



Potencialidades da neurotecnologia para votação de pessoas tetraplégicas como instrumento de emancipação humana

Paulo Victor Paula Loureiro* e Fátima Maria Nobre Lopes**

Resumo

Garantir a inclusão e a acessibilidade aos serviços públicos prestados pelas instituições é essencial para promover os valores da igualdade e da democracia, principalmente em relação às eleições. De forma a assegurar a participação de todos ao processo eleitoral, a Justiça Eleitoral tem buscado vias de acessibilidade. Desse modo, procuramos empregar uma Tecnologia Assistiva (TA) para que pessoas tetraplégicas tenham acesso ao processo eleitoral promovendo a sua emancipação humana. Nesse sentido, a presente pesquisa objetiva demonstrar o nosso trabalho relativo à TA com pessoas tetraplégicas, evidenciando o desenvolvimento das suas potencialidades. Fundamenta-se em neurotecnologia, a qual promove a autonomia dessas pessoas para que possam participar de votações no processo eleitoral e também se fundamenta no conceito de emancipação humana a partir do pensamento de Theodor Adorno, pois, ao promover essa autonomia, ocorre também a emancipação desses sujeitos, cuja teoria buscamos no filósofo supracitado. O emprego de tal tecnologia faz parte do nosso doutorado em Educação pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e está sendo desenvolvido para a aplicação pela justiça eleitoral em futuras eleições. Para esse intento, utilizamos a pesquisa ação, com uma abordagem qualitativa e o método dialético, cujo resultado é o desenvolvimento de um protótipo de TA baseada em neurotecnologia não invasiva que permite a uma pessoa tetraplégica votar, selecionando os números correspondentes aos candidatos na eleição, por meio de suas ondas cerebrais, simplesmente piscando os olhos, promovendo a sua emancipação humana.

Palavras-chave: justiça eleitoral; tecnologia assistiva; emancipação humana.

Potential of neurotechnology for voting by quadriplegic people as an instrument of human emancipation

Abstract

Ensuring inclusion and accessibility to public services provided by institutions is essential to promoting the values of equality and democracy, especially in relation to elections. In order to guarantee the participation of all in the electoral process, the Electoral Court has sought accessibility pathways. Therefore, we aim to employ assistive technology so that quadriplegic individuals can access the electoral process, promoting their human emancipation. In this sense, this research aims to demonstrate our work related to assistive technology with quadriplegic individuals, highlighting the development of their potential. It is based on neurotechnology, as an assistive technology that promotes the autonomy of these individuals so that they can participate in voting in the electoral process, and is also based on the concept of human emancipation from the thought of Theodor Adorno, since promoting this autonomy also leads to the emancipation of these subjects, a theory we seek in the aforementioned

* Servidor requisitado pelo Tribunal Regional Eleitoral do Ceará (TRE-CE). Professor da Secretaria da Educação do Governo do Estado do Ceará. Doutorando em Educação do Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Ensino de Física (UFERSA). Membro do Grupo de Estudo e Pesquisa em Ontologia do Ser Social, Ética e Formação Humana (GEPOS), coordenado pela professora Fátima Maria Nobre Lopes (UFC). ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3223-8450>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6197403370402509>. E-mail: paulovictorloureiro@gmail.com.

** Professora da Universidade Federal do Ceará (UFC). Membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação e do PROFILO, ambos da UFC. Editora-chefe da Revista Educação em Debate da UFC. Doutora em Educação (UFC). Mestra em Filosofia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Líder do Grupo de Estudo e Pesquisa em Ontologia do Ser Social, Ética e Formação Humana (GEPOS). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4602-2443>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2514934974368526>. E-mail: fatimanobreufc@gmail.com.

philosopher. The use of this assistive technology is part of our doctoral research in Education at the Federal University of Ceará (UFC) and is being developed for application by the electoral court in future elections. For this purpose, we used action research, with a qualitative approach and the dialectical method, resulting in the development of a prototype assistive technology based on non-invasive neurotechnology that allows a quadriplegic person to vote, selecting the numbers corresponding to the candidates in the election, through their brainwaves, simply by blinking their eyes, promoting their human emancipation.

Keywords: electoral justice; assistive technology; human emancipation.

Potencial de la neurotecnología para el voto de personas tetrapléjicas como instrumento de emancipación humana

Resumen

Garantizar la inclusión y la accesibilidad a los servicios públicos que prestan las instituciones es esencial para promover los valores de igualdad y democracia, especialmente en el ámbito electoral. Para garantizar la participación de todos en el proceso electoral, el Tribunal Electoral ha buscado vías de accesibilidad. Por lo tanto, nuestro objetivo es emplear tecnología de asistencia para que las personas tetrapléjicas puedan acceder al proceso electoral, promoviendo así su emancipación. En este sentido, esta investigación pretende mostrar nuestro trabajo en tecnología de asistencia con personas tetrapléjicas, destacando el desarrollo de su potencial. Se basa en la neurotecnología, como tecnología de asistencia que promueve la autonomía de estas personas para que puedan participar en el proceso electoral, y también se fundamenta en el concepto de emancipación humana del pensamiento de Theodor Adorno, ya que promover esta autonomía también conduce a la emancipación de estos sujetos, una teoría que buscamos en el filósofo mencionado. El uso de esta tecnología de asistencia forma parte de nuestra investigación doctoral en Educación en la Universidad Federal de Ceará (UFC) y se está desarrollando para su aplicación por el tribunal electoral en futuras elecciones. Para ello, se utilizó la investigación-acción, con un enfoque cualitativo y el método dialéctico, dando como resultado el desarrollo de un prototipo de tecnología de asistencia basada en neurotecnología no invasiva que permite a una persona tetrapléjica votar, seleccionando los números correspondientes a los candidatos en la elección, a través de sus ondas cerebrales, simplemente parpadeando, promoviendo su emancipación humana.

Palabras clave: justicia electoral; tecnología de asistencia; emancipación humana.

INTRODUÇÃO

O Programa de Acessibilidade estabelecido pela Justiça Eleitoral (JE), Resolução-TSE n.º 23.381/2012, tem como objetivo implementar medidas para a eliminação de barreiras, a fim de promover o amplo e irrestrito acesso de pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida aos espaços e aos serviços da Justiça Eleitoral.

Para tal, foi necessária a criação de uma Comissão Permanente de Cidadania, Acessibilidade, Diversidade e Inclusão (CPCADI) para gerenciar o Programa de Acessibilidade e para desenvolver e avaliar os projetos e planos de ação relativos à acessibilidade.

Importante frisar que há muitas barreiras que precisam ser superadas para que alguns eleitores possam exercer o seu direito de votar. A carência de alguns recursos assistivos para pessoas com mobilidade reduzida tem imposto bloqueios para a sua participação no processo eleitoral, pois, apesar do desenvolvimento tecnológico, ainda há uma carência de

tecnologias assistivas para que pessoas com tetraplegia ou outros tipos de condição reduzida de mobilidade possam votar com autonomia.

A relevância desse tema para o direito eleitoral é inegável, pois aborda o papel da Justiça na garantia de o cidadão poder acessar o local de votação e ter maior pertencimento ao processo de eleição, promovendo a sua emancipação relativa a esse caso. Dada a importância dos pleitos eleitorais periódicos no País, é essencial a atuação do Tribunal Superior Eleitoral (TSE) na garantia da acessibilidade e do devido processo legal nesse âmbito.

Em constante preocupação com o acesso democrático das informações e serviços relacionados à Justiça Eleitoral, o busca desenvolver ações contínuas de acessibilidade, as quais, em conjunto com outras ações semelhantes realizadas pelo Tribunal Regional Eleitoral do Ceará (TRE-CE), visam a cumprir a Meta Nacional n.º 9 do Poder Judiciário, estabelecida pelo Conselho Nacional de Justiça (CNJ), focando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030, como, por exemplo, o de Redução das Desigualdades – ODS 10 e de Paz, Justiça e Instituições Eficazes – ODS 16.

Diante de tal finalidade, fomos procurados para proporcionar esse acesso a partir da nossa experiência em outros setores com Tecnologia Assistiva (TA) para pessoas com paralisia cerebral. Agora o desafio é empregarmos tal tecnologia para pessoas tetraplégicas, para que tenham acesso ao processo eleitoral, promovendo a sua emancipação humana em relação às eleições.

Nesse sentido, a presente pesquisa objetiva demonstrar o nosso trabalho relativo à TA com pessoas tetraplégicas, evidenciando o desenvolvimento das suas potencialidades. Fundamenta-se em neurotecnologia, que promove a autonomia dessas pessoas para que possam participar de votações no processo eleitoral e também se fundamenta no conceito de emancipação humana a partir do pensamento de Theodor Adorno, pois, ao promover essa autonomia ocorre, também a emancipação desses sujeitos, cuja teoria buscamos no filósofo supracitado. O emprego de tal tecnologia faz parte do nosso doutorado em Educação pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e está sendo desenvolvido para a aplicação pela justiça eleitoral em futuras eleições.

Para tanto, utilizamos a pesquisa ação, com uma abordagem qualitativa e o método dialético a fim de desenvolvermos um protótipo baseado em neurotecnologia não invasiva que permite a uma pessoa tetraplégica votar, selecionando os números correspondentes aos

candidatos na eleição, por meio de suas ondas cerebrais, simplesmente piscando os olhos, promovendo a sua emancipação humana.

O artigo está dividido em três partes. Inicialmente, abordamos brevemente ações realizadas pela Justiça Eleitoral para a garantia da acessibilidade e inclusão no processo eleitoral. Em seguida, discutimos as aplicações das tecnologias assistivas e da neurotecnologia para a autonomia de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida no contexto eleitoral, a fim de promover a sua emancipação humana relativa às eleições. Por fim, descrevemos a nossa atuação no emprego das potencialidades de uma TA que permite a votação de pessoas tetraplégicas como instrumento de emancipação humana.

A ATUAÇÃO DA JUSTIÇA ELEITORAL NA GARANTIA DA ACESSIBILIDADE NO PROCESSO ELEITORAL

De acordo com informações levantadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pelo menos 18,6 milhões de pessoas têm algum tipo de deficiência no País (Brasil, 2023).

De forma a assegurar a participação de todos os eleitores nas eleições e no exercício do direito ao voto, a Justiça Eleitoral (JE) sempre atuou em prol da valorização da dignidade da pessoa humana, promovendo a sua emancipação, princípio fundamental da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988). Desse modo, com o objetivo de igualar a oportunidade de acesso aos serviços e conferir autonomia ao voto por pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, a Justiça Eleitoral estabeleceu o Programa de Acessibilidade da Justiça Eleitoral, Resolução-TSE n.º 23.381/2012.

O Programa segue as regras da Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo, bem como destina-se à implementação de medidas para a remoção de barreiras físicas, de comunicação e de atitudes, a fim de promover o acesso amplo e irrestrito, com segurança e autonomia, de pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida ao processo eleitoral.

Há, também, instituída no TSE, a Comissão Permanente de Cidadania, Acessibilidade, Diversidade e Inclusão (CPCADI), cujo desenvolvimento dos trabalhos ocorre em cinco linhas de atuação, conforme abaixo indicado:

- a) construção, ampliação ou reforma de edifícios pertencentes à Justiça Eleitoral do Ceará para garantir acessibilidade;
- b) identificação do eleitor com deficiência ou mobilidade reduzida e melhoria da acessibilidade e da comunicação nos locais de votação;
- c) implementação de ações de capacitação e conscientização;
- d) produção e manutenção de material de comunicação acessível;
- e) oferecimento de recursos de Tecnologia Assistiva.

Essa Comissão Permanente de Cidadania, Acessibilidade, Diversidade e Inclusão (CPCADI) tem como objetivo desenvolver, implementar e avaliar programas, projetos e planos de ação voltados à promoção da cidadania, da acessibilidade, da inclusão e da equidade racial, bem como à valorização da diversidade no âmbito da Justiça Eleitoral. No Ceará, esta desenvolve ações constantes no sentido de facilitar e ampliar o acesso das pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida aos seus portais na *internet* e demais serviços institucionais. Desse modo, ela codifica suas páginas *web* em conformidade com as recomendações do *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) e estabelece os demais dispositivos legais, como o art. 8.º, § 3.º, inciso VIII, da Lei n.º 12.527/2011 (Lei de Acesso à Informação), a Resolução-TSE n.º 23.381/2012, o Decreto n.º 5.296/2004 e o Decreto n.º 6.949/2009. Além disso, oferece textos alternativos nas imagens utilizadas, descrição dos conteúdos de formulário, teclas de atalho e de salto de conteúdo.

Ademais, ao usuário que possui dificuldades para acessar os conteúdos do *site*, pode ser disponibilizada a funcionalidade Rybená, uma ferramenta que permite aos surdos, deficientes visuais, pessoas com deficiências intelectuais, idosos, disléxicos e outras pessoas com dificuldades de leitura e de compreensão de textos a possibilidade de entendimento dos conteúdos *web*. É uma TA que transforma textos do português para Libras e voz. Possui também recursos adicionais de leitura como contrastes de cores, destaque de *links*, guia e máscara de leitura, legenda para imagens e alteração do tipo de fonte, tamanho ou espaçamento (Brasil, 2020). Também utiliza os recursos assistivos de intérprete de Libras, legendagem e audiodescrição nas manifestações publicadas nas mídias sociais.

O TRE-CE, por meio da CPCADI, com apoio da Ouvidoria Regional Eleitoral, realiza campanhas de conscientização, como a Semana de Divulgação do Voto Acessível. Esse evento, que faz parte do plano de ação Sensibilização, Capacitação e Difusão do Conhecimento sobre

Acessibilidade e Inclusão, coordenado pela Seção de Capacitação (Secap) do TRE-CE, leva urnas eletrônicas para instituições, como o Instituto Cearense de Educação de Surdos (ICES), oferecendo aos estudantes e ao corpo funcional das instituições a oportunidade de conhecerem os recursos de acessibilidade da urna eletrônica e de praticarem o exercício do voto (Brasil, 2022). Outra iniciativa importante oportuniza o cadastramento biométrico de estudantes com deficiência visual na Escola de Ensino Fundamental (EEF) Instituto dos Cegos, permitindo-lhes fazer a biometria sem precisar se deslocar a um dos postos de atendimento (Brasil, 2019). Por fim, destaca-se a inauguração dos Pontos de Inclusão Eleitoral (PIELs), os quais visam a oferecer atendimento nos municípios em que não há unidades do órgão, para que cidadãos possam acessar serviços eleitorais, como alistamento, atualização de cadastro e emissão de certidões.

Em 2020, mais de 1,16 milhão de eleitores com deficiência estavam aptos a votar nas eleições municipais. Em 2024, o número teve uma projeção ainda maior. Dados de maio desse ano mostram a projeção de um eleitorado de mais de 1,4 milhão de pessoas com deficiência (Brasil, 2024).

Essa evolução se deve, principalmente, ao trabalho da Justiça Eleitoral na implementação de recursos na urna eletrônica que possibilitam o exercício do voto a todos os cidadãos brasileiros. Esses itens estão em constante evolução.

Nas eleições de 2024, as urnas eletrônicas tiveram uma nova voz sintetizada para auxiliar pessoas com deficiência visual na hora de votar em prefeitos e vereadores. O projeto foi feito em colaboração com uma atriz e cantora que nasceu com deficiência visual. A voz recebeu o nome de “Letícia” e oferece instruções básicas para iniciar o processo de votação, informando ao usuário o cargo que está em votação em cada etapa, os números digitados e o nome da candidatura escolhida. Para a sua utilização, é necessário apenas que a pessoa informe a sua condição à equipe de mesários ao chegar à seção eleitoral. Após o informe da condição do eleitor, são disponibilizados fones de ouvido enquanto estiver na cabine de votação, garantindo autonomia e sigilo a seu o voto (Brasil, 2024). Desde a sua criação, a urna eletrônica também possui teclas antiaderentes e números em alto relevo com o alfabeto em Braille, inclusive nas teclas de "Confirma", "Corrigir" e "Branco". Isso permite aos eleitores com deficiência visual localizarem quais são as teclas que estão pressionando.

Da mesma forma, buscando atender aos com deficiência auditiva, as urnas contam com tradução na Língua Brasileira de Sinais (Libras). Os intérpretes de Libras aparecem no canto inferior da tela das urnas, informando ao usuário os cargos em votação.

Portanto, desde 2012, sob a Presidência da ministra Cármem Lúcia, o instituiu o Programa de Acessibilidade da Justiça Eleitoral, objetivando igualar a oportunidade de acesso aos serviços eleitorais e conferir às pessoas com algum tipo de deficiência, ou mobilidade reduzida, total autonomia para o voto, promovendo, assim, a sua emancipação humana.

Para além da urna eletrônica, também são adotados outros recursos e providências para garantir que o voto seja acessível a todos. Pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida têm à disposição a possibilidade de votar em seções eleitorais com acessibilidade que possuem infraestrutura adequada, como rampas de acesso, largura das portas ajustadas a cadeirantes e banheiros adaptados.

Também está previsto que, nos dias de eleição, os locais de votação contem com coordenadores de acessibilidade e de Libras para prestarem atendimento ao eleitorado. Enfim, em situações previstas na legislação, a pessoa que precisar de auxílio para votar pode entrar na cabine com um acompanhante, o que fica a critério da avaliação do presidente da mesa de votação, seguindo, da mesma forma, a permissão para o ingresso da pessoa com deficiência visual na seção eleitoral com cão-guia.

Entretanto, apesar de todos esses avanços, podemos perceber que ainda há a necessidade de oferecer tecnologias assistivas para pessoas com mobilidade reduzida que sejam além daquelas de acessibilidade infraestrutural. Pessoas com mobilidade reduzida, e particularmente aquelas que são tetraplégicas, têm o potencial de terem maior participação no processo eleitoral se lhes forem ofertados os recursos assistivos adequados. Nesse sentido, o desenvolvimento de uma Tecnologia Assistiva pelo TRE-CE, por meio da STI, visando à garantia do voto acessível a pessoas tetraplégicas, vai ao encontro dos princípios de acessibilidade instituídos pela Justiça Eleitoral, reduzindo as desigualdades sociais e proporcionando a emancipação dessas pessoas.

Foi diante dessa necessidade que fomos convocados para colocar em prática a nossa experiência com uma TA para pessoas autistas. Agora, tentamos empregá-la em pessoas tetraplégicas para que possam ter acesso ao processo eleitoral, podendo exercer o seu voto, a sua cidadania e a sua emancipação humana.

Trata-se de soluções tecnológicas inovadoras e de baixo custo, sendo desenvolvidas para que pessoas tetraplégicas possam ter autonomia no seu cotidiano. Portanto, métodos de neurotecnologia não invasivos podem ser utilizados na criação de uma Interface Cérebro-Computador (ICC) capaz de permitir o controle de aparelhos eletrônicos por meio de ondas cerebrais, acionando teclados virtuais com o piscar de olhos, tema a ser discutido na próxima seção e que potencialmente pode ser aplicado ao processo eleitoral para possibilitar uma maior participação de pessoas tetraplégicas nas eleições.

A NEUROTECNOLOGIA COMO TECNOLOGIA ASSISTIVA NA PROMOÇÃO DA AUTONOMIA E DA EMANCIPAÇÃO HUMANA

Atualmente, percebemos que as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) têm alcançado um lugar cada vez mais importante em nossa sociedade como instrumentos de nossa cultura. Sua utilização representa um meio concreto de inclusão e interação no mundo (Lévy, 1999). Podemos validar isso de forma mais contundente e real quando nos referimos à acessibilidade de pessoas com deficiência. Nessas situações, as TIC podem ser utilizadas ou como ou por meio de Tecnologia Assistiva.

Utilizamos as TIC como Tecnologia Assistiva quando o próprio computador é a ajuda técnica para atingir um determinado objetivo. Por exemplo, o computador utilizado como caderno eletrônico para o indivíduo que não consegue escrever no caderno comum de papel. Por outro lado, as TIC são utilizadas por meio de Tecnologia Assistiva, quando o objetivo final desejado é a utilização do próprio computador, para o que são necessárias determinadas ajudas técnicas que permitam ou facilitem a tarefa. Por exemplo, adaptações de teclado, de *mouse*, *softwares* especiais, etc. (Galvão Filho; Hazard; Rezende, 2007, p. 30).

Dentre as tecnologias assistivas, há, de acordo com Galvão Filho (2022), produtos de baixa tecnologia (*low-tech*) e de alta tecnologia (*high-tech*). O autor indica que a sua categoria não necessariamente está ligada à sua maior ou menor funcionalidade.

Com o objetivo de deixar mais claro o conceito e quais áreas envolveriam a Tecnologia Assistiva (TA), o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT) a regulamentou e a definiu como

[...] uma área do conhecimento de característica interdisciplinar que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade, participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando a

sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social. (Brasil, 2009, p. 9).

Sendo assim, no contexto eleitoral, a TA deverá ser utilizada como ferramenta que auxiliará o eleitor no livre exercício do voto, proporcionando-lhe recursos tecnológicos que promovam a sua autonomia e a inclusão no processo eleitoral.

Atualmente, uma alternativa utilizada para possibilitar a pessoas com deficiência física ou com mobilidade reduzida condições de exercer a sua cidadania e maior participação social corresponde às tecnologias assistivas baseadas em neurotecnologia. Projeções indicam que o mercado deverá investir nesta área mais de 21 bilhões de dólares até 2026, com aplicações nos mais diversos campos do saber, como o da saúde, abrangendo o tratamento de transtornos neurológicos, ansiedade e depressão, contribuindo, assim, para o bem-estar mental (Farahany, 2023). Essa nova categoria abre portas para oportunidades também no âmbito eleitoral, possibilitando recursos assistivos inovadores, respaldados por neurotecnologias, as quais têm o potencial de aprimorar tanto o processo de votação quanto o de inclusão e de emancipação humana, resultando em benefícios significativos para o cidadão e para a sociedade como um todo.

Para a neurotecnologia, o cérebro atua de forma fundamental no desenvolvimento humano, sendo responsável pela simulação da realidade (Nicolelis, 2017). Isso foi caracterizado tomando como base a ideia de que as redes neurais são a unidade funcional do sistema nervoso (Cicurel; Nicolelis, 2015). Elas são capazes de adquirir informações essenciais para o desenvolvimento humano, interpretando informações coletadas pelos sentidos, permitindo a adaptação a novos desafios por meio da neuroplasticidade (Gurnani; Gajic, 2023).

A atividade dessas redes neurais pode ser analisada por diferentes métodos, tanto invasivos, como a eletrocorticografia, quanto não invasivos, como a ressonância magnética funcional e a eletroencefalografia, dentre outros, estabelecendo comunicação direta entre a atividade cerebral e os dispositivos externos computadorizados, possibilitando pesquisas para um melhor entendimento do seu funcionamento (Nicolelis, 2017) e potenciais aplicações no desenvolvimento de TA para a comunicação e administração da atenção (Civiam, 2024).

No presente cenário, a neurotecnologia se destaca como um campo de pesquisa promissor que dialoga com diversas disciplinas tecnológicas da atualidade, o qual se

fundamenta na neurociência, possibilitando a aquisição de sinais de atividade cerebral. Esse campo, dentre várias aplicações, tem como um dos seus objetivos o desenvolvimento de dispositivos eletrônicos para a interação com o sistema nervoso humano (Stieglitz, 2021).

Tais exemplos revelaram, no âmbito eleitoral, a possibilidade de desenvolvermos uma TA para a promoção da autonomia em pessoas tetraplégicas com o uso de uma Interface Cérebro-Computador (ICC). A ICC consiste em um dispositivo externo, um eletroencefalograma portátil, colocado sobre a cabeça do eleitor para aquisição das atividades cerebrais, permitindo-lhe, por meio do piscar dos olhos, interagir com um dispositivo eletrônico, como, por exemplo, um computador, e realizar o seu voto de forma democrática, autônoma e emancipatória. É nesse sentido que o filósofo Theodor Adorno afirma que a ideia de emancipação “[...] precisa ser inserida no pensamento e também na prática” (Adorno, 2023, p. 155).

Interfaces Cérebro-Computador podem ser criadas com o intuito de estabelecer uma comunicação direta entre a atividade cerebral e os dispositivos eletrônicos externos, permitindo que os usuários interajam com o ambiente ao seu redor sem depender do sistema nervoso periférico (Schuh, 2017). Esses sistemas podem interpretar padrões de atividade cerebral e transformá-los em comandos que podem acionar dispositivos eletrônicos, como cadeiras de rodas, computadores, interruptores e próteses (Machado *et al.*, 2009).

De acordo com Wan *et al.* (2019), que revisaram o uso de Interfaces Cérebro-Computador baseadas em eletroencefalograma (EEG) em pacientes idosos e com deficiência, destaca-se a eficácia desses sistemas na melhoria da comunicação e qualidade de vida. Sua pesquisa demonstra altas taxas de precisão sobre as possibilidades que o desenvolvimento de tecnologias ICC podem realizar se forem personalizadas para pacientes com transtornos neurológicos. Além disso, a revisão ressalta a importância da TA baseada em neurotecnologia não invasiva com EEG para promover a inclusão, a autonomia e a acessibilidade para idosos e indivíduos com deficiência, evidenciando o potencial impacto positivo dessas inovações no campo das intervenções tecnológicas.

No próximo item, falamos do nosso trabalho relativo ao emprego do protótipo de uma TA, cujas potencialidades permitem a votação de pessoas tetraplégicas como instrumento de emancipação humana.

POTENCIALIDADES DE UMA TECNOLOGIA ASSISTIVA QUE PERMITE A VOTAÇÃO DE PESSOAS TETRAPLÉGICAS: INSTRUMENTO DE EMANCIPAÇÃO HUMANA

Como já dissemos, o Tribunal Regional Eleitoral do Ceará (TRE-CE) realiza, de forma contínua, diversas ações com o objetivo de auxiliar no aprimoramento de suas atividades. Faz isso por meio da difusão da cultura da inovação, com a finalidade de pôr em prática ideias que criem uma forma de atuação e gerem valor para a instituição, seja por meio de novos produtos, serviços e processos de trabalho, ou seja pela implementação de formas diferentes e eficazes de solucionar problemas complexos encontrados no desenvolvimento das atividades que lhe são afetas.

Em contrapartida, a Secretaria de Tecnologia da Informação (STI) tem promovido a cultura da inovação a partir da adoção de valores voltados ao estímulo da inovação incremental ou disruptiva, com prospecção e desenvolvimento de procedimentos que qualifiquem o acesso à Justiça e promovam a excelência do serviço judicial, processual ou administrativo, com vistas a propiciar melhor atendimento ao usuário da Justiça Eleitoral do Ceará.

Graças a esse alinhamento de princípios, foi possível o desenvolvimento do nosso trabalho relativo ao emprego do protótipo de uma Tecnologia Assistiva (TA) que permite a votação de pessoas tetraplégicas, baseado em neurotecnologia não invasiva. O protótipo consiste em uma Interface Cérebro-Computador (ICC) composta por um eletroencefalograma portátil e um computador. O eletroencefalograma portátil é colocado na cabeça do usuário, permitindo a captação de sua atividade cerebral e o envio dessas informações para o computador. No computador, a atividade cerebral é interpretada e é criado um teclado virtual com letras e números para serem mostrados na sua tela. A partir da interpretação da atividade cerebral, um *software* no computador faz com que um cursor passe pelas letras e números do teclado virtual, permitindo que, quando um cursor alcançar a letra e/ou número almejado, estes possam ser selecionados com o piscar dos olhos.

Esse protótipo, o qual pode ser conectado à urna eletrônica, possibilita a uma pessoa tetraplégica escrever no computador, transmitindo suas ideias, interesses e necessidades, substituindo a digitação das teclas de um computador pelo piscar de olhos. Logo, devido a essas potencialidades, ele pode contribuir, de forma significativa, para o processo eleitoral, oferecendo maior acessibilidade, inclusão e emancipação de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Isso pode ser potencialmente utilizado para o desenvolvimento de

Tecnologias Assistivas que promovam, durante o processo eleitoral, a comunicação, a locomoção e, principalmente, a votação de pessoas tetraplégicas.

Portanto, pessoas que tenham algum comprometimento ou impedimento na fala podem utilizá-lo para se comunicar com maior autonomia durante a votação. Além disso, eleitores com mobilidade reduzida que não puderem digitar na urna eletrônica poderão indicar seus candidatos a um acompanhante por meio da seleção de seus números na tela do computador com o piscar de olhos, pois, de acordo com a Resolução-TSE n.º 23.381/2012, em seu art. 7, ao eleitor com deficiência ou mobilidade reduzida é garantido o auxílio de uma pessoa de sua confiança durante a votação. Quanto ao sigilo da votação, o Manual do Mesário 2024 orienta esse profissional que o eleitor deve entrar desacompanhado na cabine de votação, salvo se for pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida, a qual poderá ser auxiliada por alguém de sua escolha. O acompanhante poderá ir até a cabine com o eleitor e, inclusive, digitar os números na urna, desde que também não esteja a serviço da Justiça Eleitoral, dos partidos, das federações e das coligações. A ocorrência deve ser consignada na ata, bem como os dados do acompanhante.

Dessa forma, a implementação desse protótipo, no contexto eleitoral brasileiro, está de acordo com as normas atuais, permitindo às pessoas com mobilidade reduzida ou deficiências físicas exercerem o direito ao voto de maneira autônoma e emancipatória. Para tanto, fizemos um exame aprofundado das demandas específicas desse segmento do eleitorado, bem como a elaboração de soluções personalizadas voltadas a suprir tais necessidades. Pessoas com deficiência são identificadas no Cadastro Eleitoral por meio do código de Atualização da Situação do Eleitor(a) denominado ASE 396. Nas Eleições de 2024, no Ceará, 78.119 eleitores com deficiência cadastrados com ASE 396 estavam aptos a votar conforme relatório anual de atividades de acessibilidade e inclusão da Justiça Eleitoral do Ceará, referente ao exercício de 2024 (Brasil, 2025).

Desse modo, a TA, a qual permite a votação de pessoas tetraplégicas por meio do piscar dos olhos, torna-se um instrumento de emancipação humana relativa a esse aspecto da votação, pois a emancipação diz respeito também à conscientização que, por sua vez, se manifesta num movimento contínuo de adaptação (Adorno, 2023). Não se trata de uma adaptação cega ao sistema, e sim de uma adaptação para a pessoa se orientar e se realizar no

mundo. É nesse sentido que ele afirma: “a educação deve preparar os homens para se orientarem no mundo” (Adorno, 2023, p. 156).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomamos, aqui, o importante papel da Justiça Eleitoral do Ceará relativo ao esforço para proporcionar a oportunidade de assegurar a participação de pessoas com deficiências e/ou mobilidade reduzida no processo eleitoral. A sua busca constante para promover cada vez mais essa participação demonstra a sua valorização em relação à dignidade da pessoa humana e contribui, ao mesmo tempo, para a emancipação das que apresentam deficiência ou mobilidade reduzida.

Portanto, temos o grande desafio de contribuir para essa promoção da dignidade humana e emancipação de pessoas deficientes ao atuarmos, com a nossa experiência, na área da TA.

O protótipo consiste em uma iniciativa promissora, a qual, com a continuação da pesquisa, tem potencial para a geração de novos relatos de experiências com maiores descrições de suas aplicações. Ele segue em fase inicial de implementação pela Justiça Eleitoral do Ceará (JECE), sendo desenvolvido nos laboratórios do TRE-CE sob o acompanhamento da STI. Porém, já foi aplicado em outros setores, ganhando premiações internacionais por aplicações na educação e na saúde nos últimos anos, respectivamente, em 2018, com o Prêmio Red Bull Basement (Red Bull, 2018), o qual busca estimular a troca e o conhecimento, gerando soluções que possam ser compartilhadas, desenvolvendo projetos que usam a tecnologia para transformar a sociedade; e, em 2024, o Prêmio de Inovação em Engenharia Biomédica para o SUS e América Latina, organizado pela Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica (SBEB) e Boston Scientific, que reconhece e premia trabalhos técnico-científicos na área de Engenharia Biomédica, com temas relacionados a soluções práticas aplicáveis aos problemas enfrentados pelos sistemas de cobertura universal de saúde nos países da América Latina (Prêmios SBEB Boston Scientific, 2024).

Esses prêmios referem-se a experiências que estamos desenvolvendo desde a graduação em Física, passando pelo mestrado e agora sendo desenvolvido ainda mais no Doutorado em Educação do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Ceará (UFC) em parceria com o Tribunal Regional Eleitoral do Ceará (TRE-CE), cujo

fundamento, além da sua dimensão técnica, encontra amparo no pensamento do filósofo Theodor Adorno relativo à questão da emancipação humana. É assim que Silva Filho (2022, p. 3) afirma que uma das questões centrais do pensamento de Adorno é “[...] a questão da educação como emancipação humana”. Certamente, a Tecnologia Assistiva no caso em pauta, baseada na neurotecnologia para a votação de pessoas tetraplégicas em urnas eleitorais, além de ser um trabalho educativo, torna-se um grande instrumento de emancipação humana para essas pessoas com deficiências e/ou mobilidade reduzida.

REFERÊNCIAS

- ADORNO, Theodor. **Educação e emancipação**. Tradução de Wolfgang Leo Maar. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2023.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Casa Civil, 2025. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao_compilado.htm. Acesso em: 13 jan. 2025.
- BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. **Tecnologia assistiva**. Brasília, DF: CORDE, 2009.
- BRASIL. Tribunal Regional Eleitoral do Ceará. **TRE leva cadastramento biométrico ao Instituto dos Cegos**. Fortaleza: TRE, 2019. Disponível em: <https://www.tre-ce.jus.br/comunicacao/noticias/2019/Outubro/tre-leva-cadastramento-biometrico-ao-instituto-dos-cegos>. Acesso em: 12 jan. 2025
- BRASIL. Tribunal Superior Eleitoral. **Série inclusão**: portal do TSE conta com diversas ferramentas de acessibilidade. Brasília, DF: TSE, 2020. Disponível em: <https://www.tse.jus.br/comunicacao/noticias/2020/Setembro/serie-inclusao-portal-do-tse-conta-com-diversas-ferramentas-de-acessibilidade>. Acesso em: 13 jan. 2025.
- BRASIL. Tribunal Regional Eleitoral do Ceará. **TRE-CE leva divulgação do voto acessível ao Instituto dos Surdos**. Fortaleza: TRE, 2022. Disponível em: <https://www.tre-ce.jus.br/comunicacao/noticias/2022/Setembro/tre-ce-leva-divulgacao-do-voto-acessivel-ao-instituto-dos-surdos>. Acesso em: 12 jan. 2025.
- BRASIL. Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania. **Brasil tem 18,6 milhões de pessoas com deficiência, indica pesquisa divulgada pelo IBGE e MDHC**. Brasília, DF: MDH, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdh/pt-br/assuntos/noticias/2023/julho/brasil-tem-18-6-milhoes-de-pessoas-com-deficiencia-indica-pesquisa-divulgada-pelo-ibge-e-mdhc#:~:text=PESOAS%20COM%20DEFICI%C3%8ANCIA-,Brasil%20tem%2018%2C6%20milh%C3%B5es%20de%20pessoas%20com%20defici%C3%A1ncia%20indica,divulgada%20pelo%20IBGE%20e%20MDHC>. Acesso em: 13 jan. 2025.
- BRASIL. Tribunal Superior Eleitoral. **Conheça os recursos da urna eletrônica para pessoas com deficiência**. Brasília, DF: TSE, 2024. Disponível em:

<https://www.tse.jus.br/comunicacao/noticias/2024/Junho/conheca-os-recursos-da-urna-eletronica-para-pessoas-com-deficiencia>. Acesso em: 12 jan. 2025.

BRASIL. Tribunal Regional Eleitoral do Ceará. **Relatório de Acessibilidade e Inclusão 2024**. Fortaleza: TRE, 2025. Disponível em: https://www.tre-ce.jus.br/++theme++justica_eleitoral/pdfjs/web/viewer.html?file=https://www.tre-ce.jus.br/institucional/asg/acessibilidade/arquivos/relatorio-de-acessibilidade-e-inclusao-2024/@@download/file/Relat%C3%B3rio%20de%20Acessibilidade%20e%20Inclus%C3%A3o%202024.pdf. Acesso em: 10 mar. 2025.

CICUREL, R.; NICOLELIS, A. L. M. **O cérebro relativístico**: como ele funciona e por que ele não pode ser simulado por uma máquina de Turing. Paços de Ferreira: Kyos Press, 2015.

CIVIAM. **Especialista em educação especial inclusiva utiliza robótica para ensinar autistas**. São Paulo: Civiam, 2024. Disponível em: <https://civiam.com.br/especialista-usa-robotica-para-ensinar-autistas/>. Acesso em: 13 jan. 2025.

FARAHANY, N. A. **The battle for your brain**: defending the right to think freely in the age of neurotechnology. New York: St. Martin's Publishing Group, 2023. v. 1.

GALVÃO FILHO, T. A. **Tecnologia assistiva**: um itinerário da construção da área no Brasil. Curitiba: Editora CRV, 2022.

GALVÃO FILHO, T. A.; HAZARD, D.; REZENDE, A. L. A. **Inclusão educacional a partir do uso de tecnologias assistivas**. Salvador: Editora da Universidade do Estado da Bahia, 2007.

GURNANI, H.; GAJIC, N. A. C. Signatures of task learning in neural representations. **Current Opinion in Neurobiology**, [S. l.], n. 83, p. 102759, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.CONB.2023.102759>. Acesso em: 20 jan. 2025.

LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Ed. 34, 1999.

MACHADO, S.; CUNHA, M.; VELASQUES, B.; MINC, D.; BASTOS, V. H.; BUDDE, H.; CAGY, M.; PIEDADE, R.; RIBEIRO, P. Interface cérebro-computador: novas perspectivas para a reabilitação. **Revista Neurociências**, [S. l.], v. 17, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242103284_Interface_cerebro-computador_novas_perspectivas_para_a_reabilitacao. Acesso em: 20 jan. 2025.

NICOLELIS, M. **Muito além do nosso eu**: a nova neurociência que une cérebro e máquinas e como ela pode mudar nossas vidas. São Paulo: Editora Planeta, 2017.

PRÊMIOS SBEB BOSTON SCIENTIFIC. **Prêmio de Inovação em Engenharia Biomédica para o SUS e América Latina**. Rio de Janeiro: Prêmios Sbeb Boston Scientific, 2024. Disponível em: <https://premiosbebbostonscientific.com.br/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

RED BULL. **Cinco projetos vão fazer parte da residência hacker que acontece de julho a setembro no Red Bull Station**. São Paulo: Red Bull, 2018. Disponível em: <https://www.redbull.com/br-pt/selecionados-red-bull-basement-2018>. Acesso em: 20 jan. 2025.

SCHUH, Ânderson Rodrigo. **Interface cérebro-computador híbrida e colaborativa no processo de tomada de decisão**. 2017. 138f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Faculdade de Informática, Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/7711>. Acesso em: 20 jan. 2025.

SILVA FILHO, Adauto Lopes. A Educação como esclarecimento: potencial crítico-emancipatório. **Revista Cocar**, Belém, v. 17, n. 35, p. 1-22, 2022. Disponível em:

<https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/5648>. Acesso em: 20 jan. 2025.

STIEGLITZ, T. Why Neurotechnologies? About the Purposes, Opportunities and Limitations of Neurotechnologies in Clinical Applications. **Neuroethics**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 5-16, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12152-019-09406-7>. Acesso em: 20 jan. 2025.

WAN, X.; ZHANG, K.; RAMKUMAR, S.; DENY, J.; EMAYAVARMBAN, G.; RAMKUMAR, M. S. A review on electroencephalogram based brain computer interface for elderly disabled. **IEEE access**, [S. l.], v. 7, p. 36380-36387, 2019. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/331487463_A_Review_On_Electroencephalogram-Based_Brain_Computer_Interface_For_Elderly_Disabled/citation/download. Acesso em: 20 jan. 2025.

Recebido em: Setembro/2025.

Aprovado em: Novembro/2025.