

Artigo

Proposta de Fomento Local à Neurotecnologia: Resultados da Integração entre Academia e Indústria na Engenharia Biomédica

Local Neurotechnology Development Proposal: Outcomes of the Integration between Academia and Industry in Biomedical Engineering

Dos Santos, J.B.^{1,*}, Fernandes, B.C.^{2,*}, Oliveira, A.J.P.^{1,*}, Candido, J.H.B.^{1,*}, Gomes, M.M.F.^{1,*}

¹ Universidade de Brasília, Brasília;

² Université Marie et Louis Pasteur;

* Correspondência: jhenybenisanto@gmail.com (J.B.), bruna10cf@gmail.com (B.C.), 02annajulia@gmail.com (A.J.P.), jhenrique.bc72@gmail.com (J.H.B.), marailiamfg@gmail.com (M.M.F.)

Received: 30/05/2025; Accepted: 03/06/2025; Published: 10/06/2025

Resumo: A Neurotecnologia está revolucionando a Engenharia Biomédica, especialmente em interfaces cérebro-máquina (BCI), neuromodulação e inteligência artificial aplicada. No entanto, a lacuna entre academia e indústria retarda o avanço de soluções eficazes. Para combater isso, propõe-se a NeuroTechBSB, um núcleo de inovação fruto da parceria entre o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da UnB (PPGEB-UnB) e a NeuroTechX. A NeuroTechBSB visa integrar estudantes, pesquisadores e profissionais, fomentando um ecossistema de experimentação e desenvolvimento de tecnologias no Brasil. A iniciativa busca engajar acadêmicos e a comunidade externa interessada em neurociências, promovendo aprendizado prático e colaborativo. Planeja-se a realização de eventos nacionais e internacionais, workshops e projetos que impulsionem a produção de conhecimento em áreas como BCI, neuroestimulação, inteligência artificial, aprendizado de máquina, análise de dados biomédicos, eletrônica e robótica. Além de desenvolver soluções tecnológicas, o núcleo busca criar metodologias educacionais inovadoras, capacitando profissionais para o mercado de trabalho. O projeto fortalece a conexão entre academia e indústria, impulsionando a neurotecnologia e a engenharia biomédica no Brasil. Lançado em 2023, o NeuroTechBSB consolida um ecossistema colaborativo que fomenta a pesquisa aplicada e prepara profissionais para o setor industrial e o avanço tecnológico brasileiro. Este trabalho apresenta os resultados de quase dois anos de atividades, visando incentivar projetos similares.

Palavras-chave: Neurotecnologia, Engenharia Biomédica, inovação

Abstract: Neurotechnology is revolutionizing Biomedical Engineering, especially in brain-computer interfaces (BCI), neuromodulation, and applied artificial intelligence. However, the gap between academia and industry hinders the advancement of effective solutions. To address this, NeuroTechBSB has been proposed—an innovation hub stemming from a partnership between the University of Brasília's Postgraduate Program in Biomedical Engineering (PPGEB-UnB) and NeuroTechX. The NeuroTechBSB aims to integrate students, researchers, and professionals, fostering an ecosystem for technology experimentation and development in Brazil. The initiative seeks to engage academics and the external community interested in neurosciences, promoting practical and collaborative learning. Plans include national and international events, workshops, and projects to boost knowledge production in areas like BCI, neurostimulation, artificial intelligence, machine learning, biomedical data analysis, electronics, and robotics. Beyond developing technological solutions, the hub strives to create innovative educational methodologies, equipping professionals for the job market. The project strengthens the connection between academia and industry, propelling

neurotechnology and biomedical engineering in Brazil. Launched in 2023, NeuroTechBSB solidifies a collaborative ecosystem that fosters applied research and prepares professionals for the industrial sector and Brazilian technological advancement. This work presents the results of nearly two years of activities, aiming to encourage similar projects.

Keywords: Neurotechnology, Biomedical Engineering, innovation

1. Introdução

Engenharia biomédica é um ramo da engenharia voltado para aplicações médicas e biológicas (Linsenmeier, 2003). Trata-se de um campo de estudo notoriamente complexo, pois exige que seus profissionais tenham uma formação sólida tanto em biologia quanto em engenharia. No entanto, as limitações dos cursos de graduação impõem desafios significativos às universidades ao redor do mundo na definição de um currículo básico universal para a profissão.

Em 1998, um centro liderado pela *National Science Foundation* (NSF) identificou diversos obstáculos na educação formal da engenharia biomédica, a saber: dificuldade de padronização curricular, a falta de inclusão de temas essenciais (como bioética e regulamentações), a restrição da carga horária e a constante necessidade de adaptação a um setor em constante evolução (Harris et al., 2002). Décadas depois, muitos desses desafios ainda persistem - tornando a estruturação educacional da área um tema de debate contínuo.

Outro fator importante a ser considerado é a grande diversidade de especializações dentro da engenharia biomédica e áreas correlatas - e cujos domínios de expertise nem sempre se sobrepõem de uma maneira que seja possível estruturar em um só currículo geral. Um exemplo emblemático é a neurotecnologia: área que integra neurociências juntamente com outras disciplinas de ciência (*e.g.* tecnologia, engenharia e matemática). Essa área abrange desde eletrônica, computação e análise de dados até fisiologia, ciências físicas e medicina. A formação de engenheiros biomédicos especializados em neurotecnologia evidencia os desafios de integrar um espectro tão amplo de conhecimentos em um único currículo. Além disso, a necessidade de um ensino multidisciplinar e constantemente atualizado amplia as dificuldades já existentes na padronização curricular da engenharia biomédica.

Nos últimos anos, a neurotecnologia tem se expandido rapidamente, impulsionada pelo crescimento das empresas do tipo *neurotechs*, que aplicam conhecimentos acadêmicos avançados ao setor de *Health Tech*. Em especial, a área de interfaces cérebro-máquina tem ganhado destaque; com empresas desenvolvendo soluções tanto para reabilitação e recuperação de pacientes (como próteses, dispositivos de estimulação elétrica e equipamentos de monitoramento fisiológico) quanto para aplicações recreativas (como dispositivos que captam sinais biológicos para controle de equipamentos e jogos). No entanto, esse crescimento acelerado tem levado muitas empresas a recrutar profissionais de áreas correlatas – como engenharia de software, psicologia e neurociência – para funções cuja gama de atividades seria mais adequadamente satisfeita com o emprego de engenheiros biomédicos - carreira infelizmente ainda em ascensão e formalização no Brasil.

Diante desse cenário, este estudo propõe, por meio do projeto NeuroTechBSB, a criação de um núcleo no Brasil voltado especificamente para conectar pesquisa e mercado na área de neurotecnologia e neurociência. Esse núcleo atua como um espaço de experimentação e desenvolvimento de soluções tecnológicas, promovendo a integração entre o meio acadêmico e empresas especializadas. A iniciativa busca reduzir a lacuna entre a formação acadêmica e as demandas da indústria dentro do campo da engenharia biomédica e, em especial, da área de neurotecnologia; oferecendo a estudantes de graduação e pós-graduação contato direto com as mais recentes aplicações tecnológicas. Além disso, pretende fortalecer a participação da comunidade brasileira nesse ecossistema dinâmico, impulsionando o avanço da nanotecnologia no país.

2. Métodos

Esta proposta fundamenta-se na abordagem construtivista de aprendizado, segundo a qual o estudante desempenha um papel ativo na construção de seu conhecimento e compreensão, contando com suporte tanto da universidade quanto da indústria (Kamel-Alsayed et al., 2018; Crow et al. 2020). Essa abordagem é essencial para a formação de profissionais altamente qualificados na área de neurotecnologia, uma vez que esse campo exige a integração de conhecimentos multidisciplinares, bem como habilidades práticas e analíticas para a aplicação em contextos reais.

Dessa forma, a metodologia adotada no projeto NeuroTechBSB busca articular três eixos principais: (i) a formação acadêmica complementar, por meio de cursos, workshops e atividades experimentais; (ii) a imersão prática e desenvolvimento de projetos - incluindo hackathons, desafios tecnológicos e criação de protótipos; e (iii) a integração com a comunidade científica e o setor industrial, promovendo a participação em eventos nacionais e internacionais e estimulando colaborações institucionais.

2.1. Estratégias e atividades

Para garantir um processo de aprendizado eficiente e alinhado às necessidades do setor, o projeto implementa um conjunto estruturado de atividades voltadas à capacitação técnica e à difusão da neurotecnologia. Essas atividades abrangem tanto a comunidade acadêmica quanto profissionais externos interessados na área. As principais iniciativas incluem:

2.1.1. Capacitação técnica e científica

1. Desenvolvimento de cursos e workshops sobre neurotecnologia, engenharia biomédica, programação aplicada e análise de sinais biológicos;
2. Implementação de atividades práticas em instrumentação biomédica, eletrônica e processamento de dados;
3. Criação de um *Journal Club*, permitindo a discussão periódica de artigos científicos e avanços recentes no campo da neurociência, engenharia biomédica e neurotecnologia.

2.1.2. Desenvolvimento de projetos aplicados

1. Organização de *hackathons* e participação em competições presenciais e virtuais, visando estimular a inovação e o desenvolvimento de novas soluções;
2. Incentivo à criação de protótipos funcionais voltados para aplicações em interfaces cérebro-máquina e reabilitação biomédica;

2.1.3. Integração com a indústria e a comunidade científica

1. Promoção de eventos nacionais e internacionais para networking entre pesquisadores, estudantes e profissionais da indústria;
2. Participação em conferências e simpósios, representando o Brasil em discussões sobre o avanço da neurotecnologia.
3. Colaboração com outras instituições acadêmicas e centros de pesquisa para fomentar projetos interdisciplinares.

2.2. Implementação e linha do tempo

A implementação do projeto NeuroTechBSB foi conduzida com base em um planejamento estruturado, que orientou a realização contínua de iniciativas voltadas à disseminação da neurotecnologia e ao fortalecimento da engenharia biomédica no Brasil. O projeto foi desenvolvido em duas fases principais: estruturação inicial e consolidação com expansão das atividades.

Ano 1 – Estruturação e lançamento das primeiras atividades

O projeto foi oficialmente lançado em 2023, com a realização do *1º Meeting NeuroTechBSB & PPGE-UNB*: evento inaugural destinado a apresentar a proposta à comunidade acadêmica e contextualizar sua inserção no cenário internacional. O evento destacou a atuação da rede global NeuroTechX e marcou a fundação do *Chapter NeuroTechBSB* – o primeiro do Brasil e um dos pioneiros na América Latina. A programação incluiu palestras, painéis de discussão e sessões de networking entre estudantes e pesquisadores da área.

Como parte das ações do primeiro ano, o grupo também organizou e participou do *NeuroTechX Global Hackathon 2023*, colaborando como um dos centros locais de apoio, sediado na FCTE – Gama (UNB). Esta atividade foi registrada como ação de extensão universitária e envolveu o desenvolvimento de projetos voltados a interfaces cérebro-máquina, além de palestras com especialistas e empresas da área, em formato online e síncrono.

A equipe participou ainda da Semana da Biologia (Semabio) da UNB, promovendo uma apresentação sobre a evolução histórica da neurotecnologia, suas aplicações e tendências.

Ano 2 – Consolidação e Expansão

Em 2024, o projeto avançou para uma nova fase de consolidação, com ampliação das iniciativas e aprofundamento das parcerias acadêmico-industriais. Foi criado o *Journal Club* NeuroTechBSB, um espaço voltado à análise crítica de artigos científicos na interface entre neurociência e engenharia biomédica. As reuniões ocorreram online entre agosto e dezembro, com base em um banco de artigos previamente selecionados pela equipe. Esta atividade contou com a colaboração de outros grupos da América Latina, ampliando o impacto da iniciativa.

A segunda edição do *Meeting NeuroTechBSB & PPGEB-UnB* também foi realizada, dessa vez como atividade formal de extensão. O evento contou com a participação de pesquisadores nacionais e internacionais, consolidando o caráter multidisciplinar e colaborativo da rede NeuroTechBSB

3. Resultados

A implementação do projeto NeuroTechBSB demonstrou um real impacto na disseminação da neurotecnologia e da engenharia biomédica na comunidade acadêmica.

3.1. Eventos Científicos e Acadêmicos

3.1.1. 1º Meeting NeuroTechBsB & PPGEB-UnB (2023)

O primeiro evento inaugural promovido de forma independente e oficial pelo grupo, o *1º Meeting NeuroTechBSB & PPGEB-UnB*, realizado ainda em 2023, promoveu um ambiente fértil de discussão e apresentação de pesquisadores renomados da UnB e do Brasil para a comunidade e estabeleceu as bases para a integração da academia com as iniciativas promovidas pela NeuroTechX. Pela iniciativa, a realização do primeiro evento internacional em português permitiu uma maior inclusão de falantes nativos, ampliando o acesso à discussão sobre neurotecnologia. O impacto deste evento pôde ser observado nas métricas da quantidade de participantes ao vivo e das visualizações das gravações do evento: média de 100 participações/visualizações por apresentação.

3.1.2. 2º Meeting NeuroTechBsB & PPGEB-UnB (2024)

Com o evento *2º Meeting NeuroTechBSB & PPGEB-UnB*, em 2024, o foco foi dado em aplicações neurotecnológicas e na discussão de inovações nas técnicas experimentais já bem consolidadas (Figura 1). O impacto desta atividade foi mais modesto, com média de 15 participantes síncronos/visualizações das gravações - acredita-se que este resultado foi devido ao fato de, por erros técnicos, não ter sido possível fazer a transmissão do evento no formato ao vivo e também pela divulgação do evento não ter sido feita de forma tão extensa quanto a primeira edição.

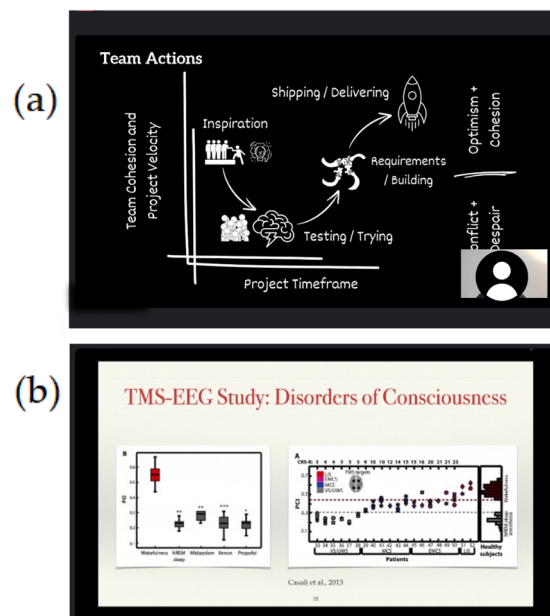


Figura 1: Capturas de tela com exemplos das apresentações do evento 2° Meeting NeuroTechBSB & PPGEB-UnB. (a): Palestrante do Chapter de Zurich com a palestra “Product Development for Neurotech”. (b): Palestrante estudante de PhD da Universidade de Aalborg com a palestra “Electroencephalogram (EEG) and Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) in humans”. As imagens e textos foram anonimizados para preservar a identidade dos participantes.

3.2. Atividades Práticas e Colaborativas

3.2.1. Participação em Hackathons e Projetos Experimentais

No contexto das atividades práticas da iniciativa, a participação em eventos como o *NeuroTechX Global Hackathon 2023* e a colaboração direta com grupos de pesquisa da UnB com a promoção de atividades de coleta e tratamento de dados de eletroencefalograma (EEG), permitiu maior interação com a comunidade acadêmica local (Figura 2). Estas atividades resultaram na criação de novas linhas de pesquisa e de projetos de iniciação científica na Universidade.

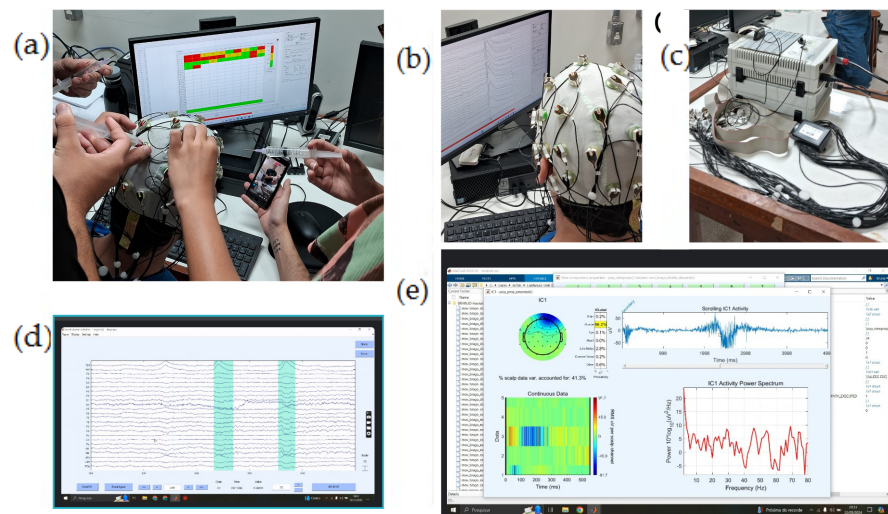


Figura 2: Participação em competições e realização de projetos com a comunidade acadêmica. (a) e (b): Coleta de dados EEG de sinais motores para aplicação de BCI em robótica em parceria com grupo de pesquisa da UnB. (c): Aparelho EEG usado para coleta de sinais. (d) e (e): Análise e tratamento dos dados no software Matlab durante evento *NeuroTechX Global Hackathon 2023*.

3.3. Participação em Eventos Institucionais e Divulgação Científica

3.3.1. Atuação em Eventos da UnB

No âmbito da participação e divulgação científica, o grupo esteve presente em eventos academicamente importantes na UnB: XXII Semana da Biologia em 2023, cuja temática foi "Memórias da Vida - Relembrando o Passado e Olhando para o Futuro", onde tivemos por volta de 30 participantes na palestra promovida pelo grupo e intitulada "A Jornada da Neurotecnologia". No ano seguinte (2024), o grupo marcou presença na 24ª Semana Universitária (SemaUni), participando com o mesmo tema do ano anterior; e, neste mesmo ano, o grupo fez uma apresentação durante a VI *IEEE Week* perante uma plateia de aprox. 20 pessoas, a convite do IEEE EMBS - *Engineering in Medicine and Biology Society* (Figura 3).

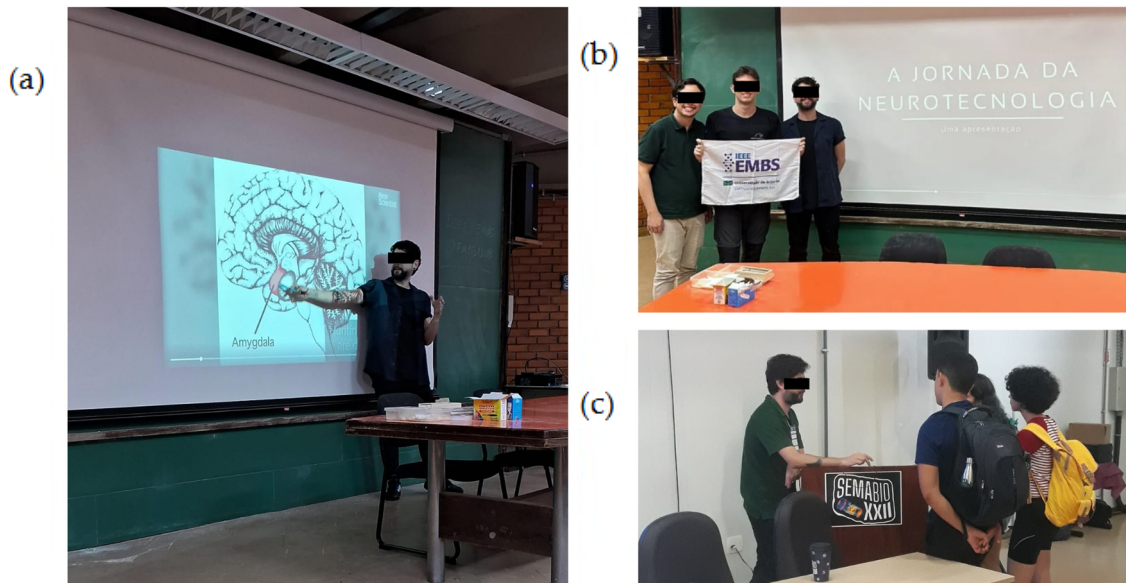


Figura 3: Presença em eventos. (a) e (b): Participação na VI IEEE Week em conjunto com a 24ª Semana Universitária da UnB com a palestra “A jornada da neurotecnologia”, realizada em parceria com o grupo EMBS IEEE - Equipe do Biochallenge Brasil 2024. (c): Participação na Semana da Biologia XXII 2023.

3.3.2. Participação em Eventos Nacionais – XV Simpósio de Engenharia Biomédica

Ainda sobre a participação e divulgação científica realizada pelo grupo, participamos também do XV Simpósio de Engenharia Biomédica (XV SEB), um evento focado na troca de conhecimento e na divulgação de pesquisas na área de Engenharia Biomédica. Este simpósio, de grande relevância para a região do Triângulo Mineiro, teve como objetivo promover a integração entre os sistemas de graduação e pós-graduação conectados à Engenharia Biomédica, como: medicina, terapia ocupacional, física médica e fisioterapia, entre outros. O evento foi sediado pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), instituição com tradição na área e que possui cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia Biomédica. O grupo NeuroTechBSB participou com a apresentação de um trabalho voltado para a divulgação do projeto (Figura 4).

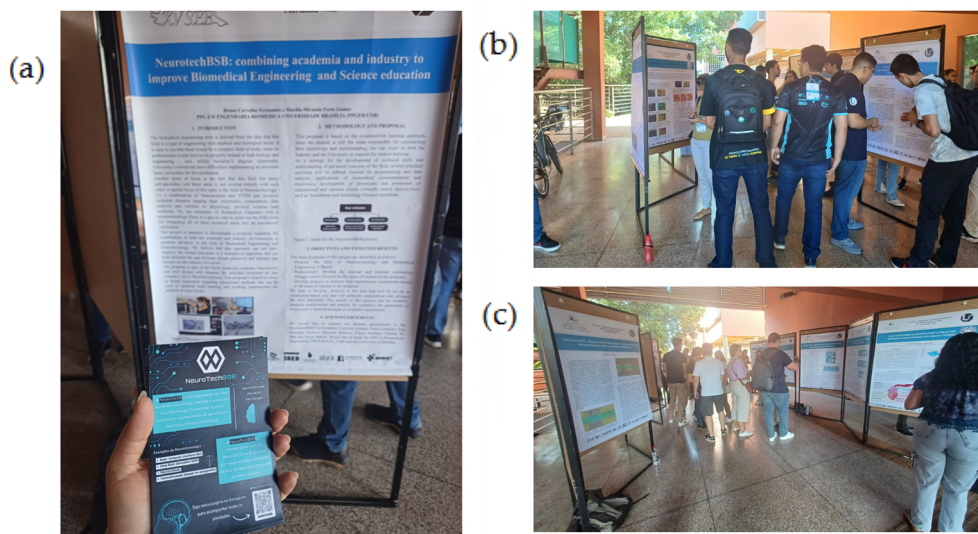


Figura 4: Divulgação científica. (a): Participação no XV SEB - Uberlândia/MG com o trabalho “NeurotechBSB: combining academia and industry to improve Biomedical Engineering and Science education” na modalidade pôster e com flyer de divulgação do grupo. (b) e (c): Participantes do XV SEB na exposição dos pôsteres

4. Discussão

4.1 Colaboração interdisciplinar e transferência de tecnologia

A neurotecnologia tem ganhado destaque globalmente no campo da engenharia biomédica, especialmente em áreas como interfaces cérebro-máquina (BCI), neuromodulação e inteligência artificial. Contudo, a desconexão entre pesquisa e mercado ainda impede o desenvolvimento de soluções mais acessíveis e eficazes. Nesse cenário, projetos como o NeuroTechEU promovem essa colaboração, e inspirado nesse modelo, o NeuroTechBSB propõe a criação de um ecossistema colaborativo que conecta estudantes, pesquisadores e a indústria. O objetivo é fomentar a pesquisa aplicada e aprimorar a capacitação profissional no Brasil.

Estudos, como os da *NIH BRAIN Initiative*, demonstram que programas interdisciplinares com colaboração internacional são eficazes na melhoria da formação acadêmica e na transferência tecnológica para aplicações clínicas e industriais - a inclusão de atividades práticas e a participação do setor privado aceleram a transferência tecnológica e impulsionam a adoção de inovações (Koroshetz et al., 2020). Desse modo, o NeuroTechBSB possui grande potencial para preencher lacunas na qualificação profissional, contribuindo significativamente para o avanço da engenharia biomédica — e, mais especificamente, da neurotecnologia — no Brasil.

Apesar das oportunidades, desafios como financiamento, engajamento e regulação são comuns a esses projetos. Para superá-los, e considerando iniciativas bem-sucedidas como o *European Brain Project* - que consolidou uma infraestrutura robusta com investimentos público-privados (Morris et al., 2021) -, o NeuroTechBSB aposta na expansão da rede de colaboração, na divulgação de seus resultados para democratizar o conhecimento científico e no estabelecimento de parcerias estratégicas com a academia e a indústria. A valiosa parceria com o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da UnB (PPGEB-UnB) é um exemplo disso, com o grupo integrando o projeto de extensão "PROJETO EBE (Engenharia Biomédica nos trilhos da Extensão): A PÓS-GRADUAÇÃO PARA ALÉM DA SALA DE AULA". Este projeto visa promover maior integração entre o PPGEB e os cursos de graduação em engenharia da Faculdade de Ciências e Tecnologias em Engenharia (FCTE-UnB), buscando ampliar a colaboração entre docentes, discentes e servidores, e estimular o compartilhamento de conhecimento dentro e fora do campus.

4.2 Impactos Sociais e Educacionais da Neurotecnologia

4.2.1 - Por quê promover esse campo

A neurotecnologia promete a implementação de tecnologias avançadas para promoção do bem-estar: este campo promete, por exemplo, ampliar a inclusão social de pessoas com deficiência ao promover novas formas de interação com o mundo: *e.g.* interfaces cérebro-máquina (BCIs) podem restaurar a comunicação em indivíduos paralisados, decodificando atividade neural em texto ou fala (Wolpaw & Wolpaw, 2012). Estudos demonstram que combinações de BCIs com tecnologias assistivas podem melhorar substancialmente a vida de pessoas com mobilidade reduzida, em áreas como comunicação, substituição motora e reabilitação (Mak & Wolpaw, 2009). Outro exemplo é relacionado ao uso de neuropróteses sensoriais e motoras, que promovem a ampliação de capacidades funcionais anteriormente comprometidas: implantes cocleares, por exemplo, devolvem a audição a surdos profundos e são o exemplo mais prático de prótese neural atualmente em uso (Zeng et al., 2008). Do mesmo modo, a estimulação epidural da medula espinhal tem permitido que pacientes tetraplégicos recobrem movimentos — após poucos meses de reabilitação com pulsos elétricos dirigidos, vários pacientes paralisados crônicos conseguem voltar a andar por meio do uso de suporte à marcha (Wagner et al., 2018). Esses avanços demonstram que neurotecnologias podem elevar a autonomia e a qualidade de vida, reduzindo barreiras físicas e de comunicação e promovendo a reabilitação de funções neurológicas severamente comprometidas.

Além do impacto direto na saúde, o estudo da neurotecnologia pode influenciar a educação e o treinamento profissional com aplicações em diversas áreas, e as instituições de ensino superior desempenham papel-chave na formação destes especialistas. Para a formação de profissionais dentro do campo de neurotecnologia, é fundamental que universidades criem currículos interdisciplinares que integrem neurociência, engenharia biomédica, ciência de dados, legislação ética e áreas correlatas; bem como laboratórios práticos que promovam atividades dentro destes domínios interdisciplinares - contudo, todas essas áreas apresentadas também se beneficiam da integração de conhecimentos entre si e outros domínios conexos. A *NIH BRAIN Initiative*, por exemplo, enfatiza a importância de "aumentar a capacitação em abordagens de pesquisa de ponta" e oferecer oportunidades de treinamento que forneçam às novas gerações "habilidades necessárias para liderar novas descobertas científicas" (Koroshetz et al., 2020). Dessa forma, a criação de programas de pós-graduação e centros de pesquisa dedicados (como o *NeuroTech Training Program*, de Stanford) demonstram não somente úteis na preparação pesquisadores com domínio de expertise técnica aplicada, mas também se mostram úteis na promoção de senso crítico e de visão científica no geral (conhecimentos

essenciais para qualquer área) - e cabe às universidades fomentar essa formação ética e prática de profissionais altamente qualificados, promovendo a interdisciplinaridade e alinhando teoria e aplicação; e o investimento em áreas como a neurotecnologia, devido a grande oportunidade de investimento que ela vem apresentando nos últimos anos e pelo fato de ser uma área extremamente interdisciplinar, se mostra como uma excelente opção.

4.3.1 Ética, Regulação e LGPD

Juntamente com todo o potencial que vem atrelado a esta área, a neurotecnologia também apresenta muitos desafios inerentes ao campo: a coleta e uso de dados neurais, por exemplo, introduzem riscos inéditos à privacidade mental do indivíduo; informações cerebrais podem revelar processos íntimos de memória, emoção e identidade, tornando vulnerável o domínio mais privado de cada pessoa (Yuste et al., 2017; Ienca & Andorno, 2017). O uso comercial ou estatal de tais dados sem salvaguardas éticas adequadas abre portas para manipulação comportamental, discriminação algorítmica ou violação do livre-arbítrio e a UNESCO (2021), por exemplo, alerta que neurotecnologias são extremamente promissoras para a saúde, porém podem apresentar sérios riscos a direitos - como a dignidade humana, a liberdade de pensamento e a privacidade - dependendo do modo como for usada. Além disso, levantamentos sobre neuroprivacidade têm identificado graves lacunas nas práticas da indústria, ressaltando que a maioria das empresas não informa adequadamente o consumidor sobre o destino de dados neurais nem garante a esses usuários controle sobre eles (Liu et al., 2022).

Internacionalmente, movimentos em defesa dos “neurodireitos” têm ganhado força. O Chile tornou-se pioneiro ao aprovar, em 2021, uma emenda constitucional que protege os dados neurais como equivalentes a partes do corpo humano — impedindo sua comercialização, manipulação indevida ou vigilância não consentida (Bublitz, 2022). O objetivo é garantir legalmente direitos como a privacidade mental, o livre-arbítrio e o acesso não discriminatório às neurotecnologias. Além disso, a UNESCO (2023) lançou uma iniciativa para desenvolver a primeira “Recomendação Internacional sobre Ética das Neurotecnologias”, buscando estabelecer um framework de princípios éticos que assegurem o uso responsável dessas tecnologias.

No contexto brasileiro, a Lei Geral de Proteção de Dados (Lei nº 13.709/2018) já classifica dados biométricos e de saúde como sensíveis, mas ainda não define explicitamente o que seriam dados neurais. Com o intuito de suprir essa lacuna, foi proposto o Projeto de Lei nº 522/2022, que busca incluir os dados neurais na LGPD como categoria específica de dado sensível. O projeto também propõe reconhecer os chamados “neurodireitos”, assegurando legalmente a privacidade mental e a identidade pessoal (Brasil, 2022). Apesar da importância, o Brasil ainda carece de regulação específica sobre a manipulação de neurodados — o que representa um risco, considerando a aceleração da adoção comercial e educacional de tecnologias que acessam o sistema nervoso central. Especialistas têm reforçado que, sem proteção legal clara, o uso indevido de dados neurais pode configurar uma das maiores ameaças à autonomia humana no século XXI (Ienca & Andorno, 2017; Bublitz, 2022).

5. Conclusão

Desde sua criação em 2023, o projeto NeuroTechBSB consolidou-se como uma iniciativa estratégica para integrar ensino, pesquisa e inovação tecnológica no campo da engenharia biomédica, com foco na neurotecnologia. Ao estabelecer uma rede colaborativa entre estudantes, pesquisadores e a indústria, o projeto promoveu a aplicação prática de conhecimentos avançados em contextos reais, contribuindo para a formação de profissionais mais preparados para os desafios técnicos e éticos da área. As ações desenvolvidas — incluindo a realização de eventos científicos, participação em hackathons, criação de um *Journal Club*, e o estreitamento de vínculos com a comunidade acadêmica e com o setor produtivo — demonstram o potencial transformador de programas interdisciplinares com base construtivista; e a resposta da comunidade científica e estudantil às atividades do projeto evidenciou uma demanda reprimida por espaços formativos que aliem teoria, prática e inovação direcionados às áreas de neurotecnologia e correlatas.

Além dos resultados alcançados, a implementação do projeto NeuroTechBSB também revelou desafios importantes: como a necessidade de financiamento contínuo e de acesso à infraestrutura acadêmica formal para promoção deste tipo de atividade, bem como todas as dificuldades relacionadas à implementação de um projeto pioneiro como este - e.g. falta de regulamentações locais claras para a manipulação/publicação de dados biométricos humanos, que fazem parte das atividades regulares do grupo e do campo de neurotecnologia no geral. No entanto, devido a ações muito estratégicas e na realização de parceria estratégicas, o grupo se mostra cada vez mais capaz de lidar com tais dificuldades - e a divulgação das atividades promovidas pelo grupo NeuroTechBSB possuem como objetivo inspirar e reforçar a importância de propostas como esta; que buscam preencher lacunas estruturais no ensino e na

aplicação tecnológica no Brasil e também promovem a inserção do país no contexto mundial de implementação de áreas de pesquisa/ensino tecnicamente avançadas.

O futuro do projeto aponta para a ampliação geográfica e temática das suas ações, com a realização de *hackathons* regionais, a criação de cursos introdutórios permanentes para a comunidade, o fortalecimento de parcerias e a consolidação de uma rede nacional de capítulos da rede NeuroTechX. Ao combinar inovação tecnológica, impacto social e responsabilidade ética, o NeuroTechBSB representa não apenas uma contribuição concreta para o avanço da neurotecnologia no Brasil, mas também um modelo inspirador de articulação entre ciência, educação e desenvolvimento socioeconômico.

Agradecimentos: Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade de Brasília (PPGEB-UnB) pelo apoio institucional e pela parceria estratégica na concepção e atividade do projeto NeuroTechBSB. A colaboração com o PPGEB foi e é fundamental para a consolidação de um ambiente interdisciplinar e inovador, que possibilita a integração entre ensino, pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Ao longo de quase dois anos de atividades, essa parceria contribuiu para a qualificação, fortalecimento do ecossistema de neurotecnologia no Brasil e o avanço da Engenharia Biomédica aplicada, alinhando-se ao propósito de aproximar a academia da comunidade e fomentar a inovação de base científica no país. Os autores também agradecem a rede NeuroTechX, responsável pela criação da iniciativa de *Chapters* da qual o grupo NeuroTechBSB faz parte, por seus valores e por possibilitar a implementação e a manutenção do grupo, além de fornecer a base teórica e o treinamento necessários para o funcionamento e estabelecimento da proposta à realidade brasileira.

Conflitos de Interesse: Os autores declaram não haver nenhum conflito de interesse.

Referências Bibliográficas

1. Lisenmeier, R.A. What makes a biomedical engineer?. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, **2003**, 22(4), 32-38. DOI: [10.1109/memb.2003.1237489](https://doi.org/10.1109/memb.2003.1237489)
2. arris, T.R.; Bransford, J.D.; Brophy, S.P. Roles for learning sciences and learning technologies in biomedical engineering education: a review of recent advances. *Annual Review of Biomedical Engineering*, **2002**, 4, 29-48. <https://doi.org/10.1146/annurev.bioeng.4.091701.125502>
3. Kamel-Alsayed, S.; Loftus, S. Using and Combining Learning Theories in Medical Education. *Medical Science Educator*, **2018**, 28, 255-258. <https://doi.org/10.1007/s40670-017-0519-9>
4. Crow, J.; Murray, J.A. Online Distance Learning in Biomedical Sciences: Community, Belonging and Presence. Em *Biomedical Visualisation, Advances in Experimental Medicine and Biology*; Rea, P., vol 1235. Springer, Cham. DOI: [10.1007/978-3-030-37639-0_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37639-0_10)
5. Koroshetz, W.; Ward, J.; Grady, C. NeuroEthics and the BRAIN initiative: Where Are We Going?. *AJOB Neuroscience*, **2020**, 11, 140-147. <https://doi.org/10.1080/21507740.2020.1778119>
6. Morris, K.; Nami, M.; Bolanos, J.F.; Lobo, M.A.; Sadri-Naini, M.; Fiallos, J.; et al.. Neuroscience20 (BRAIN20, SPINE20, and MENTAL20) Health Initiative: A Global Consortium Addressing the Human and Economic Burden of Brain, Spine, and Mental Disorders Through Neurotech Innovations and Policies. *Journal of Alzheimer's Disease*, **2021**, 83(4), 1563-1601. <https://doi.org/10.3233/JAD-215190>
7. Brasil. (2022). Projeto de Lei nº 522/2022. Senado Federal. <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2317524>
8. Bublitz, J. C. (2022). Novel Neurotechnologies and Human Rights. *Neuroethics*, 15(2), 123–139. <https://doi.org/10.1007/s12152-021-09487-2>
9. Ienca, M., & Andorno, R. (2017). Towards new human rights in the age of neuroscience and neurotechnology. *Life Sciences, Society and Policy*, 13, 5. <https://doi.org/10.1186/s40504-017-0050-1>
10. Koroshetz, W. J., et al. (2020). The BRAIN Initiative 2.0: From Cells to Circuits, Toward Cures. *Neuron*, 106(1), 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2020.03.017>
11. Liu, N. K., Zhang, W., & Lin, M. (2022). Ethical risks in consumer neurotechnology: A market analysis. *Nature Machine Intelligence*, 4(1), 12–14. <https://doi.org/10.1038/s42256-021-00422-5>
12. Mak, J. N., & Wolpaw, J. R. (2009). Clinical applications of brain-computer interfaces: current state and future prospects. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 2, 187–199. <https://doi.org/10.1109/RBME.2009.2035356>
13. UNESCO. (2021). Ethics of Artificial Intelligence: Recommendation adopted at the 41st session of the General Conference. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137>
14. UNESCO. (2023). Towards an International Recommendation on the Ethics of Neurotechnology. Paris. <https://www.unesco.org/en/ethics-neurotech/recommendation>

15. Wagner, F. B., et al. (2018). Targeted neurotechnology restores walking in humans with spinal cord injury. *Nature*, 563(7729), 65–71. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0649-2>
16. Wolpaw, J. R., & Wolpaw, E. W. (Eds.). (2012). *Brain-Computer Interfaces: Principles and Practice*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195388855.001.0001>
17. Zeng, F. G., et al. (2008). Cochlear implants: system design, integration, and evaluation. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 1, 115–142. <https://doi.org/10.1109/RBME.2008.2008250>