a Astronautas: Uma jornada humana em busca conhecimento” (MLODINOV 2000), por exemplo, narra a experiência humana ao longo das revoluções científicas e tecnológicas que atravessamos até as últimas décadas da história humana, apresentando a história do desenvolvimento científico e tecnológico de maneira linear e não controversa. Ao fim, Mlodinov apresenta expectativas de desenvolvimento tecnológico que já estariam em curso, cuja matéria prima de suas suposições são exatamente imaginários ficcionais.

No ramo de livros de divulgação científica, discute-se muito, de maneira ficcional, as perspectivas que se tem de futuros. Livros como “Sapiens: Uma breve história da humanidade”, “Homo Deus: Uma breve história do amanhã” e “21 lições para o século XXI”, todos de Yuval Noah Harari, tratam dos desafios éticos, econômicos, políticos e sociais frente ao acelerado desenvolvimento tecnológico que, nas palavras do mesmo,

⁴ Lista de Mais Vendidos de Não ficção de 2019 Amazon - Mais Vendidos em Ciências
<<https://www.amazon.com.br/gp/bestsellers/books/>> Acesso em 10/05/2020

Selecionamos a lista da Amazon por ser uma das maiores empresas nesse ramo a nível mundial.
Lista de Mais vendidos no Brasil: <<https://www.publishnews.com.br/ranking/anual/13/2019/0/0/>> Acesso em 10/05/2020

“enfrentaremos neste século” (HARARI, 2015; 2017; 2018).⁵ Estas duas últimas obras podem ser encaradas de duas maneiras, tanto no âmbito da divulgação e comunicação científica, quanto no âmbito da futurologia, já que nelas se mostra a pretensão de prever cientificamente, não só o futuro da humanidade, mas o futuro de toda forma de vida na terra. O autor vai além e imagina formas de existência sem precedentes, que hibridizam animais-humanos-máquinas, trazendo cenários e imaginários ficcionais que poderiam se desenvolver no século XXI.

A leitura desses livros, que, de agora em diante vamos chamar de “futurologia”⁶, levanta diversas questões a respeito dos processos de transformação que ocorreram e podem ocorrer no ambiente e nas sociedades que construímos. De maneira geral, estes livros criam cenários de futuros imaginados a partir dos potenciais desenvolvimentos tecnológicos da atualidade. Nos termos de Jens Becker (2016), o discurso científico reconfigura expectativas de mundos esperados, as quais o autor denomina “expectativas ficcionais”. Expectativas, assim, são tornadas discursos, não produto/tecnologia, como mostra à frente a revisão bibliográfica desta dissertação, ao nos fazer perceber que a maior parte das discussões sobre o aprimoramento humano mediado pela tecnologia, trata-se de possibilidade. A própria produção científica e tecnológica desenvolvida nesse contexto é posta em segundo plano, ou não é levada em consideração nas discussões. Nos parece, portanto, que as agendas de pesquisa são estruturadas também em meios não-científicos, principalmente nas áreas avançadas de desenvolvimento científico e tecnológico, as quais têm apelo econômico/financeiro. Tal ponto será discutido com maior profundidade no segundo capítulo.

Temos que ter em mente, a partir do que foi dito acima, que as narrativas sobre o futuro não prevêm o futuro, mas preparam a sociedade para tais futuros serem possíveis, criando terreno fértil para políticas e o financiamento do desenvolvimento científico e tecnológico. Por isso, é importante considerar os futuros do presente, na produção científica,

⁵ Este último, foi o livro de maior venda em 2018 e 2019, pela New York Times Best Sellers. <<https://westportlibrary.libguides.com/c.php?g=431564&p=5531029>> Acesso em 10/05/2020

⁶ É importante destacar que não utilizamos a categoria “futurologia” de maneira pejorativa, como pode ser interpretada no campo da sociologia ou dos ESCT. O campo da futurologia é não-ficcional, no entanto, as narrativas tem pouco rigor científico e muita superficialidade. Podemos afirmar que o campo é uma mediação entre o ambiente acadêmico e não acadêmico. Essa posição de mobilidade permite que estes “futurólogos” transitem em diversas esferas da sociedade, participando de palestras e comissões nos ministérios de ciência e tecnologia, comitês de ética, fóruns econômicos, dentre outros espaços.

divulgação científica e na futurologia, porque eles constroem o caminho a se trilhar. Os agentes centrais que organizam nossas expectativas ficcionais foram categorizados por nós enquanto profetas do futuro.

Os Profetas do futuro e o Determinismo Tecnológico

Futurólogos emergem em diversas áreas, alguns tem a capacidade de promulgação de agendas de pesquisa e desenvolvimento, estando entre o meio acadêmico e empresarial, como Raymond Kurzweil, diretor de engenharia da Google⁷, que ao mesmo tempo escreve livros sobre saúde, inteligência artificial, trans e pos-humanismo, singularidade tecnológica e futurologia. Um de seus livros mais famosos, “A singularidade está perto: quando seres humanos transcendem biologia” (KURZWEIL, 2005), pode ser considerado como uma das principais “referências” da agenda da convergência tecnológica, ao promover, ao menos discursivamente, projetos de desenvolvimento tecnológico além do ambiente acadêmico. Na sua agenda, busca, de maneira explícita, acelerar o crescimento da produção tecnológica, conhecimento que “configuram o amanhã”. A aceleração da inteligência, para Kurzweil, desenvolve-se a partir do “aumento das nossas capacidades” para a aceleração do relógio da civilização (Accelerating Intelligence, 2019)⁸. O livro de Kurzweil abre com a seguinte citação:

Nós somos os últimos.
A última geração a não ser melhorada.
A última geração a estar intelectualmente sozinha.
A última geração limitada pelos nossos corpos.
Nós somos os primeiros.
A primeira geração a ser aumentada.
A primeira geração a estar intelectualmente unida.
A primeira geração limitada apenas por nossa imaginação.
Nós somos requintadamente privilegiados de estar vivendo este momento, de nascer justamente no precipício da maior mudança de paradigma na história humana, a única coisa que aborda a importância dessa realidade é encontrar outras mentes que percebem o mesmo e estar habilitados a fazer alguma conexão com elas.
Michael Beight & Steven Reddell
Bookmark “The singularity is near” (KURZWEIL, 2005, p.1)

⁷ Para saber mais: <<http://www.kurzweilai.net/ray-kurzweil-biography>. > Acesso em 10/05/2020

⁸ Kurzweil accelerating intelligence - about the Kurzweil Library <<https://www.kurzweilai.net/about-the-kurzweil-library>>. Acesso em 10/05/2020

Kurzweil afirma que os processos de entendimento do cérebro e da subjetividade humana prosseguem através de modelos mais precisos, “o poder computacional para emular o cérebro se aproxima, com os esforços para escanear o cérebro humano e construir modelos de trabalho e simulações” (Kurzweil, 2005, p.165). A medida em que as ferramentas computacionais e de coleta de dados se desenvolvem, torna-se cada vez mais possível combinar princípios de operação da inteligência humana com as formas de processamento inteligente de informação pela inteligência artificial. Para Kurzweil, a partir dessas tecnologias, haveria uma “transferência gradual de nossa inteligência, personalidade, e habilidades para a parte não biológica da nossa inteligência” (ibid., p.168).

Em resposta às predições de que a inteligência artificial será igual ou superior à humana, argumenta-se que os avanços nas Interfaces cérebro-máquina (IMCs) pode ser um desafio, já que “ICMs esforçam-se por instrumentar cérebros humanos com memória ilimitada, cálculo e habilidades de comunicação, que fornecem competitividade ao poder do cérebro humano contra a inteligência artificial” (Kennedy, 2014, p.1).

O discurso que emerge nesse cenário de expectativas ficcionais é o da necessidade de aceleração do desenvolvimento tecnológico, visando a melhoria das capacidades físicas e cognitivas humanas (ROCO; BAINBRIDGE, 2002)⁹. O discurso desses futurólogos é o de que nossa singularidade enquanto espécie humana em um nível civilizacional estaria em risco frente aos avanços da tecnologia. Os discursos transcendentais do trans-humanismo e do pós-humanismo ganham força nesse contexto, em que os limites entre máquinas inteligentes e seres humanos supostamente desapareceriam: “A consequência é o vindouro futuro pós-biológico e pós-humano quando a tecnologia inteligente fica autônoma e constantemente se automelhorando” (IUGA, 2016, p.79)¹⁰.

Queremos mostrar acima que o desenvolvimento científico e tecnológico vinculado ao aprimoramento da espécie humana, é percebido socialmente, de maneira mais generalizada, a partir do campo da ficção científica, além da futurologia e divulgação

⁹ A título de curiosidade, mas não menos importante, ressaltamos que um dos autores de ficção científica, William Sims Bainbridge, é sociólogo de formação. Pelo que é proposto na agenda da Convergências Tecnológica (CT) não ignoramos as suas semelhanças com pensamentos positivistas que, no fim, visavam uma sociedade ideal

¹⁰ Frente essa disrupção tecnológica, que “afeta cada parte das nossas vidas, até o que significa ser humano”, emerge a *Singularity University*, uma comunidade de inovação e aprendizagem global que faz uso de tecnologias exponenciais para confrontar os maiores desafios do mundo e construir o melhor futuro para todos. “A plataforma colaborativa empodera indivíduos e organizações através do globo a aprender, unir-se, e inovar soluções usando tecnologias aceleradoras como inteligência artificial, robótica e biologia digital” (Singularity University, 2019).

científica (JOFFE, 2015). Esses campos criam os imaginários na esfera pública sobre ciência e tecnologia na forma de romances, filmes, séries e documentários (BENTO; CALVO, 2010; DELGADO; ROMMETVEIT; LEMKOW, 2012).

Podemos dizer também que uma parte significativa dos trabalhos de investigação crítica desenvolvida sobre o tópico do Aprimoramento humano faz parte da esfera da ficção científica. Donna Haraway (2009), por exemplo, constrói a imagem do ciborgue – em que o transumano e o pós-humano, emergem enquanto híbridos que personificam a transgressão dos limites entre natureza/cultura, masculino/feminina e humano/não-humano – como uma profecia pós-humanista (COOK, 2004). Ela apresenta uma reconfiguração fluida do que é o ser humano em si mesmo e suas relações com não-humanos. Neste sentido, Haraway ignoraria a necessidade de colocar um desenvolvimento teleológico entre o ser humano e o pós-humano (BESS; PASULKA, 2018, p.27).

Outra parte desses imaginários se desenvolve ao redor das agendas de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PDI), como as promovidas pelos ministérios de ciência e tecnologia e pelas agências financiadoras ao redor do mundo. No entanto, pouco foi discutido a respeito do desenvolvimento das próprias tecnologias que visam aprimorar os seres humanos e os discursos que emergem nesse cenário (BURWELL; SAMPLE; RACINE, 2017; FULLER, 2007; JASANOFF, 2016b; SAKURA; MIZUSHIMA, 2010), como buscaremos fazer nessa pesquisa. Assim, a motivação para esta dissertação é entender como são construídas as expectativas sobre futuros a partir da produção científica no ramo das tecnologias convergentes que tem por finalidade o aprimoramento humano, em especial, a neuroengenharia.

Discutimos acima sobre os empreendimentos científicos, tecnológicos, políticos e econômicos que tem dominado a agenda das sociedades modernas, de maneira mais específica, nos últimos vinte anos, em que supostamente ciência e tecnologia teria adquirido a potencial capacidade cada vez maior de “compreender a realidade” e “controlar a natureza”, de acordo com os discursos relacionados à convergência tecnológica. Nessa lógica, a produção de ciência, tecnologia e inovação, está também produzindo futuros ou perspectivas imaginadas de futuro. É um círculo em que a ficção científica é produzida a partir do desenvolvimento tecnológico, e, por sua vez, este se legitima a partir das expectativas criadas pela ficção.

Falar assim sobre a “produção do futuro” toca as formas em que temos desenvolvido ciência e tecnologia, as formas em que esses sistemas são constantemente reconfigurados por outros sistemas sociais e as formas em que imaginamos como a ciência e tecnologia são produzidas. A ciência e a tecnologia constroem a sociedade moderna ao mesmo tempo em que são construídas por ela, há uma co-produção entre ciência e ordem social (JASANOFF, 2004a).

Agenda tecno-econômica do futuro

O objeto da pesquisa, como se indica, são os imaginários sociotécnicos que emergem no que convencionou-se chamar de Convergência Tecnológica (CT), em particular, aqueles engendrados pela neuroengenharia. Tais imaginários produzem e são produzidos atualmente intensamente por esta área de pesquisa. A CT envolve quatro disciplinas: Nanotecnologia, Biotecnologia, Tecnologias da Informação e Comunicação e Neurociências (NBIC - nano-bio-info-cogno technologies), e busca, ao menos no discurso, reduzir a natureza a suas “unidades elementares” (átomos, genes, bytes e neurônios), fornecendo a base para a construção de um sistema científico integrado com a finalidade de uma “transformação na civilização” no século XXI (ROCO & BAINBRIDGE, 2002, p.18-19).

É importante destacar que esta agenda surge de dentro da principal agência financiadora dos Estados Unidos, a Fundação Nacional de Ciência, (National Science Foundation – NSF), uma das mais importantes agências financiadoras a nível global, pelo volume de investimento executado em P&D. O objetivo da mesma é “fomentar o progresso da ciência; promover a saúde nacional, prosperidade e bem-estar; assegurar a defesa nacional”¹¹. A NSF também afirma que é essencial pelo suporte que ela fornece à pesquisa básica para criar “o conhecimento que transforma o futuro”, assim, a fundação, na sua própria autorrefêrencia discursiva, seria:

- Um condutor primário da economia dos Estados Unidos.
- Melhora a segurança nacional.

¹¹ NSF AT A GLANCE - <<https://www.nsf.gov/about/>> Acesso em 10/05/2020

- Promove avanços no conhecimento para assegurar a liderança global¹².

Um dos maiores, e talvez mais pretensiosos, projetos da NSF é a Convergência Tecnológica NBIC. No cerne desta integração disciplinar se pauta o “Aprimoramento da Natureza Humana”¹³. Tenta-se justificar por meio de argumentos que a CT funcionaria como estratégia para competitividade tecnológica e econômica¹⁴, “Um novo modelo de ciência, tecnologia, economia e sociedade” (ROCO; BAINBRIDGE, 2002, p.14), cujo eixo de desenvolvimento está no melhoramento das capacidades físicas e cognitivas por meio da interação humano-máquina.

A linguagem especulativa utilizada no relatório da CT parece tratar diversas questões de maneira superficial, no entanto, a despeito disso, existe um suporte material (financiamento) para o desenvolvimento das mais extravagantes ideias. O que parece ser ficção científica, é tratado (financiado) pela NSF explicitamente como projeto ou “Invenção do futuro”, já que eles têm claro que os novos desenvolvimentos socioeconômicos transformadores da dinâmica capitalista apareceram devido a tecnologias emergentes:

O aprimoramento humano pelo desenvolvimento de tecnologias convergentes necessita concentrar o trabalho na sinergia de arenas interdependentes da ciência. Os benefícios à nação e seus cidadãos podem ser grandes no oferecimento de escolhas, estilos de vida e estímulos de negócios que não existem hoje. [...] Os benefícios devem ser a melhoria de pessoas e a sustentabilidade da economia. Pode ser possível influir no processo de como **as tecnologias convergentes modificarão a economia e a sociedade**. Uma iniciativa nacional de melhorar a performance humana será necessária. Este esforço deve ter muitos depositários de dinheiro, de apostas em educação, serviço de saúde, farmacêuticos, ciências sociais, as forças armadas, a economia e o setor de negócios para denominar alguns. [...] As disrupções tecnológicas serão mais profundas como as inovações criadas por tecnologias convergentes emergem mais rápido. Ao mesmo tempo, as oportunidades vão estar presentes o que oferece a liderança de mercado sem precedente para os preparados para explorá-las. [...] A futura prosperidade de nações, certamente a dos Estados Unidos, pode ser bem baseada na prontidão nacional que temos em movimento hoje para facilitar a adaptação da nossa sociedade aos desafios e oportunidades de

¹² Para mais informações sobre o impacto de investimentos de NSF em educação, ciência e pesquisa acessar <<https://www.nsf.gov/about/congress/toolkit.jsp>> Acesso em 10/05/2020

¹³ No título original: “Converging Technologies For Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science (NBIC)

¹⁴ NSF’s 10 Big Ideas <https://www.nsf.gov/news/special_reports/big_ideas/index.jsp> Acesso em 10/05/2020

tecnologias convergentes. (ROCO; BAINBRIDGE, 2002, p.62-63, grifos nossos).

Para a realização do projeto acima dentro uma infraestrutura pós-industrial¹⁵, aponta-se a necessidade de modificação de currículos educativos, habilidades de mão-de-obra, modelos de negócio e novas formas de organização nas cadeias de produção. No meio da Convergência Tecnológica argumenta-se que, dessa reorganização a níveis micro e macro sociais, haverá vantagens competitivas não somente em uma escala individual, mas também nacionais em um mercado global. É possível notar como a narrativa da CT se articula com o sistema econômico, no intuito de promover um sistema social-econômico articulado pela produção científica e tecnológica, com promessas de um futuro “próspero” econômica e tecnologicamente. As expectativas ficcionais de desenvolvimento tecnológico e inovação se relacionam, assim, com a dinâmica capitalista de maneira cada vez mais articulada. Investimentos de capital, financeiro e humano, convergem de maneira orientada pelos imaginários de futuro, expectativas ficcionais. Por exemplo, de acordo com o Fórum Econômico Mundial (World Economic Fórum - WEF)¹⁶, situamo-nos no início de uma quarta revolução industrial, na qual as estratégias de desenvolvimento socioeconômico consideram as tecnologias convergentes como centrais. De várias maneiras, o posicionamento do WEF legitima e impulsiona a agenda da CT. Argumenta-se, com isso, que estamos em uma nova fase de desenvolvimento tecnológico, a qual

representa uma mudança fundamental no modo que vivemos, trabalhamos e nos relacionamos um a outro. É um novo capítulo no desenvolvimento humano, permitido por avanços de tecnologia extraordinários proporcionais àqueles das primeiras, segundas e terceiras revoluções industriais. **Estes avanços fundem os mundos físicos, digitais e biológicos de modos que criam tanto a enorme promessa como o perigo potencial.** A velocidade, a horizontalidade e a profundidade desta revolução forçam-nos a reconsiderar como os países se desenvolvem, como as organizações criam o valor e até **o que significa ser humano.** A Quarta Revolução industrial é sobre mais do que a modificação somente dirigida pela tecnologia; é uma oportunidade de ajudar todo o mundo [...] a aproveitar **tecnologias convergentes** para criar o futuro inclusivo, centrado pelos seres humanos. A verdadeira oportunidade é olhar além da tecnologia e encontrar modos de dar ao maior número de pessoas a

¹⁵ Ver: Bell, D. O Advento da Sociedade Pós-Industrial. São Paulo. Cultrix. 1974.

¹⁶ Em 2015, o Fórum foi reconhecido formalmente como uma organização internacional. Está agora na seguinte fase, como a plataforma global da cooperação pública e privada. Para saber mais acessar: <<https://www.weforum.org/about/world-economic-forum>.> Acesso em 07/11/2019.

capacidade de impactar positivamente as suas famílias, organizações e comunidades. (WEF, 2019)¹⁷.

Ao estudar as mudanças e os discursos dos atores envolvidos nesse projeto tecnológico que busca a “transformação social”, é possível notar um jogo de interesses sociais, políticos, éticos e econômicos envolvidos. A agenda da CT, de maneira paralela ao que é proferido pelo WEF, levanta a necessidade de preparar a sociedade para uma “próxima economia”:

Nenhuma sociedade teve de tratar alguma vez com instrumentos tão massivamente poderosos como aqueles que emergem hoje. A convergência das tecnologias NBIC promete realinhar o futuro econômico nacional. Estes instrumentos de poder são os árbitros-chave da seguinte economia, mas parecerão mansos em comparação com o que está por vir. Pode-se argumentar que passamos sobre o limiar onde é claro que estes instrumentos moldarão as nações, economias e sociedades. Como poderíamos guiar o futuro emergente? Como poderíamos inventar o futuro preferencial investindo em uma escala nacional? Como poderíamos levantar a consciência da natureza radical destas tecnologias para que possamos ser mais produtivos e concentrar-nos em melhorar a performance humana? (SCHWAB, 2018)¹⁸.

Frente a esses planos estratégicos globais, tanto da CT, quanto do WEF, o Brasil, por exemplo, recentemente criou um centro para a Quarta Revolução Industrial¹⁹, inserindo-se na rede dedicada a governança global de tecnologia junto com China, Japão, Índia, Colômbia, Israel e Emirados Árabes²⁰.

É importante perceber como, nos discursos articulados dentro do WEF, criam-se em sua maioria expectativas otimistas quanto aos cenários de futuro possíveis, não apenas em relação ao desenvolvimento científico e tecnológico, mas também ao benefício econômico e a um ideal de melhorias em escala global. Podemos evidenciar nosso ponto com alguns exemplos que se encontram na publicação do WEF “E se

¹⁷ Fourth Industrial Revolution <<https://www.weforum.org/focus/fourth-industrial-revolution>>. Acesso em 07/11/2019.

¹⁸ World Economic Forum Agenda <<https://www.weforum.org/agenda/2018/11/globalization-4-what-does-it-mean-how-it-will-benefit-everyone/>>. Acesso em 10/05/2020

¹⁹ Centros tecnológicos <https://www.ipt.br/centros_tecnologicos>. Acesso em 10/05/2020

²⁰ Centro para a 4ª Rev. Ind. SP.gov <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/governo-anuncia-centro-para-4a-revolucao-industrial-do-forum-economico-mundial/>>. Acesso em 10/05/2020

esclarecemos coisas? Visões para 2030”²¹. No documento, há a promessa de que até 2030 seria possível “empoderar 8 bilhões de mentes com tecnologia móvel”, argumento de Murali Doraiswamy, Professor da Duke University e membro do “Conselho do Futuro global de Neurotecnologias”. No mesmo documento existe a promessa de que a “a realidade virtual protegerá a nossa saúde mental”, defendida por Helen Christensen, do “Conselho do Futuro global de meios de comunicação, entretenimento e cultura”. As duas “visões”, dentro de outras trinta especulações dentro do mesmo documento, são tentativas de previsões futuras para o desenvolvimento econômico.

Jens Beckert (2016) reiteradamente afirma que o capitalismo é um sistema socioeconômico orientado em direção ao futuro, no qual as expectativas imaginadas tornam-se progressivamente cada vez mais importantes para o sistema econômico. Imaginar soluções econômicas no mundo contemporâneo passa por imaginar problemas e soluções tecnológicas. A criação e aceitação de agendas de pesquisa da convergência tecnológica desenvolve-se, assim, a partir da confluência dos discursos científicos em articulação com outros componentes do sistema social, principalmente econômico e político.

Dada a problemática acima levantada, nossa questão está centrada exclusivamente no discurso científico sobre as inovações tecnológicas que buscam o aprimoramento humano. Pretendemos observar, a partir da visão dos cientistas, que tipo de sociedade se projeta no horizonte a partir do debate sobre o aprimoramento humano, já que “As tecnologias do aprimoramento são uma manifestação de formas de mudança de pensamento sobre a vida biológica e social que está constantemente transformando instituições, economias e significados” (HOGLE, 2005, p.696). Tais tecnologias são projetadas por uma área que tem crescido exponencialmente, a saber, a neuroengenharia. É sobre esta área em específico que concentraremos nosso interesse.

²¹ What if we get things right? Visions for 2030. <<https://www.weforum.org/agenda/2019/10/future-predictions-what-if-get-things-right-visions-for-2030/>>. Acesso em 10/05/2020

Correlação das agendas de pesquisa em ICMs com a agenda da CT NBIC

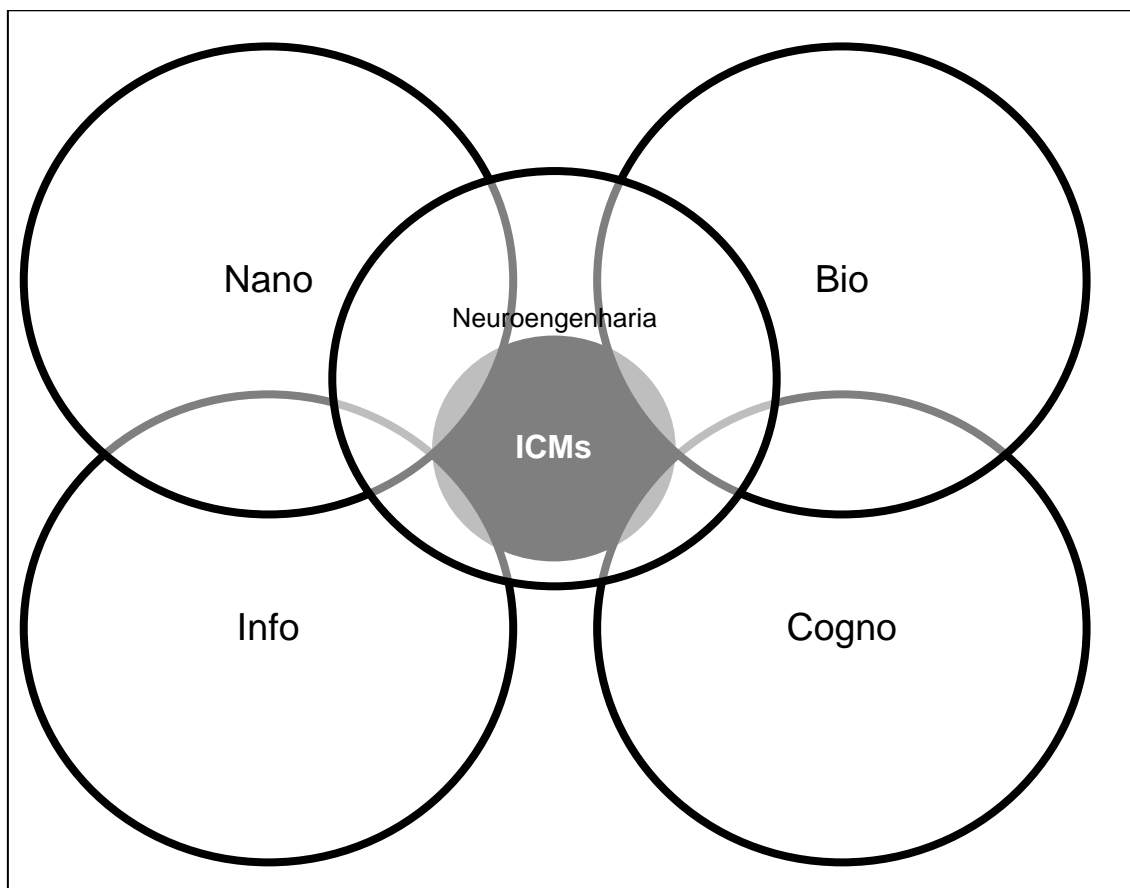


Figura 1 (Elaboração própria) – Diagrama representativo da correlação das agendas discursivas entre o programa da Convergência Tecnológica NBIC (Nano-Bio-Info-Cogno) e a agenda da Neuroengenharia, dentro da qual se concentra a pesquisa sobre Interfaces Cérebro-Máquina (ICMs).

A neuroengenharia e a convergência tecnológica

O paradigma da neuroengenharia é central para a produção científica da CT como sistema sociotécnico de pesquisa e desenvolvimento (P&D), pautado na lógica da inovação e do crescimento econômico. Um aprofundamento nos desenvolvimentos da área constata facilmente que ela se encontra na ponta do desenvolvimento científico e tecnológico relativo à discussão da natureza humana, além de encontrar novas fronteiras para seu

desenvolvimento²². Por isso, para nossos propósitos, o processo de construção de sua agenda de pesquisa se faz interessante como fonte empírica de investigação²³.

A importância da área pode ser também medida pelo crescimento do número de artigos e periódicos. As tendências de publicações na área se direcionam ao melhoramento das habilidades motoras e cognitivas dos seres humanos. Uma das revistas com maior influência na área, a *Frontiers in Neuroscience* reserva edições especiais para publicações em dossiês nos tópicos “Neural Technology”²⁴ e “Neurotechnologies for Human Augmentation”²⁵, além de outras a serem publicadas, como “Brain-Computer Interfaces for Perception, Learning, and Motor Control”²⁶. Com o mesmo direcionamento, a Springer, uma das mais importantes editoras científicas no mundo, em 2004 lançou uma série sobre Interação Humano-Computador, as “Human-Computer Interaction Series”²⁷ e em 2016, criou um periódico de Pesquisa sobre o aprimoramento humano “Augmented Human Research”²⁸. A seguir apontamos alguns tópicos importantes do seu escopo:

- Interfaces de computador cerebral, interfaces de músculo e interfaces implantadas
- Exoesqueletos e Tecnologias Super Humanos
- Computação em vestimentas e computação ubíqua

²² É ponto de destaque o crescimento exponencial da área nos últimos anos, é possível evidenciar isso em diversos artigos, há exemplos claros de seu crescimento e de sua abrangência: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6005206/>> Acesso em 10/05/2020 <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2016.00438/full>> Acesso em 10/05/2020

²³ Entendemos que estas áreas se situam na ponta do desenvolvimento de C&T pelo alto investimento econômico em P&D, além do interesse político que recebem ao serem estabelecidas como áreas de interesse central na legislação. Processo que ocorre não apenas na agenda da Fundação Nacional de Ciência (NFS – National Science Foundation), mas se estende para contextos além do estadunidense.)

²⁴ *Frontiers in Neuroscience - Neural Technology* <<https://www.frontiersin.org/journals/neuroscience/sections/neural-technology>> Acesso em 10/05/2020

²⁵ *Neurotechnologies for Human Augmentation* <<https://www.frontiersin.org/research-topics/10745/neurotechnologies-for-human-augmentation>> Acesso em 10/05/2020

²⁶ “Brain-Computer Interfaces for Perception, Learning, and Motor Control” <<https://www.frontiersin.org/research-topics/11139/brain-computer-interfaces-for-perception-learning-and-motor-control#articles>> Acesso em 10/05/2020

²⁷ *Human-Computer Interaction Series*” <<https://link.springer.com/bookseries/6033>> Acesso em 10/05/2020

²⁸ *Augmented Human Research* <<https://link.springer.com/journal/41133>> Acesso em 10/05/2020

- Aprimoramento assistivo, interfaces de reabilitação e jogos
- Aumento cognitivo do intelecto humano
- Substituição sensorial humana e fusão

No mesmo período, a Springer lançou uma nova série de livros intitulada “Trends in Augmentation of Human Performance”:

A série centrar-se-á no aprimoramento de habilidades, de atributos e de competências humanas com o uso da tecnologia, da medicina e da terapia. Aproximadamente três livros por ano são planejados. Três áreas do melhoramento de desempenho humano serão cobertas pela série: aprimoramento do desempenho humano para restaurar a capacidade humana normal dos deficientes ou disfuncionais, aprimoramento do desempenho humano a níveis sobre-humanos, e consequências éticas sobre os dois primeiros tópicos (TRENDS, 2013).

Martijn Roelandse²⁹, editor de publicações da área de neurociência da Springer, e chefe de Publishing Innovation na SpringerNature, afirma que:

na segunda década do século XXI, a convergência das neurociências, incluindo neuroimagem, genética, ciência cognitiva, Neurotecnologia e Informática está criando poderosas ferramentas que têm o potencial de melhorar significativamente o desempenho humano. Para enfrentar esse desafio, esta nova série de livros da Springer publicará obras da mais alta qualidade que avançam a compreensão e a aplicação prática do aprimoramento do desempenho humano (TRENDS, 2013).

Os exemplos do desenvolvimento nestas áreas incluem, mas não se limitam, à restauração de visão, audição, memória, mobilidade, invertendo efeitos de envelhecimento, prótese de membros, interface cérebro-máquina, manipulação genética, memória melhorada, aumento da visão, da audição, da força e da mobilidade (ARTEMIADIS, 2014; HILDT; FRANKE, 2013; LEE; BÜLTHO; MULLER, 2015). A última publicação da série, *Recent Progress in Brain and Cognitive Engineering*, evidencia a convergência para uma melhor compreensão do processamento de informações cognitivas no cérebro humano. Já existem primeiras tentativas de desenvolver sistemas inteligentes artificiais

“parecidos aos humanos” e neurómorficos. [...] O livro considera aspectos sobre como o cérebro pode implementar estes em sistemas artificiais que podem interagir inteligentemente com o mundo real. [...] O livro abrange

²⁹ Para saber mais, acessar: <<https://www.stm-assoc.org/people/martijn-roelandse/>> e <<https://www.springer.com/biomed?SGWID=0-124-19-1004921-0>> Acesso em 10/05/2020

quatro temas principais: interface cérebro-computador não-invasiva, Engenharia de reabilitação cognitiva e neural, Big data, Neuro-computação e Diagnóstico precoce e predição de doenças neurais (LEE et al., 2015, p.V).

A Interface Cérebro-Máquina (ICM) é de grande importância para entender como se dá a articulação interdisciplinar para a construção e aplicação de neurotecnologias. É difícil fornecer uma definição clara do que este paradigma envolve, mas de maneira geral podemos entendê-lo a partir de um manual sobre os métodos para se registrar conjuntos neurais, conhecidos como métodos eletrofisiológicos, escrito por Miguel Niclollelis, de quem voltaremos a falar ao longo da dissertação:

The advance of BMIs was largely motivated by investigations of velocity encoding in single neurons during stereotypical reaching experiments. However, BMIs are designed to decode neural activity from an ensemble of neurons and direct general reaching movements. Hence, neural data analysis strategies for BMIs are required to:

- (1) analyze the neural activity from ensemble of neurons,
 - (2) account for the dynamical nature of the neural activity associated with general reaching movements, and
 - (3) explore and exploit other relevant modulating signals.
- (NICOLELIS, 2008, p.57-58)

Esses métodos eletrofisiológicos são fundamentais no desenvolvimento de neurotecnologias, para extrair informações sobre processos cerebrais intencionais e traduzir os sinais neurais em modelos que são capazes de controlar dispositivos externos. Para tanto são necessários sistemas de análise de dados neurais com alto nível de sofisticação para obtenção e processamento de um grande volume de dados. As pesquisas em ICM demonstram como as pessoas podem modular voluntariamente sinais cerebrais para operar dispositivos (ITURRATE *et al.*, 2015). ICMs decodificam correlatos neurais de parâmetros de movimento ou atividade muscular para gerar a sequência de movimentos para neuropróteses, permitir a criação de neuropróteses de corpo inteiro, criar dispositivos destinados a restaurar a mobilidade e permitir uma sensibilidade total (LEBEDEV *et al.*, 2011). Cabe ressaltar que a aplicação de ICMs não se limita ao desenvolvimento de neuropróteses, podendo ser aplicada também em tecnologias digitais via mapeamento da atividade de populações de neurônios maiores (PAIS-VIEIRA *et al.*, 2015).

No texto original da convergência tecnológica, escrito por ROCO e BAINBRIDGE (2002), recorrentemente aparecem afirmações que se referem às possibilidades de “construir interfaces homem-máquina que permitam um acoplamento estreito entre humanos e

máquinas” (ROCO; BAINBRIDGE, 2002, p.251). Em um artigo, Miguel Nicolelis, uma das maiores referências da área, afirma que:

Throughout history, the introduction of new technologies has significantly impacted human life in many different ways. Until now, however, each new artificial device or tool designed to enhance human motor, sensory, or cognitive capabilities has relied on explicit human motor. [...] The increasing use of computers in our daily lives provides a clear example of such a trend. In less than three decades, digital computers have permeated almost every aspect of our daily routine and, as a result, have considerably increased human capabilities. [...] This is a significant point, because in theory, if such devices could be incorporated into “neural space” as extensions of our muscles or senses, they could lead to unprecedented (and currently unattainable) augmentation in human sensory, motor, and cognitive performance. (NICOLELIS), 2002, 223).

Ao incorporar tecnologias à biologia de seres humanos, ICMs podem levar a grandes mudanças, como uma maior interação com o ambiente, podendo-se aumentar a percepção e o desempenho em quase todas as atividades humanas.

These applications would involve interactions with either real or virtual environments. According to this view, real environments can also include local or remote control relative to the human subject, while virtual environments can be realistic or intentionally unrealistic (NICOLELIS, 2002, 225).

A partir dessas aplicações e de uma recente lista das patentes em ICM (KAO *et al.*, 2015) é possível perceber a abrangência disciplinar do paradigma, influenciando no desenvolvimento de outras subdisciplinas. Os entusiastas deste paradigma, prometem um entendimento profundo do ser humano e suas subjetividades. Como exemplo dessa abrangência, destacam-se as promessas de articulação dessas tecnologias com, também, as promessas do Projeto Genoma Humano. Para tal projeto “Seres humanos não são mais do que instâncias do genoma” (LEITE, 2005, p.88), da mesma maneira, que para as neurotecnologias, as ações humanas não seriam mais que impulsos neurais. São diversas as formas em que este discurso reducionista se apresenta, no entanto, no momento, apresentam-se como promessas de futuros imaginados.

Nesse cenário, Miguel Nicolelis se posiciona em um artigo de divulgação científica ao se questionar se “*Are we at risk of becoming biological digital machines?*” respondendo seu próprio questionamento:

I can conceive that this staggering expansion in our online social connectivity is capable of providing a completely new type of selective pressure that may, eventually, bias the evolutionary future of our species. One may begin wondering whether the dawn of ‘Homo digitalis’ is upon

us or, more surprisingly, whether he/she is already around, texting and tweeting without being noticed (NICOLELIS, 2017, p.2)

O reducionismo apontado acima chega ao ponto de conceber os seres humanos como sistemas computáveis algorítmicamente, o que abre possibilidade de emergência de novas áreas. A psicometria algorítmica, como sistema de obtenção de dados, articula-se com a neuroeconomia e o neuromarketing, novos campos de prática acadêmica e comercial (SCHNEIDER; WOOLGAR, 2015b), desenvolvendo-se de maneira conjunta com a neuroengenharia, construindo articuladamente novas práticas, métodos e técnicas de P&D. A neuroeconomia combina psicologia, economia e neurociência com o intuito de entender os impulsos neurais atrás das tomadas de decisão. O neuromarketing surge como estudo das respostas do cérebro aos estímulos do marketing. Ditas áreas desenvolvem-se de maneira interdependente, cujos avanços em uma interferem no desenvolvimento da outra. Esses métodos psicométricos se desenvolvem na intersecção entre a psicologia e as ciências da computação por meio da aplicação de técnicas psicológicas às tecnologias digitais visando a escalabilidade da inteligência e da subjetividade humana:

Today, a quantifiable psychological subject position has been translated, via ‘big data’ sets and algorithmic analysis, into a model subject amenable to classification through digital media platforms. I term this position the ‘scalable subject’, arguing it has been shaped and made legible by algorithmic psychometrics – a broad set of affordances in digital platforms shaped by psychology and the behavioral sciences (STARK, 2018, p.204).

Seguindo uma lógica que reduz seres humanos às informações que produzimos, para estas áreas, o comportamento humano poderia sob alguns aspectos ser mensurado a partir dos dados obtidos tanto por parte das pesquisas experimentais em neuroeconomia e neuromarketing, quanto pelos obtidos a partir das plataformas digitais de gerenciamento de dados que empresas como Google e Facebook realizam³⁰. A seguir pretendemos utilizar a noção de “sujeito mensurável”, a partir da qual podemos entender como os seres humanos, por estas áreas reduzidos a constructos psicológicos escaláveis fatorialmente, poderiam passar por um processo de modelação, tanto em termos de desenvolvimento teórico a nível acadêmico, quanto a nível comercial no que se refere ao desenvolvimento de tecnologias

³⁰ Vários estudos sobre utilização inapropriada de dados foram realizados. Esta discussão é lateral à proposta deste trabalho, uma vez que se, em alguma medida, é possível mensurar subjetividades humanas, é necessário discutir as implicações éticas dessas possibilidades.

que são moldadas e que moldam seres humanos, reconfigurando mentes e corpos no processo:

shaped and made legible at different orders of technical analysis by those affordances of social media platforms grounded in psychological science, and then thrown back to the human person as a model with which to conform or suffer. Moreover, the analysis of affect and emotion as motors of networked digital life reveals these categories of human social experience as volatile, contextually complicated and potentially emancipatory (STARK, 2018, 207).

Os mecanismos capazes de mensurar e moldar sentimentos levam os seres humanos a expressarem suas emoções através de escalas mediadas tecnologicamente, capazes de serem mensuradas por processos algorítmicos³¹. Nas palavras de Yuval N. Harari, “Nossos computadores têm dificuldade para entender como o Homo sapiens fala, sente e sonha. Portanto, estamos ensinando o Homo sapiens a falar, sentir e sonhar na linguagem dos números, que pode ser entendida por computadores.” (HARARI, 2015, p.138). Desde o século XIX as técnicas psicométricas de análise estatística avançaram consideravelmente, hoje a ciência de dados tem a capacidade de mensurar a vida cotidiana de bilhões de pessoas. Os sujeitos são mensuráveis, por exemplo, a partir das plataformas de mídia social, por meio das quais suas relações moldam e são moldadas, se desenvolvem digitalmente por meio de sentimentos pré-definidos em escalas restritivas ou por representações de emoções materializadas em símbolos e *emoticons*.

Os *emoticons*³², entendidos como a materialização subjetiva de emoções, de maneira transversal, fazem parte das plataformas digitais sociais. Estudos recentes mostram como estes são entendidos pelo cérebro humano, sendo interpretados de maneira similar ou igual às expressões humanas, a depender do sentimento e do contexto em que os mesmos se apresentam.

No momento, as relações de seres humanos desenvolvem-se rapidamente por meio do uso de meios eletrônicos. Este fato implicou um uso crescente de sugestões alternativas para comunicar estados emocionais no computador - contextos mediados. Emoticon, como uma destas sugestões alternativas, pode modificar disposições de pessoas nos processos de compreensão ou interações com outros. Além disso, podem afetar

³¹ Francis Galton, conhecido pelas suas contribuições à estatística e por ser um dos pioneiros no desenvolvimento da psicometria, a define como “a arte de impor medições e números sobre as operações da mente” (STARK, 2018, P.209 APUD GALTON, 1879).

³² “é prática comum, na comunicação digital, usar a combinação de caracteres “:-)”, para indicar um rosto sorridente” (CHURCHES et al., 2014)

decisões, humor ou perspectiva da conversação (ALDUNATE & GONZALES-IBANEZ, 2017, p.4).

Ao perceber as maneiras em que os sistemas de comunicação interferem nos relacionamentos humanos e como estes sistemas estão constantemente se reconfigurando, podemos pensar como os seres humanos se adaptam a essas mudanças, transformando a forma em que nos comunicamos e nos organizamos. As mudanças que a humanidade experimentou, derivam direta ou indiretamente das descobertas tecnológicas relacionadas à comunicação, desde o desenvolvimento de um sistema de linguagem complexo cerca de quarenta mil anos atrás, até o desenvolvimento e difusão da internet nas últimas décadas. A ordem social e da natureza, portanto, desenvolvem-se em uma dinâmica co-produtiva.

Society is based on communications. This means that every huge change that humanity has experienced derives from a technological discovery related to communication. Language and writing, as the first communication techniques, have been followed by a series of technologies, such as printing, telephone, radio, television, internet and cell phones, which are nowadays smarter than ever. These new technologies have increased the amount of communications, making world society more complex than ever. Information and communication technology, characterized by continual innovation and rapid technological change, is having a tremendous impact on society and accelerating social changes. However, evolution does not stop. (RODRÍGUEZ, BUSCO, & FLORES, 2014, p.7)

Assim, ao estudar o impacto dessas tecnologias e as mudanças sociais que elas provocam. Sendo assim poderia-se afirmar que a vida social contemporânea se molda pelas formas de uso e apropriação das TICs, materializadas nos dispositivos acima mencionados. Por consequência, os computadores têm impacto nos indivíduos em dimensões objetivas e subjetivas (TURKLE, 1982), o que as pessoas fazem com os computadores se entrelaça na maneira como eles veem o mundo:

In a certain sense, if we take the computer to be a carrier of a way of knowing, of a way of seeing the world and what is important, we are all computer people now. We spend much of our lives staring at screens. We live much of our lives in artificial worlds (TURKLE, 2003, p.25).

Apontamentos metodológicos preliminares

Após problematizar o contexto social, científico, político e econômico em que esta pesquisa se desenvolve, apresentaremos de maneira sumarizada tópicos que conduzirão a investigação em tela. De maneira sucinta, temos como objetivo geral:

- Entender a contribuição da produção científica e os discursos mais amplos ao redor das tecnologias convergentes, especificamente da neuroengenharia, na formação dos imaginários sociais de ciência, tecnologia, enfatizando a discussão sobre o aprimoramento humano. Buscaremos entender como se dá essa produção e como ela se articula com os desejos imaginados de uma nova ordem social.

As questões suscitadas pela problematização acima são as seguintes:

- Como ciência e tecnologia, a partir da neuroengenharia, no contexto da convergência tecnológica, produzem o imaginário de aprimoramento humano?
- Quais são os imaginários de futuro produzidos por estas áreas?
- Quais consequências sociais apontam as tecnologias do aprimoramento humano?
- O que significa ser humano a partir das expectativas ficcionais do aprimoramento?

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre a convergência tecnológica e o aprimoramento humano como sua finalidade;
- Realizar uma análise quantitativa da produção científica em Interfaces cérebro-máquina nos últimos vinte anos;
- Analisar qualitativamente a produção de maior impacto na área da neuroengenharia, enfatizando os livros de maior circulação;
- Discutir, com a ajuda da literatura dos ESCT, os imaginários de C&T formados pelas tecnologias convergentes.

Realizamos esta investigação valendo-nos de um preceito epistemológico da teoria dos sistemas conhecido como observação de segunda ordem. Trata-se tão somente de observar como outros observam, ou seja, elucidar o que os cientistas pensam por meio dos

discursos que manifestam. A observação de segunda ordem deixa explícita nossa carga valorativa na observação da realidade. Tal postura epistemológica nos faz conscientes que toda observação opera por meio de pontos cegos em nosso campo de visão analítico. O que propomos, portanto, é observar outras observações, em artigos, livros e palestras sobre as tecnologias do aprimoramento humano, dando ênfase à Convergência Tecnológica NBIC e às ICMs. Este modelo de análise foi desenvolvido a partir do trabalho realizado por Fabrício Neves

, no caso do autor, investigando cientistas em biotecnologia.

Desde uma posição específica, desde um ponto de vista ímpar, é possível que se façam observações de observadores quanto às suas descrições e diferenciações, [...] não se trata de observar “objetos” (primeira ordem de observação), mas sistemas que ao observar constroem mundos, a partir dos quais se orientam a posteriori (NEVES, 2009, p.27).

Nosso objetivo é entender, dentro do imaginário dos cientistas, a partir de suas observações e seus esquemas de diferenciação, qual é o entendimento que se tem do ser humano, a partir de ciência e tecnologia que buscam aprimorar as capacidades físicas e cognitivas. O trabalho de Neves, buscou

trazer a tona os esquemas subjetivos que se inscrevem em práticas e documentos [...] cristalizados na história institucional dos grupos em biotecnologia e na memória dos observadores, e descreveu-se como se estruturam as comunicações na organização científica contemporânea, de acordo com programas científicos específicos, linhas e temas de pesquisa, projetos e artigos (NEVES, 2016, pág. 217).

A partir dessa perspectiva, nosso intuito é, por meio dos discursos dos cientistas, elucidar as expectativas de desenvolvimento tecnológico em sua associação com o aprimoramento humano. A partir da apresentação dos dados e das narrativas dos cientistas da CT e da neuroengenharia, buscamos elucidar expectativas de sociedade e de humanidade trazidas nos discursos. É muito importante frisar que as análises realizadas sobre a obra dos autores é sempre uma perspectiva de segunda ordem, que busca resgatar aquilo que se diz do desenvolvimento tecnológico visando o aprimoramento humano.

O recorte empírico realizado, no que se refere aos discursos sobre o aprimoramento humano, não toma os indivíduos em sua condição de pessoa. Ao contrário, eles assumem a condição de porta-vozes de suas áreas, repercutem expectativas generalizadas, servindo de forma elucidativa sobre aquilo que se desenvolve dentro de suas áreas específicas de

produção de conhecimento. Por isso, selecionamos porta-vozes que são referências em suas áreas científicas ou em outros meios de atuação. Por esta razão o discurso desses porta-vozes torna-se central em nossa análise, tornando-se representativo de uma dada coletividade³³.

Técnicas de pesquisa e Procedimentos metodológicos

A partir do entendimento de que a agenda de pesquisa da área da neuroengenharia é representativa e se correlaciona aos objetivos da convergência tecnológica, realizamos o levantamento do material empírico resultante de uma amostra da produção científica de maior relevância na área. Destacamos que esta área de estudo se expandiu tanto que não é possível, nem é de nosso interesse, fazer jus a todas as contribuições que surgem³⁴. Entendemos idiomas como sendo sistemas de comunicação restritos a diferentes áreas de conhecimento, com conotações técnicas específicas. Esta ressalva é importante, já que a nossa expertise limitada na área, se reflete enquanto fator central para a determinação de nosso método de análise.

As áreas têm se tornado cada vez mais específicas ao tempo em que se tornam interdisciplinares pela convergência e especialização. A partir das características do sistema de produção em que a neuroengenharia se insere, apontamos nossas limitações de pesquisa em relação as características do campo da neuroengenharia.

Características do campo:

- Altamente especializado
- Altamente competitivo

³³ Desacreditamos que o desenvolvimento de um ramo de investigação possa ser nomeado sob alguns cientistas, estamos cientes, contudo, de que há cientistas que sobressaem no meio acadêmico, seja por disputas internas no campo científico, pela proliferação de controvérsias sobre as figuras dos cientistas ou pela própria forma de vida que se adota dentro da academia.

³⁴ A produção de conhecimento é cada vez maior, fazendo com que o volume siga uma tendência de crescimento exponencial. Esse é um objetivo geral de editores de revistas científicas e também do interesse de acadêmicos, que querem seu trabalho publicado para tornar seu trabalho mais acessível e ganhar prestígio. Torna-se importante pensar sobre o preço que está sendo pago para o elemento de valor agregado: o custo que representa a aceitação em uma revista. O alto custo do conhecimento científico promoveu um movimento contra uma das maiores editoras, a Elsevier. O “The Cost of Knowledge” conta com promessas de mais de 17000 cientistas para não publicar ou cooperar com seus periódicos. Para saber mais: <<http://thecostofknowledge.com/>> Acesso em 10/05/2020

- Altamente produtivo

Dadas as limitações de acesso ao campo e diante do objetivo proposto para este trabalho, a saber, investigar os discursos sobre o aprimoramento da natureza humana mediado pela tecnologia, realizamos nosso recorte dentro da área da neuroengenharia a partir do seu paradigma central, interface cérebro-máquina (brain-machine interface – BMI) – estas foram utilizadas como palavras-chave na busca de montar nosso banco de dados.

Estruturação do banco de dados

Os critérios de seleção e o recorte temporal foram definidos após testes com amostras menores. Optamos por nos limitar às publicações mais importantes para a área nos últimos vinte anos. É importante destacar que utilizamos diferentes bases em nossa análise, já que estas nos proporcionam um conjunto de resultados mais expressivo e elucidativo do que tem se desenvolvido na área. Esse procedimento foi útil, de maneira a triangular nossos resultados. Destacamos a importância de realizar nosso recorte nessas plataformas de maneira detalhada no terceiro capítulo.

O método e as técnicas de análise podem ser brevemente delineadas³⁵. Optamos por realizar uma análise de conteúdo. A coleta de dados foi realizada a partir de dois mecanismos; o primeiro foi a partir de uma pré-seleção de artigos realizada pela revista *Frontiers of Neurosciences*, no ramo especial que discute sobre ICM, a partir da mesma, selecionamos 87 artigos. O segundo mecanismo que utilizamos para a seleção dos artigos a serem analisados foi a *Web of Science*, dentro da qual realizamos um filtro para selecionar as publicações mais relevantes sobre ICMs no espaço de tempo dos últimos vinte anos de desenvolvimento da área (1200 artigos).

Utilizamos um software enquanto filtro de observação de realidade, e pretendemos realizar análises das publicações tanto a nível quantitativo quanto e qualitativo da amostra selecionada. Para compilar os dados, utilizamos o software Iramuteq, no qual é possível criar divisões por grupos a partir das diferenças entre tipos de discurso encontrados nos resumos e palavras-chave dos artigos em análise. O software tem funcionalidades que permitem análises quali-quantitativas comparadas, de acordo com a construção argumentativa dos

³⁵ Falamos desse processo com um maior nível de detalhamento na apresentação dos resultados (Capítulo 3).

artigos selecionados. Podemos destacar algumas que nos parecem ser mais interessantes para esta investigação:

- Análises de Similitude
- Nuvem de Palavras
- Dendrogramas
- Análise Fatorial de Correspondência – AFC

Capítulo 1 - O projeto sociotécnico do aprimoramento humano

Como se viu na introdução, sistemas tecnológicos como a CT NBIC criam propostas de agendas interdisciplinares, expectativas articuladas por parte de cientistas, mas também por outras esferas da sociedade. Tais propostas repercutem direta e indiretamente em políticas públicas e privadas em ciência tecnologia e educação, principalmente no que toca o montante de investimentos. Neste processo de repercussão generalizado, prioriza-se algumas áreas, deixando outras de lado, em acordo com a capacidade de governança que sistemas tecnocientíficos complexos como este exigem (ROCO, 2008), envolvendo contextos além daqueles sob os quais emergem.

Sistemas sociotécnicos complexos combinam elementos humanos, biológicos e físicos que unem diversas pessoas, locais e processos através de múltiplos fluxos de materiais e intermediários. Caracterizam-se por propriedades emergentes e dinâmicas não lineares, devido em parte a interações altamente articuladas entre múltiplos níveis (LOWE, PHILLIPSON & WILKINSON, 2013, p.213).

A dinâmica emergente da produção científica e tecnológica é constantemente desafiada a satisfazer expectativas de agendas tecnocientíficas outras para além das disciplinas explícitas da convergência tecnológica. Desse modo, existem constantes reconfigurações na maneira em que a produção de conhecimento, ciência e tecnologia se desenvolvem³⁶. De maneira a exemplificar como distintas disciplinas aderem progressivamente à lógica das tecnologias convergentes, discutiremos de maneira específica sobre a neuroengenharia. Seu paradigma fundamental – Interface Cérebro-Máquina (ICM) – é de grande importância para entender como se dá a articulação interdisciplinar para a construção e aplicação de neurotecnologias.

No compêndio mais importante sobre a convergência tecnológica (ROCO; BAINBRIDGE, 2002), como dissemos na introdução, aparecem afirmações recorrentes sobre a construção de interfaces homem-máquina “que permitam um acoplamento estreito entre humanos e máquinas” (ALBUS, 2002, p.249). Argumenta-se em prol de uma engenharia da mente para melhorar a produtividade humana, além da necessidade de trabalhar no desenvolvimento de ICMs paralelamente com o desenvolvimento da robótica e da inteligência artificial.

³⁶ Parte desses interesses e agendas é pautada, fundamentalmente, por interesses econômicos.

Já no segundo parágrafo do mesmo livro, no texto introdutório da agenda da CT NBIC (ROCO; BAINBRIDGE, 2002, p.1), aparecem o desejo de aprimoramento na eficiência e no melhoramento de interfaces humano-máquina com fins que vão desde aplicações médicas até as militares. As interfaces humano-máquina são discutidas em diversos níveis de complexidade dentro da citada primeira publicação da CT:

- Melhoria nas capacidades sensoriais e cognitivas;
- Mudanças revolucionárias na saúde;
- Melhoria da criatividade por meio da comunicação cérebro-cérebro;
- Aperfeiçoamento de Interfaces Cérebro-Máquina (Sumário executivo, p.X);
- Aplicações de segurança nacional a partir de Interfaces humano-máquina (p. 1-2);
- Nas ciências médicas e no melhoramento do corpo humano (p. 71);
- Na melhoria da comunicação e da cognição por meio da criação de dispositivos menores, da transferência de informação para dispositivos tecnológicos externos e da comunicação por dispositivos tecnológicos incorporados (p. 103);
- Melhorias na cognição (p. 106);
- Interfaces Cérebro-Máquina e Cérebro-cérebro (p.161)³⁷;
- Nas interfaces de comunicação (p. 383);

A partir dessas aplicações é possível perceber a abrangência disciplinar do paradigma e sua influência no desenvolvimento de outras subdisciplinas. No prefácio de um recente manual de bioengenharia (JO, JUN, SHIN, LEE, 2016) afirma-se que a resolução de problemas de saúde e bem-estar humanos requer a convergência de campos científicos. Neste contexto, aparece ressaltada a engenharia e a medicina. Afirma-se que

“algumas das últimas fronteiras da biomedicina, como a neurociência e a medicina regenerativa, demandam urgentemente por novas ideias e ferramentas de outras disciplinas, uma mudança de paradigma, inovações tecnológicas em ciência da informação, nanotecnologia e robótica” (JO, JUN, SHIN, LEE, 2016, p.6).

A partir desta afirmação, podemos perceber que a necessidade de uma mudança de paradigma exige a necessidade de novas subáreas, as quais envolverão uma “nova geração de engenheiros, ‘fluentes’ em muitas línguas diferentes da ciência”. A proposta do manual

³⁷ If machines and devices could be incorporated into the “neural space” as an extension of one’s muscles or senses, they could lead to unprecedented augmentation in human sensory, motor, cognitive, and communication performance. (ROCO; BAINBRIDGE, 2002, p.161).

é “to provide timely state-of-the-art reviews written by leading biomedical engineers for students, fellows, faculties, and industry investigators in broad biomedical engineering fields (JO, JUN, SHIN, & LEE, 2016, p.7)”.

Destaca-se na proposta o aprimoramento humano como projeto tecnológico. Tal projeto articula-se com o relatório-compêndio publicado pela Fundação Nacional de Ciência dos Estados Unidos (ROCO; BAINBRIDGE, 2002). Tais propostas vêm, assim, a convergência centrada no melhoramento da capacidade humana, o que inclui a pretensão de progressos na “interação homem-máquina, colaboração apoiada por computadores, robótica, comunicação cérebro-cérebro, biomedicina, computação cognitiva e mapeamento da atividade cerebral” (ROCO & BAINBRIDGE, 2013, p.16).

Esse conjunto de tópicos inovadores já repercute em diversos periódicos.³⁸ A partir de uma análise das revistas de maior impacto, na área da neuroengenharia, na plataforma JCR³⁹ (Journal Citations Reports), mapeamos 259 revistas enquadradas na categoria de neurociências, das quais destacaram-se 6 revistas específicas de neuroengenharia. Tomemos o exemplo do *Journal of Neural Engineering*, um dos principais periódicos de neuroengenharia (DURAND, 2007). No editorial de seu primeiro volume, “*Why we need a new journal in neural engineering?*”, Durand (2004) escreve sobre as possibilidades de aplicações e limitações da área, especificamente no que se refere à dificuldade de colaboração entre as diferentes disciplinas, em função das diferenças nos “idiomas”⁴⁰. No editorial da mesma revista, propõe-se romper com as barreiras tanto nos laboratórios quanto nas publicações científicas. Como justificativa para o empreendimento, busca-se ressaltar o grande potencial de crescimento econômico vinculado às “mudanças revolucionárias na

³⁸ Ressalto o destaque que a agenda de pesquisa da neuroengenharia adquiriu nos últimos anos, resultando na criação de uma nova revista por parte da *Nature*, uma das revistas com maior prestígio científico internacional. No primeiro semestre de 2019 foi publicada a primeira edição da *Nature Machine Intelligence*: revista dedicada a reunir pesquisas e perspectivas de campos em rápida evolução:

AI, robotics, human-robot interaction, machine learning, deep learning, probabilistic machine learning, reinforcement learning, robot learning, artificial neural networks, symbolic reasoning, computer vision, natural language processing, genetic and evolutionary computing, cognitive computing, humanoid robots, swarm robotics, bio-inspired robotics, soft robotics, neuro-inspired computing, multi-agent systems and so on. <<https://www.nature.com/natmachintell/>> Acesso em 10/05/2020

³⁹ O Journal Citation Reports® viabiliza a avaliação dos principais periódicos de pesquisa de distintas áreas.

⁴⁰ Entendemos idiomas como sendo sistemas de comunicação restritos a diferentes áreas de conhecimento, com conotações técnicas específicas. Existem formas de superar tais diferenças, o que envolve processos padronização. Como afirma Duarte, padronização “consiste em toda sorte de esforços no sentido de padronizar práticas, métodos e técnicas de pesquisa de modo a criar dados que sejam comparáveis e comensuráveis” (DUARTE, 2016, pág. 822).

qualidade de vida das pessoas” (ibid., p.2). O termo “qualidade” é central neste ponto, já que o seu entendimento está vinculado ao conjunto de valores expressados pelos cientistas no desenvolvimento da prática científica.

O aprimoramento humano como projeto de sociedade

Na série dos manuais da CT NBIC, tomando-se um dos últimos publicados, a *Convergence of knowledge and technology for the benefit of Society (CKTS)* (ROCO & BAINBRIDGE, 2013, p.1), há a sugestão de tópicos para promover a criatividade, a inovação e o progresso da sociedade com base em cinco princípios gerais:

1. A interdependência de todos os componentes de natureza e sociedade;
2. Pesquisa de análise de decisão, desenvolvimento e aplicações baseadas em dedução lógica pelo sistema dinâmica;
3. O aumento da criatividade e a inovação por meio de processos evolutivos da convergência que combinem princípios existentes e divergência que gere novos;
4. A utilidade de línguas de transversal domínio de nível mais alto para gerar novas soluções e transferência de suporte do novo conhecimento;
5. O valor da pesquisa básica inspirada pela visão personifica-se em desafios grandes.

A CKTS busca a partir de três níveis hierárquicos de convergência, integrar o progresso humano, localizado no nível superior, com o desenvolvimento social, no intermediário e, por último, o planeta Terra, situado na base do sistema. A integração tecnológica é transversal às escalas humana, societal e global a partir das necessidades cognitivas sistêmicas frente às limitações biofísicas ambientais. Na medida em que o progresso humano e o melhor aproveitamento dos recursos naturais são centrais para a CKTS, o objetivo precípuo para seu desenvolvimento é considerar:

A natureza é um sistema coerente único, e os métodos diversos de investigações científicas e de engenharia devem refletir esta unidade ligada e dinâmica. Consequentemente, os conceitos gerais e as ideias devem desenvolver-se sistematicamente na interdependência, com caminhos de causa e efeito, para melhores resultados em conhecimento, tecnologia e aplicações. Ao mesmo tempo, as aplicações industriais e sociais confiam na integração de disciplinas e na unificação do conhecimento. Assim, a convergência é tanto um princípio fundamental da natureza como uma oportunidade oportuna para o progresso humano (ROCO AND BAINBRIDGE, 2013, p.3).

O entendimento da natureza como um sistema simples é um princípio da convergência tecnológica, que redundando na redução do natural aos processos físicos, químicos e biológicos. Por conseguinte, os fenômenos naturais podem ser explicados por unidades

sistêmicas básicas a partir das quais poderiam ser realizadas pesquisas interdisciplinares. A finalidade destas pesquisas é a unificação do conhecimento com a finalidade do progresso humano. Roco e Bainbridge (2013) argumentam que os métodos para a convergência e as oportunidades de ações transformadoras tendem a emergir na próxima década.

Atualmente, nos encontramos em uma fase intermediária de convergência, tida como proativa, caracterizada por ser mais inclusiva disciplinarmente, por aproximar pesquisas convergentes de áreas supostamente distantes e promover análises de decisão em formato mais explícito. Roco e Bainbridge (2013) prevêm que a partir de 2020 a convergência será transdisciplinar, em que organizações governamentais estarão mais incluídas. Temos que enfatizar que a CKTS propõe um “novo mundo de descoberta, invenção e inovação” a partir do centro da hegemonia política e econômica global, dinamizado por uma lógica de mercado, com investimento público e privado:

A perspectiva de novo conhecimento, ideias, materiais e tecnologias que emergirão de atividades convergentes é profundamente excitante. Espera-se que o seu impacto na vida diária seja extraordinariamente benéfico quanto a modo que nós e os nossos descendentes aprenderemos, trabalharemos, prosperaremos a idade. A convergência social tem o potencial a muito eficiente de melhorar as capacidades humanas, competitividade econômica e segurança de vida. (ROCO AND BAINBRIDGE, 2013, p. 16).

Ao observar as iniciativas que as NBIC promovem nos moldes da CKTS, podemos notar que a interdisciplinaridade do projeto é apenas instrumental. Ela está reduzida ainda apenas a quatro áreas de concentração, nas disciplinas das ciências duras. Este ponto é constantemente alvo de críticas (CAVALHEIRO, 2007; ECHEVERRIA, 2009; NEVES, 2009; SCHUMMER, 2010; KAMENSKY, 2015; GUZMÁN, ROMERO, & GROSSMAN, 2018). Pouco mais de uma década após a primeira publicação (ROCO; BAINBRIDGE, 2002), já estava presente a pretensão de ampliar o projeto para a inserção das ciências sociais e humanidades, já que, agora, considera-se que a “Inovação se desenvolve melhor no mundo moderno pela integração em um único sistema de ciência, engenharia e sociedade” (ROCO & BAINBRIDGE, 2013, p.14). No entanto, as disciplinas que o projeto destaca como sociais e humanas restringem-se a também, a seu modo utilitário de uso, na medida em que, tão somente, serviriam para legitimar econômica e politicamente o desenvolvimento da CKTS.

Nesta fase da CKTS, em que se integram níveis distintos de convergência, sociedade-natureza, ciência-economia, ciências duras-humanas, alcança-se novos níveis de

expectativas ficcionais, cujo desenvolvimento tecnológico incide de maneira direta e indireta nas expectativas sociais relativas ao aprimoramento e desempenho das capacidades humanas. Em síntese, há um acoplamento sistêmico entre economia e tecnologia quando se está em questão a busca pelo progresso humano (PEREZ, 2010). Paradigmas tecno-econômicos são centrais na discussão sobre os impactos e as oportunidades que surgem para iniciativas da CT NBIC, com ênfase na CKTS. É notável, no entanto, que alguns impactos dos paradigmas tecno-econômicos vão além da economia. Outras esferas sociais são atingidas pela “dinâmica da estrutura dos custos relativos, nos espaços de inovação e nos critérios e princípios organizacionais” (PEREZ, 2010, p.195). Perceberemos adiante que o projeto do aprimoramento humano da convergência NBIC, como um paradigma tecno-econômico, tem potencial de desenvolvimento para além de uma revolução tecnológica em termos econômicos. Deve-se ressaltar sua dimensão meramente potencial, orientada por expectativas de futuro. O imaginário do sistema capitalista, por sua vez, orienta-se também para o futuro.

Com a expansão de mercados competitivos e a extensão do sistema de crédito, os atores na economia devem deslocar a sua atenção para o futuro, que não pode imaginar-se como um modelo repetitivo de eventos conhecidos do passado. [...] Para entender a dinâmica do capitalismo devemos entender o papel que as expectativas jogam na tomada de decisão econômica, como estas expectativas são formadas, e como afetam as decisões dos atores (BECKERT, 2016, p.269)

Assim sendo, evidenciamos as questões a respeito do papel das tecnologias convergentes na criação dos futuros imaginados e na dinâmica do capitalismo. Os futuros sociais e econômicos imaginados, ao criar uma série de expectativas, ajudam-nos na explicação da dinâmica acelerada da ciência, tecnologia e capitalismo contemporâneo, como formas de organização de uma nova ordem social. Assim, "as expectativas imaginárias são a avaliação do futuro que finge que o futuro abrirá o caminho. Armações cognitivas, normas e emoções são cruciais para motivar a ação baseada nestes imaginários (BECKERT, 2016, p.281).

Assim, expectativas ficcionais em relação ao futuro se inserem como um dos processos definidores da dinâmica capitalista, cujo processo técnico-científico se desenvolve de acordo com as expectativas criadas pela indústria de inovação, ciência e tecnologia. A imaginação do futuro, nas palavras de Jens Beckert, “é reincorporada à própria lógica do sistema capitalista”, ele exemplifica como essa dinâmica pode se estender: “O que começou

como a contra cultura hippie na Califórnia, se desenvolveu no hiper capitalismo do Vale do Silício” (BECKERT, 2016, p.285).

O capitalismo moderno implica muito mais do que atores instrumentalmente racionais e dispositivos calculadores — inclui a criatividade expressa nos futuros imaginados. Os novos caminhos infinitos que propõem são uma parte indispensável do processo eterno da renovação capitalista, que é totalmente contingente no seu conteúdo e se interrompe esporadicamente pela crise. Esta mistura de criatividade e destrutibilidade descreveu-se há muitas décadas atrás pelo alemão - Paul Tillich teólogo americano em uma palavra separada: demoníaca (BECKERT, 2016, p.285-6).

Tais expectativas, portanto, devem ser consideradas por meio da dinâmica de co-produção. Não é possível compreendê-las a partir de sistemas isolados. Queremos dizer que tais imaginários de futuro emergem na integração de distintos elementos do sistema social mais amplo.

Idioma da coprodução e Imaginários sociotécnicos

Podemos, agora, observar como sistemas sociotécnicos são pautados por imaginários sociais sobre ciência e tecnologia. Sistemas sociotécnicos respondem aos imaginários sociais ao serem influenciados nos níveis de legislaturas, mídia e instituições com poder para elevar alguns futuros imaginados acima dos outros:

Imaginários, além disso, codificam não só visões do que é atingível pela ciência e tecnologia, mas também de como a vida deve, ou não deve, viver-se. [...] São coletivamente mantidos, as visões institucionalmente estabilizadas, e publicamente executadas dos futuros desejáveis, animados por compreensões compartilhadas de formas de vida social e ordem social atingíveis e sustentadas por avanços em ciência e tecnologia. Esta definição privilegia a palavra “desejável” porque os esforços de construir os novos futuros sociotécnicos se fundam tipicamente em visões positivas do progresso social. (JASANOFF, 2015, p.4).

Sistemas sociotécnicos são pautados por amplos ideais modernos de progresso científico e tecnológico, os quais são incorporados nos discursos e nas práticas científicas e materializados sob a forma de inovação. Imaginários operam intersubjetivamente, ultrapassam fronteiras sistêmicas, generalizam-se transcontextualmente compartilhando percepções dos futuros que deveriam ou poderiam ser realizados em várias esferas da vida social. De cientistas a leigos, o imaginário de ciência e tecnologia enreda-se e produz visões compartilhadas de bem coletivo, “visões que podem expandir escalas de governança de comunidades para o planeta” (ibid., p.11). A ciência e tecnologia funcionam ao repercutir

valores e interesses comuns, materializando, nas práticas e produtos específicos, imaginários sociais mais amplos. Assim, os sistemas tecnológicos participam da reprodução do mundo político, no qual se sobressaem pelo seu poder de normatividade. “Esses imaginários são ao mesmo tempo produtos e instrumentos da coprodução da ciência, tecnologia e sociedade na modernidade” (ibid., p.19). Sendo os imaginários elementos coproduzidos, cabe nesta dissertação discutir sua repercussão e incorporação na ciência e tecnologia que se desenvolve nos moldes da convergência tecnológica.

Antes, avancemos na definição do termo. Sob os termos da Coprodução, Jasanoff conceitua imaginários sociotécnicos⁴¹ como “formas pelas quais as visões do conhecimento científico e tecnológico entram nos conjuntos de materialidade, significado e moralidade que constituem formas robustas de vida social.” (Jasanoff, 2015, p.4). A coprodução é muito mais um idioma, um modo de interpretar fenômenos complexos, em que acentuam-se dimensões de significação, discurso e textualidade. Sua utilização permite dialogar com as discussões correntes do campo dos ESCT, como a emergência de novos fenômenos, a resolução de conflitos, a padronização de conhecimento ou tecnologia e a aculturação de práticas científicas. Permite-nos também dar conta da complexidade de relações que não podem ser resumidas a espaços isolados da realidade.

A adoção da linguagem coprodutiva de Jasanoff ocorre pela consideração de que tanto as ciências sociais, quanto as ciências biológicas são sítios especialmente recompensadores para abordagens coproductionistas porque muitas vezes se implicam nos processos discutidos nos parágrafos anteriores: emergência, padronização e aculturação. Como esta pesquisa se situa em uma região de fronteiras disciplinares, tanto da sociologia quanto da biologia, surgem as indagações a respeito da forma em que deveríamos discutir objetos “sociais” e “biológicos”. Jassanof pergunta

Em que termos conceptuais, então, devemos discutir as relações entre a ordenação de natureza por conhecimento e tecnologia e a ordenação de sociedade por poder e cultura? Como devemos caracterizar as conexões entre a capacidade humana de produzir fatos e artefatos que reconfiguram natureza e a capacidade igualmente humana de produzir dispositivos que reordenam a sociedade (JASANOFF, 2015, p.14)

⁴¹ Para Jassanoff o termo “Oferece a entrada nas realidades coproduzidas do conhecido, o feito, o lembrado, e os mundos desejados nos quais vivemos e que temos o poder de reformar por meio das nossas imaginações criativas, coletivas” (JASANOFF, 2015, p.29).

De maneira resumida a autora, e nós junto a ela, defendemos que “as realidades da experiência humana emergem como realização conjunta de empreendimentos científicos, técnicos e sociais” (JASANOFF, 2015, p.17). Nesse sentido a percepção dessa realidade também está constantemente sendo reorganizada de acordo com a posição dos atores dentro desse espectro de possíveis realidades.

Assim, para fins metodológicos “O termo coprodução reflete este desejo consciente de evitar tanto o determinismo social quanto o tecnocientífico nos ESCT”. (ibid., p.20). Pretendemos ao estabelecer diálogo com esta abordagem teórica, falar de ciência e tecnologia de maneira a não deixar de lado sua materialidade nem suas qualidades sociais subjetivas, tomadas como expectativas de futuros possíveis.

Há coisas que as máquinas e os dispositivos podem fazer que nenhuma combinação imaginável de atores humanos poderia realizar sem uma melhoria tecnológica. Semelhantemente há coisas que atores humanos podem fazer e as máquinas (até agora) não podem (JASANOFF, 2015, p.24).

Nesse ponto encontramos a intersecção entre esta pesquisa e o trabalho desenvolvido por Sheila Jasanoff. Ao tratar de melhorias tecnológicas e limites dos seres humanos em relação a isso, a autora indica pontos chave que se relacionam com este trabalho. Questiona-se se algum dia poderiam as máquinas realizar atividades que até o momento, acreditamos, são exclusividade de atores humanos. Além de falar das relações e implicações em que os ideais de “ciência” e “sociedade” se envolvem, vamos tratar do que é discutido por Jasanoff, e por outros autores no campo dos ESCT, em relação à produção de expectativas sobre os limites da tecnologia e dos limites dos seres humanos por parte dos “profetas do futuro”. Expectativas em que as fronteiras entre humanos e não-humanos aparecem de maneira cada vez mais difusa, nas quais o que é estritamente social e natural emergem em uma mesma ecologia.

Jasanoff faz uma revisão ao longo do histórico de desenvolvimento do campo ESCT, e revisita pontos em que a área discute a divisão entre cultura e natureza. Um ponto importante a destacar é o diálogo estabelecido com Donna Haraway e Bruno Latour. O diálogo pauta-se pelo estudo do gênero nos artefatos materiais, a personificação humana nas compreensões da natureza, o lugar da natureza humana nas manifestações sociais e o desenho de sistemas tecnológicos. As construções de híbridos e ciborgues, na linguagem dos

autores, fazem parte das sociedades modernas, assim como tem crescido o interesse sobre o trans-humano e o pós-humano (HAYLES, 1999).

Ao colocar esses pontos em destaque, Jasanoff tenta, assim como Haraway e Latour, romper com as ideias de natureza e cultura, biológico e social, entre outros dualismos cartesianos. Por conta disso, a coprodução emerge como ferramenta metodológica que permite discutir fenômenos que se encontram em arenas interdisciplinares, híbridas. É importante considerar os movimentos teóricos que buscam romper com esses esquemas duais, mas também estar cientes da importância do sistema político e da maneira em que se entende e se institucionaliza a objetividade. Este sistema, além do mais, leva a implicações do financiamento da ciência, que influencia no tipo de trabalho que se considera apropriado, bem como na organização da pesquisa científica.

O discurso de entendimento da realidade pela ciência cria uma realidade no imaginário social e político em que a ciência continua a ser vista e desenvolvida sob as crenças que a entendem como um processo neutro, objetivo, racional.

Possivelmente a pergunta mais importante levantada pelos ESCT na interação entre a ciência e o estado, bem como em estudos feministas e estudos culturais de ciência se refere a direção da influência do conhecimento sobre o poder. Poder, concebido no antigo caminho, pode ver-se como constantemente a reinserção de si mesmo nas instituições, comunidades, práticas, discursos, reclamações e produtos de ciência e tecnologia, inclusive não menos importante os nossos conceitos de corpos humanos e natureza humana (JASANOFF, 2004a, p.36).

Uma das ambições teóricas dentro do idioma da coprodução é melhorar os recursos disponíveis para pensar sistematicamente os sentidos dados à ciência e tecnologia pela sociedade moderna. Essa talvez seja uma de nossas maiores indagações: por que os produtos da ciência e tecnologia adquirem tal centralidade e profundidade na vida das pessoas?

Por exemplo, no capitalismo de mercado, o ser humano é imaginado como sendo capaz de formar preferências autônomas, processar a informação, fazer escolhas racionais e agir livremente sobre as escolhas feitas, tais modelos tácitos de agência humana, e consequentemente da natureza humana, frequentemente apoiam-se nos discursos técnicos pelos quais as instituições públicas executam suas atividades reguladoras. [...] **Nesse mesmo sentido, a linguagem científica muitas vezes empreende modelos tácitos de natureza, sociedade, cultura ou humanidade que são atuais em qualquer tempo dentro de uma ordem social dada.** [...] as convenções disciplinares muitas vezes procuram obliterar, por meio disso fazendo injustiça a complexidade bem como a estranheza de experiência humana (JASANOFF, 2004a, p.40-42, grifos nossos).

A construção teórico-metodológica de Jasanoff elucidada como as compreensões cognitivas do mundo amarram-se em muitos pontos a meios sociais de intervir em ou enfrentar aquele mundo. O conceito de coprodução rejeita a simplificação tanto do determinismo social como o do científico ou tecnológico; não vê a ciência nem como constituída por apenas interesses nem como acessando diretamente natureza. Ao contrário, Jasanoff propõe que conhecimento e as suas incorporações materiais são produtos do trabalho social e, ao mesmo tempo, constitutivo de formas de vida social.

as imagens científicas de seres humanos como agentes previsíveis e calculistas, modelaram o comportamento como obediência a regularidades parecidas a uma lei, independentes de política, cultura, tempo ou lugar. [...] mostra como certos desenhos conceituais e as formulações cognitivas ganham terreno à custa de outros, e como, uma vez adotados, estes acordos bem sucedidos vêm para ver-se como naturais, inevitáveis ou determinados com antecedência. [...]

Em sua maioria, as ciências sociais, ainda sem perguntar, aceitam o limite entre natureza e sociedade como dado. A possibilidade do compromisso crítico é possivelmente mais evidente quando se realiza uma análise sobre a coprodução da emergência da ordem social, e da ordem da natureza (JASANOFF, 2004a, p.276-278).

As diferentes formas em que pensamos sobre as relações de conhecimento, ciência, tecnologia, política, ética e economia, são sinais de que a coprodução é em si mesma constitutiva e historicamente situada. Assim sendo, vamos discutir sobre a percepção de Jasanoff sobre a intersecção de distintos sistemas sociais com o sistema científico e tecnológico. Optamos por tratar inicialmente dos sistemas político e jurídico, já que as agendas de pesquisa e inovação tratadas neste trabalho são constantemente disputadas, legitimadas, revisitadas, discutidas e postas em controvérsia por distintos atores, instituições, processos e linguagens formais, acadêmicas, políticas e jurídicas que moldam o significado que a ciência e a tecnologia adquirem (JASANOFF, 1995, p.2). Neste ponto, vamos nos debruçar sobre as questões levantadas pela autora a respeito das relações que a ciência estabelece com o sistema político e o sistema jurídico. No início do seu livro “*Science at the bar*” (1995), ela se questiona sobre os limites da ciência e tecnologia frente ao que ela denomina como as “fronteiras da experiência humana” (JASANOFF, 1995, p.3-4). A autora se refere às recentes descobertas e possibilidades de manipulação da vida pelas ciências biológicas.

Em *Science at the Bar*, Jasanoff realiza uma análise ao longo do desenvolvimento do sistema legal, e evidencia como as descobertas científicas e os avanços tecnológicos se

refletem em mudanças na forma e nas regras do sistema jurídico/político, em poucas palavras “*changing knowledge, changing rules*” (JASANOFF, 1995, p.24, 1995). Retroativamente, ocorrem mudanças na forma em que o conhecimento é produzido. Ela ressalta também que mudanças tecnológicas levaram a transformações profundas nas expectativas públicas de liberdade, privacidade e bem estar físico (JASANOFF, 1995, p.25).

No Brasil, por exemplo, os debates públicos sobre pesquisas a respeito das “Novas formas de vida” produzidas por pesquisa biomédica, como células-tronco embrionárias humanas, colocaram em pauta discussões sobre os próprios limites da humanidade para além dos campos científicos implicados. Desenvolveu-se o debate legislativo no Congresso Nacional Brasileiro e no Supremo Tribunal Federal sobre as implicações desse tipo de investigação, as quais transcenderiam a promulgação da lei de Biossegurança (LEI Nº 11.105/2005). Noções de ‘vida’ desdobraram-se e foram negociadas partidariamente, “As noções da vida negociaram-se em um *continuum* híbrido de fatos (biológicos) e valores (religiosos, morais e jurídicos). Ressoaram de maneiras diferentes com a ideia do individual como modo privilegiado de construir a personalidade no contexto de estados-nações modernos” (CESARINO, 2011, p. 227). Na prática, a ambivalência entre fatos e valores é insolúvel, assim, não se obtém definitivamente uma resposta para se a “natureza humana” deveria ser entendida fundamentalmente em termos morais ou biológicos. Sempre haverá um espaço para relativizar a vida, ou seu início. Por isso, “Os representantes brasileiros e os juízes realmente não legislaram para uma resposta definida e, em contraste com os seus colegas britânicos, por exemplo, terminaram por conservar nos limites legais algumas ambiguidades inerentes à controvérsia” (CESARINO, 2011, p. 248).

A constituição legislativa vai influenciar, como dito acima, estratégias de inovação, ciência e tecnologia, incluindo os projetos para a convergência tecnológica. Ato contínuo, o espaço de ambiguidade legislativa – e diria política – deixa em aberto o futuro da tecnologia, incluindo o futuro dos seres humanos.

As políticas sobre programas de ciência são sobre o futuro da ciência e tecnologia, vêm para uma grande variedade de conversações e expectativas sobre futuro, inclusive visões, promessas, desejos, previsões, previsões de previsões, praticabilidade e afirmações de oportunidades, cenários, suposições e conceitos teleológicos, como convergência (SCHUMMER, 2010, p.69).

No Brasil, foi realizado um Workshop⁴² sobre o desenvolvimento da CT NBIC na América Latina. Na legislação brasileira, a CT NBIC aparece como “Tecnologias Convergentes e Habilitadoras”. Na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação de 2016 até 2022, desenvolvida pelo Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC, 2016), esta abordagem se apresenta como promessa de futuros possíveis, sem mencionar as ambiguidades latentes que a área, como se afirmou acima, deixa em aberto.

um desafio científico global desde sua concepção inicial, tendo evoluído de uma tendência para um movimento que procura acelerar a unificação das ciências com o objetivo de dar aos seres humanos uma vasta gama de poderosas opções tecnológicas. Sendo uma área que unifica em si outras áreas de fronteira do conhecimento, ela possui, naturalmente, oportunidades para aqueles que se dedicarem ao seu desenvolvimento.” (MCTIC, 2016).

Outros países têm adotados esta agenda e ela aparece variada, com nuances cívicas e científicas completamente diferentes⁴³, notadamente em todas elas ocorre um espaço de possibilidades que são projetadas para o futuro, enquanto profecias e expectativas ficcionais. Tais agendas e projeções de futuro não ocorrem em um vácuo societal, ocorrem em conformidade com epistemologias cívicas específicas, formas coletivas de conhecimento de uma cultura (JASANOFF, 2011, p.255). Poderíamos dizer que estão relacionadas às formas de fazer ciência dadas em contextos (geo) políticos, jurídicos e econômicos específicos.

No próximo capítulo aprofundaremos estas questões levando em conta a narrativa de um dos mais importantes porta-vozes da área, Miguel Nicolélis. A expectativa é que sua narrativa ilustre os desenvolvimentos da área, principalmente como promessas e imaginários de futuro.

⁴² Brazil Brainstorm Workshop - São Paulo < <http://www.wtec.org/NBIC2-Americas/> > Acesso em 10/05/2020

⁴³ Em sociedades europeias: EUR 21357 – Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies

<https://www.philosophie.tu-darmstadt.de/media/institut_fuer_philosophie/diesunddas/nordmann/cteks.pdf> Acesso em 10/05/2020

Na Rússia: Convergence of Sciences and Technology – the base of the new technological order <http://www.nru.spbstu.ru/en/scientific_events/nfm/conference_nanotechnology/plenary_lecture/> Acesso em 10/05/2020

No Japão: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21850971>> Acesso em 10/05/2020

No Canadá: A Plan by Canadians, for Canadians

<https://www.ic.gc.ca/eic/site/062.nsf/eng/h_00109.html> Acesso em 10/05/2020

Capítulo 2 - Uma nova teoria científica, uma nova concepção de humanidade

Este é um tempo excitante para a neuroengenharia. Estamos em um momento da confluência de campos que avançam em uma taxa de crescimento constante.
(PHILIP L. GILDENBERG, 2008)

Essa frase é a abertura da primeira edição de um livro compêndio que trata sobre a história, teoria, métodos e desenvolvimento da área da neuroengenharia. Vários manuais e livros didáticos de introdução à neuroengenharia se desenvolvem e são introduzidos com grandes promessas de desenvolvimento tecnológico e com um discurso que aponta para a melhoria dos seres humanos em suas capacidades físicas e cognitivas. No capítulo anterior tratamos da articulação da convergência tecnológica com a Neuroengenharia (JO *et al.*, 2016) por meio da discussão da coprodução entre ciência e ordem social. Como se viu, repetidas vezes afirma-se, no âmbito da agenda da CT, que a busca é por realizar melhorias nas capacidades físicas e cognitivas dos seres humanos.

Neuroengenharia é uma disciplina emergente no campo de engenharia biomédica e com o objetivo de compreender, modular, melhorar ou consertar sistemas neurais, que são obviamente os sistemas mais complexos do corpo humano. Durante a década passada, a neuroengenharia tem crescido rapidamente e estendeu as suas aplicações de interpretar e processar sinais neurais a inter-relacionar os sistemas neurais com dispositivos externos para restaurar funções perdidas (IM *et al.*, 2013, p.1).

Acreditamos que estas áreas têm promovido profecias para sua autolegitimação científica e social, já que as mesmas obsessivamente pretendem “prever” o seu próprio desenvolvimento científico e tecnológico. Exemplo disso é o debate que se estabeleceu a partir do “chute inaugural da Copa do Mundo de 2014”, sobre o qual falamos na introdução. Quem liderou o consórcio internacional que “deu o chute”, Projeto Andar de Novo (*Walk Again Project*), que contou com a colaboração de diversas parcerias, como mostra o quadro 1, foi Miguel Niclollelis. Entre dezembro de 2012 e junho de 2014, Nicolelis reuniu uma equipe multidisciplinar com 156 profissionais de 25 países. Posto isso, talvez o autor seja o grande porta-voz público da área em questão e seus projetos sejam centrais para compreender os atuais desenvolvimentos da área, em volume de recursos, mobilização de cientistas, interesses públicos e influência política.

Quadro 1 - Parcerias do Consórcio.

Duke University Center for Neuroengineering (EUA)
Neuroprosthetic Center at Ecole Polytechnique Federale de Lausanne – EPFL (Suíça)
Technical University of Berlin (Alemanha)
Technical University of Munich (Alemanha)
École Supérieure de Physique et Chimie Industrielles de La Ville de Paris (França)
Grupo de robótica do ATR Laboratories of Kioto (Japão)
International Neuroscience Network Foundation (INNF)
Duke Immersive Virtual Environment, Duke University (EUA)
Robotics, Autonomous Systems, and Controls Laboratory, UC Davis, (EUA)
Cardinal Hill Rehabilitation Hospital, Health Care Kentucky University, (EUA)
Associação de Assistência à Criança Deficiente – AACD (Brasil)
Instituto Internacional de Neurociências Edmond e Lily Safra – IIN-ELS (Brasil)
BIA Turnkey Systems, Paris (França)
Laboratoire de Systèmes Robotiques, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne – EPFL (Suíça)
Colorado State University (EUA)
CNPq – Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia – INCEMAQ (Brasil)

Quadro 1 – Parcerias do consórcio - Elaboração própria a partir de dados fornecidos no site da Associação Alberto Santos Dumont para Apoio à Pesquisa AASDAP

Os recursos do projeto “andar de novo” somaram pouco mais de R\$ 33 milhões, obtidos a partir da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, a agência pública brasileira para o fomento de ciência, tecnologia e inovação⁴⁴ vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). A partir do Projeto, foram publicados 21 artigos entre 2014 e 2017, evidenciando a importância no âmbito científico deste que é uma das maiores exposições públicas de um empreendimento de neuroengenharia. Cabe destacar que o Projeto “Andar de Novo” não se viu livre de controvérsias, que tocaram em questões éticas e a respeito da viabilidade do projeto (BEGUOCCI e BURGIERMAN, 2014), em acusações de uso político do projeto, (LEMES, 2014), nas repercussões na mídia (ALVES,

⁴⁴ Financiadora de Estudos e Projetos – Finep: <<http://www.finep.gov.br/>> Acesso em 10/05/2020

2014), em controvérsias midiaticizadas (DÁNDREA, 2016) e na disputa acadêmica entre cientistas do projeto (ESTEVES, 2011)⁴⁵.

Das instituições do consórcio é importante destacar o Instituto Nacional de Interfaces Cérebro-Máquina (INCEMAQ)⁴⁶, que tinha a proposta de estabelecer uma rede nacional de laboratórios capaz de implementar um amplo e arrojado programa de pesquisa e tecnologia em ICM. como um mecanismo completo para a geração, transmissão e transferência de conhecimento inovador, permitindo a criação de uma verdadeira Indústria Neurotecnológica Brasileira. Essa iniciativa nacionalmente distribuída permitirá ao Brasil se tornar um líder mundial nesse novo campo da pesquisa multidisciplinar (INCEMAQ, 2014).

Entre outros projetos, Miguel Nicolelis promoveu a criação do *Campus* do Cérebro, que ocupa em uma área de 99,5 hectares no município de Macaíba no Rio Grande do Norte, com a Escola de Educação Básica Lygia Maria Rocha Laporta e o Instituto Internacional de Neurociências Edmond e Lily Safra - IIN-ELS⁴⁷. A missão do *Campus* é promover atividades de ensino, pesquisa e extensão para inclusão e desenvolvimento social, para fortalecer o desenvolvimento de um polo científico-tecnológico. Na direção de executar essa tarefa e gerenciar o Campus, foi criado o Instituto de Ensino e Pesquisa Alberto Santos Dumont (ISD), uma organização social vinculada ao MEC, com um conselho administrativo formado por representantes dos Ministérios da Educação, da Saúde e da Ciência, Tecnologia e Inovação, e representantes da sociedade civil (NICOLELIS, 2016, p.254-5).

Há 17 anos o projeto vem sendo desenvolvido, foram investidos 48 milhões de reais em infraestrutura. O MEC prometeu quase 250 milhões ao projeto, mas até setembro de 2014 o Ministério havia destinado pouco mais de 29 milhões, isso demonstra que há muitos impasses políticos, burocráticos e administrativos entre os ministérios e as instituições de

⁴⁵ Esta última teve como consequência uma ruptura entre Nicolelis e a equipe inicial, que posteriormente veio a fundar o Instituto do Cérebro da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.

⁴⁶ Instituto Nacional de Interfaces Cérebro-Máquina (INCEMAQ). <<http://inct.cnpq.br/web/inct-incemaq>> Acesso em 10/05/2020

⁴⁷ Em 2013, o IIN-ELS criou o primeiro curso de Mestrado em Neuroengenharia no Brasil <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/programa/viewPrograma.jsf?popup=true&id_programa=205360> Acesso em 20/01/2020. Atualmente existem cinco programas de pós-graduação estabelecidos no país <<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/programa/quantitativos/quantitativoIes.jsf?areaAvaliacao=14&areaConhecimento=31300006>> Acesso em 20/01/2020.

fomento à pesquisa científica. A inauguração do *Campus* foi prorrogada diversas vezes, começando a operar apenas em 2018⁴⁸.

Muito além do nosso eu: Uma nova neurociência?

Um dos livros mais importantes nos últimos anos, sobre o desenvolvimento da neuroengenharia, intitulado “Muito além do nosso eu: A nova neurociência que une cérebro e máquinas e como ela pode mudar nossas vidas” (NICOLELIS, 2011), é uma obra capaz de projetar uma agenda de investigação articulada a expectativas futuras para a área em desenvolvimento. A começar pela leitura do título, é possível perceber expectativas ficcionais que buscam promover interesse público e atração de investimentos financeiro em razão de uma dinâmica capitalista sobre a qual o sistema científico e tecnológico se desenvolve.

A história da neurociência poderia retornar até os primeiros estudos do cérebro no Egito antigo, mas, para esta investigação, é suficiente o entendimento de como a neurociência se consolidou até chegar no ponto de desenvolvimento em que a temos hoje, com ênfase nas disputas mais importantes que ocorreram no início da neurociência moderna, no final do século XIX. Mais que recontar uma história, trata-se de apresentar como esta história foi contada por um dos maiores porta-vozes da área atualmente, Miguel Nicolélis, e como ele dispõe essa história aos seus objetivos no campo. Deve-se estar atento para a maneira como o curso de sua narrativa é acompanhada por uma dinâmica de coprodução e expectativas de futuro.

Para Miguel Nicolelis, uma figura central foi Edgar Douglas Adrian, ao explicar o cérebro e suas estruturas. Adrian ganhou o Prêmio Nobel junto a Charles Sherrington em 1932 pelo seu trabalho sobre as funções dos neurônios⁴⁹. Em uma palestra em Oxford em 1946, Adrian evocou algumas rivalidades do passado entre a produção científica de Oxford e Cambridge, sua *alma mater*⁵⁰.

⁴⁸ Para saber mais: <<http://www.institutosantodumont.org.br/2018/04/05/isd-inicia-operacao-campus-cerebro/>> Acesso em 20/01/2020

⁴⁹ Edgar Adrian – Biographical. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2020. <<https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1932/adrian/biographical/>> Acesso em 21/01/2020

⁵⁰ Expressão latina que se refere à universidade em que a pessoa em questão se formou, em tradução livre significa a mãe que nutre.

Adrian evocou a grande disputa que envolveu dois grandes cientistas italianos, o médico Luigi Galvani (1737-98) e o físico Alessandro Volta (1745-1827). Desse encontro resultou a descoberta acidental da eletrofisiologia e sua transformação numa área de grande importância na pesquisa científica do final do século XVIII (NICOLELIS, 2011, p.62-3).

A eletrofisiologia foi uma das bases fundamentais para o desenvolvimento da neurociência. As descobertas de Galvani em sua teoria neuro-elétrica das funções vitais e a discussão destas ideias com anatomistas, proporcionou o projeto de um programa de pesquisa concentrado no estudo do papel da eletricidade no movimento muscular (PICCOLINO; BRESADOLA, 2013, p.71). Isto possibilitou o avanço do estudo dos sistemas neurais e o melhor entendimento do sistema nervoso como um todo.

Nicolelis destaca Thomas Young como outro dos responsáveis pelo início do debate central da história da neurociência, há duzentos anos, que “além de físico e médico era egiptólogo, linguista, fisiologista, e foi o primeiro neurocientista computacional da história”, ele formulou uma teoria distribuída de codificação neural, a “teoria tricromática da visão colorida”. Young foi um precursor da doutrina distribucionista. Esta teoria propõe que o cérebro se vale de grandes populações de neurônios para codificar qualquer tipo de informação (NICOLELIS, 2011, p.66). A grande controvérsia aqui se refere à oposição entre distribucionistas e localizacionistas, ou, entre Thomas Young e seu maior concorrente, o fundador da frenologia no final do século XVIII, Franz Gall. Este último popularizou o seu método de “cranioscopia” por toda a Europa que

permitiria identificar tanto os traços fundamentais do caráter como as habilidades mentais de seus pacientes por meio da cuidadosa inspeção tátil da conformação de seus crânios. Gall argumentava que certas áreas do córtex cerebral cresciam desproporcionalmente em pessoas que tinham certas habilidades artísticas e mentais e comportamentos aberrantes. Esse crescimento localizado e diferenciado do córtex, ainda de acordo com tal teoria, influenciaria a conformação final do crânio do paciente, permitindo assim que um especialista, ninguém menos do que o próprio Gall, pudesse, depois de palpar cuidadosamente aquela cabeça tão especial, anunciar tanto potenciais aptidões mentais como irremediáveis falhas de caráter detectadas pelo contorno das protuberâncias ósseas (NICOLELIS, 2011, p.67).

A tese de Gall repercutia a racionalidade médica do século XIX, caracterizada por um cartesianismo (DAMÁSIO, 2012), que no ambiente clínico se desenvolvia entre os dualismos daquilo que é normal ante o que é patológico. Mesmo que a maior parte da comunidade médica europeia tenha rejeitado as conclusões de Gall e dos frenologistas, a

forma de categorização cartesiana propiciou um espaço fértil para o desenvolvimento de ideias deterministas do comportamento humano.

A frenologia foi primeiro conhecida como “organologia”, surgindo primeiro na Europa, onde teve sucesso nos círculos intelectuais de Viena, Weimar e Paris. A frenologia prosseguiu como uma curiosa mistura de psicologia primitiva, neurociência e filosofia prática, tendo uma influência notável na ciência e nas humanidades durante a maior parte do século XIX (DAMASIO, 2011, p.33-4). A frenologia alcançou popularidade nos Estados Unidos, onde “Os médicos americanos utilizaram a nova doutrina europeia como uma armação explicativa para várias condições” (AMINOFF; BOLLER; SWAAB, 2010, p.606).

Atualmente, em diversos manuais de neurociência, a frenologia é categorizada enquanto uma pseudociência de caráter popular do início do século XIX. Estava errôneamente embasada na crença de que padrões no formato do crânio indicariam áreas do cérebro que mediavam funções psicológicas específicas. Atualmente, visando superar a frenologia, técnicas mais sofisticadas de associação entre o cérebro e o comportamento humano (DAMASIO *et al.*, 2002, p.131) são propostas, cujo fundamento é a redução do comportamento a atividades cerebrais. Adiantamos em dizer que a relação controle e cérebro é um dos elementos que encontramos na pesquisa em tela, em específico, no background semântico dos artigos analisados. Mesmo que seja uma expectativa de futuro, aqui, passado e futuro da neurociência se encontram.

Havia assim um tipo de tradição ocidental europeia de pensamento com perspectiva localizacionista. Havia investigações médico-filosóficas que trabalhavam com a suposição de que eventos físicos poderiam ser localizados em pontos específicos do cérebro (AUGUSTO, 2010, p.49). O projeto frenológico teve uma segunda fase com uma grande influência da criminologia, que lhe recuperou o fôlego,

Na busca de criar uma antropologia criminal. As tendências inatas, o comprometimento das faculdades morais e intelectuais tidas como naturais, criariam as bases do criminoso nato, na classificação biotipológica de César Lombroso. [...] A Escola Positiva da Criminologia surgiu com propostas sistematizadas e organizadas sob um formato classificatório do delinquente (AUGUSTO, 2010, p.56-57 Grifos do autor).

Miguel Nicolelis ainda pauta o debate entre frenologistas versus holistas nos termos de localizacionistas versus distribucionistas. É reconhecida a contribuição de alguns cientistas

que aderiram a doutrina localizacionistas no século XIX, como a publicação de um estudo clínico de Paul Broca (1824-80), segundo o qual,

a correlação das lesões anatômicas com os sintomas clínicos do paciente oferecia a primeira grande prova para a teoria da localização de funções mentais, ao identificar um centro da fala em uma região específica do cérebro humano⁵¹ (NICOLELIS, 2011, p.74).

Um ponto marcante na disputa acadêmica entre localizacionistas e distribucionistas foi o Prêmio Nobel em Fisiologia ou Medicina de 1906 concedido conjuntamente a Camillo Golgi e Santiago Ramón y Cajal, em reconhecimento do seu trabalho na estrutura do sistema nervoso⁵². Esse momento, e as controvérsias que a ele estão associadas, foi decisivo para o delineamento de como a neurociência se desenvolve atualmente.

Golgi descobriu que as células nervosas podem ser manchadas com o nitrato de prata. Isto levou a estudos inovadores de como o sistema nervoso se estrutura e funciona. Golgi atestou que todas as células do sistema nervoso constituiriam uma rede contínua, interligada. Por conseguinte, houve um longo período de discordância com Santiago Ramón y Cajal que, por sua vez, utilizando o método proposto por Golgi, provou que cada célula nervosa é uma entidade independente e sinapses transferem impulsos neurais de uma célula a outra.

Cajal, até hoje, é um dos mais citados autores na literatura neurocientífica. Produziu imagens que denotavam, pela primeira vez na história da neurociência, o enorme grau de complexidade estrutural dos circuitos neurais. Nada igual havia sido produzido antes. O auge da carreira de Cajal foi a enunciação de uma série de princípios que definiam o que passou a ser conhecido como doutrina neuronal. De acordo com essa doutrina, o cérebro é formado por um enorme número de células individuais que se comunicam umas com as outras através de contatos discretos (NICOLELIS, 2011, p.80-82). As propostas teóricas eram diferentes, porém, foram as ideias de Cajal que prevaleceram.

Após palestras provocativas de Golgi e Cajal na cerimônia Nobel, a disputa entre doutrinas neuronais – explicativas do funcionamento do cérebro – ficou mais acirrada. A neurociência testemunhou a ascendência da visão localizacionista das funções cerebrais, o

⁵¹ Broca tentou dissociar seus achados das predições frenológicas.

⁵² The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1906. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2020. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1906/summary/>. Acesso em 27/01/2020

que levou à emergência da citoarquitetura graças à descoberta do histologista Vladimir Betz (1834-94). Em 1874, Betz demonstrou que o córtex motor continha uma camada muito densa, formada por aglomerados de grandes neurônios que, depois de se agruparem em grossos feixes nervosos, descem até a medula espinhal, uma das vias neurais mais importantes e volumosas de todo o cérebro (NICOLELIS, 2011, p.89-90).

Na primeira década do século XX, vários histologistas propuseram esquemas para dividir o córtex em diferentes áreas. Um dos pioneiros dessa prática, o neurologista Korbinian Brodmann (1868-1918), introduziu numa série de monografias clássicas publicadas entre 1903 e 1914, aquela que se tornou a mais aceita classificação citoarquitetônica do córtex (ibid. p.91). Até hoje, mais de um século após sua publicação original, essa correlação anatomofisiológica permanece inalterada. Porém, o sucesso experimentado pela classificação de Brodmann gerou, entre outros estudiosos da citoarquitetura cortical, uma verdadeira obsessão de continuar a dividir o córtex em áreas cada vez menores e com correlações muitas vezes não embasadas (NICOLELIS, 2011, p.92).

Ao contrário dos localizacionistas, Wilder Penfield, baseado em uma série de procedimentos clínicos, teve uma hipótese radicalmente diferente para a organização funcional de todo o córtex, de que áreas individuais, apesar de especializadas, podem contribuir para outras funções cerebrais envolvidas na criação de múltiplos comportamentos. Em outras investigações de Penfield sobre o córtex motor e sensorial, ele observou a emergência de um mapa topográfico do corpo humano, que ficou conhecido desde então como “homúnculo” sensorial (NICOLELIS, 2011, p.95-96).

a imagem mostra um corpo humano grotescamente distorcido. A figura reproduz fidedignamente a escultura neural que emerge de um processo ontogenético conhecido como magnificação cortical, que determina que mapas neurais de nosso corpo sofram uma expansão desproporcional de certas regiões em detrimento de outras (NICOLELIS, 2011, p.97).

O homúnculo de Penfield representa o corpo humano de maneira a ressaltar as partes que tem uma maior representação no cérebro. Desse modo, as partes mais utilizadas (motor e sensorialmente) têm um substrato neural equivalente, de modo a criar a imagem de um corpo com mãos, pés e cabeça (destacando os órgãos sensoriais) muito maiores do que realmente são. De maneira complementar ao desenvolvido por Penfield, Ronal Melzack

sugeriu que a representação cerebral do corpo vai **muito além** do alcance do homúnculo que Penfield identificou no córtex motor e somestésico, e é ela que nos permite definir a **configuração e os limites de nosso corpo e de nosso senso de eu** . Ainda de acordo com Melzack, a imagem do corpo e de seus limites que o cérebro contém permaneceria ativa mesmo depois da remoção física de um membro, criando a sensação anômala, mas absolutamente real, que caracteriza o membro fantasma (NICOLELIS, 2011, p.110, grifos nossos).

Estudos que se desenvolveram nessa linha de pensamento, como o de Patrick Wall sobre mecanismos sensoriais e o de Jon Kaas e Michael Merzenich sobre reorganização funcional do mapa somatotópico encontrado no córtex somestésico, causaram uma verdadeira revolução na neurociência de sistemas, cuja “conclusão era inescapável: o cérebro dos mamíferos tinha nascido para ser plástico” (NICOLELIS, 2011, p.113-114). Miguel Nicolelis, John Chapin e Tim Pons ajudaram a provar que:

A plasticidade, depois de muita controvérsia, não só podia ocorrer durante a vida adulta como também envolvia todas as estruturas do sistema nervoso central, imbuídas do processamento de informação sensorial (NICOLELIS, 2011, p.115).

Vilayanur Subramanian Ramachandram, na medida em que corroborava com os princípios da plasticidade neural, desenvolveu tipos diferentes de uma terapia que se baseava em dois pilares principais da neurociência: primeiro, que os mapas somatotópicos encontrados no cérebro adulto são capazes de extensa plasticidade funcional; segundo, que simulações geradas internamente pelo cérebro, e não o fluxo ascendente de informações táteis transportado pelos nervos periféricos, é que ditam a modelagem e a manutenção da percepção da forma e dos limites do corpo que habitamos (DAMASIO, ANTONIO R. *et al.*, 2002; RAMACHANDRAN, 1998, 2014). Para Nicolélis, "O cérebro nos provê com a sensação de habitar um corpo concreto e real que, no final das contas, não passa de mera ilusão neural" (NICOLELIS, 2011, p.119-120).

Esses principais impasses e disputas acadêmicas servem como pano de fundo para a discussão e estabelecimento da neurociência de sistemas. Charles Sherrington foi um dos primeiros neurocientistas a reconhecer a natureza distribuída do pensamento ao demonstrar que funções neurológicas básicas, como os arcos reflexos espinhais, dependem da cooperação contínua de múltiplas estruturas nervosas periféricas e centrais. Por essa

descoberta, recebeu o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1932⁵³, ao definir que essa colaboração entre estruturas neurais caracterizava um sistema integrado.

As nossas funções corpóreas governam-se pelo nosso sistema nervoso, que se compõe de muitas células nervosas com extensões ou fibras nervosas, que formam um sistema de conexões entre o cérebro, a corda espinal e o resto do corpo. Certos estímulos de células nervosas dão a origem a movimentos musculares inconscientes ou reflexos. Nos anos 1890 Charles Sherrington mostrou como as contrações musculares seguem-se do relaxamento e como os reflexos diferentes são parte de uma interação complicada na qual a corda espinal e processos cerebrais convertem impulsos nervosos em novos impulsos a músculos e órgãos⁵⁴.

Dessa forma, Sherrington, com uma perspectiva mais integrativa da neurociência, ajudou a lançar a área de pesquisa conhecida como neurociência de sistemas, que a partir de uma estratégia distribucionista, poderia explicar de melhor maneira o funcionamento do sistema nervoso. Sob essa ótica, para Miguel Nicolelis, a mente humana “tende a ser de uma natureza muito mais probabilística do que qualquer uma das linguagens escritas e faladas usadas por neurocientistas para descrever a forma como nossos pensamentos emanam de um emaranhado de fibras nervosas” (NICOLELIS, 2011, p. 131-134).

As mudanças no campo da neurociência começaram a ser mais rápidas e melhor aceitas a partir da introdução de algumas técnicas de mensuração do comportamento de populações de neurônios. Hans Berger, por exemplo, na busca por uma forma de medir a atividade elétrica gerada pelo cérebro, introduziu a utilização de eletrodos para registrar a atividade cerebral, podendo concluir que diferentes ritmos cerebrais podem estar associados a diferentes padrões de comportamento. Berger batizou esse novo método com o nome de eletroencefalograma, ou EEG (NICOLELIS, 2011, p.133-134).

A partir da introdução de técnicas da eletrofisiologia, novos instrumentos como microeletrodos permitiram que muitos neurofisiologistas investiguem estruturas neurais. Desde os registros pioneiros da atividade elétrica de neurônios individuais realizados por Adrian nos anos 1920 até o cume do prestígio atingido pela técnica do microelétrodo único

⁵³ The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1932. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2020. <<https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1932/summary/>> Acesso em 28/01/2020

⁵⁴ Sir Charles Sherrington – Facts. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2020. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1932/sherrington/facts/> Acesso em 28/01/2020

durante as décadas de 1980 e 1990, a abordagem experimental usada para investigar como o cérebro gera experiências perceptuais não mudou muito. “A popularidade dessa abordagem experimental certamente influenciou a crença expressa por pelo menos três gerações de neurocientistas de que o cérebro normalmente permanece estático” (NICOLELIS, 2011, p.141).

Dessa forma, não foi preciso muito para convencer quase toda a comunidade neurocientífica da validade da teoria de que a presença de certos atributos individuais induzia apenas grupos especializados de neurônios, localizados em diferentes regiões do córtex (NICOLELIS, 2011, p.142).

Surgiram muitas outras classes de neurônios e suas estranhas designações antropocêntricas, gerando uma forte onda localizacionista. De maneira paralela, nos anos 1950, com o intuito de buscar alternativas ao método do microeletrodo único, para registrar a atividade elétrica de populações de neurônios, John Cunningham Lilly, trabalhou na investigação de como o cérebro humano reagiria a um ambiente pobre em estimulação sensorial. O desenvolvimento de ferramentas e técnicas de análise por ele foi grande.

ele inventou uma das primeiras matrizes formadas por múltiplos microeletrodos. O “bavatron de 25 canais” [...] Lilly começou a observar ondas espaçotemporais de luz que correspondiam aos padrões espaçotemporais de atividade elétrica gerados por uma pequena região da superfície cortical de animais treinados. [...] Tornando-se o primeiro a observar padrões de atividade elétrica neural que definem os sempre plenos de significado, mas nunca definitivos, rumos do nosso pensar. (NICOLELIS, 2011, p.148-149).

De maneira a complementar os resultados e melhorar as técnicas desenvolvidas por Lilly, Miguel Nicolelis se propôs a investigar formas de como seria possível

implantar múltiplos sensores matriciais em diferentes localidades do cérebro que definem um circuito neural, e então criar um mapa neurofisiológico tridimensional que pudesse fazer mais justiça à riqueza dinâmica das sinfonias neurais. Para tanto, seria necessário adicionar a esse mapa uma quarta dimensão, representando o tempo. (NICOLELIS, 2011, p.157)

Nas suas palavras, “Nascia, naquele instante, a obsessão que iria me acompanhar pelo resto de minha carreira: criar novas formas de visualizar, monitorar, medir e decifrar a melodia produzida pelos universos neurais” (NICOLELIS, 2011, p.157). A partir dessa pretensão, em 1987, Nicolelis procurou financiamento, e aderiu a um plano de pesquisa em

1989, financiado pelo *National Institutes of Health -NIH (Instituto nacional de Saúde)*, a maior fundação de pesquisa biomédica no mundo⁵⁵. Junto a John Chapin, Nicolelis pretendia desenvolver uma nova técnica que permitiria monitorar e registrar simultaneamente a atividade de dezenas de neurônios de um circuito neural de animais despertos e livres para expressar comportamentos (NICOLELIS, 2011, p.158).

Chapin havia sugerido que um novo tipo de equipamento de registro teria de ser desenvolvido para poder processar a enorme quantidade de dados eletrofisiológicos que começariam a ser produzidos em seus experimentos. Ele também alertava que uma nova série de métodos analíticos teria de ser introduzida na neurofisiologia de sistemas para que os neurofisiologistas pudessem analisar seus novos bancos de dados. Nas palavras de Nicolelis, “havia uma ampla estratégia científica disponível para nos levar às fronteiras ainda desconhecidas do cérebro” (NICOLELIS, 2011, p.160).

Seria ilusório dizer que Miguel Nicolelis foi quem inaugurou a área da neuroengenharia, mas é correto alegar que o mesmo foi muito importante no seu processo de consolidação (DILorenzo; GROSS, 2008) e atual desenvolvimento, formando e colaborando com toda uma nova geração de pesquisadores (ANEXO 1), como ele mesmo reiteradamente gosta de dizer. Ele é também pioneiro no estudo de Interfaces Cérebro Máquina ICMs (LEBEDEV *et al.*, 2011; LEBEDEV; NICOLELIS, 2006). Em um início de sua pesquisa de pós-doutorado no laboratório de John Chapin, trabalhou na implementação da técnica neurofisiológica de registros contínuos múltiplos (NICOLELIS, MIGUEL A L *et al.*, 1997), depois expandida no seu laboratório da Universidade Duke: “essa técnica permite a neurofisiologistas registrar simultaneamente a atividade elétrica extracelular de até quinhentos neurônios individuais, distribuídos em múltiplas estruturas interconectadas que formam um circuito neural” (NICOLELIS, 2011, p.168). Durante os últimos vinte anos “a ampliação do espectro de amostragem espacial e temporal permitido por essa técnica fez dela uma ferramenta inestimável para a investigação neurofisiológica de circuitos neurais” (NICOLELIS, 2011, p.169).

⁵⁵ O NIH investe mais de US\$ 32 bilhões por ano para “melhorar a vida e reduzir doenças e incapacidades A pesquisa financiada pelo NIH levou ao desenvolvimento de grandes inovações tecnológicas e novos tratamentos, ajudando pessoas a viver vidas mais longas, mais sãs, e construindo a fundação de pesquisa que dirige a descoberta”.<<https://www.nih.gov/grants-funding>> Acesso em 29/01/2020.

Miguel Nicolelis

Falamos deste cientista repetidas vezes desde o início desta dissertação, e continuaremos dialogando a partir de suas publicações até a conclusão deste trabalho, já que, como veremos, ele se apresenta enquanto porta-voz de sua área. Sendo assim e aproveitando que na próxima seção vamos introduzir sua proposta de uma nova Teoria explicativa do funcionamento da mente, acreditamos que seja um momento oportuno na leitura deste trabalho para apresentá-lo com maior detalhe.

Miguel Nicolelis⁵⁶ foi denominado como um dos 50 Melhores líderes em Ciência e tecnologia nos Estados Unidos em 2004, além de ter recebido várias menções honrosas e prêmios internacionais⁵⁷ (NICOLELIS, MIGUEL, 2008). O mesmo proferiu duas palestras no TED Talks, “Um macaco que controla um robô com os seus pensamentos. Não, realmente” em 2013 e “A comunicação de cérebro a cérebro chegou. Como o fizemos” em

⁵⁶ Miguel Nicolelis é natural de São Paulo, onde estudou medicina, realizou sua dissertação e tese de doutorado em neurofisiologia na Universidade de São Paulo – USP. Ele investiga como se comportam os cérebros de animais livres, codificando a informação sensorial e motora. Foi o primeiro a propor e demonstrar que seres humanos e outros animais podem utilizar sua atividade cerebral elétrica para controlar diretamente dispositivos neuroprotéticos. Atualmente, é um “Professor Eminente de Neurociência, Neurobiologia, Engenharia biomédica e Psicologia”, é fundador e codiretor do Centro de Neuroengenharia da Universidade Duke, à qual se filiou em 1994 e na qual emergiu enquanto referência da área. Muitos laboratórios de neurociência nos Estados Unidos, Europa, Ásia e na América Latina incorporaram o paradigma experimental de Nicolelis para estudar sistemas neuronais em mamíferos. A sua pesquisa influenciou na pesquisa básica e aplicada nas Ciências da Computação, robótica e engenharia biomédica.

Para conhecer melhor a vida e projetos pessoais paralelos de Nicolelis, tanto quanto seu envolvimento na vida política e empreendimentos científico e educacionais no Brasil, é importante a leitura do seu livro “Made in Macaíba: a história da criação de uma utopia científico-social no ex-império dos tapuias. São Paulo, Editora Planeta, 2016.

O currículo do pesquisador está também disponível e em < http://www.nicolelislab.net/wp-content/uploads/2019/04/2019_March_CV.pdf> Acesso em 29/01/2020

⁵⁷ Entre os prêmios recebidos por Miguel Nicolelis se destacam:

Whitehead Scholar Award;

DARPA Award for Sustained Excellence by a Performer Ruth and A. Morris Williams, Jr., Faculty Research Prize;

Whitehall Foundation Award;

McDonnell-Pew Foundation Award;

Duke University Thomas Langford Lectureship Award;

Ramon y Cajal Chair at the University of Mexico;

Santiago Grisolia Chair at Catedra Santiago Grisolia.

Barucha Award - World Federation of Neurology

2015⁵⁸. Nicolelis também possui um canal de divulgação científica no YouTube, no qual divulgou alguns projetos pessoais, a “TV Rádio Big Bang”⁵⁹.

Em 2019 ele participou em um evento organizado pelo National Institutes of Health, a “NIH Director’s Lecture” com uma palestra sobre o desenvolvimento de sua área de atuação, intitulada “Brain Machine Interfaces: from basic science to neuroprostheses and neurological recovery”⁶⁰. Destaca-se também o número de citações que o mesmo possui no Google acadêmico, totalizando 30000 no momento em que escrevemos este trabalho⁶¹.

Além de desenvolver pesquisas com o foco em desenvolvimento de neuropróteses e Interfaces cérebro-máquina ICMs, Nicolelis desenvolveu uma aproximação integrativa de estudar desordens neurológicas e psiquiátricas em seu laboratório – Nicolelis Lab⁶² – onde afirma que esta aproximação permitirá a integração molecular, celular, sistemas e dados comportamentais em seres humanos e outros animais, produzindo uma compreensão mais completa da natureza das alterações neurofisiológicas⁶³. Nicolelis argumenta que para o processo de codificar uma mensagem neuronal e transformá-la em comportamentos e ações, é necessário o trabalho coletivo de um grande número de elementos individuais.

Esse tipo de estratégia distribuída é encontrado com frequência na Natureza, por exemplo, os complexos proteicos que operam em conjunto dentro das células, realizando uma enorme variedade de funções, como a tradução e reparo do DNA ou a secreção de substâncias químicas, conhecidas como neurotransmissores, nas sinapses neuronais (NICOLELIS, 2011, p.42-43).

Paralelamente, e aqui cabe uma analogia entre as redes de sistemas neurais e a internet, enquanto rede mundial de computadores, Nicolelis afirma que:

⁵⁸ TED Speakers, Miguel Nicolelis, Miguel Nicolelis explores the limits of the brain-machine interface <https://www.ted.com/speakers/miguel_nicolelis> Acesso em 28/01/2020

⁵⁹ Youtube, Canal TV Rádio Big Bang com Miguel Nicolelis <<https://www.youtube.com/channel/UC0NZXdZhBJT1yYs4i4VkVQ/videos>> Acesso em 28/01/2020

⁶⁰ NIH VideoCasting - Miguel Nicolelis - NIH Director’s Lecture - Brain Machine Interfaces: from basic science to neuroprostheses and neurological recovery <https://videocast.nih.gov/summary.asp?live=35101&bhcp=1>> Acesso em 20/02/2020

⁶¹ Google Scholar, Miguel Nicolelis Professor Neurobiology Duke University <https://scholar.google.com/citations?user=RefX_60AAAAJ&hl=en> Acesso em 29/01/2020

⁶² NicolelisLab <http://www.nicolelislab.net/>

⁶³ Duke University School of Medicine – Duke Neurobiology - NicolelisLab <<https://www.neuro.duke.edu/research/faculty-labs/nicolelis-lab>> Acesso em 28/01/2020

Toda vez que cada um de nós utiliza a mais revolucionária tecnologia moderna de comunicação de massa, a internet, a garantia para que nossa incessante busca por informação seja saciada é mantida pela existência de gigantescas redes distribuídas de computadores (NICOLELIS, 2011, p.45)

Para Nicolelis, o sistema nervoso está sempre tomando a iniciativa e buscando informações, tanto sobre o corpo que habita, como o mundo que o circunda. Ele defende a tese de que:

todas as façanhas miraculosas do cérebro humano se devem à interação dinâmica de bilhões de neurônios individuais que, em conjunto, criam um continuum funcional, no qual espaço e tempo neuronais se fundem natural e a suavemente, como na teia espaçotemporal que define o universo relativista que nos circunda (NICOLELIS, 2011, p.54).

Com essa afirmação, Nicolelis propõe uma nova teoria científica relativista da mente (NICOLELIS, 2011, p.37), segundo a qual, as duas maiores “possessões” dos seres humanos, a saber, o senso de eu e a imagem corporal:

não passam de criações fluidas e altamente plásticas, edificadas e mantidas pela mobilização de microeletricidade e um punhado de moléculas, pelo cérebro de cada um de nós. Esses dois atributos podem mudar, ou ser modificados, em poucos segundos (NICOLELIS, 2011, p.38-9).

Assim, na introdução de *Muito Além do Nosso Eu*, ele propõe que, tal como o universo:

o cérebro humano é um escultor relativístico; um habilidoso artesão que delicadamente funde espaço e tempo neuronais num continuum orgânico capaz de criar tudo que somos capazes de ver e sentir como realidade, incluindo nosso próprio senso de ser e existir. Eu defendo a tese de que, nas próximas décadas, ao combinar essa visão relativística do cérebro com nossa crescente capacidade tecnológica de ouvir e decodificar sinfonias neuronais cada vez mais complexas, a neurociência acabará expandindo a limites quase inimagináveis a capacidade humana, que passará a se expressar muito além das fronteiras e limitações impostas tanto por nosso frágil corpo de primatas como por nosso senso de eu (NICOLELIS, 2011, p.22).

Como visto, Nicolelis defende uma nova teoria sobre plasticidade neural que se estende para muito além dos limites biológicos e físicos do corpo humano. Toda a sua obra é perpassada por criações de futuros imaginados pelo autor, embasado em experimentos desenvolvidos no seu laboratório.

À medida que macacos e seres humanos adquirem proficiência no uso de ferramentas artificiais, seus cérebros tendem a assimilar esses artefatos como verdadeiras extensões contínuas de seus corpos biológicos. [...] Levando essas ideias ao limite, **à medida que aprendemos a utilizar uma interface cérebro-máquina, na qual o cérebro interage diretamente**

com ferramentas artificiais localizadas perto ou a distância do corpo biológico, o sistema nervoso central incorpora esses artefatos como parte de nós. Para algumas pessoas, a potencial fusão futura entre cérebros e máquinas pode soar aterradorante e mesmo servir como um prenúncio do fim da humanidade como a conhecemos. Eu não poderia discordar mais dessa avaliação. Na realidade, **acredito que a ânsia do cérebro em incorporar ferramentas abrirá um capítulo inédito em nossa evolução como espécie, que oferecerá meios de estender nossa presença física, ou mesmo atingir a tão sonhada imortalidade,** de forma muito peculiar: por meio da preservação de nossos pensamentos para gerações futuras. [...] Assim, não é mais surpresa postular a verdadeira razão que impede milhões de pessoas de imaginar a possibilidade de se separar, mesmo que por um único segundo, de seus amados telefones celulares (NICOLELIS, 2011, p.126 – 129, grifod nossos).

O autor, além de propor essa nova forma de observação para o cérebro humano, propõe a extensão de nossos corpos para diversas aplicações tecnológicas. São repetidas as vezes em que o autor trata dos “mistérios da essência da natureza humana” (NICOLELIS, 2011, p.57), do “futuro da humanidade”, dos “limites da nossa espécie” e sobre “a tão sonhada imortalidade”. Nestes momentos, toda a história da neurociência acima apresentada é orientada para fins imaginados, promessa de futuro, expectativas ficcionais.

Sua teoria parece projetar realizações futuras, como consequência, sua agenda parece profecias autorrealizáveis. Sua escrita em primeira pessoa, durante todo o livro “Muito Além do Nosso Eu”, mostra que se coloca como figura central de um ponto de inflexão paradigmática da área, que “pode mudar nossas vidas”, como aparece no subtítulo do livro⁶⁴. Após ter ciência das controvérsias envolvidas na história da área, novamente instaura-se a proposta de uma nova teoria científica. Como Jasanoff argumenta, toda nova teoria científica tem valores de sociedade nela imbuídos.

A teorização da realidade no âmbito científico depende, como vimos na história da neurociência, do contexto social, do campo científico, do país ou da região global em que projetos científicos se desenvolvem. São fatores que emergem tanto das expectativas internas, quanto das externas ao campo científico, dos sistemas educacionais, políticos e das agências ou fontes de financiamento. Sendo assim, é na proposição de uma “nova teoria científica” que podemos encontrar, de maneira explícita ou implícita, as concepções de ser

⁶⁴ Isto é evidenciado em uma das resenhas mais populares do livro (NICOLELIS, 2011), que tem como título “Mente fora de corpo: controlando máquinas com pensamento”. A qual tende a destacar as previsões do futuro e desenvolvimento científico e tecnológico da área de ICMs e da neuroengenharia de maneira mais ampla.

humano, natureza e sociedade que repercutem no campo científico. Além disso, em geral, novas teorias vêm acompanhadas de novos princípios. Dessa maneira, Nicolelis elabora os Princípios da Neurofisiologia⁶⁵, e os reelabora mais tarde (NICOLELIS, 2011). Esses princípios descrevem como o “cérebro relativístico produz pensamentos a partir do seu próprio ponto de vista”.

PRINCÍPIO DA INCERTEZA DA NEUROFISIOLOGIA

Espaço e tempo no cérebro estão firmemente acoplados num continuum espaçotemporal (NICOLELIS, 2011, p.191).

PRINCÍPIO DA CONVERGÊNCIA ASSÍNCRONA

Tanto os campos receptivos como os mapas não são nada mais do que entidades altamente dinâmicas e fluidas, que representam a distribuição espaçotemporal dos padrões probabilísticos de disparo de populações neuronais (NICOLELIS, 2011, p.192).

PRINCÍPIO DO PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO

Qualquer tipo de informação processado pelo cérebro envolve o recrutamento altamente distribuído de populações de neurônios. (NICOLELIS, 2011, p.256).

PRINCÍPIO DA INSUFICIÊNCIA DO NEURÔNIO INDIVIDUAL

Nenhuma ICM pode operar sistematicamente utilizando apenas a frequência de disparo de um neurônio individual. Assim, a unidade funcional básica do pensamento não pode ser um neurônio único, mas uma população de neurônios (NICOLELIS, 2011, p.278).

PRINCÍPIO DE AÇÃO MULTITAREFA NEURONAL

Todo o córtex é capaz de exibir respostas sensoriais multimodais e que neurônios individuais são capazes de participar da representação de múltiplos parâmetros motores e cognitivos (NICOLELIS, 2011, p.284-285).

PRINCÍPIO DA REDUNDÂNCIA NEURONAL Um produto cerebral — seja ele um comportamento motor ou uma experiência perceptual, ou mesmo outros comportamentos complexos produzidos pelo cérebro podem ser gerado por uma enorme quantidade de padrões distintos de atividade espaçotemporal de uma população neuronal. (NICOLELIS, 2011, p.310).

PRINCÍPIO DA PLASTICIDADE

A representação do mundo criada por populações de neurônios corticais não é fixa, mas permanece em fluxo, ao longo de toda a vida, continuamente adaptando-se em função de novas experiências e aprendizado, novos modelos de eu, novas estimulações vindas do mundo exterior e novas incorporações de ferramentas artificiais (NICOLELIS, 2011, p.353).

PRINCÍPIO DA CONTEXTUALIZAÇÃO

⁶⁵ Pela primeira vez introduzidos em um artigo publicado em 2009, tornando-se um dos artigos com maior número de citações da área (ANEXO 2).

A forma como o cérebro responde como um todo, seja em resposta a um estímulo sensorial, seja para produzir um comportamento motor particular, depende de seu estado global interno a cada instante (NICOLELIS, 2011, p.417).

PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DE DISPAROS DAS POPULAÇÕES NEURAIS

Não só existe um limite máximo para a velocidade de disparo que uma população de neurônios pode alcançar, como a frequência de disparo global dessa população tende a permanecer constante, oscilando em torno de uma média, devido à variedade de mecanismos compensatórios que criam um estado de equilíbrio (NICOLELIS, 2011, p.425).

PRINCÍPIO DO EFEITO DE MASSA NEURONAL

Quando o número de membros de uma população neural aumenta e suplanta um certo número muito elevado, a quantidade de informação embutida nela tende a convergir para um valor que determina sua capacidade máxima (NICOLELIS, 2011, p.425-426).

Nicolelis defende que o “ponto de vista do cérebro” influencia como cada ser humano constrói um modelo diferente de realidade. Nesse processo, o cérebro é um sistema relativístico, em que ações emergentes do pensamento coletivo se mantêm em contínuo fluxo dinâmico, mudando de acordo com o contexto espaço-temporal. Nas palavras de Nicolelis, os princípios podem ser entendidos como “algumas das regras do jogo neural”, as quais partem de “fatos anatômicos e fisiológicos que, como a gravidade e o eletromagnetismo no mundo que nos cerca, definem o universo orgânico dentro do qual o cérebro opera” (ibid., p.436-437). Como consequência, propõe a Hipótese Do Cérebro Relativista.

Quando confrontado com novas formas de obter informação sobre a estatística do mundo que o cerca, o cérebro de um indivíduo assimila imediatamente essa estatística, da mesma forma que os sensores e as ferramentas utilizadas para obtê-las. Desse processo resulta um novo modelo neural do mundo, uma nova simulação neural da noção de corpo e uma nova série de limites ou fronteiras que definem a percepção de realidade e o senso de eu. Esse novo modelo cerebral será testado e remodelado continuamente, por toda a vida desse indivíduo. Como a quantidade total de energia que o cérebro consome e a velocidade máxima de disparo dos neurônios são fixas, propõe-se que, durante a operação do cérebro, tanto o espaço como o tempo neuronal são relativizados de acordo com essas constantes biológicas (NICOLELIS, 2011, p.386).

Esse cérebro relativista estaria de acordo com um meio em que o espaço e tempo neuronais se fundem num *continuum espaço-temporal*’:

Do ponto de vista fisiológico, não existem bordas espaciais absolutas ou fixas entre áreas corticais que ditam ou restringem o funcionamento do córtex como um todo. Ao contrário, o córtex deve ser tratado como um

formidável, mas finito, continuum espaçotemporal neuronal. Funções e comportamentos são alocados ou produzidos respectivamente por meio do recrutamento particular desse continuum de acordo com uma série de restrições, entre as quais se encontram a história evolutiva da espécie, o layout físico do cérebro determinado pela genética e pelo processo ontogenético, o estado da periferia sensorial, o estado dinâmico interno do cérebro, restrições do corpo que contém o cérebro, o contexto da tarefa, a quantidade total de energia disponível para o cérebro e a velocidade máxima de disparo de um neurônio (NICOLELIS, 2011, p.444-445).

Após a apresentação dos seus princípios enquanto regras de funcionamento do cérebro, e, ao admitir que sua hipótese do cérebro relativista e do *continuum* espaço-temporal sejam consideradas no futuro desenvolvimento científico e tecnológico, Nicolelis dedica o último capítulo do seu livro a especular se “qualquer coisa poderia emergir da interface de um cérebro relativista de primata com um computador muito poderoso (e ainda não construído)” (NICOLELIS, 2011, p.446). O importante aqui é a expectativa de interface por meio de tecnologias ainda não construída. Mas que deveriam ser. Estas especulações serão ponto de discussão no início do próximo capítulo.

Capítulo 3 – Além da humanidade

Após as considerações de Nicolelis sobre Relativismo e Relatividade, ele debate os limites do corpo humano e a inexistência de limites para o cérebro humano. Nas suas palavras, o corpo seria um tipo de “prisão biológica” com limites definidos pela evolução natural, o que inclui:

limites físicos de nossos atuadores biológicos, músculos, tendões e ossos, mas também o espectro de atuação e sensibilidade de diferentes famílias de receptores sensoriais periféricos — verdadeiros transdutores biológicos — que amostram informação do mundo exterior (e de dentro de nosso corpo) para manter o sistema nervoso central bem informado sobre tudo que se passa a seu redor. Devido aos limites operacionais dos olhos, ouvidos, pele, língua e nariz, nós vemos, ouvimos, tocamos, provamos e cheiramos apenas uma pequena fração do mundo que existe à nossa volta. Isso explica por que, ao contrário da teoria da relatividade especial, a evolução natural está literalmente impressa em nossos ossos, uma vez que ela influencia tudo que construiu e refina nossa dita natureza humana. Defino isso como o “limite do corpo humano” (NICOLELIS, 2011, p.453-454).

Nicolelis afirma ainda que a consequência disso é que o cérebro humano:

tem roubado de nossos genes uma parte considerável do controle de nosso futuro evolutivo ao adquirir a capacidade de criar ferramentas poderosas, que trabalham em todas as escalas da natureza e expandem consideravelmente o alcance e impacto que o corpo humano pode ter no universo. Ao combinar essa capacidade de criar ferramentas com um potencial para aprender e adaptar por toda a sua existência, o cérebro humano especializou-se na fina arte de incorporar ou assimilar os próprios artefatos que ele cria como uma extensão contínua dos modelos mentais que definem o corpo que ele silenciosamente habita. (NICOLELIS, 2011, p.455).

Acima está claro que, pare ele, um dia, no futuro, poderíamos criar uma nova espécie, além da humanidade.

Como vimos, o cientista tem uma influência muito grande não só no campo das ICMs, mas também as pesquisas desenvolvidas no seu laboratório repercutem no desenvolvimento de áreas como ciências da computação, robótica e engenharia biomédica, além de óbvias possibilidades políticas e econômicas. Neste capítulo, falaremos das expectativas ficcionais presentes nos discursos proféticos de Nicolélis e, em uma segunda parte, nos deteremos na análise de artigos centrais para o desenvolvimento da área de ICM nos últimos 20 anos. O objetivo é relacionar coprodução com expectativas ficcionais da área da neuroengenharia.

É importante, primeiramente, aprofundar no estudo da obra de Miguel Nicolelis para deixar explícito o que, visto em retrospectiva, parecem, além de promessas, profecias (auto?) realizadas. Faremos uso das seguintes obras.

1. Primeira edição de Muito Além do Nosso Eu (2011);
2. Segunda edição de Muito Além do Nosso Eu (2017);
3. 20 Years Of Brain-Machine Interface Research Volume 1 (2019)
4. 20 Years Of Brain-Machine Interface Research Volume 2 (2019)⁶⁶
5. The True Creator of Everything: How the Human Brain Shaped the Universe as We Know It (2020)

No final da primeira edição de ‘Muito Além do Nosso Eu’, o autor se permite “especular livremente” sobre o desenvolvimento da neuroengenharia, quase como promessa. Já na leitura da segunda edição, o autor as narra como profecias realizadas. Tal constatação nos remete à ideia de que expectativas de atores importantes tendem a recrutar aliados que, mais provavelmente, promoverão suas profecias.

Nas publicações do NicolelisLab, administra-se a centralidade do pesquisador na área, com vasto uso de autorreferências, as quais expõe a importância das pesquisas científicas do autor e de seu laboratório, indicada pelo número de artigos e citações que têm. Tratar a história do desenvolvimento de uma área a partir de uma narrativa autobiográfica é um forte indicador de que, além de ser um porta-voz da área, cria, e pode direcionar, o sentido sob o qual a disciplina se desenvolve, incluindo suas conexões fora do laboratório.

É assim que Miguel Nicolelis dá início à longa conclusão de seu *best seller*⁶⁷:

Pessoalmente, prefiro terminar minha exposição discutindo como a humanidade poderá tirar vantagem do talento do cérebro relativista e de sua habilidade de simular a realidade, bem como de seu apetite voraz e insaciável por assimilar ferramentas para alcançar dois objetivos monumentais: restaurar a vida daqueles que são afligidos por quaisquer danos neurológicos e **permitir a expansão de nossa percepção e ação no universo**. Como em meus registros da atividade elétrica de populações de

⁶⁶ Estas duas últimas, foram publicadas em série pelo próprio NicolelisLab, Nicolelis é na realidade o editor desta revisão das pesquisas sobre ICMS.

⁶⁷ Ao redor de 200000 exemplares vendidos, 100000 apenas na versão em português do livro (NICOLELIS, 2017, p.11)

neurônios, o tempo será meu guia. **Essa viagem pelo futuro, portanto, começará com a descrição das aplicações práticas na medicina da tecnologia das ICMs que muito provavelmente surgirão nos próximos vinte anos.** A seguir, nossa discussão se deslocará para um futuro mais distante, **algumas décadas a nossa frente, quando as ICMs se transformarão em ferramentas corriqueiras, permitindo que criemos uma simbiose muito mais fluida com nossas ferramentas virtuais e computacionais, outras máquinas e outros ambientes.** Terminarei essa breve viagem **especulando livremente (enfim!)** sobre o que o futuro longínquo trará para nossa espécie no momento em que a fidelidade da mente para com o corpo mortal se tornar cada vez mais fluida e menos determinante de nosso modo de vida. Nessa discussão, **não restringirei minha imaginação às enormes limitações tecnológicas envolvidas na materialização de tais ideias para esse futuro distante,** mesmo porque **tenho total confiança que meus colegas cientistas dos séculos vindouros serão competentes o suficiente para encontrar as soluções técnicas necessárias para transformar em realidade concreta o que hoje são meras ilações.** (NICOLELIS, 2011, p.470-471, grifos nossos).

As promessas da neuroengenharia, a partir de Nicolelis, desenvolvem-se em três escalas temporais. Em um futuro próximo, direcionam-se no sentido de que a maior parte da pesquisa em ICMs será dirigida para a criação de novas terapias e ferramentas para a reabilitação neurológica e física. O que também permitirá a “compreensão mais profunda dos princípios neurofisiológicos que regem o funcionamento de nosso cérebro relativista, e seus esforços para compor e distorcer nosso modelo da realidade” (NICOLELIS, 2011, p.478).

A médio prazo

As pesquisas sobre ICMs contribuirão para uma aceleração explosiva da convergência de várias disciplinas, como ciência da computação, engenharia, robótica, matemática, biologia e filosofia, para criar uma nova neurociência. À medida que novas gerações de neurocientistas formados nesse ambiente multidisciplinar empregarem uma nova coleção de ferramentas intelectuais e tecnológicas, uma série de novas ideias e invenções surgirão. Departamentos e institutos de pesquisa voltados à neurociência terão então de se adaptar aos novos contornos temáticos e intelectuais desse campo, de modo a criar as condições necessárias para a livre interação de dados experimentais, simulações computacionais de grande escala e trabalho teórico que, conjuntamente, definirão a agenda futura da pesquisa sobre o cérebro. Pensando nessa nova visão da prática da neurociência, várias novas iniciativas de colaboração internacional nessa área têm sido estabelecidas, com o intuito de adaptar tanto o treinamento como a gestão de pesquisa para esse futuro. De minha parte, desde março de 2003 tenho me empenhado na implementação de um projeto inovador que prevê o uso da neurociência como agente de

transformação social da realidade de toda uma comunidade no Nordeste brasileiro (NICOLELIS, 2011, p.484 – 485).

É possível perceber novamente aqui como o autor cria um futuro hipotético em que haveria validação e adesão a sua nova teoria, em que seus princípios neurofisiológicos seriam amplamente aceitos e melhor compreendidos. Em uma nova escala de tempo, nas próximas décadas:

Imagine que revolução aconteceria em nossa rotina de vida se [...] passássemos a dominar tecnologias que permitissem a todo ser humano utilizar a atividade elétrica do cérebro para interagir com todo tipo de artefato computacional. De minúsculos computadores [...] até redes computacionais distribuídas remotas, projetadas para maximizar nossas interações sociais; [...] não é difícil imaginar quão diferente e exótica nossa existência cotidiana passaria a ser e quão distintas seriam nossas sensações acerca do que de fato é a realidade (NICOLELIS, 2011, p.486-487).

É interessante observar neste trecho como o autor direciona as expectativas de acordo com o futuro por ele imaginado. Ele abre um espaço em que sua percepção do que “de fato é a realidade” condiciona as expectativas de futuros possíveis. Por conseguinte, o futuro de Nicolelis parece já ter um direcionamento de acordo com o que já é esperado por ele, pelo campo das ICMs e pelas agências financiadoras, que funcionam como representantes de um sistema político e financeiro maior, sobre as quais já falamos no primeiro e segundo capítulo.

Para começar, **nossa interação com sistemas operacionais** [...] se transformaria num claro exemplo de simbiose virtual, [...] no ápice, utilizar um novo meio de comunicação, uma verdadeira **rede cerebral, a “brainet”, como gosto de chamá-la**, um considerável upgrade das redes sociais atuais, que **nos permitiria, literalmente, trocar ideias com milhões de outros cérebros navegantes. O fato de empresas como Intel, Google e Microsoft já terem criado suas divisões de interface cérebro-máquina indica claramente que essa ideia não é tão exótica quanto pode parecer à primeira vista** (NICOLELIS, 2011, p.487, grifos nossos).

Nicolelis recorrentemente fala sobre telefones inteligentes (*smartphones*) e sua influência contemporânea. De maneira similar, em um artigo de divulgação científica, “Mexendo na sua cabeça: Como o smartphone bagunça seu cérebro e altera a central de controle do seu corpo” (GOMES, 2019)⁶⁸, Edgard Morya, pesquisador-colaborador de Nicolélis, do IIN-ELS, fala, em entrevista, em celulares como uma extensão do nosso cérebro:

⁶⁸ Como o Smartphone muda seu cérebro - <<https://www.uol.com.br/tilt/reportagens-especiais/como-o-smartphone-muda-seu-cerebro/index.htm#mexendo-com-sua-cabeca>> Acesso em 20/02/2020

“Você utiliza-o como parte da memória, como se fosse parte de você”. Argumenta-se nesse artigo, junto com outros pesquisadores, que o mesmo já teria acontecido antes com outras tecnologias no passado.

Nicolelis, de forma genérica, afirma que “No futuro, o que hoje soa como inimaginável se tornará rotina” (NICOLELIS, 2011, p.488). As futuras tecnologias estarão muito além da própria humanidade, nas palavras de Nicolelis, “me enche de profunda emoção e expectativa pelo que há de vir”:

Nesse ponto de nossa viagem especulativa rumo ao futuro, muitos não de questionar como essa tremenda expansão da capacidade de ação e percepção humana afetará o processo mental que tecerá o modelo de realidade que habitará as mentes daqueles que se tornarão nossos futuros herdeiros. Será que eles verão e interpretarão o universo como nós? Ou suas experiências diárias, ética, cultura e ciência serão tão diferentes das nossas que um potencial diálogo entre nós seria tão impossível e sem significado como tentar debater hoje a situação da economia global com um grupo de amigos Neandertais? [...]No final da linha desta elucubração, eu ousaria dizer que a consequência mais avassaladora da libertação iminente do cérebro humano do corpo que ele habita se materializará pela ignição de uma série de contingências, tão poderosas quanto inesperadas, capazes de influenciar decisivamente a direção e velocidade com que a **“fita da vida” de nossa espécie se desenrolará num futuro distante.** Em outras palavras, pelo simples impacto daquilo que ele poderá realizar, emancipado das limitações e vulnerabilidades impostas pelo corpo humano, o cérebro relativista pode sonhar em conquistar o prêmio mais cobiçado por ele em todo o cosmos: a possibilidade de direcionar o processo evolutivo de nossa espécie (NICOLELIS, 2011,p.489-490).

Imortalidade, direcionamento do processo evolutivo e uma nova espécie humana?

Todavia, é impossível prever como gerações futuras reagirão, dada a oportunidade, ao convite de participar dessa experiência única na história das relações sociais de nossa espécie. [...] Levando em consideração a possibilidade de que esse cenário surpreendente possa um dia se tornar realidade, e tomando a liberdade de prever que tal fusão coletiva de mentes seja considerada como uma forma consensual e eticamente aceitável, através da qual futuras gerações poderão interagir e compartilhar sua humanidade, cabe inquirir se nesse futuro remoto alguns de nossos descendentes poderão acordar uma manhã e simplesmente descobrir que eles deram à luz, pacificamente, **uma nova espécie humana.**

[...] a maioria de nós compartilha suas mais mundanas experiências cotidianas, mesmo tendo de conviver com as evidentes limitações das redes digitais do começo do século XXI, oferece uma pequena amostra da magnitude do desejo de contato social que habita o interior da mente humana. Por essa razão, se algum dia uma brainnet se tornar factível, suspeito que seu uso se espalhará como uma explosão de supernova por todo o tecido da sociedade humana.

Num futuro ainda mais remoto, é possível imaginar que, à medida que indivíduos adquirirem a capacidade de usar o pensamento para

controlar a operação de várias ferramentas artificiais ou comunicar-se entre si, eles perderão traços que lhes deem a aparência de membro de nossa espécie, como a conhecemos hoje. Diante dessa possibilidade real, só posso refletir que, uma vez que a fita da vida de nossa espécie sem dúvida continuará a seguir seu caminho imprevisível (NICOLELIS, 2011, p.492).

Nicolelis termina o seu livro de maneira muito otimista em relação ao desenvolvimento de ICMs. Como ele pergunta: “por que deveríamos nos preocupar acerca de quem ou o que nos sucederá, milhares ou mesmo milhões de anos no futuro?” (ibid., p.492.). Páginas antes o autor afirmara que “No futuro, o que hoje soa como inimaginável se tornará rotina” (NICOLELIS, 2011, p.488). Conseqüentemente, e segundo a linha de argumentação desenvolvida por Nicolelis, há promessas de desenvolvimento de CT&I dentro de uma narrativa linear em que tudo na ciência e no desenvolvimento tecnológico ocorre de maneira ideal e colaborativa. Tudo isso é funcional à expectativa mais pragmática de financiamento, adesão a sua agenda e recrutamento de pesquisadores. Novamente, a noção de coprodução de Jasanoff nos é útil para entender esses posicionamentos do cientista.

No prefácio da segunda edição de “Muito além do nosso eu”, Nicolelis faz uma série de afirmativas sobre aquelas promessas que tinha realizado na versão anterior do livro. O autor abre falando sobre o sucesso do livro internacionalmente. Ele faz referência especial ao sucesso de vendas no Brasil. Em apenas duas páginas, afirma que apresenta seu livro praticamente como um relatório de pesquisa daquilo que foi feito desde a última edição, em suas palavras, “com grande satisfação [...] na sua grande maioria, as principais previsões experimentais feitas na primeira edição, se materializaram [...] muitos dos quais já publicados em revistas científicas especializadas” (NICOLELIS 2017, p.12-13).

Nicolelis ressalta no final do prefácio que, apesar desses resultados, muitas das conjecturas teóricas e predições feitas na primeira edição ainda permanecem distantes de serem testadas. Mas, ainda assim, a sua “Teoria do cérebro relativístico” teria se fortalecido significativamente no campo experimental de ICMs.

Uma das principais predições dessa teoria – de que o cérebro humano jamais poderá ser simulado por uma máquina de Turing, incluindo aí todos os computadores digitais jamais construídos – se fortaleceu a ponto de se transformar numa das mais fundamentais e profundas convicções da minha carreira científica (NICOLELIS 2017, p14).

A segunda edição inclui as promessas da primeira, a saber, os primeiros estudos com interfaces cérebro-cérebro e as Brainets (Capítulo 10 – “Compartilhando Mentes”) e os resultados clínicos e científicos do Projeto Andar de Novo (Capítulo 13 – “De Volta as Estrelas”). No Capítulo “Compartilhando Mentes” Nicolelis chega a se questionar se é que seria viável, dentro do campo científico, desenvolver o seu empreendimento. Entre anedotas (frequentes durante todo o texto e em outras obras de Miguel Nicolelis), ele menciona sobre as especulações do ganhador de mais um Prêmio Nobel, Murray Gell-Mann⁶⁹, que em sua obra de 1994⁷⁰ escreveu:

Algum dia, para o bem ou para o mal [...] um ser humano poderá ser ligado a um computador muito avançado (não pela linguagem falada ou uma interface, como um teclado) e, através desse computador, com um ou vários outros seres humanos. Pensamentos e sentimentos serão compartilhados na totalidade, sem a seletividade e dissimulação que a linguagem [falada] permite [...]. Não estou certo de que recomendaria tal procedimento (embora se tudo desse certo isso poderia aliviar muitos dos problemas humanos intratáveis). Mas certamente [essa tecnologia] criaria uma nova forma de sistema adaptativo complexo, uma verdadeira “colagem” de muitos seres humanos. [...] (NICOLELIS 2017, p.320)

Nicolelis ressalta seu convencimento de que o receio expresso por Gell-Mann era infundado, e que no futuro tal tecnologia poderia ser extremamente benéfica para a humanidade. E que os limites de desenvolvimento são apenas relacionados à limitação da tecnologia de sua época, como ele desenvolve no décimo terceiro capítulo.

A neuroengenharia de nossos dias está se aproximando rapidamente da habilidade de conectar dois ou mesmo vários cérebros uns aos outros. Como vimos, a operação bem-sucedida de uma ICM dedicada a controlar os movimentos de uma máquina requer a implementação de dois componentes simultâneos. [...] Em nossa primeira tentativa de criar uma interface cérebro-máquina-cérebro (ICMC) para controle motor, decidimos adaptar esse método para nos comunicarmos diretamente com o cérebro de nossos macacos e investigar se eles poderiam aprender a decodificar instruções simples ou feedback sensorial, gerado por uma ferramenta artificial, entregues diretamente ao tecido cortical [...] Por outro lado, nossa versão de uma ICMC requeria que o sujeito realizasse o

⁶⁹ Nobel, Murray Gell-Mann, <<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1969/gell-mann/biographical/>> Acesso em 28/02/2020

⁷⁰ Murray Gell-Mann, The Quark and The Jaguar Adventures <<https://www.newscientist.com/article/mg14319344-500-the-quark-and-the-jaguar-adventures-in-the-simple-and-the-complex-by-murray-gell-mann/>> Acesso em 28/02/2020

controle voluntário de um aparato mecânico ou virtual durante a execução de uma tarefa motora bem definida (NICOLELIS 2017, p.322-323).

Adiante no capítulo 10, Nicolelis, após se referir aos precursores do campo como “grandes monstros da neurociência” (ibid., p.324), ressalta a utilização de estimulação elétrica para suas investigações, colocando em destaque José Manuel Rodriguez Delgado, quem, para Nicolelis, merece boa parte do crédito pelo lançamento da moderna era de utilização de implantes cerebrais permanentes em animais despertos. No entanto, este neurocientista ficou conhecido pelo seu livro *Physical control of the mind: toward a psychocivilized society* [O controle físico da mente: rumo a uma sociedade psicocivilizada], publicado em 1969. Sobre o qual Nicolelis afirma:

Embora na maior parte da obra Delgado tenha simplesmente descrito os resultados obtidos em seu laboratório, a apresentação de sua visão do potencial futuro dos implantes cerebrais — e o uso potencial deles para modular os comportamentos fisiológicos e patológicos do cérebro, tanto em animais como em seres humanos — gerou uma reação adversa extremada, fincada sobretudo no medo, ou mesmo no terror, de que neurocientistas estivessem adquirindo os meios de construir artefatos capazes de controlar a mente humana (NICOLELIS 2017, p.325-326).

Nicolelis passa as seguintes páginas argumentando que Delgado haveria demonstrado que seria possível inibir o movimento a partir da estimulação cerebral profunda. No seu livro o autor compartilha uma série de fotografias sobre o experimento de Delgado, realizado em uma arena de touros na Espanha. O experimento consistia em controlar o comportamento do touro a partir de descargas elétricas no cérebro do animal, e o mesmo se imobilizava diante do toureiro. O autor cita um experimento segundo o qual seria possível “conter o comportamento agressivo de um macaco dominante (o macho alfa) de uma colônia e, no processo, alterar o status desse animal e dos demais membros de um grupo social” (ibid., p.327-328). Delgado demonstrou “como era capaz de induzir um bloqueio de uma série de comportamentos: ações motoras complexas, sensações perceptuais, emoções como agressão ou afinidade em relação a outros, euforia, passividade e mesmo desejo sexual” (NICOLELIS 2017, p.330).

Nesse cenário, nas palavras de Nicolelis, seria “fácil imaginar como esse tipo de pesquisa por fim colocou Delgado no meio de uma enorme controvérsia” (ibid., p.332). Já que os seus experimentos pareciam confirmar os piores cenários criados pela ficção

científica no que tange ao uso inapropriado da ciência e da tecnologia. É interessante neste ponto perceber como no cenário atual de C&T, Nicolélis, figura central da neuroengenharia, parece adotar uma postura defensiva, supostamente repercutindo atitudes de toda a área. Ele afirma que:

aqueles que costumam denunciar as supostas maneiras criativas com as quais os cientistas estão contribuindo para a extinção da natureza humana em geral tendem a permanecer calados, não exibindo qualquer tipo de preocupação diante da demonstração repetitiva de que outras formas de lavagem cerebral e controle da mente abundam na vida moderna. Ao contrário das típicas teorias de conspiração, nenhuma delas envolve a utilização de um neurochip de última geração desenvolvido no laboratório de algum neurocientista contemporâneo, mesmo que ele seja tão excêntrico como José Delgado (NICOLELIS 2017, p.332).

Após essa longa digressão sobre esse caso particularmente controverso dentro da história da neurociência, Nicolelis afirma com veemência que “a estimulação elétrica cerebral continuou a ser amplamente utilizada por neurofisiologistas como um método fundamental para excitar o tecido cerebral, vias neurais e nervos periféricos” (NICOLELIS 2017, p.332-333). Adentrando de maneira mais concreta na discussão sobre o desenvolvimento tecnológico da neuroengenharia, especificamente sobre interfaces cérebro-cérebro, Nicolelis ressalta sobre os progressos feitos inicialmente por John Chapin, seu orientador de doutorado, nas pesquisas realizadas na organização militar “Agência De Projetos De Pesquisa Avançada Em Defesa” (Defense Advanced Research Projects Agency – DARPA) em 2003 com seu Robo-rat (NICOLELIS 2017, p.332).

Os experimentos retratam uma visão muito otimista daquilo que o rato seria capaz de fazer com a implantação de um novo sentido proporcionado pelo dispositivo implantado em seu córtex cerebral. Chapin planejava usar estímulos elétricos para instruir o rato em que direção caminhar para vencer um labirinto qualquer. Chapin o equipou com uma pequena mochila que continha o equipamento necessário para receber sinais de rádio e direcionar pequenos pulsos elétricos para qualquer um dos implantes feitos em seu cérebro.

Chapin conseguiu treinar seus robo-rats para percorrer qualquer labirinto ou obstáculo que eles encontrassem pela frente, transformando-os nos primeiros seres vivos híbridos a quebrar todos os recordes da pista de testes criada para derrotar engenheiros. [...] **As incríveis aventuras do robo-rat** ajudaram a solidificar minhas suspeitas de que a técnica de estimulação elétrica do cérebro poderia ser usada numa nova geração de ICMs (NICOLELIS 2017, p.335. grifos nossos).

A partir dessa técnica, os projetos de pesquisa dentro do laboratório de Nicolelis estenderam-se para realizar pesquisas em outros animais. Isto para que a médio ou longo prazo essa série de experimentos permita o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas no sentido de desenvolver essas tecnologias para o uso humano.

acreditávamos que esses animais poderiam ser os primeiros a testar um novo paradigma em nossa área, batizado de interface cérebro-máquina-cérebro (ICMC), em homenagem a José Delgado. Essa ICMC permitiria a nossos macacos interagir com uma ferramenta artificial (como um braço mecânico ou mesmo apenas um avatar de um braço), através de um sistema fechado de controle que eliminaria por completo a intermediação do corpo desses sujeitos (NICOLELIS 2017, p.340)

A conclusão de Nicolelis é a de que esses estudos confirmam que o cérebro desses ratos cria uma representação de um novo mundo ao qual eles foram induzidos, porquanto produz um novo ponto de vista do próprio cérebro, “uma modalidade inédita no repertório perceptual desses animais” (NICOLELIS 2017, p.346). Nicolelis acredita que esses dispositivos implantados no cérebro dos roedores a médio ou longo prazo acabaria por levar o cérebro dos animais a incorporar os artefatos como parte deles, levando-os a uma nova concepção sobre o que de fato, para eles, é a realidade e aquilo que eles são.

Na sequência desses experimentos, Nicolelis desenvolveu uma Interface Cérebro-Cérebro (ICC). A ICC permitiu em 2013 a comunicação direta entre os cérebros de dois animais, em que havia um “rato explorador” e um “rato decodificador” das mensagens emitidas pelo primeiro (NICOLELIS 2017, p.348-350). Segundo Nicolelis, essa tecnologia possibilitou que em tarefas colaborativas mediadas por elas, “formas inesperadas de interação social entre esses animais surjam do nada”, sem que um rato soubesse da existência do outro (NICOLELIS 2017, p.351).

Os estudos nesse ramo das ICMC foram desenvolvidos em 2013 e 2016, e Nicolelis usa-os também para enfatizar, na segunda edição de “Muito além do nosso eu”, que suas hipóteses e predições estavam corretas. Em vários momentos ele diz que os resultados de seus experimentos excedem as suas expectativas realizadas em 2011, na primeira versão do livro. Para concluir o capítulo ele afirma:

Como predito na primeira edição deste livro, esses estudos com ICCs demonstram que, mesmo usando uma versão rudimentar de uma ICC, é possível estender as representações do corpo de um indivíduo, contidas no

seu cérebro, a ponto de incluir o corpo de outro membro de sua espécie (NICOLELIS 2017, p.352).

Exaltando o desenvolvimento dessa tecnologia, Nicolelis idealiza as ICCs enquanto “uma demonstração de que dois cérebros podem ser ligados funcionalmente e, como resultado dessa comunhão neuronal, colaborar de maneira harmoniosa para a realização de uma tarefa mutuamente benéfica”. Na sequência, a começar do desenvolvimento de ICCs por parte do NicolelisLab, foi introduzido um novo paradigma no campo, a Brainet, ou rede de cérebros. O pesquisador demonstra que redes de cérebros podem ser criadas para colaborar, mentalmente, através da fusão de sua atividade cerebral, na execução de tarefas que envolvem desde o controle dos movimentos de um braço virtual até problemas computacionais. Desenvolveram-se experimentos com macacos e com roedores (PAIS-VIEIRA *et al.*, 2015).

No último parágrafo do capítulo, Nicolelis anuncia que os resultados dos experimentos seriam publicados em seu próximo livro, depois intitulado “O verdadeiro criador de tudo”. Ele ressalta que a partir da publicação desses estudos com ICCs e Brainets uma série de cenários da ficção científica começou a ser sugerida. É interessante pensar a esse respeito de como Nicolelis repetidamente traz narrativas heróicas, ou de ficção, que apelam ao imaginário social, em referências diretas e indiretas a figuras imaginárias ou personagens ficcionais.

Ao longo do capítulo, não seria possível fazer juízo a todos os detalhes e minúcias em que Nicolelis reafirma as promessas feitas na primeira edição do livro. Reescrevendo a narrativa do segundo como realizações que “transformaram o campo da neurociência” e “trouxeram a debate novas questões” que “revolucionarão o que significa ser humano”. Em termos genéricos e as vezes, poderíamos dizer, em tons até populistas, Nicolelis faz um forte apelo público buscando alcançar um espaço de destaque dentro e fora do campo científico. No início do último capítulo do seu livro ele afirma que:

Nas últimas três décadas, quase toda vez que um dos meus trabalhos científicos retornou do processo obrigatório de revisão, tive de lidar com a recomendação inevitável dos revisores para remover do manuscrito qualquer fragmento de pensamento especulativo sobre o potencial futuro das interfaces cérebro-máquina (NICOLELIS 2017, p.416-417).

A reflexão de Nicolelis admite que os momentos em que os manuscritos retornavam, eram dolorosos, ele “fantasiava sobre o dia em que todas essas ideias poderiam

ser resgatadas e liberadas para que outros pudessem examinar e refletir sobre sua validade, mesmo que apenas em teoria” (NICOLELIS 2017, p.416). Esse sentimento expressado pelo cientista pode evidenciar muito de como o sistema científico se desenvolve atualmente, dirigido pela lógica de funcionamento tecnológico (NEVES, 2015). No entanto, o autor se refere aos trabalhos não publicados, mas não aponta suas contribuições de divulgação científica e comentários sobre ICMs em revistas de grande impacto internacional, como Nature news e Science, além de sua participação enquanto palestrante em outros ambientes não acadêmicos. Tratam-se, de espaços especulativos para além da restrição que os artigos científicos impõem.

Ele conclui seu livro com uma breve reflexão sobre a produção da Ficção científica. O autor comenta sobre vários filmes que apontam cenários futuros negativos em relação ao desenvolvimento de C&T, contra os quais, parece expressar tecnofilia:

gostaria de concluir este livro com uma visão diametralmente oposta a essa. Depois de trabalhar e pensar, por um longo tempo, sobre o impacto potencial das ICMs, vejo o futuro dessa área com muito otimismo e com grande expectativa. [...] Com certeza neste momento sinto um intenso desejo de abraçar com júbilo as oportunidades que a libertação de nosso cérebro dos limites físicos de nosso corpo terrestre trará para nossa espécie (NICOLELIS 2017, p.416-417).

Adiante, Nicolelis fala sobre a impossibilidade de reproduzir o cérebro em uma máquina ou computador, mas essa é uma discussão que vamos retomar nas considerações finais desta dissertação. Por hora, interessa tratar da produção científica relevante na área de ICMs, no sentido de elucidar como a narrativa trazida por Nicolelis se materializa nas publicações do campo. Neste sentido, busca-se mostrar como a agenda especulativa deste porta-voz, ganha materialidade nas publicações relevantes do campo. Mais que promover ficções científicas, o autor promove as agendas da área.

Coleta e análise dos dados

Pesquisa exploratória

É preciso notar que nosso recorte analítico se restringe à produção científica de maior impacto determinada por indicadores de bases de pesquisa. Sobre a análise da produção científica por área de conhecimento, há inúmeras possibilidades:

Não há uma maneira única ou correta para a classificação da ciência em áreas e subáreas, o que leva ao surgimento de diversas classificações [...] Muitas fontes de informação ou estudos sobre a ciência desenvolvem a sua própria classificação, com diferenças tanto nos nomes, número e abrangências das áreas e subáreas do conhecimento como na vinculação dos periódicos a elas.[...] Vale ressaltar que a maior multidisciplinaridade na pesquisa científica, que tem sido incentivada como importante para a aplicação do conhecimento científico para a inovação, torna mais complexa a classificação das publicações por área do conhecimento (BRENTANI, BRITO CRUZ, SUZIGAN, FURTADO, & GARCIA, 2011, p.10).

Inicialmente, para operacionalizar a coleta selecionamos duas bases; a *Open Knowledge Maps* e a base de pesquisa da revista *Nature*. Optamos por estas bases para contrastar mecanismos de pesquisa diferentes a fim de realizar uma análise comparativa exploratória sobre as maneiras em que é administrada a relevância a depender dos interesses por trás das revistas e bases de dados. A primeira base se caracteriza por ser uma plataforma de acesso aberto, a outra, no entanto é mundialmente reconhecida pela sua antiguidade e prestígio internacional. A seguir podemos destacar os objetivos ou missões de cada base de busca:

Para a Open Knowledge Maps⁷¹

O objetivo é revolucionar a descoberta do conhecimento científico. Estamos construindo uma interface visual que aumenta drasticamente a visibilidade dos achados da pesquisa para a ciência e a sociedade. Somos uma organização sem fins lucrativos e acreditamos que uma maneira melhor de explorar e descobrir o conhecimento científico irá beneficiar a todos nós (OUR GOAL, 2018).

Já a missão da Nature⁷²

Primeiro, para servir os cientistas através de rápida publicação de avanços significativos em qualquer ramo da ciência, e para fornecer um fórum para a comunicação e discussão de notícias e questões relativas à ciência. Em segundo lugar, para garantir que os resultados da ciência são rapidamente divulgados ao público em todo o mundo, de uma forma que transmite o seu significado para o conhecimento, cultura e vida cotidiana. A declaração de missão original da Nature foi publicada pela primeira vez em 11 de novembro de 1869 (NATURE'S MISSION, 2018).

⁷¹ Para saber mais, acessar: <<https://openknowledgemaps.org/about.>> Acesso em 20/02/2020

⁷² Para saber mais, acessar: <<https://www.nature.com/nature/about.>> Acesso em 20/02/2020

Diante da exposição dos objetivos dessas bases de dados, é interessante perceber como elas podem se relacionar à forma em que se deu a organização científica contemporânea, inferimos que o sistema a partir do qual as bases de dados se estruturam está de acordo ao contexto em que se desenvolveram. A *Nature* nasceu nas últimas décadas do século XIX em um contexto altamente elitizado, o período foi marcado pela institucionalização de várias disciplinas como tratamos no início do primeiro capítulo. Já a plataforma da *Open Knowledge Maps* enquadra-se dentro da categoria de *Open Access*⁷³ sob os regimes do *Big Data*⁷⁴. Acreditamos que “a tendência de longo prazo do sistema de publicação, ironicamente, é fazer com que o sistema de periódicos seja mais como a Web aberta” (TURNER, 2016, p.137- 138).

Apontadas essas características podemos notar que estas plataformas representam períodos totalmente diferentes da evolução científica. No momento não sabemos qual é o impacto que a forma na qual estas plataformas se desenvolvem pode ter sobre a produção de conhecimento e/ou sobre a formação de agendas de pesquisa com vieses interpretativos a partir da pré-seleção daquilo que é mais relevante para o desenvolvimento científico e tecnológico.

Base de dados

Após realizar uma pesquisa exploratória, a coleta que compôs a base de dados apresentada foi realizada em dois níveis: A primeira seleção a formar parte de nosso banco de dados foi criada a partir de uma série de publicações da revista “frontiers of neuroscience”, sobre o tópico em discussão nos capítulos anteriores, a saber, Interfaces Cérebro-Máquina (ICMs⁷⁵). Esta série se intitula “Melhoramento das Funções Cerebrais: Fatos, Ficção Controvérsias” cujo Volume I, “Interfaces Cérebro-Máquina”⁷⁶ discute

⁷³ Open access é a maneira de publicar artigos científicos online para qualquer pessoa sem nenhum custo.

⁷⁴ Big Data é a análise e a interpretação de grandes volumes de dados.

⁷⁵ A revista Frontiers define estes tópicos de pesquisa enquanto: Coleções de pelo menos dez artigos, todos centrados em um tema particular. Com a sua mistura única de contribuições variadas da Pesquisas Originais para Revisar Artigos, Tópicos de Pesquisa Fronteiriços que unificam os pesquisadores mais influentes, últimos achados-chave e avanços históricos em uma área de pesquisa quente!

⁷⁶ LEBEDEV, Mikhail A.; OPRIS, Ioan; CASANOVA, Manuel F. Augmentation of Brain Function: Facts, Fiction and Controversy. *Frontiers in systems neuroscience*, v. 12, p. 45, 2018. disponível em: <<https://www.frontiersin.org/research-topics/1563/augmentation-of-brain-function-facts-fiction-and-controversy>> Acesso em 20/02/2020

exatamente o que seria mais importante dentro do campo que estamos estudando. Esta série de artigos recebeu um destaque especial enquanto uma “coleção de pesquisa excepcional sobre o melhoramento do cérebro, com implicações notáveis e considerações para criar a superinteligência humana⁷⁷”. Seus editores receberam financiamento da “Frontiers” para a organização de uma Conferência Internacional⁷⁸, a “International Scientific Conference in 2018 Around Brain Augmentation”, nomeada “2018: Limitless! Augmentation of Brain Function”⁷⁹

É importante ressaltar que um dos editores dessa série é Mikhail A. Lebedev⁸⁰, que trabalhou com Nicolelis na Duke University, além de ter escrito vários trabalhos em coautoria com Nicolelis. Atualmente é diretor do Centro de Interfaces Bioelétricas, no Instituto de Neurociência Cognitiva da Higher School of Economics, na Rússia. Lebedev acredita que ICMs vão promover práticas e poderosas tecnologias de melhoramento de vários aspectos do cérebro no futuro, dentre as quais destaca três ideias quanto às aproximações de melhoramento cerebral: decodificar informação da atividade cerebral; o cérebro poderia ser melhorado com a estimulação e; melhorar radicalmente os seres humanos individuais e a humanidade, buscam-se de aproximações da imortalidade de consciência, e até comunicações cérebro-cérebro (LEBENDEV, 2017)

O primeiro volume desta série se concentra ao redor das pesquisas sobre ICMs e no avanço das técnicas de decodificação da atividade cerebral. Dessa forma, acreditamos que esta seleção poderia fornecer um recorte analítico interessante. No entanto, no momento desta investigação apenas havia sido publicado o primeiro volume desta série sobre aprimoramento cerebral. Assim, fazemos uma análise sobre o conteúdo desta compilação de artigos sobre ICMs, mas, alertamos sobre a restrição do recorte em questão. Por esses

⁷⁷ Creating human super intelligence: winner of Spotlight Award 2017 <<https://blog.frontiersin.org/2017/06/14/research-on-creating-human-super-intelligence-wins-first-annual-spotlight-award/>> Acesso em 20/02/2020

⁷⁸ Spotlight Award - About <<https://spotlight.frontiersin.org/spotlight>> Acesso em 20/02/2020

⁷⁹ 2018: Limitless! Augmentation of Brain Function <<https://spotlight.frontiersin.org/about-conference>> Acesso em 20/02/2020

⁸⁰ Mikhail Lebedev <<https://sites.google.com/site/lebedevneuro/home>> Acesso em 20/02/2020 e <<https://loop.frontiersin.org/people/3821/overview>> Acesso em 20/02/2020

motivos, optamos por realizar uma amostra independente maior, a qual detalhamos e analisamos nas próximas páginas.

A segunda seleção para formar a base de dados foi realizada na *Web of Science*⁸¹, cujo acesso é oferecido pelo Portal de Periódicos da CAPES/MEC⁸², base de pesquisa brasileira. Os procedimentos adotados na busca foram:

O nosso recorte se deu a partir do Tópico “**TS = (brain-machine interface)**”

Restringimos os resultados pelo idioma e tipo de documentos. Selecionamos Inglês [**English**]⁸³ e Artigos [**Article**].

O tempo estipulado do Intervalo da pesquisa foi personalizado **entre 2000 e 2020**.

Selecionamos todos os Índices de citações da Coleção da *Web of Science*, os quais, no momento da busca tinham sido atualizados em 05/02/2020.

Para realizar a mesma busca, basta inserir o seguinte módulo na busca avançada da plataforma Web os Science

(TS = (brain-machine interface)) AND IDIOMA: (English) AND TIPOS DE DOCUMENTO: (Article) Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2000-2020
--

Quadro 2 – Módulo de busca na *Web of Science*

Como resultado da busca, obtivemos 1215 artigos, dos quais 671 são de Acesso Aberto. Refinamos os resultados para retirar os artigos que se encontram na área de ciências humanas e sociais, o quais não eram de nosso interesse:

⁸¹ Web of Science

http://apps-webofknowledge.ez54.periodicos.capes.gov.br/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=7BnKA2mW8zkKRPqp1wp&preferencesSaved= Acesso em 20/02/2020

⁸² Portal de Periódicos da CAPES/MEC < https://www-periodicos-capes-gov-br.ez54.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pmetabusca&mn=70&smn=78&base=find-db-1&type=b&Itemid=126> Acesso em 20/02/2020

⁸³ Escolhemos realizar a análise dos artigos publicados em inglês, pelo fato da maior quantidade de publicações ser neste idioma, além das limitações operacionais do software utilizado para realiza a análise de conteúdo.

(MEDICAL ETHICS OR ETHICS OR SOCIAL SCIENCES INTERDISCIPLINARY OR HISTORY PHILOSOPHY OF SCIENCE OR PHILOSOPHY OR SOCIAL SCIENCES BIOMEDICAL OR RELIGION OR SOCIAL ISSUES OR SOCIOLOGY)

Quadro 3 – Módulo de busca e exclusão na *Web of Science*

Encontramos 15 artigos dentro desta categoria, os quais foram excluídos de nossa análise.

Em nossas análises preliminares podemos observar a produção científica de acordo com o país⁸⁴

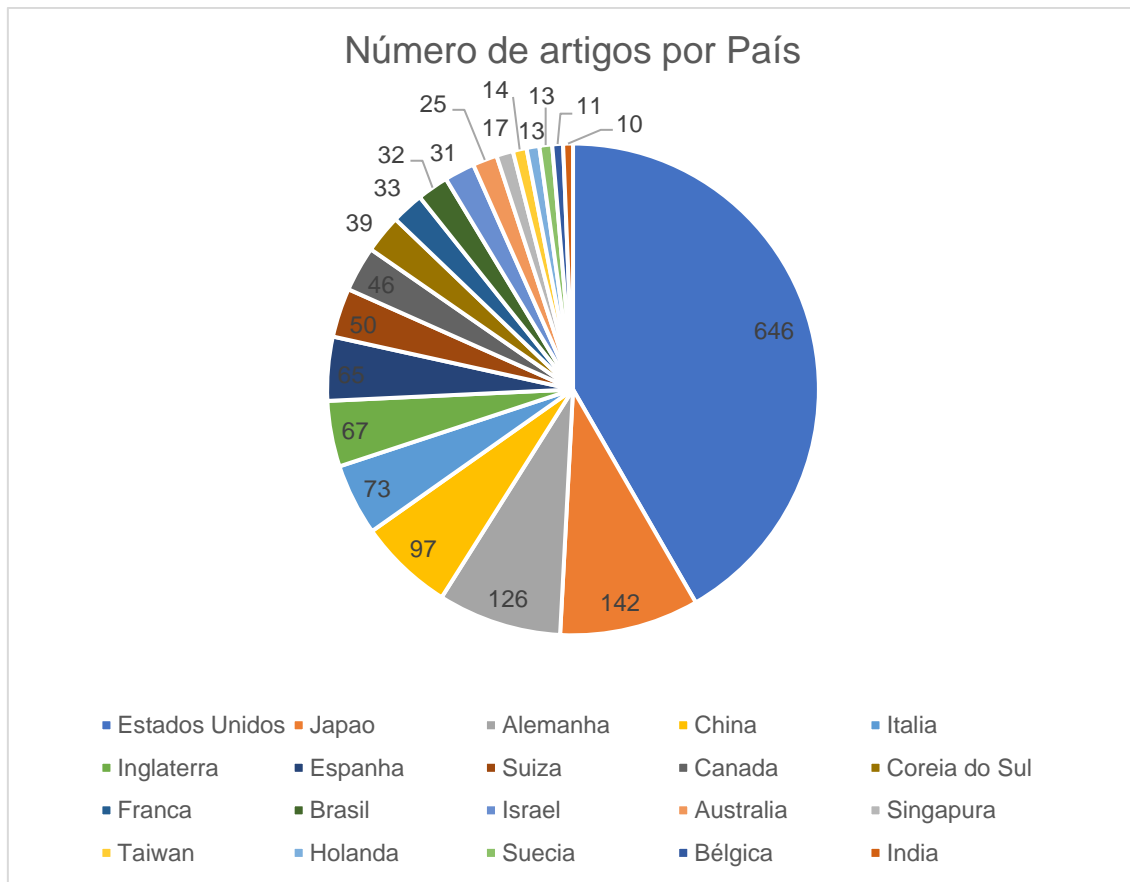


Gráfico 1 – (Descrição quantitativa da relação da produção científica em número de artigo publicados entre 2000 e 2020) Elaboração própria a partir de dados obtidos na *Web of Science*.

As publicações de pesquisadores filiados em alguma instituição estadunidense representam mais da metade da amostra. Dessa forma, optamos por realizar uma investigação mais minuciosa no que se refere ao levantamento dos dados a respeito das

⁸⁴ Países que quantificam publicações abaixo de 10 artigos não foram incluídos no gráfico.

instituições americanas que fornecem apoio financeiro para as pesquisas sobre ICM⁸⁵. Detalhamos a seguir as mais importantes.

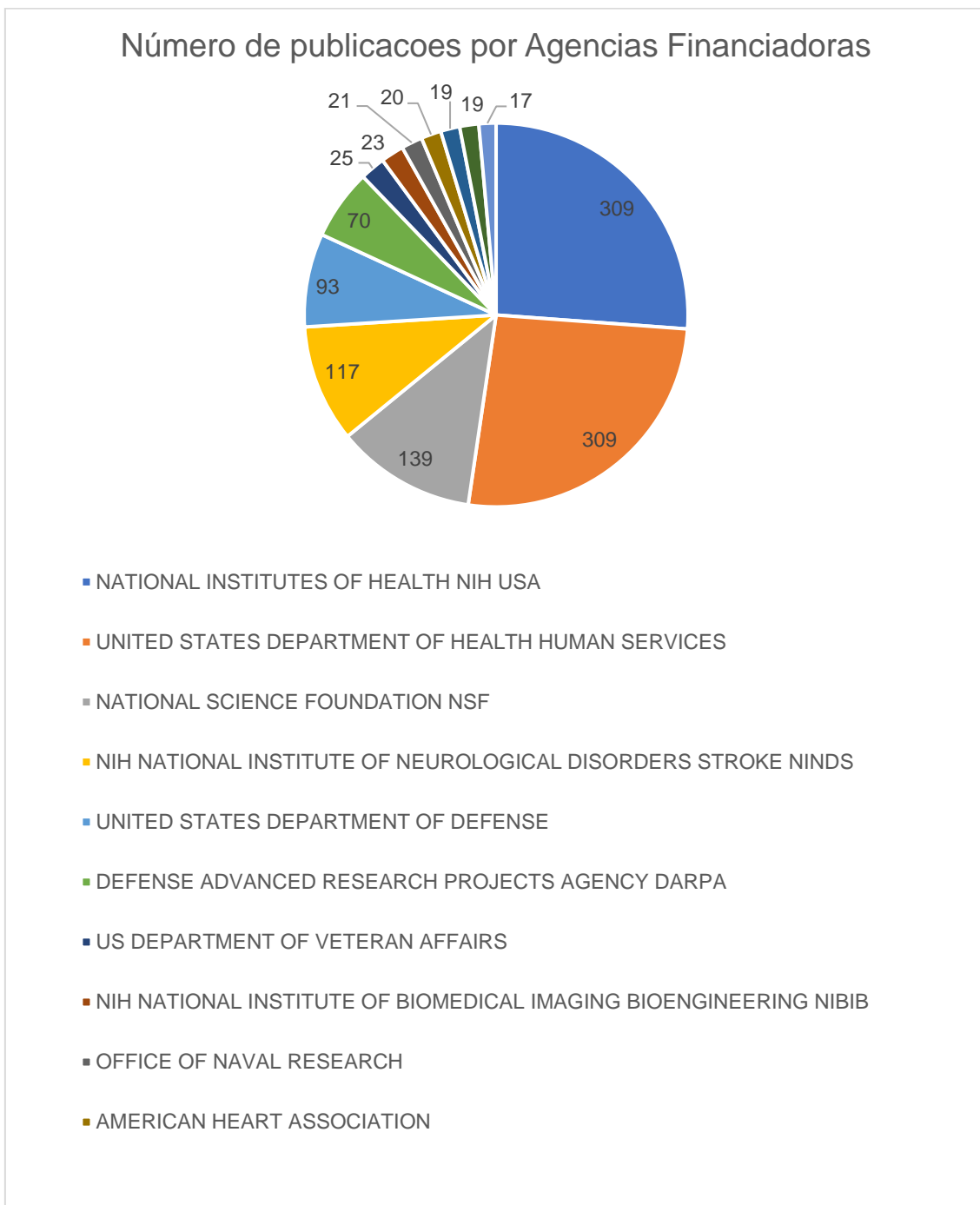


Gráfico 2 – Principais agências de financiamento

⁸⁵ Dez artigos foram publicados com suporte de instituições brasileiras de fomento, CNPq e Capes.

Ao realizar este recorte foi possível notar que um número significativo das pesquisas foram financiadas por instituições militares, com base no recorte destacado:

Refinado por: AGÊNCIAS FINANCIADORAS: (AIR FORCE OFFICE OF SCIENTIFIC RESEARCH AFOSR OR UNITED STATES DEPARTMENT OF DEFENSE OR DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY DARPA OR OFFICE OF NAVAL RESEARCH OR DARPA REPAIR)

Quadro 4 – Agencias de financiamento militar

Foi possível destacar um número de 120 artigos. Portanto, 10% do nosso recorte foi financiado por agências ou organizações militares. É curioso notar como Nicolelis, que recebeu apoio financeiro de organizações militares no passado, afirma,

Nesta nova realidade, neurocientistas especialmente têm de refletir profundamente antes que tomem a decisão de aceitar financiamento das forças armadas e fontes de inteligência militar, desde que o perigo que possam apropriar-se indevidamente do produto do seu trabalho experimental e intelectual para prejudicar pessoas nunca foi tão alto e concreto. Pela primeira vez na sua história curta, a neurociência tem um papel central para jogar como um dos porteiros e as proteções do bem comum da sociedade (NICOLELIS, 2020, p.424).

Destacamos abaixo as revistas em que há um maior número de publicações em ICMs:

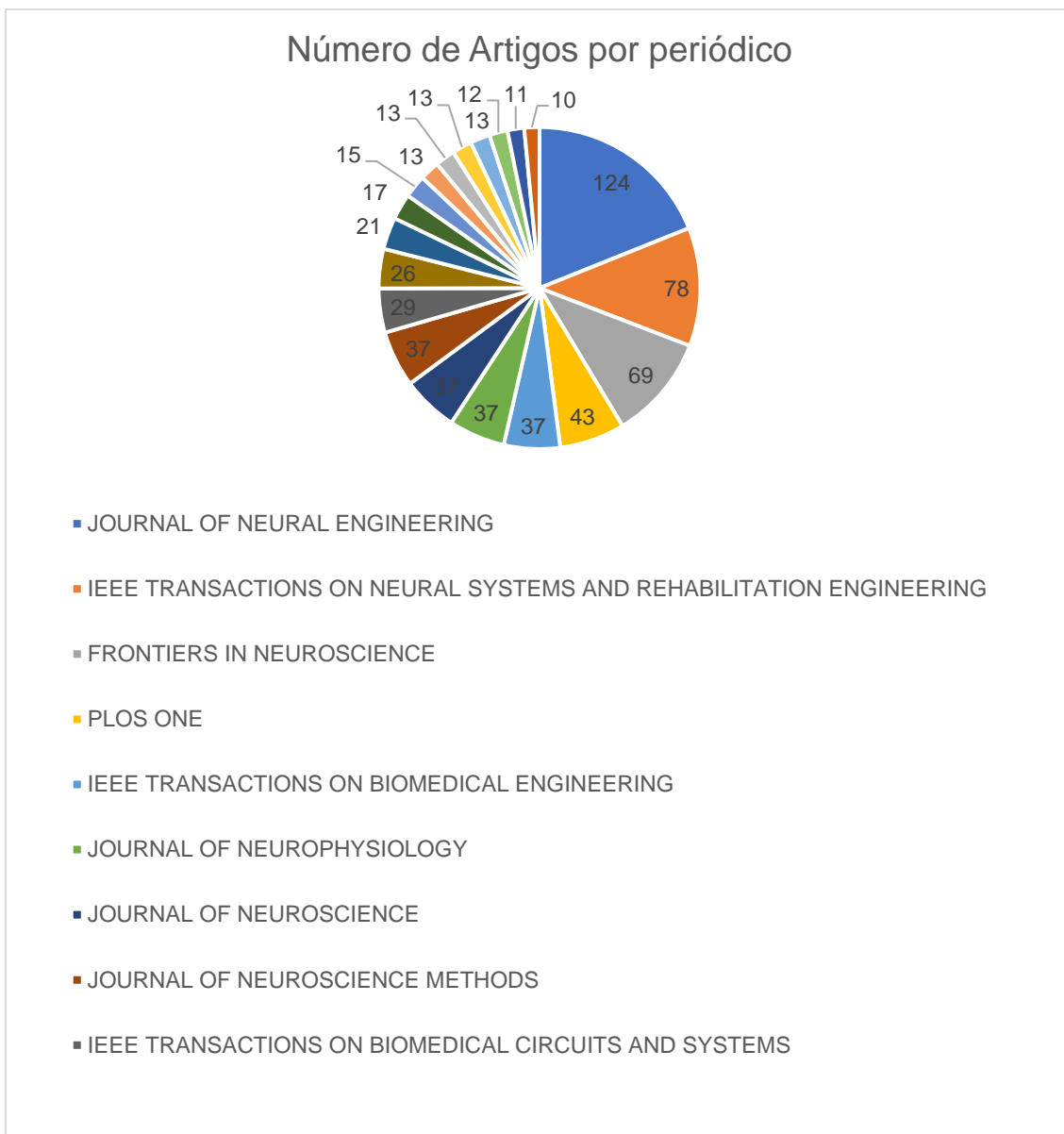


Gráfico 3 – Revistas mais importantes em relação ao número de publicações

Para a análise dos artigos selecionados, utilizou-se o software *Iramuteq*⁸⁶. O software permite fazer análises quanti-qualitativas em vários níveis de complexidade. “Desde aquelas bem simples, como a lexicografia básica (como cálculo de frequência de palavras), até análises multivariadas (classificação hierárquica descendente)”. (CAMARGO, 2016, p.10).

O *Iramuteq* exige um padrão para o processamento textual, para o qual foi necessário definir:

⁸⁶ IraMuTeQ - Interface de R para Análises Multidimensionais de Textos e questionários

- *O Corpus* textual, o conjunto de unidades de contexto inicial analisado
- O Texto, composto cada um deles pelos resumos de artigos (1200)⁸⁷. Um conjunto de unidades de textos constitui um *corpus* de análise.
- Os parâmetros de dicionários, em inglês
- Os parâmetros de Lematização, processo em que o *Iramuteq* realiza uma classificação de formas reduzidas de algumas palavras, e as reduz ao seu infinitivo ou seu radical. (Recomenda-se que deixe marcado sim, para melhor aproveitamento das análises)⁸⁸.

Os principais resultados estão destacados abaixo.

⁸⁷ Disponibilizamos uma lista com os todos os artigos analisados no Apêndice (ANEXO 3)

⁸⁸ Tutorial para uso do software *Iramuteq*, <http://www.iramuteq.org/documentation/fichiers/Tutorial%20IRaMuTeQ%20em%20portugues_17.03.2016.pdf> Acesso em 20/02/2020

Nuvem de Palavras

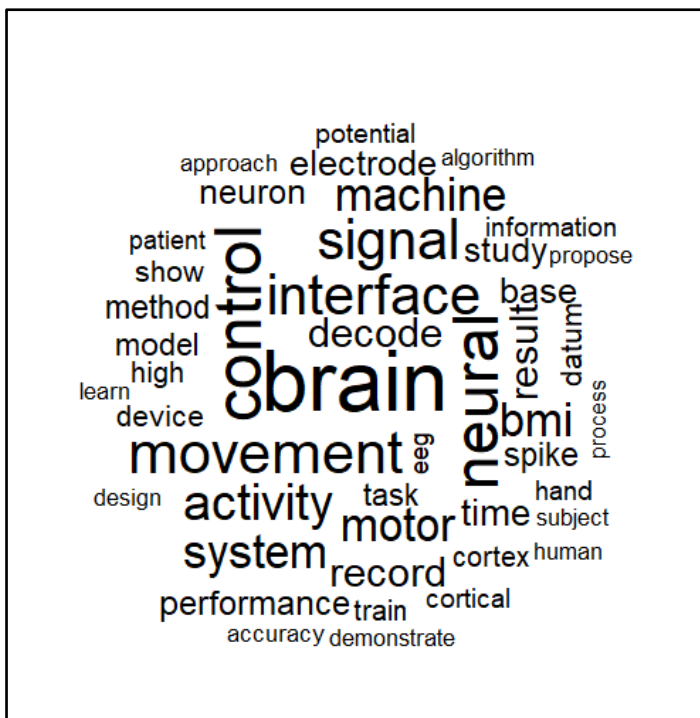


Figura 2 – Nuvem de palavras

Palavra	Frequência
brain	2144
control	1572
neural	1525
movement	1376
interface	1351
signal	1343
activity	1174
motor	1066
system	1065
machine	1054
bmi	1053
decode	907
record	905
result	887
time	803
base	764
electrode	743
study	727
neuron	708
performance	695
spike	690
method	656
task	647
model	624
high	610
device	590
show	588
datum	576
cortex	560
train	554

Quadro 9 – Frequencia relativa das palavras elucidadas na figura acima.

As palavras graficamente maiores são aquelas que detêm maior importância dentro do corpus textual. Por meio do indicador de frequência, este mecanismo de análise torna possível uma rápida identificação das palavras-chaves do conjunto de textos analisados. É o primeiro contato com o conteúdo.

Abaixo, temos a classificação pelo Método de Reinert: filograma.

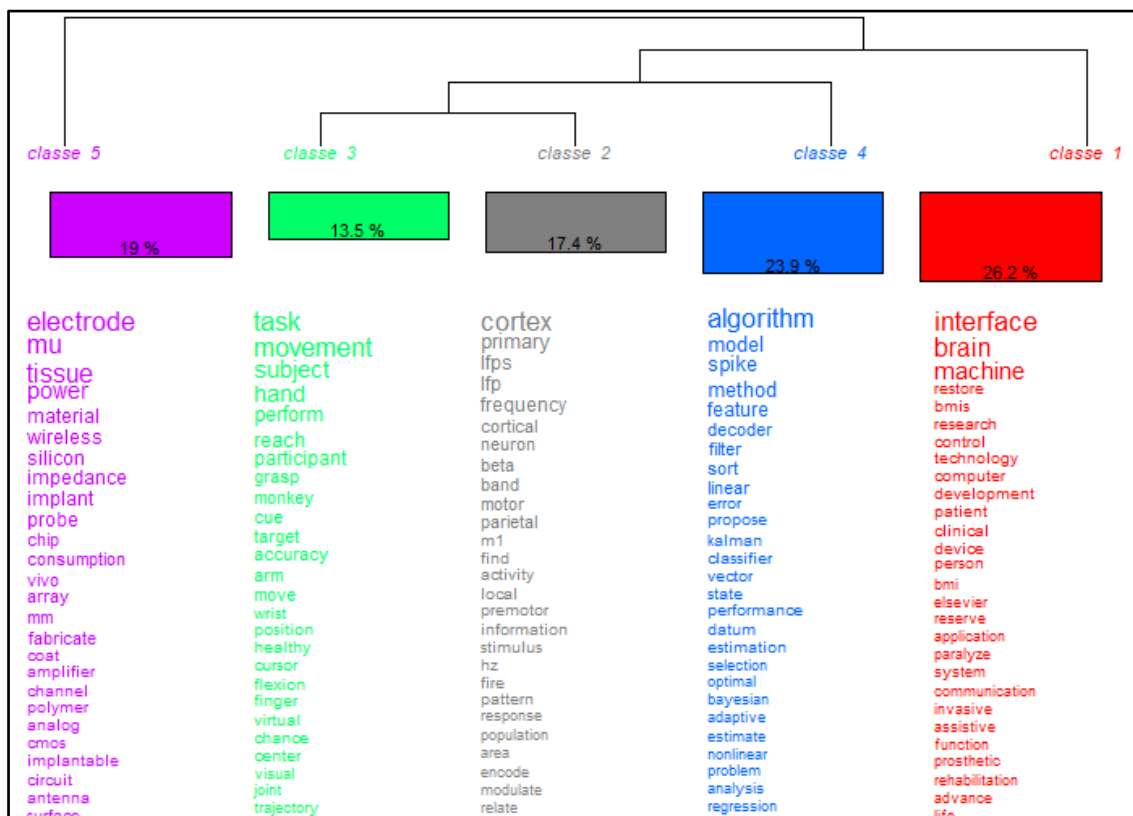


Figura 3 – Filograma

O Filograma apresenta a partição do corpus e a indicação do tamanho em porcentagem de cada classe em relação ao corpus. Ilustra as relações entre as classes. A partir dos dados apresentados nesta figura é possível realizar uma análise fatorial.

Estas classes de palavras e segmentos de texto, em nível do software são compostas de vários segmentos em função de uma classificação segundo a distribuição do seu vocabulário. Em nível interpretativo depende do marco teórico de cada pesquisa (CAMARGO, 2016, p.11).

Foram adotados os seguintes critérios para a configuração gráfica: reduzimos os o gráfico a partir da seleção apenas das palavras que tinham maior representatividade dentro do corpus textual (frequência mínima de 200). Dessa forma, é possível elucidar os resultados com maior clareza. Seleccionamos Halos e comunidades para agrupação das similaridades discursivas dentro do corpus textual.

É possível notar que Brain [cérebro] e Control [controle] são núcleos centrais de significado no gráfico. A estes estão associados os processos técnicos de uma ICM, como vamos observar no próximo gráfico de maneira mais detalhada. Cabe destacar aqui que o fato das palavras cérebro e controle aparecerem de maneira significativamente maior não significa necessariamente que elas estejam diretamente associadas. Os vínculos se dão pela rede de significados ou associações comuns entre as mesmas. Numa análise mais minuciosa, dentro do contexto em que a palavra controle aparecia, notamos sua associação de maneira significativa aos processos de codificação da atividade neural em comandos computacionais para a obtenção da ICM. Os processos e mecanismos utilizados para obtenção de uma ICM, necessitam que os parâmetros da atividade neural estejam dentro de certos limites de operacionalização. Podemos observar que as palavras relativamente associadas a “controle” são elucidadas na figura da seguinte forma:

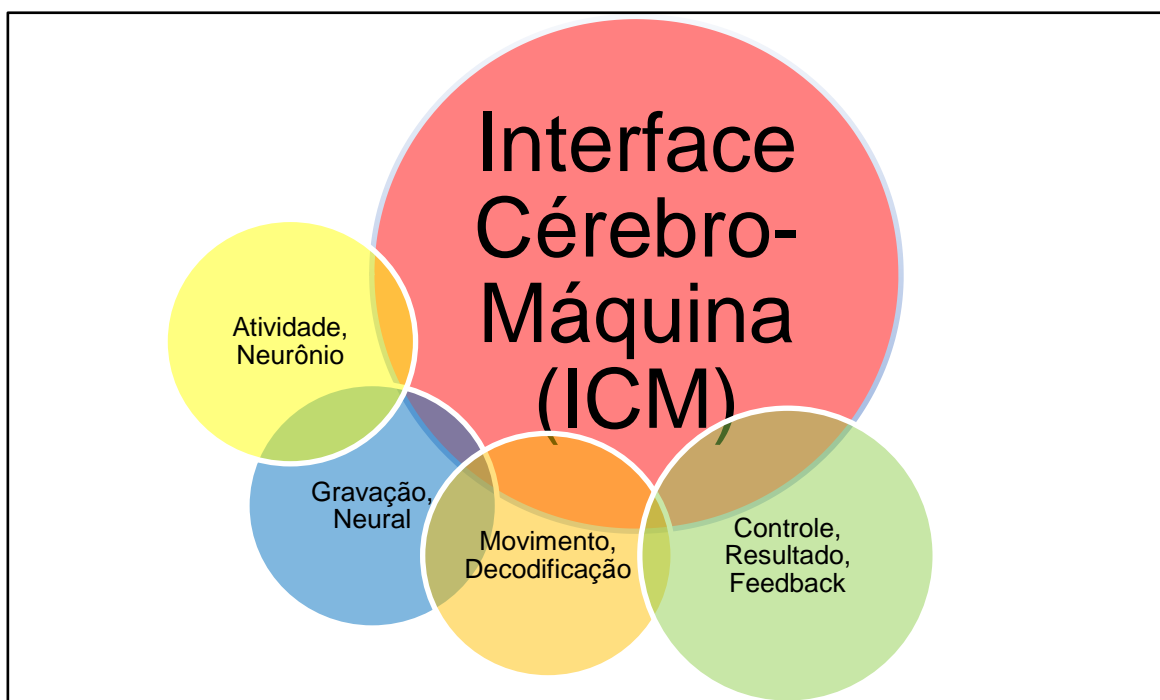


Figura 6 – Versão simplificada e traduzida da análise de similitude realizada a partir do *software Iramuteq*

- Em vermelho, no centro da figura, a similitude se dá pela discussão comum a todas as pesquisas, Interface Cérebro-Máquina
- Dentro da área verde: Controle, Resultado, Feedback, Treinamento, Experimento,
- Dentro da área laranja: Movimento, Decodificação,
- Dentro da área azul: Gravação, Neural,
- Dentro da área amarela: Atividade, Neurônio

Ressaltamos que os dados aqui apresentados se correlacionam e podem ser corroborados com os resultados de nossas análises preliminares, as quais destacamos na seção de metodologia que abre esta dissertação.

Mediante os núcleos de significado centrais em nossa análise dos resultados, a saber, Cérebro e Controle, realizamos uma busca por estes termos e suas relações na última publicação de Miguel Nicolelis, “The True Creator Of Everything: How The Human Brain Shaped The Universe As We Know It” (2020), a ser publicado no Brasil como “O Verdadeiro Criador de Tudo”⁸⁹. Ao realizar a busca do vínculo associativo “controle cerebral” foram encontradas apenas três associações relevantes explícitas. A primeira é apenas descrição da imagem que aparece na abertura do livro:

Juliano Pinto dentro do exosqueleto robótico controlado pelo cérebro, construído pelo Projeto Andar de Novo (NICOLELIS, 2020, p.5).

A segunda se refere à descrição de um esquema que evidencia o funcionamento de uma ICM:

O animal moveu o avatar usando apenas controle cerebral deste acionador virtual sem o uso das mãos (NICOLELIS, 2020, p.209)

A terceira é, neste contexto, a de maior relevância:

Embora haja uma abundância de sinais implícitos e explícitos que os governos em muitos países, inclusive os Estados Unidos, estariam querendo mais do que a adotar tecnologias de vigilância até mais complicadas se alguma vez ficam disponíveis, a única razão pela qual ainda posso dormir à noite, é que sou totalmente consciente que as limitações da inteligência artificial não permitirão a este plano de abrir-se no futuro próximo, ou nunca. **Contudo, estas faltas não impedirão os mesmos agentes de continuar perseguindo modos de elevar o poder do cérebro humano de criar novos instrumentos de vigilância ou até uma**

⁸⁹ “Livro sai em abril/maio de 2020 pela Editora Planeta, selo Crítica, como terceiro volume da Biblioteca Miguel Nicolelis (bMN). Lançamentos ao vivo com tardes/noites de autógrafo e palestras por todo Brasil como parte da Caravana da Ciência Tropical! I am back!” Publicação feita no Twitter de Miguel Nicolelis no dia 03/01/2020 <<https://twitter.com/MiguelNicolelis/status/1213499220906434560>> Acesso em 20/02/2020

nova geração de armas controladas pelo cérebro, levando a uma era na qual o cérebro humano fica totalmente integrado em novos meios de comunicação de guerra. (NICOLELIS, 2020, p.424, grifos nossos).

No idioma da coprodução e dos futuros ficcionais, os artigos analisados e a citação acima, indicam espaços emergentes que relacionam pesquisa científica, interesses militares, interesses econômicos, além de políticos. “Cérebro” e “controle” nos oferecem uma fresta de futuro, uma visão profética do que poderão vir a ser os novos passos do melhoramento humano. Por enquanto, meras expectativas ficcionais.

As ICMs apresentam-se como o elo perdido entre ciência e expectativas ficcionais. É na figura do Ciborgue que encontramos sua melhor definição imaginada e, para muitos, desejada (HARAWAY; KUNZRU, 2009). Tal figura tem adquirido sentido na medida em que o sistema sociotécnico se desenvolve de acordo com as transformações do modo de produção capitalista, orientado “para as dinâmicas de controle e administração da vida sócio-produtiva” (PARANÁ, 2017, p.228).

Ao reconfigurar a interação com o ambiente, o ciborgue dilui tanto as fronteiras entre natureza e cultura quanto as fronteiras disciplinares. A vida programada que se projeta no Ciborgue sugere uma reconfiguração em seus parâmetros. Agora ela seria “administrada cognitiva, hormonal e fisiologicamente por meio de tecnologias químicas, biológicas e mecânicas, conectadas em redes de comunicação e midiatização de informações” (PARANÁ, 2017, p.240). Temos, no entanto, que compreender o Ciborgue como um híbrido em disputa. A propósito, a história da neurociência como vista acima sempre foi território de controvérsias, e o continua sendo. Aliados desta disputa estão os imaginários sociotécnicos, que parecem abrir caminhos de futuros, embora incertos.

Sistemas sociotécnicos, assim, relacionam-se com o imaginário social, reprogramando-se nos níveis de “legislaturas, mídia e instituições com poder para elevar alguns futuros imaginados acima dos outros” (JASANOFF, 2015, p.4).

Além disso, os imaginários codificam não apenas visões do que é possível através da ciência e da tecnologia, mas também de como a vida deve ou não ser vivida. [...] São, coletivamente mantidas, institucionalmente estabilizadas e executadas publicamente visões de futuros desejáveis, animadas por entendimentos compartilhados de formas de vida social e ordem social que podem ser alcançadas por meio de apoios aos avanços da ciência e da tecnologia. Essa definição privilegia a palavra “desejável”

porque os esforços para construir novos futuros sociotécnicos geralmente se baseiam em visões positivas de progresso social (JASANOFF, 2015, p.4).

Neste trabalho tentou-se mostrar o “desejável” na narrativa científica da neuroengenharia. Deixaremos em aberto para futuras investigações o quanto que o “desejável” que se manifesta na relação entre “brain” e “control” na história da neuroengenharia será também o desejável na configuração mais ampla da sociedade moderna do futuro.

Considerações Finais - Imaginários sociotécnicos sobre o destino humano

Até o capítulo anterior tentamos manter a nossa posição enquanto observadores de segunda ordem. Buscamos nos distanciar de julgamentos valorativos sobre a observação dos outros cientistas. Nesta parte final da dissertação vamos refletir criticamente sobre as propostas de aprimoramento humano mediado pela tecnologia, que surgem enquanto parte da agenda da Convergência Tecnológica NBIC. No entanto, as propostas de melhoramento humano vão muito além de uma agenda de investigação. Há todo um quadro de referências filosóficas e políticas que defendem o aprimoramento da espécie.

Sobre os imaginários dos representantes das Tecnologias Convergentes NBIC, em um artigo intitulado “Tecnologias Convergentes e Destino Humano” o sociólogo de profissão, William Sims Bainbridge, apresenta suas expectativas ficcionais de futuro. Comentando o trabalho de diversos autores pós-humanistas. Alguns deles mencionados ao longo desta dissertação, como Raymond Kurzweil, quem afirma que seres humanos serão sucedidos por máquinas como as próximas “espécies inteligentes dominantes do planeta”. Bainbridge também comenta sobre os sonhos de que consciências humanas poderiam viajar pelo espaço como a velocidade da luz na forma de informação. Ele mesmo sugere que

Máquinas não vão substituir seres humanos, nem os seres humanos vão se tornar máquinas. Estas noções são demasiado cruas para capturar o que realmente acontecerá. Em vez disso, os seres humanos descobrirão que são, por natureza, modelos dinâmicos da informação, que pode existir em muitos contextos materiais diferentes, alguns dos quais são convenientes para a viagem às estrelas. (BAINBRIDGE, 2007) p.211).

Adiante, na mesma lógica reflexiva, Bainbridge acredita que “o planeta Terra deve permanecer como um refúgio da humanidade tradicional, que viverá em uma variedade de sociedades de tecnologia baixa” (ibid., p.212), aqueles que deixarem o planeta, verão a terra como a perpétua Idade Média. Na mesma edição em que foi publicado o artigo de Bainbridge, foi publicado o artigo “Nossa reinvenção: a plasticidade da incorporação, sensibilização e mente” Neste, após refletir sobre as possibilidades de incorporação de artefatos tecnológicos ao nosso corpo por meio da plasticidade neural, a autora se questiona se é que estaríamos em um cenário de aprimoramento ou subjugação. Ela responde a essa questão em sua conclusão,

a profunda plasticidade biológica que permite tais fusões, reduz o nosso medo do futuro pós-humano desnatural, e permite maiores expectativas acerca da informação e justificação dos nossos instrumentos e tecnologias

escolhidas para nossos melhores modelos empíricos de bem estar e de felicidade humana e florescimento do ser humano. (CLARK, 2007, p.280)

Curiosamente, ambos artigos foram publicados em uma revista de filosofia e medicina. Eles abordam de maneira indireta e direta a plasticidade neural como meio de transcender a nossa biologia a partir de incorporação de artefatos virtuais. O mesmo argumento utilizado por Nicolelis em vários pontos do capítulo anterior. Em uma reflexão sobre estes movimentos trans e pós-humanistas, Michael Bess⁹⁰, professor de história na Universidade de Vanderbilt escreveu o livro “Our Grandchildren Redesigned: Life in a Bioengineered Society”, que em um ar futurologista,

Avalia o impacto que as biotecnologias terão nas nossas vidas, quando vêm para aplicar-se com o aumento penetrante à modificação de corpos humanos e mentes.[...] Pela aplicação de prótese, implantes cerebrais e outros dispositivos bioeletrônicos, não só curamos o cego e o paralisado, mas começando a reconfigurar os nossos corpos, aumentar as nossas memórias e gerar modos inteiramente novos de interagir com máquinas. [...] redesenhamos o corpo e mente de um modo eficaz. [...] Alguns benefícios que fluem destas tecnologias de aprimoramento biológico serão espetaculares na natureza, oferecendo maravilhosas novas capacidades e poderes. Ao mesmo tempo, alguns dos seus descontos e perigos serão tão profundos que justificarão a proibição de determinadas categorias de intervenções de aumento ou dispositivos. Todas estas tecnologias – até as que parece razoáveis e benignas – desestabilizarão aspectos-chave da nossa ordem social, bem como a nossa compreensão do que significa ser humano. Sustento que a sociedade contemporânea é perigosamente despreparada para as mudanças radicais que está a ponto experienciar, seguindo este caminho no qual já avança em um passo acelerador. (BESS, 2016, p.3)

Dessa forma para a CT NBIC seríamos a interface de seres humanos/máquinas ou seres humanos como ciborgues por natureza. Parece essa ser a ética da Convergência NBIC (KHUSHF, 2007). Ao longo deste trabalho, buscamos evidenciar a articulação coprodutiva do sistema social, econômico, político com o sistema científico, amarrados pelo sistema financeiro dentro de uma dinâmica capitalista.

No começo desta dissertação discutimos sobre as expectativas ficcionais de futuro, como a produção científica e o imaginário de progresso tecnológico vinculam-se à dinâmica capitalista. Por um lado, abordamos o campo da divulgação científica, os imaginários ficcionais que são criados a partir dele, por outro lado, apresentamos os futurólogos, profetas que buscam promulgar agendas e determinar futuros a partir de sua mobilidade em várias esferas da sociedade, entre o meio acadêmico e os meios de produção tecnológica.

⁹⁰ Michael Bess < <https://www.michaelbess.org/> > Acesso em 20/02/2020

Nesta dinâmica, desenvolvem-se expectativas de aprimoramento humano, pautadas por uma agenda econômica e política orientada pela inovação. A produção científica e o desenvolvimento tecnológico é legitimado pelas expectativas ficcionais comuns sobre o futuro. As Tecnologias Convergentes NBIC articulam-se, entre outras áreas, com a pesquisa e desenvolvimento de ICMs. A crença do progresso científico e tecnológico vincula-se à do crescimento econômico, essa dinâmica financeira, implica-se em diversos sistemas sociais.

Criam-se narrativas paralelas entre a tecnofilia e a tecnofobia, profecias que propulsionam a dinâmica sob a qual funciona o desenvolvimento de ciência e tecnologia. Entre as expectativas imaginárias da inteligência artificial e da robótica, promove-se a criação de agendas de pesquisa que dialogam com movimentos de trans e pós-humanistas. É nesse cenário que emergem os híbridos, tanto na narrativa dos cientistas quanto nos imaginários e expectativas econômicas e políticas, envolvendo diversos atores da sociedade.

A linguagem especulativa deixa em aberto as possibilidades sobre como as tecnologias emergentes da CT NBIC são oportunidades de modificar a economia e a sociedade. A legitimação para este tipo de agendas se dá em uma escala globalizante, instâncias internacionais pautam modelos de desenvolvimento econômico para uma Quarta Revolução Industrial. São tentativas de predições futuras para o desenvolvimento econômico. Imaginar soluções econômicas no mundo contemporâneo passa por imaginar problemas e soluções tecnológicas. O futuro é constantemente redefinido pelas expectativas econômicas.

Neste contexto, observamos, a partir da visão dos cientistas, o discurso científico sobre as inovações tecnológicas que buscam o aprimoramento humano. A investigação se desenvolveu ao redor da imbricação humano-máquina e pelo discurso que a circunda no campo da neuroengenharia. A partir do desenvolvimento de ICMs e suas possibilidades emergentes, nos discursos científicos, foi possível notar como se dá a articulação entre os sistemas de C&T pautados pelas expectativas de tecnologias convergentes para o aprimoramento humano.

O rápido crescimento de pesquisas na área é ponto de destaque, na medida em que evidencia a tendência das tecnologias do aprimoramento. Revistas como a Nature e editoras como a Springer, são alvo e núcleo para a criação destas agendas de futuro. É neste meio de expectativas ficcionais e, dissemos, reducionistas, que o discurso tecnocientífico sobre a

necessidade do aprimoramento humano ganha força, seja pelo medo do controle maquímico ou pelo sonho de conquistar a imortalidade e o universo.

Os futuros sociais e econômicos imaginados, ao criar uma série de expectativas de futuro, ajudam-nos na explicação da dinâmica acelerada da ciência, tecnologia e capitalismo contemporâneo, como formas de organização de uma nova ordem social. Acreditamos que os produtos da ciência e tecnologia adquirem centralidade na vida das pessoas pelos imaginários coproduzidos em uma orientação ao futuro, por uma série de expectativas ficcionais articuladas entre ciência, economia, futuros imaginados e a ordem social. A nosso ver, novas teorias, novas tecnologias e o imaginário social destas, engendram novas práticas sociais. Assim, como se viu, elocubrações como as de “Muito além do nosso eu” promovem expectativas ficcionais.

Especulações, que parecem projetar realizações futuras, como uma “espécie, além da humanidade”, a “tão sonhada imortalidade”, longas “viagens espaciais”, entre outras narrativas pós-humanistas, ganham progressivo espaço nos imaginários sobre ciência e tecnologia. Ignorar as consequências do desenvolvimento tecnológico, faz parte das narrativas determinantes de um futuro específico. Argumentar sobre as impossibilidades de reproduzir o cérebro em uma máquina ou computador e, paralelamente, sonhar sobre possibilidades e limites do corpo humano, cria expectativas econômicas de um futuro aparentemente já delimitado científica e tecnologicamente, deixando em aberto uma agenda de pesquisa atraente para uma miríade de cientistas, economistas e políticos.

Em nosso recorte analítico, 10% das pesquisas foram financiadas por agências ou organizações militares. “Cérebro” e “controle” nos ofereceram um direcionamento sobre o futuro que se engendra na área. Visões proféticas do que poderão vir a ser os novos passos do melhoramento humano. Por enquanto, no entanto, meras expectativas ficcionais que se direcionam por uma dinâmica específica, um arcabouço ético capitalista, orientado aos estudos sobre “a origem” e o “futuro da vida”.

Nesse viés de discussão ética, desenvolvem-se apontamentos sobre as posturas a serem adotadas. Os adeptos da CT NBIC consideram-se “tecno-progressistas”, para quem, o aprimoramento humano é necessário para o desenvolvimento de uma sociedade ideal. A partir dessa posição biopolítica, acreditamos que os posicionamentos éticos estão articulados às formas de observação da vida, da sociedade, da economia e da política. Se observarmos

os termos em que os representantes da CT NBIC pensam, refletimos sobre os tipos de sociedades por eles imaginadas, dentro da lógica dinâmica do capitalismo.

Os posicionamentos éticos dentro do sistema científico e tecnológico são desenvolvidos, em última instância, a partir da dinâmica do sistema capitalista. Tal contexto engendra imaginários ficcionais de um futuro muito além da humanidade. Nesse cenário, poderíamos concordar com Max Weber:

Ninguém sabe quem viverá, no futuro, nesta prisão ou se, no final deste tremendo desenvolvimento surgirão profetas inteiramente novos, ou se haverá um grande ressurgimento de velhas idéias e ideais ou se, no lugar disso tudo, uma petrificação mecanizada ornamentada com um tipo de convulsiva auto significância. Neste último estágio de desenvolvimento cultural, seus integrantes poderão de fato ser chamados de “especialistas sem espírito, sensualistas sem coração; nulidades que imaginam ter atingido um nível de civilização nunca antes alcançado (WEBER, 2004, p.166).

No entanto, acreditamos que imaginários diferentes podem produzir futuros diferentes, que outras formas de fazer ciência e outras sociedades ainda são possíveis. Sobre a aceitabilidade do aprimoramento humano e suas implicações sociais, poder-se-ia argumentar também por vidas mais saudáveis ou pelo seu aprimoramento. O entusiasmo e a preocupação em relação a ciência e tecnologia desenvolvem-se de maneira paralela. Acreditamos que são níveis diferentes de coprodução, dentro de um sistema científico formado em relação a um sistema econômico-social, que funciona dentro de uma mesma dinâmica, orientados ao futuro.

A questão do aprimoramento da natureza humana é uma pauta recente para reflexão dos ESCT e mais ainda para a reflexão sociológica. As contribuições ainda são incipientes, podemos destacar o trabalho de Sheila Jasanoff (2016a), quem vê como o advento da tecnologia é fundamental para as transformações sociais, na medida em que altera as condições materiais e simbólicas das sociedades modernas, reformulando as imaginações do poder e do progresso que permeiam a vida social contemporânea. Esses imaginários englobam não só dispositivos, mas sistemas complexos de máquinas, processos e técnicas que são simultaneamente sociais e materiais. Entendemos assim, que as tecnologias articulam visões normativas do que a vida é e como ela deve ser vivida.

A tecnologia envolve riscos e responsabilidades de reconstruir a natureza do ambiente e dos seres humanos. Acreditamos que há alternativas, temos também, portanto, que imaginá-las.

Posfácio - convite

Em seu livro mais conhecido, Nicoletis fala sobre a ética dos cientistas das gerações futuras, e sobre sua confiança nas escolhas que estes virão a tomar (NICOLELIS, 2011, p.490). Como vimos, há contradições entre suas reflexões expostas acima, em períodos diferentes de sua vida enquanto ser humano e cientista. Nicoletis é um pesquisador que acredita que o melhor florescimento da humanidade é a imortalidade, a qual é colocada de diferentes formas, direta e indiretamente, ao longo de seus trabalhos e apresentações públicas. Gostaria de convidá-lo a falar, discutir sobre a vida, além da humana, de ética, de ciência, tecnologia e sociedade.

Como membro de uma sociedade científica, dos ESCT, acredito poder convidar outros cientistas para discutir sobre questões que nos importam a todos. A debater nos congressos promovidos por nossas sociedades acadêmicas (ESOCITE.BR⁹¹; ESOCITE.LA⁹²; 4S⁹³), entre outras. Se, no futuro houver ressonância deste trabalho ao ponto de possibilitar um convite formal, acredito que seria um experimento científico e social

⁹¹ Quem Somos

A Associação Brasileira de Estudos Sociais das Ciências e das Tecnologias – ESOCITE.BR, foi fundada em 14 de outubro de 2010, e tem por objetivos promover e coordenar estudos e eventos compreendidos na área de estudos sociais das ciências e tecnologias e temas afins. São suas missões precípuas:

- a) Atuar no sentido de fortalecer os vínculos
- b) Desenvolver e promover a educação CTS
- c) Estabelecer vínculos
- d) Procurar dar a mais ampla visibilidade
- e) Gerar e pôr em circulação propostas sobre políticas em Ciência e Tecnologia no Brasil
- f) Garantir a localização e preservação de fontes documentais para a história da ciência e da tecnologia no Brasil

< <http://www.esocite.org.br/quem-somos/> > Acesso em 20/03/2020

⁹² Quienes Somos?

Un conjunto de profesores, investigadores y estudiantes de posgrado latinoamericanos, implicados en los estudios sociales de la ciencia y la tecnología ha considerado la creación de una sociedad, luego de reconocer una trayectoria de varias décadas de actividad en este campo, heredera de un pensamiento latinoamericano activo, original y crítico. Esta convicción se fortalece por la continuidad y la exitosa organización que las reuniones ESOCITE.LA < > Acesso em 20/03/2020

⁹³ What is 4S?

Society for Social Studies of Science (4S)

A Sociedade de Estudos Sociais da Ciência (4S) é uma sociedade acadêmica internacional, fundada em 1975. A 4S cria o conhecimento interdisciplinar e comprometido em estudos sociais de ciência, tecnologia e medicina (um campo muitas vezes mencionado como STS). A adesão na sociedade está aberta para cada um interessado na compreensão de desenvolvimentos em ciência, tecnologia ou medicina em relação aos seus contextos sociais. < <https://4sonline.org/> > Acesso em 20/03/2020

interessante para todas as pessoas envolvidas. Debater e fazer ciência, coletivamente, fazer sociedade.

[...]

Run, rabbit run
Dig that hole, forget the sun
And when at last the work is done
Don't sit down it's time to dig another one

For long you'll live and high you'll fly
But only if you ride the tide
And balanced on the biggest wave
You race towards an early grave

[...]

Corra, coelho, corra
Cave aquele buraco, esqueça o sol
E quando finalmente o trabalho estiver feito
Não se sente, é hora de cavar outro

Por muito tempo você viverá e alto você voará
Mas só se você montar a maré
E se equilibrar na maior onda
Você corre em direção a um túmulo prematuro

(Breath, Pink Floyd, The Dark Side of The Moon, 1973)

Apêndice

ANEXO 1

Orientadores de Miguel Nicolelis

Nome do(a) pesquisador(a)	Vínculo institucional	Período	Instituição
<u>Cesar Timo-Iaria</u>	Orientador de Pós-grad		<u>USP</u>
<u>John K. Chapin</u>	Orientador de Pós-doc	1989-1992	

Quadro 1 – Relações institucionais

Orientados por Miguel Nicolelis

Nome do(a) pesquisador(a)	Vínculo institucional	Período	Instituição
<u>Ian D. Peikon</u>	Assistente de pesquisa	2006-2009	<u>Duke</u>
<u>Kevin Nathan</u>	Assistente de pesquisa	2008-2010	<u>Duke</u>
<u>Marek J. Laska</u>	Estudante de Pós-grad		<u>Duke</u>
<u>Albino Jorge Oliveira-Maia</u>	Estudante de Pós-grad		<u>Duke</u>
<u>Jennifer Stapleton-Kotloski</u>	Estudante de Pós-grad		<u>Duke</u>
<u>Solaiman Shokur</u>	Estudante de Pós-grad	2007-	<u>EPFL</u>
<u>Amol Yadav</u>	Estudante de Pós-grad	2010-	<u>Duke</u>
<u>Asif A. Ghazanfar</u>	Estudante de Pós-grad	1994-1998	<u>Duke</u>
<u>Erika E. Fanselow</u>	Estudante de Pós-grad	2001	<u>Duke</u>
<u>Marshall Hussain Shuler</u>	Estudante de Pós-grad	2001	<u>Duke</u>
<u>David M. Santucci</u>	Estudante de Pós-grad	2001-2003	<u>Duke</u>
<u>Aaron James Sandler</u>	Estudante de Pós-grad	2005	<u>Duke</u>
<u>Colleen A. Hanlon</u>	Estudante de Pós-grad	2001-2005	<u>Duke</u>
<u>Shih-Chieh Lin</u>	Estudante de Pós-grad	2001-2006	<u>Duke</u>
<u>Jennifer Rebecca Stapleton</u>	Estudante de Pós-grad	2007	<u>Duke</u>
<u>Nathan A. Fitzsimmons</u>	Estudante de Pós-grad	2009	<u>Duke</u>
<u>Janaina Pantoja</u>	Estudante de Pós-grad	2009	<u>Duke</u>
<u>Hao Zhang</u>	Estudante de Pós-grad	2009	<u>Duke</u>
<u>Joseph E. O'Doherty</u>	Estudante de Pós-grad	2011	<u>Duke</u>
<u>Timothy Hanson</u>	Estudante de Pós-grad	2004-2012	<u>Duke</u>
<u>Leonel E. Medina</u>	Estudante de Pós-grad	2010-2012	<u>Duke</u>
<u>Peter J. Ifft</u>	Estudante de Pós-grad	2009-2013	<u>Duke</u>
<u>Amilcar Silva dos Santos</u>	Estudante de Pós-grad	2013-2014	<u>Duke</u>

<u>Bobae An</u>	Estudante de Pós-doc		
<u>Jose Carmena</u>	Estudante de Pós-doc		<u>Duke</u>
<u>Romulo A. Fuentes</u>	Estudante de Pós-doc		<u>Duke</u>
<u>Damien Gervasoni</u>	Estudante de Pós-doc		<u>CNRS</u>
<u>Ranier Gutierrez</u>	Estudante de Pós-doc		<u>(CINVESTAV) Mexico</u>
<u>David Krupa</u>	Estudante de Pós-doc		<u>Duke</u>
<u>Tetsuji Ochiai</u>	Estudante de Pós-doc		<u>Duke</u>
<u>Miguel Pais-Vieira</u>	Estudante de Pós-doc		
<u>Janaina Pantoja</u>	Estudante de Pós-doc		<u>Duke</u>
<u>Per Petersson</u>	Estudante de Pós-doc		<u>Duke</u>
<u>Mike Wiest</u>	Estudante de Pós-doc		<u>Duke</u>
<u>Hao Zhang</u>	Estudante de Pós-doc		<u>Duke</u>
<u>Eric E. Thomson</u>	Estudante de Pós-doc	2004-	<u>Duke</u>
<u>Po-He Tseng</u>	Estudante de Pós-doc	2013-	<u>Duke</u>
<u>Mark Laubach</u>	Estudante de Pós-doc	1997-2001	<u>Duke</u>
<u>Donald B. Katz</u>	Estudante de Pós-doc	1997-2002	<u>Brandeis</u>
<u>Jerald D. Kralik</u>	Estudante de Pós-doc	1999-2002	<u>Duke</u>
<u>Dana Cohen</u>	Estudante de Pós-doc	2000-2005	<u>Duke</u>
<u>Rui Costa</u>	Estudante de Pós-doc	2002-2006	<u>Duke</u>
<u>Shih-Chieh Lin</u>	Estudante de Pós-doc	2006-2009	<u>Duke</u>
<u>Craig Dane Roberts</u>	Estudante de Pós-doc	2008-2010	<u>Duke</u>
<u>Shashank Tandon</u>	Estudante de Pós-doc	2010-2012	<u>Duke</u>
<u>Zheng Li</u>	Estudante de Pós-doc	2011-2012	<u>Duke</u>
<u>Arjun Ramakrishnan</u>	Estudante de Pós-doc	2012-2015	<u>Duke</u>
<u>Mikhail A. Lebedev</u>	Cientista / Pesquisador	2002-	<u>Duke</u>

Quadro 2 – Relações institucionais

Colaboradores de Miguel Nicolelis

Nome do(a) pesquisador(a)	Vínculo institucional	Período	Instituição
<u>John K. Chapin</u>	Colaborador		
<u>Warren H. Meck</u>	Colaborador		<u>Duke</u>
<u>Sidney Simon</u>	Colaborador		<u>Duke</u>
<u>Maxwell Barbosa de Santana</u>	Colaborador	2009-	<u>UFRN ELS-IIN</u>

Quadro 4 – Relações institucionais

Elaboração a partir dos dados fornecidos na plataforma “The Academic Family Tree: Building a single, interdisciplinary academic genealogy” sobre Miguel Nicolelis ⁹⁴

ANEXO 2

Princípios da Neurofisiologia

Princípio	Explicação
Codificação distribuída	A representação de qualquer parâmetro comportamental distribui-se através de muitas áreas cerebrais
Insuficiência de neurônio único	Os neurônios únicos limitam-se na codificação de um parâmetro dado
Multitarefa	Um neurônio único é informativo de vários parâmetros comportamentais
Princípio de efeito de massa	Um certo número de neurônios em uma população é necessário para a sua capacidade de informação de estabilizar-se por um valor suficientemente alto
Princípio de degeneração	O mesmo comportamento pode produzir-se por reuniões neuronais diferentes
Plasticidade	A função de conjunto neural é crucialmente dependente da capacidade de adaptar-se plasticamente a novas tarefas comportamentais
Conservação de disparo	As tarifas de tirotoeio totais de um conjunto ficam constantes durante a aprendizagem de uma tarefa
Princípio de contexto	As respostas sensoriais de conjuntos neurais modificam-se segundo o contexto do estímulo

Quadro 1 – Quadro resumo dos princípios neurofisiológicos propostos por Miguel Nicolelis e Lebedev, M. Em 2009. Elaborado a partir da publicação “Principles of neural ensemble physiology underlying the operation of brain–machine interfaces”. *Nat Rev Neurosci* **10**, 530–540

⁹⁴ NEUROTREE – Miguel A. Nicolelis <https://neurotree.org/neurotree/peopleinfo.php?pid=837>

ANEXO 3

Título dos artigos analisados

Título dos artigos analisados
Unsupervised automatic online spike sorting using reward-based online clustering
A Bayesian Shared Control Approach for Wheelchair Robot With Brain Machine Interface
From thought to action: The brain-machine interface in posterior parietal cortex
Nanoelectronics for Minimally Invasive Cellular Recordings
A Data-Compressive Wired-OR Readout for Massively Parallel Neural Recording
Towards Intelligent Intracortical BMI Low-Power Neuromorphic Decoders That Outperform Kalman Filters
Fully Passive Flexible Wireless Neural Recorder for the Acquisition of Neuropotentials from a Rat Model
Adaptive Neural Control of a Kinematically Redundant Exoskeleton Robot Using Brain-Machine Interfaces
Development of a closed-loop BMI for elbow movement assistance based on kinematical decoding
An exoskeleton controlled by an epidural wireless brain-machine interface in a tetraplegic patient: a proof-of-concept demonstration
Information Content of Prefrontal Cortex Activity Quantifies the Difficulty of Narrated Stories
Wireless Monitoring Using a Stretchable and Transparent Sensor Sheet Containing Metal Nanowires
Donut-Shaped Stretchable Kirigami: Enabling Electronics to Integrate with the Deformable Muscle
Physiological Responses During Hybrid BNCI Control of an Upper-Limb Exoskeleton
An Implantable Cranial Window Using a Collagen Membrane for Chronic Voltage-Sensitive Dye Imaging
A biohybrid fly-robot interface system that performs active collision avoidance
An Integrated Brain-Machine Interface Platform With Thousands of Channels
Creating a neuroprosthesis for active tactile exploration of textures
An Implantable Antenna With Broadside Radiation for a Brain Machine Interface
Deep learning models for brain machine interfaces
Chronic stability of local field potentials from standard and modified Blackrock microelectrode arrays implanted in the rat motor cortex
Intelligent collaborative patent mining using excessive topic generation
EEG model stability and online decoding of attentional demand during gait using gamma band features
A Neuromorphic Prosthesis to Restore Communication in Neuronal Networks
Channel selection using glow swarm optimization and its application in line of sight secure communication
Switch Elements with S-Shaped Current-Voltage Characteristic in Models of Neural Oscillators
Selective Formation of Porous Pt Nanorods for Highly Electrochemically Efficient Neural Electrode Interfaces
Clustering Neural Patterns in Kernel Reinforcement Learning Assists Fast Brain Control in Brain-Machine Interfaces
Multimodal in vivo brain electrophysiology with integrated glass microelectrodes
Design of smart EEG cap
Learning active sensing strategies using a sensory brain-machine interface
Design and Use of an Apparatus for Presenting Graspable Objects in 3D Workspace
Industry 5.0-A Human-Centric Solution

New neural activity patterns emerge with long-term learning
Design Molecular Topology for Wet-Dry Adhesion
Highly Conductive, Stretchable, and Cell-Adhesive Hydrogel by Nanoclay Doping
Synaptic Communication Engineering for Future Cognitive Brain-Machine Interfaces
Hemicraniectomy in Traumatic Brain Injury: A Noninvasive Platform to Investigate High Gamma Activity for Brain Machine Interfaces
Detection of reaching intention using EEG signals and nonlinear dynamic system identification
Inkjet-printed stretchable and low voltage synaptic transistor array
A Multiscale Dynamical Modeling and Identification Framework for Spike-Field Activity
A CMOS MedRadio Transceiver With Supply-Modulated Power Saving Technique for an Implantable Brain-Machine Interface System
Synchronization of Slow Cortical Rhythms During Motor Imagery-Based Brain-Machine Interface Control
Cortical Correlates of Locomotor Muscle Synergy Activation in Humans: An Electroencephalographic Decoding Study
Silk-Enabled Conformal Multifunctional Bioelectronics for Investigation of Spatiotemporal Epileptiform Activities and Multimodal Neural Encoding/Decoding
Ultracompact Multielectrode Array for Neurological Monitoring
Carbon Nanotubes, Directly Grown on Supporting Surfaces, Improve Neuronal Activity in Hippocampal Neuronal Networks
Flexible Micropillar Electrode Arrays for In Vivo Neural Activity Recordings
Non-invasive, Brain-controlled Functional Electrical Stimulation for Locomotion Rehabilitation in Individuals with Paraplegia
Estimating Multiscale Direct Causality Graphs in Neural Spike-Field Networks
Brain-Machine Interface-Driven Post-Stroke Upper-Limb Functional Recovery Correlates With Beta-Band Mediated Cortical Networks
Bioinspired neuron-like electronics
Design and fabrication of MEMS based intracranial pressure sensor for neurons study
High-Performance Graphene-Fiber-Based Neural Recording Microelectrodes
Perovskite nickelates as bio-electronic interfaces
Brain-Computer Interfaces in Quadriplegic Patients
A 200-Mb/s Energy Efficient Transcranial Transmitter Using Inductive Coupling
Developing a Three- to Six-State EEG-Based Brain-Computer Interface for a Virtual Robotic Manipulator Control
A Magnetically Assembled High-Aspect-Ratio Needle Electrode for Recording Neuronal Activity
Predicting Object-Mediated Gestures From Brain Activity: An EEG Study on Gender Differences
Comparing Transcriptome Profiles of Neurons Interfacing Adjacent Cells and Nanopatterned Substrates Reveals Fundamental Neuronal Interactions
Soft and MRI Compatible Neural Electrodes from Carbon Nanotube Fibers
Brain-Machine Interface in Chronic Stroke: Randomized Trial Long-Term Follow-up
Frequency-Dependent EEG Corresponding to EMG under Voluntary Movement
Myelin Sheath as a Dielectric Waveguide for Signal Propagation in the Mid-Infrared to Terahertz Spectral Range
Vision-aided brain-machine interface training system for robotic arm control and clinical application on two patients with cervical spinal cord injury
Human Mind Control of Rat Cyborg's Continuous Locomotion with Wireless Brain-to-Brain Interface
Structure and variability of delay activity in premotor cortex
Warped phase coherence: An empirical synchronization measure combining phase and amplitude information

Decoding Native Cortical Representations for Flexion and Extension at Upper Limb Joints Using Electroencephalography
A Sub- μ W/Ch Analog Front-End for Delta-Neural Recording With Spike-Driven Data Compression
Design of Hidden-Property-Based Variable Universe Fuzzy Control for Movement Disorders and Its Efficient Reconfigurable Implementation
Frequency driven organic memristive devices for neuromorphic short term and long term plasticity
EVALUATING ATTENTION LEVEL ON MOOCS LEARNING BASED ON BRAINWAVES SIGNALS ANALYSIS
Development of a Brain-machine Interface for Stroke Rehabilitation Using Event-related Desynchronization and Proprioceptive Feedback
Assessment and Classification of Mental Workload in the Prefrontal Cortex (PFC) Using Fixed-Value Modified Beer-Lambert Law
BRAIN MACHINE INTERFACE USING ELECTROENCEPHALOGRAPHY
Utility of science, technology and innovation governance for occupational discourses from the perspective of occupational therapy students
Smart Lower Limb Prostheses with a Fiber Optic Sensing Sole: A Multicomponent Design Approach
Single-Trial Classification of Different Movements on One Arm Based on ERD/ERS and Corticomuscular Coherence
An Efficient Mixture Model Approach in Brain-Machine Interface Systems for Extracting the Psychological Status of Mentally Impaired Persons Using EEG Signals
Activation of Microwave Signals in Nanoscale Magnetic Tunnel Junctions by Neuronal Action Potentials
Efficient Biosignal Processing Using Hyperdimensional Computing: Network Templates for Combined Learning and Classification of ExG Signals
Three-Dimensional Conductive Scaffolds as Neural Prostheses Based on Carbon Nanotubes and Polypyrrole
Decoding arm speed during reaching
Evaluating the Effectiveness and Safety of the Electroencephalogram-Based Brain-Machine Interface Rehabilitation System for Patients With Severe Hemiparetic Stroke: Protocol for a Randomized Controlled Trial (BEST-BRAIN Trial)
Printed facial skin electrodes as sensors of emotional affect
Training with brain-machine interfaces, visuotactile feedback and assisted locomotion improves sensorimotor, visceral, and psychological signs in chronic paraplegic patients
Soft Electronically Functional Polymeric Composite Materials for a Flexible and Stretchable Digital Future
Estimation of neuronal firing rate using Bayesian Adaptive Kernel Smoother (BAKS)
Brain-machine interface cursor position only weakly affects monkey and human motor cortical activity in the absence of arm movements
EEG efficient classification of imagined right and left hand movement using RBF kernel SVM and the joint CWT_PCA
Fully Immersible Subcortical Neural Probes With Modular Architecture and a Delta-Sigma ADC Integrated Under Each Electrode for Parallel Readout of 144 Recording Sites
Design Choices for Next-Generation Neurotechnology Can Impact Motion Artifact in Electrophysiological and Fast-Scan Cyclic Voltammetry Measurements
Scalable Network-on-Chip Architectures for Brain-Machine Interface Applications
A Pilot Study of Brain-Triggered Electrical Stimulation with Visual Feedback in Patients with Incomplete Spinal Cord Injury
Visual evoked potentials determine chronic signal quality in a stent-electrode endovascular neural interface
A Comparison of Intention Estimation Methods for Decoder Calibration in Intracortical Brain-Computer Interfaces
Long-term stability of neural signals from microwire arrays implanted in common marmoset motor cortex and striatum

Comparing Recalibration Strategies for Electroencephalography-Based Decoders of Movement Intention in Neurological Patients with Motor Disability
Zero-shot fMRI decoding with three-dimensional registration based on diffusion tensor imaging
MEG-BMI to Control Phantom Limb Pain
Neural Decoding of Robot-Assisted Gait During Rehabilitation After Stroke
EEG-Based Lower-Limb Movement Onset Decoding: Continuous Classification and Asynchronous Detection
Rodent Behavioral Testing to Assess Functional Deficits Caused by Microelectrode Implantation in the Rat Motor Cortex
Precise Foot Positioning of Walking Robot for Paraplegic Patient Wearing Exoskeleton by Using Electrical Stimulation Feedback
In vivo imaging of neuronal calcium during electrode implantation: Spatial and temporal mapping of damage and recovery
Epidural Electrotherapy for Epilepsy
BMI control of a third arm for multitasking
Feasibility and safety of shared EEG/EOG and vision-guided autonomous whole-arm exoskeleton control to perform activities of daily living
Decoding unconstrained arm movements in primates using high-density electrocorticography signals for brain-machine interface use
Isolator-Less Near-Field RFID Reader for Sub-Cranial Powering/Data Link of Millimeter-Sized Implants
Dendrite morphological neural networks for motor task recognition from electroencephalographic signals
Place Cell-Like Activity in the Primary Sensorimotor and Premotor Cortex During Monkey Whole-Body Navigation
Applications of Deep Learning and Reinforcement Learning to Biological Data
Sequence-based manipulation of robotic arm control in brain machine interface
Neuromagnetic Decoding of Simultaneous Bilateral Hand Movements for Multidimensional Brain-Machine Interfaces
A CMOS-Based Bidirectional Brain Machine Interface System With Integrated fdNIRS and tDCS for Closed-Loop Brain Stimulation
An Adaptive Neural Spike Processor With Embedded Active Learning for Improved Unsupervised Sorting Accuracy
Two-photon imaging of neuronal activity in motor cortex of marmosets during upper-limb movement tasks
Optimizing the learning rate for adaptive estimation of neural encoding models
Proprioceptive and cutaneous sensations in humans elicited by intracortical microstimulation
Adaptive Tracking Control for Robots With an Interneural Computing Scheme
An ovine model of cerebral catheter venography for implantation of an endovascular neural interface
EEG Based Brain Computer Interface for Controlling a Robot Arm Movement Through Thought
Direct feature extraction from multi-electrode recordings for spike sorting
Interbrain cortical synchronization encodes multiple aspects of social interactions in monkey pairs
Nanostructures to Engineer 3D Neural-Interfaces: Directing Axonal Navigation toward Successful Bridging of Spinal Segments
Designification of Neurotechnological Devices through 3D Printed Functional Materials
Nanostructured Materials for Neural Electrical Interfaces
Electronic and Ionic Materials for Neurointerfaces
Commanding a Brain-Controlled Wheelchair Using Steady-State Somatosensory Evoked Potentials
Low-Power, Adaptive Neuromorphic Systems: Recent Progress and Future Directions
Affective content analysis of music emotion through EEG

A simulation study on the effects of neuronal ensemble properties on decoding algorithms for intracortical brain-machine interfaces
Change in hippocampal theta oscillation associated with multiple lever presses in a bimanual two-lever choice task for robot control in rats
Development and Characterization of a Sucrose Microneedle Neural Electrode Delivery System
A Self-Adaptive Online Brain-Machine Interface of a Humanoid Robot Through a General Type-2 Fuzzy Inference System
Chronic multisite brain recordings from a totally implantable bidirectional neural interface: experience in 5 patients with Parkinson's disease
Combined EEG-Gyroscope-tDCS Brain Machine Interface System for Early Management of Driver Drowsiness
Evidence of a Task-Independent Neural Signature in the Spectral Shape of the Electroencephalogram
Operation of a P300-based brain-computer interface in patients with Duchenne muscular dystrophy
Prediction of movement intention using connectivity within motor-related network: An electrocorticography study
Immersive Technology for Human-Centric Cyberphysical Systems in Complex Manufacturing Processes: A Comprehensive Overview of the Global Patent Profile Using Collective Intelligence
Reaction Time Predicts Brain-Computer Interface Aptitude
Event-related desynchronization during movement attempt and execution in severely paralyzed stroke patients: An artifact removal relevance analysis
A Neuromuscular Interface for Robotic Devices Control
FEASIBILITY OF TASK-SPECIFIC BRAIN-MACHINE INTERFACE TRAINING FOR UPPER-EXTREMITY PARALYSIS IN PATIENTS WITH CHRONIC HEMIPARETIC STROKE
Structural analysis of a rehabilitative training system based on a ceiling rail for safety of hemiplegia patients
Brain Control of an External Device by Extracting the Highest Force-Related Contents of Local Field Potentials in Freely Moving Rats
mano: A Wearable Hand Exoskeleton for Activities of Daily Living and Neurorehabilitation
A Pilot Study Based on Cerebral Hemoglobin Information to Classify the Desired Walking Speed
Development of Biosignal Recording Board System with Agile Control of Circuit Characteristics for Various Biosignals
A 128-Channel FPGA-Based Real-Time Spike-Sorting Bidirectional Closed-Loop Neural Interface System
Toward On-Demand Deep Brain Stimulation Using Online Parkinson's Disease Prediction Driven by Dynamic Detection
Electric stimulation and cooperative control for paraplegic patient wearing an exoskeleton
Changes in cortical network connectivity with long-term brain-machine interface exposure after chronic amputation
Highly scalable multichannel mesh electronics for stable chronic brain electrophysiology
Experimental Study of Real-Time Classification of 17 Voluntary Movements for Multi-Degree Myoelectric Prosthetic Hand
An Efficient Hardware Circuit for Spike Sorting Based on Competitive Learning Networks
Decoding Local Field Potentials for Neural Interfaces
Brain-Machine Interface Control Algorithms
Reconstruction of reaching movement trajectories using electrocorticographic signals in humans
Interactions of Neurons with Physical Environments
Age-related differences in SSVEP-based BCI performance
Leveraging neural dynamics to extend functional lifetime of brain-machine interfaces
Investigating the impact of feedback update interval on the efficacy of restorative brain-computer interfaces
Design of a Closed-Loop, Bidirectional Brain Machine Interface System With Energy Efficient Neural Feature Extraction and PID Control

A Hardware-Efficient Scalable Spike Sorting Neural Signal Processor Module for Implantable High-Channel-Count Brain Machine Interfaces
Low-Power Low-Noise Pseudo-Open-Loop Preamplifier for Neural Interfaces
Generation of Stimulus Triggering From Intracortical Spike Activity for Brain-Machine-Body Interfaces (BMBIs)
Polymer Composite with Carbon Nanofibers Aligned during Thermal Drawing as a Microelectrode for Chronic Neural Interfaces
An End-to-End Implanted Brain-Machine Interface Antenna System Performance Characterizations and Development
Cortical neurons multiplex reward-related signals along with sensory and motor information
Syringe-injectable mesh electronics integrate seamlessly with minimal chronic immune response in the brain
Empirical Movement Models for Brain Computer Interfaces
Control of Redundant Kinematic Degrees of Freedom in a Closed-Loop Brain-Machine Interface
The Epistemic Value of Brain-Machine Systems for the Study of the Brain
Brain-Machine Interfacing-Based Teleoperation of Multiple Coordinated Mobile Robots
Interpenetrating Conducting Hydrogel Materials for Neural Interfacing Electrodes
The Neural Mechanism Exploration of Adaptive Motor Control: Dynamical Economic Cell Allocation in the Primary Motor Cortex
Implications for a Wireless, External Device System to Study Electroencephalography
System-Level Design of a 64-Channel Low Power Neural Spike Recording Sensor
A Hybrid CMOS-Memristor Neuromorphic Synapse
The future of psychiatry: brain devices
Comparison of Classifier Architectures for Online Neural Spike Sorting
A brain-controlled exoskeleton with cascaded event-related desynchronization classifiers
Quantized Attention-Gated Kernel Reinforcement Learning for Brain-Machine Interface Decoding
Mapping ECoG channel contributions to trajectory and muscle activity prediction in human sensorimotor cortex
Enhancement of Interface Characteristics of Neural Probe Based on Graphene, ZnO Nanowires, and Conducting Polymer PEDOT
Neural-network-based analysis of EEG data using the neuromorphic TrueNorth chip for brain-machine interfaces
Electroconductive polymer-coated silk fiber electrodes for neural recording and stimulation in vivo
Predicting voluntary movements from motor cortical activity with neuromorphic hardware
Does Neurotechnology Produce a Better Brain?
Human Cooperative Wheelchair With Brain-Machine Interaction Based on Shared Control Strategy
EXiO-A Brain-Controlled Lower Limb Exoskeleton for Rhesus Macaques
Brain-Machine Interface and Visual Compressive Sensing-Based Teleoperation Control of an Exoskeleton Robot
Efficient implementation of a real-time estimation system for thalamocortical hidden Parkinsonian properties
Rapid control and feedback rates enhance neuroprosthetic control
Controlling an electromyography-based power-assist device for the wrist using electroencephalography cortical currents
A Primer on Neural Signal Processing
Design and demonstration of an intracortical probe technology with tunable modulus
Neuron-Type-Specific Utility in a Brain-Machine Interface: a Pilot Study
Real-Time Neural Signal Sensing and Spike Sorting System Using a Modified Zero-Crossing Feature with Highly Efficient Data Computation and Transmission

Initial Evaluation of the Safety and Durability of Retinal Prostheses Based on Suprachoroidal-transretinal Stimulation using Bullet-shaped Platinum Electrodes
Development of Chronic Implantable Electrodes for Long-term Visual Evoked Potential Recording in Rabbits
Preventing Neurodegenerative Memory Loss in Hopfield Neuronal Networks Using Cerebral Organoids or External Microelectronics
Gesture Decoding Using ECoG Signals from Human Sensorimotor Cortex: A Pilot Study
Plasticity of premotor cortico-muscular coherence in severely impaired stroke patients with hand paralysis
Truncation thresholds: a pair of spike detection thresholds computed using truncated probability distributions
Reliable Next-Generation Cortical Interfaces for Chronic Brain-Machine Interfaces and Neuroscience
Neuroadhesive L1 coating attenuates acute microglial attachment to neural electrodes as revealed by live two-photon microscopy
Making brain-machine interfaces robust to future neural variability
Power-Efficiency of Signal Processing Circuits in Implantable Multichannel Brain-Machine Interface
Wireless Multichannel Neural Recording With a 128-Mbps UWB Transmitter for an Implantable Brain-Machine Interfaces
Ultra-miniature ultra-compliant neural probes with dissolvable delivery needles: design, fabrication and characterization
A Low Cost VLSI Architecture for Spike Sorting Based on Feature Extraction with Peak Search
A Brain-Machine Interface Based on ERD/ERS for an Upper-Limb Exoskeleton Control
Correlation of impedance and effective electrode area of chondroitin sulphate doped PEDOT modified electrodes
Decoding of top-down cognitive processing for SSVEP-controlled BMI
Computer-Generated Emotional Face Retrieval with P300 Signals of Multiple Subjects
Independent Mobility Achieved through a Wireless Brain-Machine Interface
A Probabilistic Analysis of Muscle Force Uncertainty for Control
Design of a Passive Upper Limb Exoskeleton for Macaque Monkeys
EEG-Based Detection of Starting and Stopping During Gait Cycle
Induced sensorimotor brain plasticity controls pain in phantom limb patients
Intracortical microstimulation of human somatosensory cortex
Encoding and Decoding of Multi-Channel ICMS in Macaque Somatosensory Cortex
System-Level Design of a Full-Duplex Wireless Transceiver for Brain-Machine Interfaces
A Wireless 32-Channel Implantable Bidirectional Brain Machine Interface
Flexible Neural Electrode Array Based-on Porous Graphene for Cortical Microstimulation and Sensing
A Closed Loop Brain-machine Interface for Epilepsy Control Using Dorsal Column Electrical Stimulation
Direct Growth of Carbon Nanotubes on New High-Density 3D Pyramid-Shaped Microelectrode Arrays for Brain-Machine Interfaces
A Network-Type Brain Machine Interface to Support Activities of Daily Living
Thought-Controlled Nanoscale Robots in a Living Host
Long-Term Training with a Brain-Machine Interface-Based Gait Protocol Induces Partial Neurological Recovery in Paraplegic Patients
Tracking Neural Modulation Depth by Dual Sequential Monte Carlo Estimation on Point Processes for Brain-Machine Interfaces
A Fully Integrated Wireless Compressed Sensing Neural Signal Acquisition System for Chronic Recording and Brain Machine Interface
Improving Motor Corticothalamic Communication After Stroke Using Real-Time fMRI Connectivity-Based Neurofeedback

New Perspectives on Neuroengineering and Neurotechnologies: NSF-DFG Workshop Report
A Synergetic Brain-Machine Interfacing Paradigm for Multi-DOF Robot Control
High Precision Neural Decoding of Complex Movement Trajectories Using Recursive Bayesian Estimation With Dynamic Movement Primitives
A Wireless BCI and BMI System for Wearable Robots
Single-trial prediction of reaction time variability from MEG brain activity
Designing Closed-Loop Brain-Machine Interfaces Using Model Predictive Control
A Single-Chip Full-Duplex High Speed Transceiver for Multi-Site Stimulating and Recording Neural Implants
Neurochemostat: A Neural Interface SoC With Integrated Chemometrics for Closed-Loop Regulation of Brain Dopamine
A 128-Channel Extreme Learning Machine-Based Neural Decoder for Brain Machine Interfaces
A 64-Channel 965-nm W Neural Recording SoC With UWB Wireless Transmission in 130-nm CMOS
Temporary-tattoo for long-term high fidelity biopotential recordings
Communication Channel Analysis and Real Time Compressed Sensing for High Density Neural Recording Devices
Neuroprosthetic Decoder Training as Imitation Learning
Impact of Shoulder Abduction Loading on Brain-Machine Interface in Predicting Hand Opening and Closing in Individuals With Chronic Stroke
Enabling Low-Power, Multi-Modal Neural Interfaces Through a Common, Low-Bandwidth Feature Space
The evolution of endovascular electroencephalography: historical perspective and future applications
Common neural correlates of real and imagined movements contributing to the performance of brain-machine interfaces
A novel bioelectronic tongue in vivo for highly sensitive bitterness detection with brain-machine interface
Quantifying the role of motor imagery in brain-machine interfaces
Robust Brain-Machine Interface Design Using Optimal Feedback Control Modeling and Adaptive Point Process Filtering
Multi-odor discrimination by a novel bio-hybrid sensing preserving rat's intact smell perception in vivo
Applications of parylene films in the manufacture of organic field-effect transistors
Wireless Cortical Brain-Machine Interface for Whole-Body Navigation in Primates
Chronic intracortical neural recordings using microelectrode arrays coated with PEDOT-TFB
State Variables of the Arm May Be Encoded by Single Neuron Activity in the Monkey Motor Cortex
Kernel density compression for real-time Bayesian encoding/decoding of unsorted hippocampal spikes
Digital implementations of thalamocortical neuron models and its application in thalamocortical control using FPGA for Parkinson's disease
Inference and Decoding of Motor Cortex Low-Dimensional Dynamics via Latent State-Space Models
Toward FRP-Based Brain-Machine Interfaces-Single-Trial Classification of Fixation-Related Potentials
Development of an all-SiC neuronal interface device
Feasibility Study of High-Performance Implantable Stimulation Electrode with Nanocomposite Gel Coating as a Brain-Machine Interface Device
A study on the effect of electrical stimulation as a user stimuli for motor imagery classification in Brain-Machine Interface
Detecting the Intention to Move Upper Limbs from Electroencephalographic Brain Signals
Single-Trial Detection With Magnetoencephalography During a Dual-Rapid Serial Visual Presentation Task
Hybrid Control of a Vision-Guided Robot Arm by EOG, EMG, EEG Biosignals and Head Movement Acquired via a Consumer-Grade Wearable Device

Characterization of Two-Turns External Loop Antenna With Magnetic Core for Efficient Wireless Powering of Cortical Implants
Multi-walled carbon nanotubes change morpho-functional and GABA characteristics of mouse cortical astrocytes
Behavioral assessment of sensitivity to intracortical microstimulation of primate somatosensory cortex
Internal models for interpreting neural population activity during sensorimotor control
Human-Centered Design of Wearable Neuroprostheses and Exoskeletons
Bidirectional optical transcutaneous telemetric link for brain machine interface
Pattern classification to optimize the performance of Transcranial Doppler Ultrasonography-based brain machine interface
Self-Assembled On-Chip-Integrated Giant Magneto-Impedance Sensorics
Residual Upper Arm Motor Function Primes Innervation of Paretic Forearm Muscles in Chronic Stroke after Brain-Machine Interface (BMI) Training
A Neuromorphic Event-Based Neural Recording System for Smart Brain-Machine-Interfaces
Closed-Loop Optogenetic Brain Interface
Combining a Brain-Machine Interface and an Electrooculography Interface to perform pick and place tasks with a robotic arm
Teaching brain-machine interfaces as an alternative paradigm to neuroprosthetics control
Wireless Fully Passive Multichannel Recording of Neuron Potentials Using Photo-Activated RF Backscattering Methods
I Meant to Do That: Determining the Intentions of Action in the Face of Disturbances
The anterior contralateral response improves performance in a single trial auditory oddball BMI
Marked preservation of the visual and olfactory pathways in ALS patients in a totally locked-in state
A study on a robot arm driven by three-dimensional trajectories predicted from non-invasive neural signals
Localized Neuron Stimulation with Organic Electrochemical Transistors on Delaminating Depth Probes
An Efficient VLSI Architecture for Multi-Channel Spike Sorting Using a Generalized Hebbian Algorithm
A Context-Aware EEG Headset System for Early Detection of Driver Drowsiness
Functional nerve cuff electrode with controllable anti-inflammatory drug loading and release by biodegradable nanofibers and hydrogel deposition
Computing Arm Movements with a Monkey Brainer
Closed-Loop Control of a Neuroprosthetic Hand by Magnetoencephalographic Signals
Mind-Reading System - A Cutting-Edge Technology
Exploiting Task Constraints for Self-Calibrated Brain-Machine Interface Control Using Error-Related Potentials
A microchannel neural interface with embedded microwires targeting the peripheral nervous system
Single-trial dynamics of motor cortex and their applications to brain-machine interfaces
Improved real-time scheduling of periodic tasks on multiprocessors
Distribution and Morphology of Calcium-Binding Proteins Immunoreactive Neurons following Chronic Tungsten Multielectrode Implants
Human-Machine Interface for the Control of Multi-Function Systems Based on Electrocutaneous Menu: Application to Multi-Grasp Prosthetic Hands
Visual Feedback Dominates the Sense of Agency for Brain-Machine Actions
Noninvasive Brain-Computer Interfaces Based on Sensorimotor Rhythms
A CMOS Micro-power and Area Efficient Neural Recording and Stimulation Front-End for Biomedical Applications
BBB leakage, astrogliosis, and tissue loss correlate with silicon microelectrode array recording performance

An EEG/EOG-based hybrid brain-neural computer interaction (BCI) system to control an exoskeleton for the paralyzed hand
Decoding motor imagery from the posterior parietal cortex of a tetraplegic human
Detection and classification of natural odors with an in vivo bioelectronic nose
Wireless Gigabit Data Telemetry for Large-Scale Neural Recording
PEDOT-CNT-Coated Low-Impedance, Ultra-Flexible, and Brain-Conformable Micro-ECoG Arrays
Neuron Selection Based on Deflection Coefficient Maximization for the Neural Decoding of Dexterous Finger Movements
Neural Control of a Tracking Task via Attention-Gated Reinforcement Learning for Brain-Machine Interfaces
A Method for Compression of Intra-Cortically-Recorded Neural Signals Dedicated to Implantable Brain-Machine Interfaces
The PennBMBI: Design of a General Purpose Wireless Brain-Machine-Brain Interface System
A 4.78 mm(2) Fully-Integrated Neuromodulation SoC Combining 64 Acquisition Channels With Digital Compression and Simultaneous Dual Stimulation
Patient-Specific Cortical Electrodes for Sulcal and Gyral Implantation
Neural Stimulation and Recording with Bidirectional, Soft Carbon Nanotube Fiber Microelectrodes
BRAIN-COMPUTER INTERFACE TRAINING COMBINED WITH TRANSCRANIAL DIRECT CURRENT STIMULATION IN PATIENTS WITH CHRONIC SEVERE HEMIPARESIS: PROOF OF CONCEPT STUDY
Short-Term Neuroplastic Effects of Brain-Controlled and Muscle-Controlled Electrical Stimulation
SVM-based Brain-Machine Interface for controlling a robot arm through four mental tasks
Protease-degradable PEG-maleimide coating with on-demand release of IL-1Ra to improve tissue response to neural electrodes
Complexity Optimization and High-Throughput Low-Latency Hardware Implementation of a Multi-Electrode Spike-Sorting Algorithm
Multifunctional fibers for simultaneous optical, electrical and chemical interrogation of neural circuits in vivo
Active Data Selection for Motor Imagery EEG Classification
Brain-Machine Interface (BMI) in paralysis
Backscattering Neural Tags for Wireless Brain-Machine Interface Systems
Modulation Depth Estimation and Variable Selection in State-Space Models for Neural Interfaces
Electronic dura mater for long-term multimodal neural interfaces
Brain signal-based safety measure activation for robotic systems
EEG-based Computer Control Interface for Brain-Machine Interaction
Correlation of the impedance and effective electrode area of doped PEDOT modified electrodes for brain-machine interfaces
Smoothness as a Failure Mode of Bayesian Mixture Models in Brain-Machine Interfaces
Exploring discourse surrounding therapeutic enhancement of veterans and soldiers with injuries
A High-Performance Keyboard Neural Prosthesis Enabled by Task Optimization
Iontronics
A Minimally Invasive 64-Channel Wireless mu ECoG Implant
Coarse Electroencephalographic Decoding of Ipsilateral Reach in Patients with Brain Lesions
Brain-machine interface for eye movements
Severely affected ALS patients have broad and high expectations for brain-machine interfaces
3D probe array integrated with a front-end 100-channel neural recording ASIC
RFID transceiver for wireless powering brain implanted microelectrodes and backscattered neural data collection

A Supplementary System for a Brain-Machine Interface Based on Jaw Artifacts for the Bidimensional Control of a Robotic Arm
Real-time estimation and biofeedback of single-neuron firing rates using local field potentials
Brain Machine Interface System Automation Considering User Preferences and Error Perception Feedback
Speech interaction with a rat
Design and Characterization of Wireless Power Links for Brain-Machine Interface Applications
Designing Dynamical Properties of Brain-Machine Interfaces to Optimize Task-Specific Performance
Control of a 2 DoF robot using a Brain-Machine Interface
A programmable closed-loop recording and stimulating wireless system for behaving small laboratory animals
A Brain-Machine-Muscle Interface for Restoring Hindlimb Locomotion after Complete Spinal Transection in Rats
Subcellular Neural Probes from Single-Crystal Gold Nanowires
High-Accuracy Brain-Machine Interfaces Using Feedback Information
Demonstration of a Semi-Autonomous Hybrid Brain-Machine Interface Using Human Intracranial EEG, Eye Tracking, and Computer Vision to Control a Robotic Upper Limb Prosthetic
Sorting and Tracking Neuronal Spikes via Simple Thresholding
Nonlinear Signal-Specific ADC for Efficient Neural Recording in Brain-Machine Interfaces
Spike Detection Based on Normalized Correlation with Automatic Template Generation
Improving the performance of poly(3,4-ethylenedioxythiophene) for brain-machine interface applications
Chronic, wireless recordings of large-scale brain activity in freely moving rhesus monkeys
Simultaneous Neural Control of Simple Reaching and Grasping With the Modular Prosthetic Limb Using Intracranial EEG
Information Systems Opportunities in Brain-Machine Interface Decoders
Brain Machine Interface and Limb Reanimation Technologies: Restoring Function After Spinal Cord Injury Through Development of a Bypass System
Brain-Computer Interfaces Using Sensorimotor Rhythms: Current State and Future Perspectives
Brain Waves for Automatic Biometric-Based User Recognition
Strategies for High-Performance Resource-Efficient Compression of Neural Spike Recordings
Joint Spatial-Spectral Feature Space Clustering for Speech Activity Detection from ECoG Signals
Film-Based Implants for Supporting Neuron-Electrode Integrated Interfaces for The Brain
An Analogue Front-End Model for Developing Neural Spike Sorting Systems
Functional brain fluorescence plurimetry in rat by implantable concatenated CMOS imaging system
A Bidirectional Brain-Machine Interface Algorithm That Approximates Arbitrary Force-Fields
Adaptive Offset Correction for Intracortical Brain-Computer Interfaces
Data Compression in Brain-Machine/Computer Interfaces Based on the Walsh-Hadamard Transform
A cortical-spinal prosthesis for targeted limb movement in paralysed primate avatars
A Low Power Light Weight Wireless Multichannel Microsystem for Reliable Neural Recording
Miniature Implantable and Wearable On-Body Antennas: Towards the New Era of Wireless Body-Centric Systems
Using Reinforcement Learning to Provide Stable Brain-Machine Interface Control Despite Neural Input Reorganization
Towards a real-time interface between a biomimetic model of sensorimotor cortex and a robotic arm
Neural Decoding Using a Parallel Sequential Monte Carlo Method on Point Processes with Ensemble Effect
An Implantable 455-Active-Electrode 52-Channel CMOS Neural Probe

EEG Channel Selection Using Particle Swarm Optimization for the Classification of Auditory Event-Related Potentials
Prediction of Hand Trajectory from Electrocorticography Signals in Primary Motor Cortex
Restoration of function after brain damage using a neural prosthesis
A novel bioelectronic nose based on brain-machine interface using implanted electrode recording in vivo in olfactory bulb
Studies in RF Power Communication, SAR, and Temperature Elevation in Wireless Implantable Neural Interfaces
Translating the Brain-Machine Interface
A Brain-Machine Interface Enables Bimanual Arm Movements in Monkeys
Restoring the sense of touch with a prosthetic hand through a brain interface
Proceedings of the Fourth International Workshop on Advances in Electrocorticography
Endogenous brain-machine interface based on the correlation of EEG maps
Integrating precision medicine in the study and clinical treatment of a severely mentally ill person
A Brain-Machine Interface for Control of Medically-Induced Coma
Rapid geodesic mapping of brain functional connectivity: Implementation of a dedicated co-processor in a field-programmable gate array (FPGA) and application to resting state functional MRI
Opto-mu ECoG Array: A Hybrid Neural Interface With Transparent mu ECoG Electrode Array and Integrated LEDs for Optogenetics
Chemically Functionalized Single-Walled Carbon Nanotube Films Modulate the Morpho-Functional and Proliferative Characteristics of Astrocytes
Prediction of Three-Dimensional Arm Trajectories Based on ECoG Signals Recorded from Human Sensorimotor Cortex
Classification method for BCIs based on the correlation of EEG maps
Humanlike robot hands controlled by brain activity arouse illusion of ownership in operators
Potential for unreliable interpretation of EEG recorded with microelectrodes
Shared control architecture based on RFID to control a robot arm using a spontaneous brain-machine interface
Optimised LNA for wireless link in brain machine interface applications
Decoding grasp movement from monkey premotor cortex for real-time prosthetic hand control
Simultaneous Scalp Electroencephalography (EEG), Electromyography (EMG), and Whole-body Segmental Inertial Recording for Multi-modal Neural Decoding
Distributed cortical adaptation during learning of a brain-computer interface task
Fabrication of Polymer Microneedle Electrodes Coated with Nanoporous Parylene
Stereoelectroencephalography for continuous two-dimensional cursor control in a brain-machine interface
Resorbable scaffold based chronic neural electrode arrays
Analysis of Electromagnetic Fields Induced in Operation of a Wireless Fully Passive Backscattering Neurorecording Microsystem in Emulated Human Head Tissue
Sparse spatial filter via a novel objective function minimization with smooth l(1) regularization
Advances in Neuroprosthetic Learning and Control
An Implantable Neural Sensing Microsystem with Fiber-Optic Data Transmission and Power Delivery
A Real-Time Brain-Machine Interface Combining Motor Target and Trajectory Intent Using an Optimal Feedback Control Design
A Fully-Integrated, Miniaturized (0.125 mm ²) 10.5 μ W Wireless Neural Sensor
Volitional Control of Neural Activity Relies on the Natural Motor Repertoire
Clinical Ethical Concerns in the Implantation of Brain-Machine Interfaces
A Primer on Brain-Machine Interfaces, Concepts, and Technology: A Key Element in the Future of Functional Neurorestoration

A Brain-Machine Interface to Navigate a Mobile Robot in a Planar Workspace: Enabling Humans to Fly Simulated Aircraft With EEG
In vivo recordings of brain activity using organic transistors
High-performance neuroprosthetic control by an individual with tetraplegia
Detection of Error Related Neuronal Responses Recorded by ElectroCorticography in Humans during Continuous Movements
Intact Histological Characterization of Brain-implanted Microdevices and Surrounding Tissue
Towards a Naturalistic Brain-Machine Interface: Hybrid Torque and Position Control Allows Generalization to Novel Dynamics
Grasp Detection from Human ECoG during Natural Reach-to-Grasp Movements
Advances in robot interfacing technologies
Clinical Ethical Concerns in the Implantation of Brain-Machine Interfaces
New Frontier: The Brain Machine Interface
Feedback-Controlled Parallel Point Process Filter for Estimation of Goal-Directed Movements From Neural Signals
Measurement of Wireless Link for Brain-Machine Interface Systems Using Human-Head Equivalent Liquid
Decoding Hindlimb Movement for a Brain Machine Interface after a Complete Spinal Transection
Task-Dependent Changes in Cross-Level Coupling between Single Neurons and Oscillatory Activity in Multiscale Networks
A Fully Implantable, Programmable and Multimodal Neuroprocessor for Wireless, Cortically Controlled Brain-Machine Interface Applications
fNIRS Exhibits Weak Tuning to Hand Movement Direction
Neuron selection by relative importance for neural decoding of dexterous finger prosthesis control application
Brain-Machine Interfaces: Basis and Advances
Prediction of Muscle Activities from ElectroCorticograms in Primary Motor Cortex of Primates
Cognitive signals for brain-machine interfaces in posterior parietal cortex include continuous 3D trajectory commands
Electrothermal Microactuators With Peg Drive Improve Performance for Brain Implant Applications
Prediction of Imagined Single-Joint Movements in a Person With High-Level Tetraplegia
Efficient Universal Computing Architectures for Decoding Neural Activity
CONNECTIVITY MAPPING OF HUMAN BRAIN BY PHASE BASED EVOLUTION MAP APPROACH
Automated image analysis of immunohistochemical stained brain slices of long term polyimide brain implants
A Remote Controlled Food Dispenser for Animal Research
Real-time two-dimensional asynchronous control of a computer cursor with a single subdural electrode
Measuring the Improvement of the Interaction Comfort of a Wearable Exoskeleton A Multi-Modal Control Mechanism Based on Force Measurement and Movement Prediction
Structured neuronal encoding and decoding of human speech features
Better Resolution and Fewer Wires Discover Epileptic Spiral Waves
Shaping the Dynamics of a Bidirectional Neural Interface
A VLSI Field-Programmable Mixed-Signal Array to Perform Neural Signal Processing and Neural Modeling in a Prosthetic System
Controlled Unilateral Isometric Force Generated by Epidural Spinal Cord Stimulation in the Rat Hindlimb
EMG Prediction From Motor Cortical Recordings via a Nonnegative Point-Process Filter
Visual evoked potential-based brain-machine interface applications to assist disabled people

Closed-Loop Decoder Adaptation on Intermediate Time-Scales Facilitates Rapid BMI Performance Improvements Independent of Decoder Initialization Conditions
A Glucose Fuel Cell for Implantable Brain-Machine Interfaces
Thoughts turned into high-level commands: Proof-of-concept study of a vision-guided robot arm driven by functional MRI (fMRI) signals
Development of an invasive brain-machine interface with a monkey model
Cortical plasticity and brain computer interface
Collaborative Control for a Robotic Wheelchair: Evaluation of Performance, Attention, and Workload
Predicting Spike Occurrence and Neuronal Responsiveness from LFPs in Primary Somatosensory Cortex
Silicon optoelectronic microelectrodes with integrated oxygen sensors for brain-machine interfaces
High-Side Digitally Current Controlled Biphasic Bipolar Microstimulator
Construction of a brain-machine hybrid system to evaluate adaptability of an insect
Stream-based Hebbian eigenfilter for real-time neuronal spike discrimination
Universal Principles for Ultra Low Power and Energy Efficient Design
Connectivity Analysis as a Novel Approach to Motor Decoding for Prosthesis Control
Decoding Intra-Limb and Inter-Limb Kinematics During Treadmill Walking From Scalp Electroencephalographic (EEG) Signals
Restoration of Whole Body Movement Toward a Noninvasive Brain-Machine Interface System
Toward Electrocorticographic Control of a Dexterous Upper Limb Prosthesis Building Brain-Machine Interfaces
Motor Restoration Based on the Brain-Machine Interface Using Brain Surface Electrodes: Real-Time Robot Control and a Fully Implantable Wireless System
Virtual Active Touch Using Randomly Patterned Intracortical Microstimulation
A 0.013 mm ² , 5 μ W, DC-Coupled Neural Signal Acquisition IC With 0.5 V Supply
Intention concepts and brain-machine interfacing
Design of Wireless Links to Implanted Brain-Machine Interface Microelectronic Systems
A biophysically-based neuromorphic model of spike rate- and timing-dependent plasticity
Movement-Imagery Brain-Computer Interface: EEG Classification of Beta Rhythm Synchronization Based on Cumulative Distribution Function
Writing through a robot: A proof of concept for a brain-machine interface
Highly Accurate Dual-Band Cellular Field Potential Acquisition For Brain-Machine Interface
Real-Time FPGA-Based Multichannel Spike Sorting Using Hebbian Eigenfilters
Towards a Cortical Prosthesis: Implementing A Spike-Based HMAX Model of Visual Object Recognition in Silico
Ultra-High Input Impedance, Low Noise Integrated Amplifier for Noncontact Biopotential Sensing
An Area-Efficient Noise-Adaptive Neural Amplifier in 130 nm CMOS Technology
An Implantable Seizure-Onset Detector Based on a Dual-Path Single-Window Count-Based Technique for Closed-Loop Applications
A Low-Power 32-Channel Digitally Programmable Neural Recording Integrated Circuit
Active tactile exploration using a brain-machine-brain interface
Conceptual and ethical issues with brain-hardware interfaces
FPGA implementation of Kalman filter for neural ensemble decoding of rat's motor cortex
Neural Feedback for Instantaneous Spatiotemporal Modulation of Afferent Pathways in Bi-Directional Brain-Machine Interfaces
Interfacing With the Computational Brain
ERD-Based Online Brain-Machine Interfaces (BMI) in the Context of Neurorehabilitation: Optimizing BMI Learning and Performance

Toward Synergy-Based Brain-Machine Interfaces
A Fully-Implantable Wireless System for Human Brain-Machine Interfaces Using Brain Surface Electrodes: W-HERBS
Interactive component extraction from fEEG, fNIRS and peripheral biosignals for affective brain-machine interfacing paradigms
Classification of change detection and change blindness from near-infrared spectroscopy signals
An Articulatory Silicon Vocal Tract for Speech and Hearing Prostheses
Challenges and Opportunities for Next-Generation Intracortically Based Neural Prostheses
A Subspace Approach to Learning Recurrent Features From Brain Activity
Active Sensing of Target Location Encoded by Cortical Microstimulation
Real-time control of a prosthetic hand using human electrocorticography signals
Breaking the Fixed-Arrival-Time Restriction in Reaching Movements of Neural Prosthetic Devices
Simultaneous Measurement of Hemodynamic and Neuronal Activities Using Near-infrared Spectroscopy and Single-unit Recording
Robust penetrating microelectrodes for neural interfaces realized by titanium micromachining
A Battery-Powered Activity-Dependent Intracortical Microstimulation IC for Brain-Machine-Brain Interface
Highly-compliant, microcable neuroelectrodes fabricated from thin-film gold and PDMS
Symbiotic Brain-Machine Interface through Value-Based Decision Making
An Experimental Platform to Study the Closed-loop Performance of Brain-machine Interfaces
The Illusion of Owning a Third Arm
Efficient Decoding With Steady-State Kalman Filter in Neural Interface Systems
Wireless Transmission of Neural Signals Using Entropy and Mutual Information Compression
Implant Size and Fixation Mode Strongly Influence Tissue Reactions in the CNS
Decoding the Nonstationary Neural Activity in Motor Cortex for Brain Machine Interfaces
A Study on Combining Local Field Potential and Single Unit Activity for Better Neural Decoding
Future developments in brain-machine interface research
Formation of polymer microneedle arrays using soft lithography
Asynchronous Brain Machine Interface-Based Control of a Wheelchair
High Accuracy Decoding of Movement Target Direction in Non-Human Primates Based on Common Spatial Patterns of Local Field Potentials
A Tunable Biquad Switched-Capacitor Amplifier-Filter for Neural Recording
Technology-Aware Algorithm Design for Neural Spike Detection, Feature Extraction, and Dimensionality Reduction
Highly Doped Polycrystalline Silicon Microelectrodes Reduce Noise in Neuronal Recordings In Vivo
Learning in Closed-Loop Brain-Machine Interfaces: Modeling and Experimental Validation
Brain-machine interface: The challenge of neuroethics
Decoding 3-D Reach and Grasp Kinematics From High-Frequency Local Field Potentials in Primate Primary Motor Cortex
System Architecture for Stiffness Control in Brain-Machine Interfaces
Dissolvable films of silk fibroin for ultrathin conformal bio-integrated electronics
Brain-computer interfaces: military, neurosurgical, and ethical perspective
DECODING GRATING ORIENTATION FROM MICROELECTRODE ARRAY RECORDINGS IN MONKEY CORTICAL AREA V4
Neural decoding based on probabilistic neural network
Real-Time Decision Fusion for Multimodal Neural Prosthetic Devices
Unsupervised wavelet-based spike sorting with dynamic codebook searching and replenishment

Real-time control of dielectric elastomer actuators via bioelectric and biomechanical signals
Motor imaginary-based brain-machine interface design using programmable logic controllers for the disabled
Multichannel Biosensing and Stimulation LSI Chip Using 0.18 μm Complementary Metal-Oxide-Semiconductor Technology
Electronic Interfacing with Living Cells
A Wireless Brain-Machine Interface for Real-Time Speech Synthesis
NeuralWISP: A Wirelessly Powered Neural Interface With 1-m Range
Multiple Types of Movement-Related Information Encoded in Hindlimb/Trunk Cortex in Rats and Potentially Available for Brain-Machine Interface Controls
Control of a neuroprosthesis for grasping using off-line classification of electrocorticographic signals: case study
Classification of BMI control commands from rat's neural signals using extreme learning machine
Kinetic Trajectory Decoding Using Motor Cortical Ensembles
Live-Cell-Driven Insertion of a Nanoneedle
An Implantable 64-Channel Wireless Microsystem for Single-Unit Neural Recording
A Robotic Neural Interface for Autonomous Positioning of Extracellular Recording Electrodes
Atomic force microscopy analysis of central nervous system cell morphology on silicon carbide and diamond substrates
Optimizing the automatic selection of spike detection thresholds using a multiple of the noise level
Vestibular rehabilitation with electrotactile vestibular substitution: early effects
Wireless Neural Recording With Single Low-Power Integrated Circuit
HermesC: Low-Power Wireless Neural Recording System for Freely Moving Primates
Robust satisficing linear regression: Performance/robustness trade-off and consistency criterion
Unscented Kalman Filter for Brain-Machine Interfaces
Intravascular Neural Interface with Nanowire Electrode
Decision-Level Fusion of EEG and Pupil Features for Single-Trial Visual Detection Analysis
BRAIN MACHINE INTERFACE: A COMPARISON BETWEEN FUZZY AND NEURAL CLASSIFIERS
Reinforced silicon neural microelectrode array fabricated using a commercial MEMS process
National Institute of Neurological Disorders and Stroke support for brain-machine interface technology
Decoding movement-related cortical potentials from electrocorticography
In vivo performance of a microelectrode neural probe with integrated drug delivery
Human cortical prostheses: lost in translation?
Classification of contralateral and ipsilateral finger movements for electrocorticographic brain-computer interfaces
Offline Decoding of End-Point Forces Using Neural Ensembles: Application to a Brain-Machine Interface
Regeneration-Type Nerve Electrode Using Bundled Microfluidic Channels
Compressed and Distributed Sensing of Neuronal Activity for Real Time Spike Train Decoding
Prospects of brain-machine interfaces for space system control
Real-Time Classification of Complex Patterns Using Spike-Based Learning in Neuromorphic VLSI
Cyborg (Brain-Machine/Computer Interface)
Spatial-Temporal Clustering of Neural Data Using Linked-Mixtures of Hidden Markov Models
Coadaptive Brain-Machine Interface via Reinforcement Learning
Functional network reorganization during learning in a brain-computer interface paradigm
Direct control of paralysed muscles by cortical neurons

A 5 mu W/Channel Spectral Analysis IC for Chronic Bidirectional Brain-Machine Interfaces
Design optimization for integrated neural recording systems
Low-Power Circuits for Brain-Machine Interfaces
Collagenase-aided intracortical microelectrode array insertion: Effects on insertion force and recording performance
Takagi-Sugeno-Kang Fuzzy Classifiers for a Special Class of Time-Varying Systems
Nonlinear modeling of causal interrelationships in neuronal ensembles
Non-invasive brain-machine interaction
Neural prediction of multidimensional decisions in monkey superior colliculus
Carbon nanotube coating improves neuronal recordings
Engineering neural interfaces for rehabilitation of lower limb function in spinal cord injured
Cortical control of a prosthetic arm for self-feeding
Brain controlled robots
Transistor analogs of emergent iono-neuronal dynamics
Real-time decoding of nonstationary neural activity in motor cortex
Neural prostheses: Electrophysiological and histological evaluation of central nervous system alterations due to long-term implants of sieve electrodes to peripheral nerves in cats
Single-trial EEG source reconstruction for brain-computer interface
Standardizing the brain-machine interface
The power of thought
Asynchronous decoding of dexterous finger movements using M1 neurons
Decoding individuated finger movements using volume-constrained neuronal. ensembles in the M1 hand area
Cortical neural prosthesis performance improves when eye position is monitored
Electrical stimulation of the proprioceptive cortex (area 3a) used to instruct a behaving monkey
Boosted and linked mixtures of HMMs for brain-machine interfaces
Technology and signal processing for brain-machine interfaces
Topological analysis of population activity in visual cortex
RHC method for application to BMI-based systems
Bi-Fi: An embedded sensor/system architecture for remote biological monitoring
The muscle activation method: An approach to impedance control of brain-machine interfaces through a musculoskeletal model of the arm
Cortical Modulations Increase in Early Sessions with Brain-Machine Interface
Area-Power Efficient VLSI Implementation of Multichannel DWT for Data Compression in Implantable Neuroprosthetics
An Energy-Efficient Micropower Neural Recording Amplifier
A scalable wavelet transform VLSI architecture for real-time signal processing in high-density intra-cortical implants
Electromagnetic power absorption and temperature changes due to brain machine interface operation
Statistical signal processing and the motor cortex
Coherent neural representation of hand speed in humans revealed by MEG imaging
Bioactive properties of nanostructured porous silicon for enhancing electrode to neuron interfaces
Neural engineering - A new discipline for analyzing and interacting with the nervous system
A component-based FPGA design framework for neuronal ion channel dynamics simulations
A systems approach for data compression and latency reduction in cortically controlled brain machine interfaces

A TinyOS-enabled MICA2-based wireless neural interface
Continuous shared control for stabilizing reaching and grasping with brain-machine interfaces
Neural ensemble activity from multiple brain regions predicts kinematic and dynamic variables in a multiple force field reaching task
Local field potential spectral tuning in motor cortex during reaching
Electrocorticography-based brain computer interface - The Seattle experience
Analyzing trends in brain interface technology: A method to compare studies
Training of a learning agent for navigation - Inspired brain-machine interface
Axonal outgrowth on nano-imprinted patterns
Evaluation of the stability of intracortical microelectrode arrays
Improvement of spike train decoder under spike detection and classification errors using support vector machine
Voltage pulses change neural interface properties and improve unit recordings with chronically implanted microelectrodes
A new architecture for deriving dynamic brain-machine interfaces
Sensor, signal and image informatics - State of the art and current topics
Reliability of signals from a chronically implanted, silicon-based electrode array in non-human primate primary motor cortex
A general framework for characterizing studies of brain interface technology
Feature detection in motor cortical spikes by principal component analysis
Power feasibility of implantable digital spike sorting circuits for neural prosthetic systems
Statistical encoding model for a primary motor cortical brain-machine interface
Interpreting spatial and temporal neural activity through, a recurrent neural network brain-machine interface
Closed-loop cortical control of direction using support vector machines
Mind over machines
Determining patterns in neural activity for reaching movements using nonnegative matrix factorization
Control of a two-dimensional movement signal by a noninvasive brain-computer interface in humans
Brain-machine and brain-computer interfaces
Ensemble recordings of human subcortical neurons as a source of motor control signals for a brain-machine interface
Nanostructured surface modification of ceramic-based microelectrodes to enhance biocompatibility for a direct brain-machine interface
Microelectrode array fabrication by electrical discharge machining and chemical etching
Evaluation of spike-detection algorithms for a brain-machine interface application
Transmission Latencies in a telemetry-linked brain-machine interface
Ascertaining the importance of neurons to develop better brain-machine interfaces
Force field apparatus for investigating movement control in small animals
An exploratory study of factors affecting single trial P300 detection
Noninvasive brain-actuated control of a mobile robot by human EEG
Learning-induced improvement in encoding and decoding of specific movement directions by neurons in the primary motor cortex
Tactile sensory substitution studies
Learning to control a brain-machine interface for reaching and grasping by primates
Silicon-substrate intracortical microelectrode arrays for long-term recording of neuronal spike activity in cerebral cortex
Dynamical dimension of a hybrid neurorobotic system

Information conveyed through brain-control: Cursor versus robot
The brain-machine disanalogy revisited
Actions from thoughts
Turning negative into positives! Exploiting 'negative' results in Brain-Machine Interface (BMI) research
Chronically Implanted Microelectrodes Cause c-fos Expression Along Their Trajectory
An Improved in vitro Model of Cortical Tissue
Workshops of the seventh international brain-computer interface meeting: not getting lost in translation
Brain-Machine Interface Induced Morpho-Functional Remodeling of the Neural Motor System in Severe Chronic Stroke
Agency and responsibility over virtual movements controlled through different paradigms of brain-computer interface
Brain Teleoperation Control of a Nonholonomic Mobile Robot Using Quadrupole Potential Function
Neural correlates of unstructured motor behaviors
Regression-based reconstruction of human grip force trajectories with noninvasive scalp electroencephalography
A benchtop system to assess the feasibility of a fully independent and implantable brain-machine interface
Modeling stimulus-dependent variability improves decoding of population neural responses
A point-process matched filter for event detection and decoding from population spike trains
Brain oscillatory activity as a biomarker of motor recovery in chronic stroke
Characteristics of Kinematic Parameters in Decoding Intended Reaching Movements Using Electroencephalography (EEG)
Event-related desynchronization possibly discriminates the kinesthetic illusion induced by visual stimulation from movement observation
Brain-machine interfaces from motor to mood
Characterization and real-time removal of motion artifacts from EEG signals
Dynamic network modeling and dimensionality reduction for human ECoG activity
Somatosensation Evoked by Cortical Surface Stimulation of the Human Primary Somatosensory Cortex
A visual encoding model based on deep neural networks and transfer learning for brain activity measured by functional magnetic resonance imaging
Decoding Hidden Cognitive States From Behavior and Physiology Using a Bayesian Approach
Hidden Markov Models Predict the Future Choice Better Than a PSTH-Based Method
Decoding of muscle activity from the sensorimotor cortex in freely behaving monkeys
Functional Frequency Discrimination From Cortical Somatosensory Stimulation in Humans
The Energy Homeostasis Principle: Neuronal Energy Regulation Drives Local Network Dynamics Generating Behavior
Different oscillatory entrainment of cortical networks during motor imagery and neurofeedback in right and left handers
Using High-Frequency Local Field Potentials From Multicortex to Decode Reaching and Grasping Movements in Monkey
Directional tuning during reach planning in the supramarginal gyrus using local field potentials
Decoding Movements from Cortical Ensemble Activity Using a Long Short-Term Memory Recurrent Network
Reliability of motor and sensory neural decoding by threshold crossings for intracortical brain machine interface
Decoding neural activity to predict rat locomotion using intracortical and epidural arrays
Cortical Electroencephalogram (ECoG) Is a Local Signal
The Advantage of Low-Delta Electroencephalogram Phase Feature for Reconstructing the Center-Out Reaching Hand Movements

A Biohybrid Setup for Coupling Biological and Neuromorphic Neural Networks
Intrinsic Variable Learning for Brain-Machine Interface Control by Human Anterior Intraparietal Cortex
Electrocorticographic changes in field potentials following natural somatosensory percepts in humans
Technical considerations for generating somatosensation via cortical stimulation in a closed-loop sensory/motor brain-computer interface system in humans
Adaptive Artifact Removal From Intracortical Channels for Accurate Decoding of a Force Signal in Freely Moving Rats
Neural Networks for Modeling Neural Spiking in S1 Cortex
Human Brain/Cloud Interface
Neurofeedback Training Enables Voluntary Alteration of beta-Band Power in the Subthalamic Nucleus of Individuals with Parkinson's Disease
Brain-Actuated Control of Dual-Arm Robot Manipulation With Relative Motion
Reactivating the Dormant Motor Cortex After Spinal Cord Injury With EEG Neurofeedback: A Case Study With a Chronic, Complete C4 Patient
Classification of Movement Intention Using Independent Components of Premovement EEG
Ensembles of change-point detectors: implications for real-time BMI applications
Astrocytic Response to Acutely- and Chronically-Implanted Microelectrode Arrays in the Marmoset (<i>Callithrix jacchus</i>) Brain
Autoencoders for learning template spectrograms in electrocorticographic signals
Multiscale modeling and decoding algorithms for spike-field activity
Spike detection and spike sorting with a hidden Markov model improves offline decoding of motor cortical recordings
An automated behavioral apparatus to combine parameterized reaching and grasping movements in 3D space
Synchrony surfacing: Epicortical recording of correlated action potentials
Comparison of logistic regression, support vector machines, and deep learning classifiers for predicting memory encoding success using human intracranial EEG recordings
Concurrent control of a brain-computer interface and natural overt movements
Brain-to-speech decoding will require linguistic and pragmatic data
Unilateral, 3D Arm Movement Kinematics Are Encoded in Ipsilateral Human Cortex
On the design of EEG-based movement decoders for completely paralyzed stroke patients
Differential Representation of Articulatory Gestures and Phonemes in Precentral and Inferior Frontal Gyri
Cortical Decoding of Individual Finger Group Motions Using ReFIT Kalman Filter
Extended enhancement of corticospinal connectivity with concurrent cortical and peripheral stimulation controlled by sensorimotor desynchronization
Human EEG reveals distinct neural correlates of power and precision grasping types
Latent Factors and Dynamics in Motor Cortex and Their Application to Brain-Machine Interfaces
Improving Real-Time Lower Limb Motor Imagery Detection Using tDCS and an Exoskeleton
Using spike train distances to identify the most discriminative neuronal subpopulation
Paradigm Shift in Sensorimotor Control Research and Brain Machine Interface Control: The Influence of Context on Sensorimotor Representations
Intracortical Microstimulation Modulates Cortical Induced Responses
Emergent coordination with a brain-machine interface: implications for the neural basis of motor learning
Screening for Cognitive Function in Complete Immobility Using Brain-Machine Interfaces: A Proof of Principle Study
Compact standalone platform for neural recording with real-time spike sorting and data logging
Sensory threshold neuromuscular electrical stimulation fosters motor imagery performance
Optogenetic surface stimulation of the rat cervical spinal cord

Distinct frequency bands in the local field potential are differently tuned to stimulus drift rate
A rodent brain-machine interface paradigm to study the impact of paraplegia on BMI performance
A fast intracortical brain-machine interface with patterned optogenetic feedback
A Fully Implantable Wireless ECoG 128-Channel Recording Device for Human Brain-Machine Interfaces: W-HERBS
Training in Use of Brain-Machine Interface-Controlled Robotic Hand Improves Accuracy Decoding Two Types of Hand Movements
Fast and robust Block-Sparse Bayesian learning for EEG source imaging
Effects of speed and direction of perturbation on electroencephalographic and balance responses
Unsupervised Discovery of Demixed, Low-Dimensional Neural Dynamics across Multiple Timescales through Tensor Component Analysis
Engineering Artificial Somatosensation Through Cortical Stimulation in Humans
A continuous time-resolved measure decoded from EEG oscillatory activity predicts working memory task performance
Enhancement of motor-imagery ability via combined action observation and motor-imagery training with proprioceptive neurofeedback
Evaluation of high-density, multi-contact nerve cuffs for activation of grasp muscles in monkeys
Decoding of finger trajectory from ECoG using deep learning
Feature Extraction and Classification Algorithm of Brain-computer Interface Based on Human Brain Central Nervous System
Improved Volitional Recall of Motor-Imagery-Related Brain Activation Patterns Using Real-Time Functional MRI-Based Neurofeedback
Effect of Different Movement Speed Modes on Human Action Observation: An EEG Study
Model and experiments to optimize co-adaptation in a simplified myoelectric control system
Real-time particle filtering and smoothing algorithms for detecting abrupt changes in neural ensemble spike activity
Conditioned Standard BCI CODEC - A theoretical proposal
A Bit-Encoding Based New Data Structure for Time and Memory Efficient Handling of Spike Times in an Electrophysiological Setup
Evidence for verbal memory enhancement with electrical brain stimulation in the lateral temporal cortex
Emergent coordination underlying learning to reach to grasp with a brain-machine interface
Remapping cortical modulation for electrocorticographic brain-computer interfaces: a somatotopy-based approach in individuals with upper-limb paralysis
Decoder calibration with ultra small current sample set for intracortical brain-machine interface
Superior arm-movement decoding from cortex with a new, unsupervised-learning algorithm
Volitional Modulation of Primary Visual Cortex Activity Requires the Basal Ganglia
Integration of Nanobots Into Neural Circuits As a Future Therapy for Treating Neurodegenerative Disorders
Neural Population Dynamics Underlying Motor Learning Transfer
Sensory percepts induced by microwire array and DBS microstimulation in human sensory thalamus
Extracting information from the shape and spatial distribution of evoked potentials
Recruitment of Additional Corticospinal Pathways in the Human Brain with State-Dependent Paired Associative Stimulation
Feature Selection Methods for Robust Decoding of Finger Movements in a Non-human Primate
Spatiotemporal characteristics of retinal response to network-mediated photovoltaic stimulation
Estimation of Neuromuscular Primitives from EEG Slow Cortical Potentials in Incomplete Spinal Cord Injury Individuals for a New Class of Brain-Machine Interfaces
Toward an Improvement of the Analysis of Neural Coding
Volition-adaptive control for gait training using wearable exoskeleton: preliminary tests with incomplete spinal cord injury individuals

Long-Term Surface Electrode Impedance Recordings Associated with Gliosis for a Closed-Loop Neurostimulation Device
Control of a Robot Arm Using Decoded Joint Angles from Electrocorticograms in Primate
Change in Reciprocal Inhibition of the Forearm with Motor Imagery among Patients with Chronic Stroke
THE POSTERIOR PARIETAL CORTEX AS INTEGRATIVE HUB FOR WHISKER SENSORIMOTOR INFORMATION
Restoration of Hindlimb Movements after Complete Spinal Cord Injury Using Brain-Controlled Functional Electrical Stimulation
Neural Decoding: A Predictive Viewpoint
Neural control of finger movement via intracortical brain-machine interface
Augmenting intracortical brain-machine interface with neurally driven error detectors
Application of the Stockwell Transform to Electroencephalographic Signal Analysis during Gait Cycle
Decoding of Self-paced Lower-Limb Movement Intention: A Case Study on the Influence Factors
Deep Learning With Convolutional Neural Networks for EEG Decoding and Visualization
Closed-Loop Hybrid Gaze Brain-Machine Interface Based Robotic Arm Control with Augmented Reality Feedback
The relationship between retinal damage and current intensity in a pre-clinical suprachoroidal-transretinal stimulation model using a laser-formed microporous electrode
Brain-actuated gait trainer with visual and proprioceptive feedback
Intracranial EEG fluctuates over months after implanting electrodes in human brain
Mapping the fine structure of cortical activity with different micro-ECoG electrode array geometries
A Chronically Implantable Bidirectional Neural Interface for Non-human Primates
An Intention-Driven Semi-autonomous Intelligent Robotic System for Drinking
Design of multielectrode arrays for uniform sampling of different orientations of tuned unit populations in the cat visual cortex
High channel count single-unit recordings from nonhuman primate frontal cortex
Activation of ganglion cells and axon bundles using epiretinal electrical stimulation
A novel paraplegia model in awake behaving macaques
An engineered home environment for untethered data telemetry from nonhuman primates
Robust tactile sensory responses in finger area of primate motor cortex relevant to prosthetic control
Sums of Spike Waveform Features for Motor Decoding
Movement-Related Sensorimotor High-Gamma Activity Mainly Represents Somatosensory Feedback
Motor Cortical Visuomotor Feedback Activity Is Initially Isolated from Downstream Targets in Output-Null Neural State Space Dimensions
Subthalamic nucleus beta and gamma activity is modulated depending on the level of imagined grip force
Connecting the Brain to Itself through an Emulation
A Cognition-Related Neural Oscillation Pattern, Generated in the Prelimbic Cortex, Can Control Operant Learning in Rats
Cortical and Subcortical Mechanisms of Brain-Machine Interfaces
Noise-robust unsupervised spike sorting based on discriminative subspace learning with outlier handling
A mathematical model for the two-learners problem
Feedback for reinforcement learning based brain-machine interfaces using confidence metrics
Deciphering neuronal population codes for acute thermal pain
Versatile, modular 3D microelectrode arrays for neuronal ensemble recordings: from design to fabrication, assembly, and functional validation in non-human primates
State-Dependent Decoding Algorithms Improve the Performance of a Bidirectional BMI in Anesthetized Rats

Open-Source, Low Cost, Free-Behavior Monitoring, and Reward System for Neuroscience Research in Non-human Primates
Decoding Information for Grasping from the Macaque Dorsomedial Visual Stream
High Spatiotemporal Resolution ECoG Recording of Somatosensory Evoked Potentials with Flexible Micro-Electrode Arrays
Multiple Kernel Based Region Importance Learning for Neural Classification of Gait States from EEG Signals
Neurofeedback-based functional near-infrared spectroscopy upregulates motor cortex activity in imagined motor tasks
Low Latency Estimation of Motor Intentions to Assist Reaching Movements along Multiple Sessions in Chronic Stroke Patients: A Feasibility Study
Constraints and Adaptation of Closed-Loop Neuroprosthetics for Functional Restoration
Physiological and behavioral effects of beta-tACS on brain self-regulation in chronic stroke
Emergence of Coordinated Neural Dynamics Underlies Neuroprosthetic Learning and Skillful Control
Rapid Integration of Artificial Sensory Feedback during Operant Conditioning of Motor Cortex Neurons
Coupling Resistive Switching Devices with Neurons: State of the Art and Perspectives
Trial-by-Trial Motor Cortical Correlates of a Rapidly Adapting Visuomotor Internal Model
Proprioceptive Feedback Facilitates Motor Imagery-Related Operant Learning of Sensorimotor beta-Band Modulation
Decoding Lower Limb Muscle Activity and Kinematics from Cortical Neural Spike Trains during Monkey Performing Stand and Squat Movements
A hybrid BMI-based exoskeleton for paresis: EMG control for assisting arm movements
A testbed for optimizing electrodes embedded in the skull or in artificial skull replacement pieces used after injury
Proof of Concept of an Online EMg-Based Decoding of Hand Postures and Individual Digit Forces for Prosthetic Hand control
Classification of upper limb center-out reaching tasks by means of EEG-based continuous decoding techniques
Continuous decoding of human grasp kinematics using epidural and subdural signals
Workshops of the Sixth International Brain-Computer Interface Meeting: braincomputer interfaces past, present, and future
An Improved Unscented Kalman Filter Based Decoder for Cortical Brain-Machine Interfaces
A Bidirectional Brain-Machine Interface Featuring a Neuromorphic Hardware Decoder
A Sliced Inverse Regression (SIR) Decoding the Forelimb Movement from Neuronal Spikes in the Rat Motor Cortex
Scientific profile of brain-computer interfaces: Bibliometric analysis in a 10-year period
Long-term stability of intracortical recordings using perforated and arrayed Parylene sheath electrodes
Chronic in vivo stability assessment of carbon fiber microelectrode arrays
Large-scale recording of thalamocortical circuits: in vivo electrophysiology with the two-dimensional electronic depth control silicon probe
Forward Prediction in the Posterior Parietal Cortex and Dynamic Brain-Machine Interface
What Turns Assistive into Restorative Brain-Machine Interfaces?
Engagement of the Rat Hindlimb Motor Cortex across Natural Locomotor Behaviors
Spatial spread of local field potential is band-pass in the primary visual cortex
An Automated Method for Characterization of Evoked Single-Trial Local Field Potentials Recorded from Rat Barrel Cortex Under Mechanical Whisker Stimulation
Trends and Challenges in Neuroengineering: Toward "Intelligent" Neuroprostheses through Brain-"Brain Inspired Systems" Communication
What is the optimal task difficulty for reinforcement learning of brain self-regulation?
Closed-loop adaptation of neurofeedback based on mental effort facilitates reinforcement learning of brain self-regulation

Decoding Target Distance and Saccade Amplitude from Population Activity in the Macaque Lateral Intraparietal Area (LIP)
Uniform and Non-uniform Perturbations in Brain-Machine Interface Task Elicit Similar Neural Strategies
Hybrid Neuroprosthesis for the Upper Limb: Combining Brain-Controlled Neuromuscular Stimulation with a Multi-Joint Arm Exoskeleton
Neostriatal Neuronal Activity Correlates Better with Movement Kinematics under Certain Rewards
Control of an Ambulatory Exoskeleton with a Brain-Machine Interface for Spinal Cord Injury Gait Rehabilitation
Histological evaluation of a chronically-implanted electrocorticographic electrode grid in a non-human primate
Adaptive neuron-to-EMG decoder training for FES neuroprostheses
Utilising reinforcement learning to develop strategies for driving auditory neural implants
Long-term effects of electrotactile sensory substitution therapy on balance disorders
Reinforcement learning of self-regulated sensorimotor beta-oscillations improves motor performance
Predominance of Movement Speed Over Direction in Neuronal Population Signals of Motor Cortex: Intracranial EEG Data and A Simple Explanatory Model
Restoring motor control and sensory feedback in people with upper extremity amputations using arrays of 96 microelectrodes implanted in the median and ulnar nerves
A four-dimensional virtual hand brain-machine interface using active dimension selection
Brain State-Dependent Closed-Loop Modulation of Paired Associative Stimulation Controlled by Sensorimotor Desynchronization
The Brain Is Faster than the Hand in Split-Second Intentions to Respond to an Impending Hazard: A Simulation of Neuroadaptive Automation to Speed Recovery to Perturbation in Flight Attitude
Implications of the Dependence of Neuronal Activity on Neural Network States for the Design of Brain-Machine Interfaces
Comparing offline decoding performance in physiologically defined neuronal classes
Individual finger control of a modular prosthetic limb using high-density electrocorticography in a human subject
A robust adaptive denoising framework for real-time artifact removal in scalp EEG measurements
Microelectrode array stimulation combined with intrinsic optical imaging: A novel tool for functional brain mapping
iEMG: Imaging electromyography
Design and Optimization of an EEG-Based Brain Machine Interface (BMI) to an Upper-Limb Exoskeleton for Stroke Survivors
Body-machine interface for control of a screen cursor for a child with congenital absence of upper and lower limbs: a case report
Long-Term Stability of Motor Cortical Activity: Implications for Brain Machine Interfaces and Optimal Feedback Control
Blending of brain-machine interface and vision-guided autonomous robotics improves neuroprosthetic arm performance during grasping
Characterization of Artifacts Produced by Gel Displacement on Non-invasive Brain-Machine Interfaces during Ambulation
Data-driven model comparing the effects of glial scarring and interface interactions on chronic neural recordings in non-human primates
Brain-state classification and a dual-state decoder dramatically improve the control of cursor movement through a brain-machine interface
Brain-robot interface driven plasticity: Distributed modulation of corticospinal excitability
PEDOT:PSS Interfaces Support the Development of Neuronal Synaptic Networks with Reduced Neuroglia Response In vitro
A new therapeutic application of brain-machine interface (BMI) training followed by hybrid assistive neuromuscular dynamic stimulation (HANDS) therapy for patients with severe hemiparetic stroke: A proof of concept study
The Brainarium: An Interactive Immersive Tool for Brain Education, Art, and Neurotherapy

Are BMI prosthetics uncontrollable Frankensteinian monsters?
Beyond 'communication and control': towards ethically complete rationales for brain-computer interface research
Single-trial decoding of intended eye movement goals from lateral prefrontal cortex neural ensembles
Comparison of subdural and subgaleal recordings of cortical high-gamma activity in humans
Autonomous Parameter Adjustment for SSVEP-Based BCIs with a Novel BCI Wizard
Monte Carlo point process estimation of electromyographic envelopes from motor cortical spikes for brain-machine interfaces
Motor imagery based brain-computer interfaces: An emerging technology to rehabilitate motor deficits
Remapping residual coordination for controlling assistive devices and recovering motor functions
Cortical Spiking Network Interfaced with Virtual Musculoskeletal Arm and Robotic Arm
Hand Shape Representations in the Human Posterior Parietal Cortex
Categorical discrimination of human body parts by magnetoencephalography
Tactile representation in somatosensory thalamus (VPL) and cortex (S1) of awake primate and the plasticity induced by VPL neuroprosthetic stimulation
Neuroplasticity subserving the operation of brain-machine interfaces
Cost-efficient FPGA implementation of basal ganglia and their Parkinsonian analysis
P300-based brain-computer interface (BCI) event-related potentials (ERPs): People with amyotrophic lateral sclerosis (ALS) vs. age-matched controls
Brain-machine interfaces in neurorehabilitation of stroke
Using a brain-machine interface to control a hybrid upper limb exoskeleton during rehabilitation of patients with neurological conditions
Brain state-dependent robotic reaching movement with a multi-joint arm exoskeleton: combining brain-machine interfacing and robotic rehabilitation
Analysis and asynchronous detection of gradually unfolding errors during monitoring tasks
Decoding bipedal locomotion from the rat sensorimotor cortex
Use of high-frequency visual stimuli above the critical flicker frequency in a SSVEP-based BMI
Recasting brain-machine interface design from a physical control system perspective
A lower limb exoskeleton control system based on steady state visual evoked potentials
Movement decoding using neural synchronization and inter-hemispheric connectivity from deep brain local field potentials
Watching from a distance: A robotically controlled laser and real-time subject tracking software for the study of conditioned predator/prey-like interactions
An array of highly flexible electrodes with a tailored configuration locked by gelatin during implantation-initial evaluation in cortex cerebri of awake rats
Enhancing Hebbian Learning to Control Brain Oscillatory Activity
The Two-Brains Hypothesis: Towards a guide for brain-brain and brain-machine interfaces
Single-unit activity, threshold crossings, and local field potentials in motor cortex differentially encode reach kinematics
Predicting Inter-session Performance of SMR-Based Brain-Computer Interface Using the Spectral Entropy of Resting-State EEG
Decoding speech perception from single cell activity in humans
Toward building hybrid biological/in silico neural networks for motor neuroprosthetic control
An optimization formulation for characterization of pulsatile cortisol secretion
The steady-state response of the cerebral cortex to the beat of music reflects both the comprehension of music and attention
Predicting workload profiles of brain-robot interface and electromyographic neurofeedback with cortical resting-state networks: personal trait or task-specific challenge?
The impact of command signal power distribution, processing delays, and speed scaling on neurally-controlled devices

Insertion of linear 8.4 μ m diameter 16 channel carbon fiber electrode arrays for single unit recordings
Assessment of brain-machine interfaces from the perspective of people with paralysis
Invasive brain-machine interfaces: a survey of paralyzed patients' attitudes, knowledge and methods of information retrieval
Advancing brain-machine interfaces: moving beyond linear state space models
Deafferented controllers: a fundamental failure mechanism in cortical neuroprosthetic systems
Reinforcement learning of self-regulated beta-oscillations for motor restoration in chronic stroke
Local field potentials in primate motor cortex encode grasp kinetic parameters
PMv Neuronal Firing May Be Driven by a Movement Command Trajectory within Multidimensional Gaussian Fields
Robust Neuroprosthetic Control from the Stroke Perilesional Cortex
Modulation of the Intracortical LFP during Action Execution and Observation
Decoding the timing and target locations of saccadic eye movements from neuronal activity in macaque oculomotor areas
Compliant intracortical implants reduce strains and strain rates in brain tissue in vivo
A high performing brain-machine interface driven by low-frequency local field potentials alone and together with spikes
Optimal feedback control successfully explains changes in neural modulations during experiments with brain-machine interfaces
Hand-in-hand advances in biomedical engineering and sensorimotor restoration
Toward an Autonomous Brain Machine Interface: Integrating Sensorimotor Reward Modulation and Reinforcement Learning
A novel wireless recording and stimulating multichannel epicortical grid for supplementing or enhancing the sensory-motor functions in monkey (<i>Macaca fascicularis</i>)
Oscillatory entrainment of the motor cortical network during motor imagery is modulated by the feedback modality
Learning a common dictionary for subject-transfer decoding with resting calibration
A training platform for many-dimensional prosthetic devices using a virtual reality environment
Model validation of untethered, ultrasonic neural dust motes for cortical recording
Global cortical activity predicts shape of hand during grasping
Rapid evaluation of the durability of cortical neural implants using accelerated aging with reactive oxygen species
Informative features of local field potential signals in primary visual cortex during natural image stimulation
Bridging the gap between motor imagery and motor execution with a brain-robot interface
Classification of single-trial auditory events using dry-wireless EEG during real and motion simulated flight
Custom-fit radiolucent cranial implants for neurophysiological recording and stimulation
Reinforcement learning for adaptive threshold control of restorative brain-computer interfaces: a Bayesian simulation
Degraded EEG Decoding of Wrist Movements in Absence of Kinaesthetic Feedback
Non-obstructing 3D depth cues influence reach-to-grasp kinematics
Comparison of spike sorting and thresholding of voltage waveforms for intracortical brain-machine interface performance
Ten-dimensional anthropomorphic arm control in a human brain-machine interface: difficulties, solutions, and limitations
Movement related slow cortical potentials in severely paralyzed chronic stroke patients
Temporal alignment of electrocorticographic recordings for upper limb movement
Kernel Temporal Differences for Neural Decoding
The Potential Transformation of Our Species by Neural Enhancement

Information theoretic analysis of proprioceptive encoding during finger flexion in the monkey sensorimotor system
Simultaneous and independent control of a brain-computer interface and contralateral limb movement
A learning-based approach to artificial sensory feedback leads to optimal integration
Enhancing brain-machine interface (BMI) control of a hand exoskeleton using electrooculography (EOG)
Post-stroke balance rehabilitation under multi-level electrotherapy: a conceptual review
Brain-machine interface to control a prosthetic arm with monkey ECoGs during periodic movements
Learned self-regulation of the lesioned brain with epidural electrocorticography
Joint cross-correlation analysis reveals complex, time-dependent functional relationship between cortical neurons and arm electromyograms
Distinct neural patterns enable grasp types decoding in monkey dorsal premotor cortex
Parietal neural prosthetic control of a computer cursor in a graphical-user-interface task
Performance sustaining intracortical neural prostheses
Sitting and standing intention can be decoded from scalp EEG recorded prior to movement execution
Dissociating Movement from Movement Timing in the Rat Primary Motor Cortex
Continuous decoding of movement intention of upper limb self-initiated analytic movements from pre-movement EEG correlates
Extracting kinetic information from human motor cortical signals
Reconstruction of intracortical whisker-evoked local field potential from electrocorticogram using a model trained for spontaneous activity in the rat barrel cortex
Cursor control by Kalman filter with a non-invasive body-machine interface
Modulation of neural activity by reward in medial intraparietal cortex is sensitive to temporal sequence of reward
A brain-computer interface based on self-regulation of gamma-oscillations in the superior parietal cortex
A cognitive neuroprosthetic that uses cortical stimulation for somatosensory feedback
Hierarchical Adaptive Means (HAM) clustering for hardware-efficient, unsupervised and real-time spike sorting
Continuous Closed-Loop Decoder Adaptation with a Recursive Maximum Likelihood Algorithm Allows for Rapid Performance Acquisition in Brain-Machine Interfaces
A brain-computer interface for potential non-verbal facial communication based on EEG signals related to specific emotions
Signal-independent timescale analysis (SITA) and its application for neural coding during reaching and walking
Alpha band functional connectivity correlates with the performance of brain-machine interfaces to decode real and imagined movements
Single trial prediction of self-paced reaching directions from EEG signals
Stochastic optimal control of single neuron spike trains
Reliability of directional information in unsorted spikes and local field potentials recorded in human motor cortex
Concurrent Stable and Unstable Cortical Correlates of Human Wrist Movements
Reactivation of emergent task-related ensembles during slow-wave sleep after neuroprosthetic learning
A freely-moving monkey treadmill model
Decoding fingertip trajectory from electrocorticographic signals in humans
Bidirectional control of a one-dimensional robotic actuator by operant conditioning of a single unit in rat motor cortex
Motor cortical control of movement speed with implications for brain-machine interface control
Minimum requirements for accurate and efficient real-time on-chip spike sorting
Decoding the individual finger movements from single-trial functional magnetic resonance imaging recordings of human brain activity

Electroencephalography-Based Real-Time Cortical Monitoring System That Uses Hierarchical Bayesian Estimations for the Brain-Machine Interface
Long-term decoding stability of local field potentials from silicon arrays in primate motor cortex during a 2D center out task
Performance measurement for brain-computer or brain-machine interfaces: a tutorial
Volitional modulation of optically recorded calcium signals during neuroprosthetic learning
Decoding grasp force profile from electrocorticography signals in non-human primate sensorimotor cortex
A spatial approach of magnitude-squared coherence applied to selective attention detection
A confidence metric for using neurobiological feedback in actor-critic reinforcement learning based brain-machine interfaces
Decoding of the spike timing of primary afferents during voluntary arm movements in monkeys
Epidural electrocorticography of phantom hand movement following long-term upper-limb amputation
Motor Cortical Correlates of Arm Resting in the Context of a Reaching Task and Implications for Prosthetic Control
Decoding spatial attention by using cortical currents estimated from electroencephalography with near-infrared spectroscopy prior information
Subject-specific modulation of local field potential spectral power during brain-machine interface control in primates
Long-term reliability of Al ₂ O ₃ and Parylene C bilayer encapsulated Utah electrode array based neural interfaces for chronic implantation
Learned EEG-based brain self-regulation of motor-related oscillations during application of transcranial electric brain stimulation: feasibility and limitations
Brain-machine interface control of a manipulator using small-world neural network and shared control strategy
Coupling brain-machine interfaces with cortical stimulation for brain-state dependent stimulation: enhancing motor cortex excitability for neurorehabilitation
Facilitating myoelectric-control with transcranial direct current stimulation: a preliminary study in healthy humans
Intention estimation in brain-machine interfaces
Cognitive-motor brain-machine interfaces
A pelvic implant orthosis in rodents, for spinal cord injury rehabilitation, and for brain machine interface research: Construction, surgical implantation and validation
From assistance towards restoration with epidural brain-computer interfacing
A Tensor-Product-Kernel Framework for Multiscale Neural Activity Decoding and Control
The Muscle Sensor for on-site neuroscience lectures to pave the way for a better understanding of brain-machine-interface research
Smartphones as pocketable labs: Visions for mobile brain imaging and neurofeedback
Bayesian decoding using unsorted spikes in the rat hippocampus
Speaking and cognitive distractions during EEG-based brain control of a virtual neuroprosthesis-arm
Towards autonomous neuroprosthetic control using Hebbian reinforcement learning
When and Why Noise Correlations Are Important in Neural Decoding
Robust classification of motor imagery EEG signals using statistical time-domain features
Baptisms of fire or death knells for acute-slice physiology in the age of 'omics' and light?
Long term, stable brain machine interface performance using local field potentials and multiunit spikes
Multi-electrode stimulation in somatosensory cortex increases probability of detection
Dynamic Analysis of Naive Adaptive Brain-Machine Interfaces
Implementation of a beam forming technique in real-time magnetoencephalography
The utility of multichannel local field potentials for brain-machine interfaces
3D Parylene sheath neural probe for chronic recordings

Primary motor cortical discharge during force field adaptation reflects muscle-like dynamics
Brain-Machine Interface in Chronic Stroke Rehabilitation: A Controlled Study
Feedback and feedforward adaptation to visuomotor delay during reaching and slicing movements
Design and Analysis of Closed-Loop Decoder Adaptation Algorithms for Brain-Machine Interfaces
State-based decoding of hand and finger kinematics using neuronal ensemble and LFP activity during dexterous reach-to-grasp movements
Design and validation of a real-time spiking-neural-network decoder for brain-machine interfaces
Decoding continuous limb movements from high-density epidural electrode arrays using custom spatial filters
Baseplate for two-stage cranial mounting of BMI connectors
Master Neurons Induced by Operant Conditioning in Rat Motor Cortex during a Brain-Machine Interface Task
Hand posture classification using electrocorticography signals in the gamma band over human sensorimotor brain areas
Improving brain-machine interface performance by decoding intended future movements
Local-learning-based neuron selection for grasping gesture prediction in motor brain machine interfaces
Estimation of the velocity and trajectory of three-dimensional reaching movements from non-invasive magnetoencephalography signals
Somatosensory responses in a human motor cortex
Closed-loop response properties of a visual interneuron involved in fly optomotor control
In vitro large-scale experimental and theoretical studies for the realization of bi-directional brain-prostheses
Nanowire electrodes for high-density stimulation and measurement of neural circuits
Assisted closed-loop optimization of SSVEP-BCI efficiency
Nanoparticle-based evaluation of blood-brain barrier leakage during the foreign body response
Movement representation in the primary motor cortex and its contribution to generalizable EMG predictions
Stochastic Optimal Control as a Theory of Brain-Machine Interface Operation
Inducing Gamma Oscillations and Precise Spike Synchrony by Operant Conditioning via Brain-Machine Interface
Common Spatio-Time-Frequency Patterns for Motor Imagery-Based Brain Machine Interfaces
Long-range temporal correlations, multifractality, and the causal relation between neural inputs and movements
A highly compliant serpentine shaped polyimide interconnect for front-end strain relief in chronic neural implants
Kinematic and neurophysiological consequences of an assisted-force-feedback brain-machine interface training: a case study
Reconstructing joint angles on the shoulder and elbow from non-invasive electroencephalographic signals through electromyography
The role of ECoG magnitude and phase in decoding position, velocity, and acceleration during continuous motor behavior
A BMI-based occupational therapy assist suit: asynchronous control by SSVEP
Modular neuronal assemblies embodied in a closed-loop environment: toward future integration of brains and machines
Optimal space-time precoding of artificial sensory feedback through multichannel microstimulation in bi-directional brain-machine interfaces
Temporal stability of visually selective responses in intracranial field potentials recorded from human occipital and temporal lobes
Neural population partitioning and a concurrent brain-machine interface for sequential motor function
Stochastic Facilitation of Artificial Tactile Sensation in Primates
Sparse decoding of multiple spike trains for brain-machine interfaces

Doctor or "darling"? Decoding the communication partner from ECoG of the anterior temporal lobe during non-experimental, real-life social interaction
Regularized logistic regression and multiobjective variable selection for classifying MEG data
Context-Related Frequency Modulations of Macaque Motor Cortical LFP Beta Oscillations
Event related desynchronization-modulated functional electrical stimulation system for stroke rehabilitation: A feasibility study
Neural decoding of unilateral upper limb movements using single trial MEG signals
An online brain-machine interface using decoding of movement direction from the human electrocorticogram
Ultra-low-cost 3D gaze estimation: an intuitive high information throughput compliment to direct brain-machine interfaces
Accurate decoding of reaching movements from field potentials in the absence of spikes
Behavioral and neural correlates of visuomotor adaptation observed through a brain-computer interface in primary motor cortex
Local field potentials allow accurate decoding of muscle activity
Can motor volition be extracted from the spinal cord?
Minimizing data transfer with sustained performance in wireless brain-machine interfaces
Reconstruction of movement-related intracortical activity from micro-electrocorticogram array signals in monkey primary motor cortex
Decoding continuous three-dimensional hand trajectories from epidural electrocorticographic signals in Japanese macaques
Redundant information encoding in primary motor cortex during natural and prosthetic motor control
SigMate: A MATLAB-based automated tool for extracellular neuronal signal processing and analysis
Modeling extracellular electrical neural stimulation: From basic understanding to MEA-based applications
Error-related electrocorticographic activity in humans during continuous movements
A recurrent neural network for closed-loop intracortical brain-machine interface decoders
A new method of accurate hand- and arm-tracking for small primates
CHRONIC MICROSTIMULATION OF CAT AUDITORY CORTEX EFFECTIVE TO EVOKE DETECTION BEHAVIORS
Decoding 3D reach and grasp from hybrid signals in motor and premotor cortices: spikes, multiunit activity, and local field potentials
Single trial discrimination of individual finger movements on one hand: A combined MEG and EEG study
Control of a vehicle with EEG signals in real-time and system evaluation
The Ising decoder: reading out the activity of large neural ensembles
Reconstruction of flexor and extensor muscle activities from electroencephalography cortical currents
Movement-related neuromagnetic fields and performances of single trial classifications
Decoding natural grasp types from human ECoG
Learning stable, regularised latent models of neural population dynamics
Decoding finger movements from ECoG signals using switching linear models
Unsupervised adaptation of brain-machine interface decoders
Comparison of dry and gel based electrodes for P300 brain-computer interfaces
How many people could use an SSVEP BCI?
Decoding finger flexion from band-specific ECoG signals in humans
Asynchronous decoding of finger position and of EMG during precision grip using CM cell activity: Application to robot control
Flexible, foldable, actively multiplexed, high-density electrode array for mapping brain activity in vivo
Adaptive Decoding for Brain-Machine Interfaces Through Bayesian Parameter Updates

Higher-Order Interactions Characterized in Cortical Activity
Sensing with the Motor Cortex
Evaluation of mu ECoG electrode arrays in the minipig: Experimental procedure and neurosurgical approach
Applying independent component analysis to detect silent speech in magnetic resonance imaging signals
Role of local field potentials in encoding hand movement kinematics
Reanimating the arm and hand with intraspinal microstimulation
Neural decoding of treadmill walking from noninvasive electroencephalographic signals
DECODING THE ACTIVITY OF GRASPING NEURONS RECORDED FROM THE VENTRAL PREMOTOR AREA F5 OF THE MACAQUE MONKEY
Use of a Bayesian maximum-likelihood classifier to generate training data for brain-machine interfaces
Motor cortical prediction of EMG: evidence that a kinetic brain-machine interface may be robust across altered movement dynamics
Decoding the rat forelimb movement direction from epidural and intracortical field potentials
A chronic generalized bi-directional brain-machine interface
Reversible large-scale modification of cortical networks during neuroprosthetic control
Relationships among low-frequency local field potentials, spiking activity, and three-dimensional reach and grasp kinematics in primary motor and ventral premotor cortices
Decoding position, velocity, or goal: Does it matter for brain-machine interfaces?
Volitional control of single cortical neurons in a brain-machine interface
A closed-loop human simulator for investigating the role of feedback control in brain-machine interfaces
Adaptation to a Cortex-Controlled Robot Attached at the Pelvis and Engaged during Locomotion in Rats
Enhanced detection threshold for in vivo cortical stimulation produced by Hebbian conditioning
Reconstruction of two-dimensional movement trajectories from selected magnetoencephalography cortical currents by combined sparse Bayesian methods
Neuroplasticity of the Sensorimotor Cortex during Learning
Craniux: A LabVIEW-Based Modular Software Framework for Brain-Machine Interface Research
rtMEG: A Real-Time Software Interface for Magnetoencephalography
Combining BMI stimulation and mathematical modeling for acute stroke recovery and neural repair
Extracting attempted hand movements from EEGs in people with complete hand paralysis following stroke
Towards intelligent environments: an augmented reality-brain-machine interface operated with a see-through head-mount display
Readout of the intrinsic and extrinsic properties of a stimulus from un-experienced neuronal activities: Towards cognitive neuroprostheses
A Multiscale Correlation of Wavelet Coefficients Approach to Spike Detection
Simultaneous recording of ECoG and intracortical neuronal activity using a flexible multichannel electrode-mesh in visual cortex
Computing moment-to-moment BOLD activation for real-time neurofeedback
Incorporating Feedback from Multiple Sensory Modalities Enhances Brain-Machine Interface Control
A new rodent behavioral paradigm for studying forelimb movement
Instantaneous estimation of motor cortical neural encoding for online brain-machine interfaces
A method for investigating cortical control of stand and squat in conscious behavioral monkeys
Change in brain activity through virtual reality-based brain-machine communication in a chronic tetraplegic subject with muscular dystrophy
Improved multi-unit decoding at the brain-machine interface using population temporal linear filtering
Multineuronal vectorization is more efficient than time-segmental vectorization for information extraction from neuronal activities in the inferior temporal cortex

A novel P300-based brain-computer interface stimulus presentation paradigm: Moving beyond rows and columns
Long-Term, Multisite, Parallel, In-Cell Recording and Stimulation by an Array of Extracellular Microelectrodes
A bio-friendly and economical technique for chronic implantation of multiple microelectrode arrays
Optimal spacing of surface electrode arrays for brain-machine interface applications
Efficient Learning and Feature Selection in High-Dimensional Regression
Reconstructing Three-Dimensional Hand Movements from Noninvasive Electroencephalographic Signals
My thoughts through a robot's eyes: An augmented reality-brain-machine interface
Field-programmable gate array implementation of a probabilistic neural network for motor cortical decoding in rats
Brain-Computer Interface Research Comes of Age: Traditional Assumptions Meet Emerging Realities
Neural Correlates of Skill Acquisition with a Cortical Brain-Machine Interface
Bias, optimal linear estimation, and the differences between open-loop simulation and closed-loop performance of spiking-based brain-computer interface algorithms
Exploiting multiple sensory modalities in brain-machine interfaces
Methods for estimating neural firing rates, and their application to brain-machine interfaces
Neural mind reading of multi-dimensional decisions by monkey mid-brain activity
Mapping broadband electrocorticographic recordings to two-dimensional hand trajectories in humans Motor control features
Cortical Representation of Ipsilateral Arm Movements in Monkey and Man
Microstimulation of primary afferent neurons in the L7 dorsal root ganglia using multielectrode arrays in anesthetized cats: thresholds and recruitment properties
Sequential Monte Carlo Point-Process Estimation of Kinematics from Neural Spiking Activity for Brain-Machine Interfaces
Single-Unit Stability Using Chronically Implanted Multielectrode Arrays
Control protocol for robust in vitro glial scar formation around microwires: Essential roles of bFGF and serum in gliosis
Toward a high-throughput auditory P300-based brain-computer interface
Ascertaining neuron importance by information theoretical analysis in motor Brain-Machine Interfaces
Signal quality of simultaneously recorded invasive and non-invasive EEG
New approaches to eliminating common-noise artifacts in recordings from intracortical microelectrode arrays: Inter-electrode correlation and virtual referencing
Three-dimensional, automated, real-time video system for tracking limb motion in brain-machine interface studies
A review on directional information in neural signals for brain-machine interfaces
Developments in brain-machine interfaces from the perspective of robotics
A fully implantable 96-channel neural data acquisition system
Exploiting co-adaptation for the design of symbiotic neuroprosthetic assistants
A CLASSIFICATION METHOD OF DIFFERENT MOTOR IMAGERY TASKS BASED ON FRACTAL FEATURES FOR BRAIN-MACHINE INTERFACE
Differential representation of arm movement direction in relation to cortical anatomy and function
Brain-machine interface via real-time fMRI: Preliminary study on thought-controlled robotic arm
Upper limb amputees can be induced to experience a rubber hand as their own
Brain-computer interface in paralysis
Decoding Trajectories from Posterior Parietal Cortex Ensembles
Learning a novel myoelectric-controlled interface task
Variational Bayesian least squares: An application to brain-machine interface data

Detection of neuronal spikes using an adaptive threshold based on the max-min spread sorting method
Spike train decoding without spike sorting
Hand movement direction decoded from MEG and EEG
Virtual reality hardware and graphic display options for brain-machine interfaces
Brain-computer interfaces (BCIs): Detection instead of classification
Extraction and localization of mesoscopic motor control signals for human ECoG neuroprosthetics
Prediction of arm movement trajectories from ECoG-recordings in humans
The development of brain-machine interface neuroprosthetic devices
Dynamic Synchrony of Local Cell Assembly
Balanced excitatory and inhibitory inputs to cortical neurons decouple firing irregularity from rate modulations
Prediction of upper limb muscle activity from motor cortical discharge during reaching
Congruent activity during action and action observation in motor cortex
Biomimetic brain machine interfaces for the control of movement
Single-neuron stability during repeated reaching in macaque premotor cortex
Decoding visual inputs from multiple neurons in the human temporal lobe
General-purpose filter design for neural prosthetic devices
A single-chip signal processing and telemetry engine for an implantable 96-channel neural data acquisition system
An analytical comparison of the information in sorted and non-sorted cosine-tuned spike activity
Predicting movement from multiunit activity
A simple method for efficient spike detection in multiunit recordings
An electronic device for artefact suppression in human local field potential recordings during deep brain stimulation
Minocycline increases quality and longevity of chronic neural recordings
Primate reaching cued by multichannel spatiotemporal cortical microstimulation
Detection psychophysics of intracortical microstimulation in rat primary somatosensory cortex
Volitional control of neural activity: implications for brain-computer interfaces
Brain-computer interfaces: communication and restoration of movement in paralysis
Definitions of state variables and state space for brain-computer interface Part 1. Multiple hierarchical levels of brain function
Self-organizing maps with dynamic learning for signal reconstruction
A floating metal microelectrode array for chronic implantation
Ethical considerations of neuroscience research: The perspectives on neuroethics in Japan
Decoding movement intent from human premotor cortex neurons for neural prosthetic applications
Single trial-based prediction of a go/no-go decision in monkey superior colliculus
Towards on-line adaptation of neuro-prostheses with neuronal evaluation signals
A comparison of optimal MIMO linear and nonlinear models for brain-machine interfaces
Identification of multiple-input systems with highly coupled inputs: Application to EMG prediction from multiple intracortical electrodes
Superiority of nonlinear mapping in decoding multiple single-unit neuronal spike trains: A simulation study
Stable ensemble performance with single-neuron variability during reaching movements in primates
Magnetoencephalographic signals predict movement trajectory in space
Categorical signals in a single-trial neuron activity of the inferotemporal cortex
An autonomous implantable computer for neural recording and stimulation in unrestrained primates

Encoding of movement direction in different frequency ranges of motor cortical local field potentials
Model-based analysis of cortical recording with silicon microelectrodes
Frontal and parietal cortical ensembles predict single-trial muscle activity during reaching movements in primates
Computational analysis in vitro: dynamics and plasticity of a neuro-robotic system
Cortical ensemble adaptation to represent velocity of an artificial actuator controlled by a brain-machine interface
Cortical local field potential encodes movement intentions in the posterior parietal cortex
Real-time control of a video game with a direct brain-computer interface
Decoding continuous and discrete motor behaviors using motor and premotor cortical ensembles
Comparing information about arm movement direction in single channels of local and epicortical field potentials from monkey and human motor cortex
Dynamic analyses of information encoding in neural ensembles
Electroencephalographic(EEG)-based communication: EEG control versus system performance in humans
Divide-and-conquer approach for brain machine interfaces: nonlinear mixture of competitive linear models

Referências

AMINOFF, Michael; BOLLER, Francois; SWAAB, Dick. *HANDBOOK OF CLINICAL NEUROLOGY*. Amsterdam: Elsevier, 2010.

AUGUSTO, Cristiane Brandão. Neurocriminologia : Novas ideias , antigos ideais *. v. 12, p. 44–72, 2010.

BAINBRIDGE, William Sims. Converging Technologies and Human Destiny. *Journal of Medicine and Philosophy*, v. 32, p. 197–216, 2007.

BATISTA, Pablo. Muito além do nosso eu é autobiografia que reforça estereótipos de cientistas. *Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF*, 2017. Disponível em: <<https://portal.cbpf.br/pt-br/ultimas-noticias/muito-alem-do-nosso-eu-e-autobiografia-que-reforca-estereotipos-de-cientistas>>.

BECKERT, Jens. *Imagined futures : fi ctional expectations and cap i tal ist dynamics*. Massachusetts: Harvard university press, 2016.

BROSNAN, Caragh; MICHAEL, Mike. Enacting the ‘ neuro ’ in practice : Translational research , adhesion and the promise of porosity. *Social Studies of Science*, v. 44, n. 5, p. 680–700, 2014.

CAREY, Benedict. Brain Enhancement Is Wrong, Right? *The New York times*, v. March 9, p. 1–3, 2008.

CHOUDHURY, Suparna; NAGEL, Saskia Kathi; SLABY, Jan. Critical Neuroscience : Linking Neuroscience and Society through Critical Practice. *BioSocieties*, v. 4, n. 2009, p. 61–77, 2009.

CHOUDHURY, Suparna; NAGEL, Saskia Kathi; SLABY, Jan. Critical Neuroscience : Linking Neuroscience and Society through Critical Practice. n. 2009, p. 61–77, 2018.

CHOUDHURY, Suparna; SLABY, Jan. *Critical neuroscience : a handbook of the social and cultural contexts of neuroscience*. UK: Wiley-Blackwell, 2012.

CLARK, Andy. Re-Inventing Ourselves : The Plasticity of Embodiment , Sensing , and

Mind. *Journal of Medicine and Philosophy*, v. 32, n. June 2004, p. 263–282, 2007.

CROMBY, John. Integrating Social Science with Neuroscience : Potentials and Problems Integrating Social Science with Neuroscience : Potentials and Problems. *BioSocieties*, v. 2, n. June 2007, p. 149–169, 2015.

D'ANDRÉA, Carlos. Controvérsias midiaticizadas no Twitter durante transmissões televisivas ao vivo: a rede “ exoesqueleto ” na abertura da Copa 2014. *COMPÓS - Associação Nacional de PPG em Comunicação*, v. 6D014DBF-2, p. 1–22, 2014.

DAMASIO, Antonio. *E o cérebro criou o Homem*. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

DAMÁSIO, Antônio. *O Erro de Descartes: Emoção, Razão e o Cérebro Humano*. 3. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.

DAMASIO, Antonio R. *et al. Encyclopedia of Human Brain*. [S.l.]: Academic Press, 2002.

DECETY, Jean; KEENAN, Julian Paul; EDITOR, Deputy. *Social Neuroscience : A new journal*. v. 1, n. 1, p. 1–5, 2006.

DILorenzo, Daniel; GROSS, Robert. History and Overview of Neural Engineering. In: DILorenzo, DANIEL; BRONZINO, JOSEPH (Org.). *Neuroengineering*. [S.l.]: CRC Press - Taylor & Francis Group, 2008.

DUARTE, Tiago Ribeiro. Mecanismos de homogeneização da atividade científica: o caso da ciência das mudanças climáticas. *Sociedade e Estado*, v. 31, n. 3, p. 821-843, 2016.

FLOYD, Pink. Breathe. **The Dark Side of the Moon**, 1973.

FM, Kamm. Is there a problem with enhancement ? *American Journal Bioethics*, v. 5, n. 3, p. 5–14, 2005.

GARDEN, Hermann *et al.* NeuroView Neurotechnology and Society : Strengthening Responsible Innovation in Brain Science NeuroView. *Neuron*, v. 92, n. 3, p. 642–646, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2016.10.053>>.

GARDNER, John *et al.* Neurosocialities : Anthropological Engagements with the

Neurosciences Neurosocialities : Anthropological Engagements with the Neurosciences. *Medical Anthropology*, v. 00, n. 00, p. 1–5, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01459740.2018.1439488>>.

HAASE, Vitor Geraldi; PINHEIRO-CHAGAS, Pedro. Um Convite à Neurociência Cognitiva Social. *Gerais: Revisa Interinstitucional de Psicologia*, v. 2, n. 1, p. 43–49, 2009.

HARAWAY, Donna; KUNZRU, Hari. *Antropologia do ciborgue : as vertigens do pós-humano*. 2. ed. Belo Horizonte: Autentica Editora, 2009. Disponível em: <[https://we.riseup.net/assets/128240/antropologia do ciborgue.pdf](https://we.riseup.net/assets/128240/antropologia%20do%20ciborgue.pdf)>.

HAYLES, Katherine. *How we became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*. Chicago and London: The University of Chicago Press, 1999.

IBAÑES, Agustín; SEDEÑO, Lucas. *Neuroscience and Social Science The Missing Link*. Switzerland: Springer, 2017.

IM, Chang-hwan *et al.* *Computational Methods in Neuroengineering*. v. 2013, 2013.

JASANOFF, Sheila. A global observatory for gene editing. *Nature*, v. 555, p. 435–437, 2018.

JASANOFF, Sheila. Civic Epistemology. *Designs on nature: Science and democracy in Europe and the United States*. [S.l.]: Princeton University Press, 2011a. .

JASANOFF, Sheila. Constitutional Moments in Governing Science and Technology. *Sci Eng Ethics (2011)*, v. 17, p. 621–638, 2011b.

JASANOFF, Sheila. *Dreamscapes of modernity: Sociotechnical imaginaries and the fabrication of power*. Chicago and London: University of Chicago Press, 2015.

JASANOFF, Sheila. Ordering knowledge, ordering society. *States of Knowledge The co-production of science and social order Edited*. [S.l.: s.n.], 2004. p. 13–46. Disponível em: <<http://www.ebookstore.tandf.co.uk>>.

JASANOFF, Sheila. Perfecting the Human: Posthuman Imaginaries and Technologies of Reason. In: HURLBUT, J. BENJAMIN; TIROSH-SAMUELSON, HAVA (Org.). .

Perfecting Human Futures: Transhuman Visions and Technological Imaginations. [S.l.]: Springer, 2016a. p. 73–96.

JASANOFF, Sheila. *The ethics of invention: technology and the human future*. [S.l.]: WW Norton & Company, 2016b.

JO, Hanjoong *et al.* *Biomedical Engineering: Frontier Research and Converging Technologies*. [S.l.]: Springer, 2016.

KAO, J. C. *et al.* Recent patents in brain-machine interfaces. *Nature Biotechnology*, v. 33, n. 9, p. 927–927, 2015. Disponível em: <<http://www.nature.com/doi/10.1038/nbt.3351>>.

KHUSHF, George; KHUSHF, George. The Ethics of NBIC Convergence. *Journal of Medicine and Philosophy* ISSN:, v. 5310, n. 32, p. 185–196, 2007.

KURZWEIL, Ray. *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*. [S.l.]: Viking, 2005. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1057/9781137349088_26>.

LANGLITZ. Neuro, Neuro, Neuro. *BioSocieties*, v. 9, p. 353, 2014.

LEBEDEV, Mikhail A *et al.* Future developments in brain-machine interface research. *CLINICS*, v. 66, n. 1, p. 25–32, 2011.

LEBEDEV, Mikhail A; NICOLELIS, Miguel A L. Brain-machine interfaces : past , present and future. *Trends in Neurosciences*, v. 29, n. 9, p. 536–546, 2006.

LIMA, João Vicente Barroso da Costa; NEVES, Fabrício Monteiro; RODRIGUES, Léo Peixoto. Os usos discursivos da ciência e da tecnologia nas disputas políticas ambientais. *Sociedade e Estado*, v. 31, n. 2, p. 517-538, 2016.

NEVES, Fabrício Monteiro. *Bíos e techné: estudo sobre a construção do sistema de biotecnologia periférico*. 2009.

NICOLELIS, Miguel. *Made in Macaíba*. Sao Paulo: Planeta, 2016.

NICOLELIS, Miguel. *Methods for neural ensemble recordings*. Boca Raton: CRC Press - Taylor & Francis Group, 2008.

NICOLELIS, Miguel. *Muito além do nosso eu: a nova neurociência que une cérebro e máquinas e como ela pode mudar nossas vidas*. Sao Paulo: Companhia das Letras Editora, 2011.

NICOLELIS, Miguel A. L. *Methods for neural ensemble recordings*. 2. ed. [S.l.]: CRC Press - Taylor & Francis Group, 2008.

NICOLELIS, Miguel A L *et al.* Reconstructing the Engram : Simultaneous , Multisite , Many Single Neuron Recordings. *Neuron*, v. 18, p. 529–537, 1997.

NICOLELIS, Miguel A L. *THE TRUE CREATOR OF EVERY THING HOW THE HUMAN BRAIN SHAPED THE UNIVERSE AS WE KNOW IT*. [S.l.]: Yale University Press, 2020.

PAIS-VIEIRA, Miguel *et al.* Building an organic computing device with multiple interconnected brains. *Scientific Reports*, v. 5, p. 11869, 2015. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4497302&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>.

PARANA, Edemilson. A FINANÇA DIGITALIZADA: O papel das tecnologias de informação e comunicação no processo de financeirização da economia mundial Autor: n. 3, p. 1–16, 2014. Disponível em: <http://www.cetking.com/wp-content/uploads/2012/12/futureoffinance5.pdf%5Cnhttp://arno.unimaas.nl/show.cgi?fid=324%5Cnhttp://inforge.unil.ch/aosterwa/Documents/workshop/Osterwalder_Pigneur.pdf%5Cnhttps://repositorio.uninove.br/xmlui/bitstream/handle/123456>.

PARANÁ, Edemilson. Vida programada : o imbricamento ser humano-máquina e a ideologia da técnica no capitalismo contemporâneo. *Contemporânea*, v. 7, n. 1, p. 223–245, 2017.

PICCOLINO, Marco; BRESADOLA, Marco. *“Frogs, Torpedoes, and Sparks: Galvani, Volta, and Animal Electricity is an English translation of Rane, torpedini e scintille. Galvani, Volta e l’elett ricità animale*. New York: Oxford University Press, 2013.

PICKERSGILL, Martyn. *The social life of the brain : Neuroscience in society*. 2013.

PICKERSGILL, Martyn; KEULEN, Ven. *Sociological reflections on the neurosciences*

[*Advances in medical sociology*, v. 13]. [S.l.]: Emerald Group Publishing Limited, 2011.

PREMEBIDA, ADRIANO; NEVES, FABRÍCIO MONTEIRO; ALMEIDA, Jalcione. Estudos sociais em ciência e tecnologia e suas distintas abordagens. *Sociologias*, v. 13, n. 26, p. 22–42, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-45222011000100003&lng=pt&tlng=pt%0Ahttp://www.scielo.br/pdf/soc/v13n26/03.pdf>.

RAMACHANDRAN, V. S. *O que o cérebro tem para contar: desvendando os mistérios da natureza humana*. 1. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2014.

ROACHE, R; CLARKE, S. Bioconservatism , bioliberalism , and the wisdom of reflecting on. *Monash Bioethics Review*, v. 28, n. 1, p. 1–21, 2009.

ROCO, Mihail C.; BAINBRIDGE, William Sims. *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Arlington, Virginia: National Science Foundation, 2002.

RODRIGUES, Léo Peixoto; NEVES, Fabrício Monteiro. *A sociologia de Niklas Luhmann*. Editora Vozes Limitada, 2017.

RODRIGUES, Léo Peixoto; NEVES, Fabrício Monteiro; ANJOS, José Carlos dos. A contribuição da Sociologia à compreensão de uma epistemologia complexa da Ciência contemporânea. *Sociologias*, v. 18, n. 41, p. 24-53, 2016.

ROHDEN, Fabíola. VIDA SAUDÁVEL VERSUS VIDA APRIMORADA : TECNOLOGIAS BIOMÉDICAS , PROCESSOS DE. *Horizontes Antropológicos*, v. 47, p. 29–60, 2017.

ROSE, Nikolas; ABI-RACHED, Joelle M. *The New Brain Sciences and the Management of the Mind*. [S.l.]: Princeton University Press, 2013.

SAMPLE, Matthew *et al.* Do Publics Share Experts ' Concerns about Brain – Computer Interfaces ? A Trinational Survey on the Ethics of Neural Technology. *Science, Technology, & Human Values*, p. 1–29, 2019.

SCHNEIDER, Tanja; WOOLGAR, Steve. Neuromarketing in the making: Enactment and reflexive entanglement in an emerging field. *BioSocieties*, v. 10, n. 4, p. 400–421, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1057/biosoc.2015.37>>.

SCHUMMER, Joachim. From Nano-Convergence to NBIC-Convergence: “The Best Way to Predict the Future is to Create it”. *Sociology of the Sciences Yearbook VOLUME XXVII - Governing Future Technologies Nanotechnology and the Rise of an Assessment Regime*. [S.l.]: Springer, 2010. p. 57–73.

SOCIETY, Royal. *Human enhancement and the future of work Report from a joint workshop hosted by the Academy of Medical Sciences , the British Academy , the Royal Academy of Engineering*. [S.l: s.n.], 2012.

STELLA PALIKAROVA. The Ethical Integration of Brain Machine: Toward the Cyborgization. *Faculty of Information Quarterly*, v. 2, n. 1, 2007.

TURNER, Stephen. Social Theory as a Cognitive Neuroscience. v. 10, n. 3, 2007.

TURNER, Stephen. Teoria social e neurociência. *Tempo Social, revista de sociologia da USP*, v. 26, n. 2, p. 71–88, 2014.

TURNER, Stephen. Teoria social e neurociência. [S.d.].

ZUBOFF, Shoshana. *The age of surveillance capitalism : the fight for a human future at the new frontier of power*. New York: PublicAffairs, 2019.