

# Neurociência e Novas Tecnologias Aplicadas ao Ensino de Línguas

*Neuroscience and New Technologies Applied to Language Teaching*

*Neurociencia y Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de Idiomas*

Aline Montiel<sup>1</sup>, Luciano Frontino de Medeiros<sup>2</sup>

1.Professora, Mestranda em Educação e Novas Tecnologias, Programa de Pós-Graduação UNINTER. Curitiba-PR, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-6102-6778>

2.Professor Orientador, Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Programa de Pós-Graduação UNINTER. Curitiba-PR, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5947-9322>

## Resumo

**Introdução.** Estudos em neurociência elucidam os mecanismos envolvidos na aprendizagem, os quais são de grande ajuda ao professor. **Objetivo.** Levantar as descobertas científicas que promovam um diálogo entre a neurociência cognitiva aplicada à educação, as novas tecnologias da informação e comunicação e o ensino de línguas na busca de pontos de intersecção. **Método.** Pesquisa Revisão Sistemática de Literatura. **Resultados.** Percebeu-se que, no contexto atual, não se pode prescindir da tecnologia em sala de aula, pois elas se fazem presente no dia a dia dos alunos, o que afastaria ainda mais a escola de suas realidades. Além disso, as tecnologias são capazes de instrumentalizar estratégias neurocientíficas, otimizando o processo de aprendizagem, sobretudo no que concerne o ensino de línguas. **Conclusão.** Fica evidente a necessidade de o professor ter conhecimento sobre o funcionamento cerebral a fim de oferecer ferramentas eficazes para contribuir no desenvolvimento cognitivo de seus alunos.

**Unitermos.** Neurociência; novas tecnologias; ensino de línguas

## Abstract

**Introduction.** Studies in neuroscience elucidate the mechanisms involved in learning, which are of great help to teachers. **Objective.** To raise scientific discoveries that promote a dialogue between cognitive neuroscience applied to education, new information and communication technologies and language teaching in the search for points of intersection. **Method.** Systematic Literature Review. **Results.** It was noticed that, in the current context, technology cannot be dispensed with in the classroom, as they are present in the students' daily lives, which would further distance the school from their realities. In addition, technologies are capable of instrumentalizing neuroscientific strategies, optimizing the learning process, especially with regard to language teaching. **Conclusions.** It is evident that the teachers need to know about brain functioning in order to offer effective tools to contribute to the cognitive development of their students.

**Keywords.** Neuroscience; new technologies; language teaching

## RESUMEN

**Introducción.** Los estudios en neurociencia dilucidan los mecanismos implicados en el aprendizaje, los cuales son de gran ayuda para los docentes. **Objetivo.** Plantear los descubrimientos científicos que promueven un diálogo entre la neurociencia cognitiva aplicada a la educación, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación y la enseñanza de lenguas en la búsqueda de puntos de intersección. **Método.** Revisión Sistemática de la Literatura. **Resultados.** Se advirtió que, en el contexto actual, las tecnologías no pueden prescindir de las aulas, ya que están presentes en el cotidiano de los estudiantes, lo que alejaría aún más a la escuela de sus realidades. Además, las tecnologías son capaces de instrumentalizar estrategias neurocientíficas, optimizando el proceso de aprendizaje,

especialmente en lo que respecta a la enseñanza de idiomas. **Conclusiones.** Se evidencia la necesidad de que los docentes tengan conocimientos sobre el funcionamiento cerebral para poder ofrecer herramientas efectivas que contribuyan al desarrollo cognitivo de sus estudiantes.

**Palabras clave:** Neurociencia; nuevas tecnologías; enseñanza de idiomas

---

Trabalho realizado na Instituição Centro Universitário Uninter. Curitiba-PR, Brasil.

Conflito de interesse: não

Recebido em: 09/01/2024

Aceito em: 27/02/2024

**Endereço para correspondência:** Aline Montiel. Rua Emílio Gaedke 55 Casa 3. Bairro Ilha da Figueira. Jaraguá do Sul-SC, Brasil. CEP 89258-814. Email: [montiel.aline@gmail.com](mailto:montiel.aline@gmail.com)

---

## INTRODUÇÃO

O ensino de pelo menos uma língua estrangeira (LE) moderna é obrigatório nas escolas brasileiras a partir do 6º ano do ensino fundamental, de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)<sup>1</sup>. No entanto, a realidade é que boa parte desses estudantes deixam a escola sem serem capazes de se desempenhar de maneira satisfatória frente à uma situação comunicativa, nem mesmo as mais elementares.

Mas por que a preocupação com o ensino de línguas, uma vez que a tecnologia oferece tantos recursos para solução dessas situações? Primeiramente, o propósito do aprendizado de línguas vai muito além da comunicação. O bilinguismo é algo positivo capaz de promover o desenvolvimento linguístico e cognitivo das crianças, melhorando a leitura, a escrita, os processos executivos e a resolução de problemas que precisam de atenção e controle<sup>2</sup>. Habilidades que são o núcleo do pensamento inteligente.

Outrossim, “uma característica distintiva do mundo de hoje é o fato de que a tecnologia é o habitat no qual vive a humanidade”<sup>3</sup>. Isso significa que os seres humanos não

apenas fazem uso de artefatos tecnológicos, mas que estão imersos em um novo e complexo sistema “que interpenetra o cotidiano das pessoas”. Sabemos que os avanços tecnológicos são um caminho sem volta e modernizar o ensino para que acompanhe tais avanços é urgente.

Acreditamos, por conseguinte, encontrar na neurociência, os conhecimentos que irão conectar essas áreas de maneira a promover um processo de ensino eficiente, ao desvendar os mecanismos de como o cérebro aprende.

## **MÉTODO**

De março a junho de 2023, foi realizada esta pesquisa. Para tal, fez-se uso do método Revisão Sistemática de Literatura, com o propósito de colher informações pertinentes em relação ao tema do ponto de vista de pesquisadores desses domínios no contexto acadêmico atual na busca de um ponto de intersecção entre as áreas.

Primeiramente, foi feita a identificação de sua necessidade. Não se encontrou uma revisão sistemática de literatura sobre o tema escolhido, especificamente, quando buscado nas plataformas Periódicos CAPES, Scopus, PubMed, SciELO e Eric. A área da linguística aplicada, especialmente o ensino de línguas é um campo do saber bastante maduro e com grande variedade de publicações, inclusive no tocante ao uso de TICs. Sua parceria com a neurociência, no entanto, é mais recente e com grande potencial.

## Procedimento

Em seguida, foi desenvolvido um protocolo de revisão, o qual consistiu em: 1. determinar as *strings* de busca; 2. eleger as bases bibliográficas a serem utilizadas; 3. explicitar os critérios de seleção dos trabalhos; 4. análise dos estudos.

A questão que norteou este trabalho foi a seguinte: “Como as descobertas em neurociência e os avanços das novas tecnologias podem modernizar o ensino de línguas?”. A partir desse questionamento, foram escolhidas as seguintes *strings*: “ensino de línguas AND neurociência”, “idiomas AND neurociência”, “aprendizagem AND neurociência”, “línguas AND TICs”, “ensino de línguas AND inteligência artificial”, “neuroeducação” e “neurolinguística”, que foram lançadas em quatro idiomas (português, inglês, francês e espanhol) nas plataformas Periódicos CAPES, Scopus, PubMed, SciELO e Eric.

Determinou-se como critérios de inclusão os seguintes aspectos: a) a aquisição de língua dois; b) a aprendizagem de língua estrangeira; c) a neurociência cognitiva; d) a neurociência aplicada à educação; e) as novas tecnologias de informação e comunicação aplicadas ao ensino de línguas; f) artigos em português, inglês, francês ou espanhol.

Como critérios de exclusão, elencamos as seguintes razões: a) tratam da aquisição da linguagem uma única fase da vida; b) contemplam sujeitos atípicos; c) tratam de um idioma específico; d) tratam um grupo social específico; e) tratam de um aspecto linguístico específico; f) dão conta de apenas uma das habilidades comunicativas; g) têm como

foco o ensino línguas de sinais; h) têm como foco o ensino de línguas artificiais; i) textos com explícito viés político; j) o estudo se passa em um local específico e relata a realidade daquele contexto apenas; k) apresentam indivíduos em uso de substâncias medicamentosas; l) tratam de uma modalidade de ensino específica (ex.: online); m) artigos em idiomas não contemplados nos critérios de inclusão; n) artigos anteriores a 2010.

### Análise Estatística

Na sequência, foi feita a identificação, seleção e avaliação dos resultados. Após o lançamento das *strings* nas quatro bases citadas, identificou-se 146.827 trabalhos. Foram imediatamente excluídos os artigos repetidos e seguiu-se para a leitura dos resumos, onde foram também excluídos os artigos dissonantes e mantidas 60 obras para leitura integral. Uma vez avaliados, foram selecionados 30 textos para serem incluídos neste estudo (Quadro 1).

Quadro 1. relatório da terceira fase da pesquisa.

Bases	Identificados	Selecionados	Incluídos
Periódicos CAPES	54.434	47	19
Scopus	719	0	0
PubMed	25.593	0	0
SciELO	148	3	3
Eric	65.933	10	5
<b>Total</b>	146.827	60	26

## RESULTADOS

As seguintes obras foram selecionadas segundo os critérios de inclusão para fazerem parte deste estudo (Quadro 2).

Quadro 2. Obras selecionadas segundo critérios de inclusão.

Critérios de inclusão	Artigos incluídos
a) a aquisição de língua dois;	Friederici (2017) <sup>4</sup> , Feng <i>et al</i> (2021) <sup>5</sup> , Faruji (2011) <sup>6</sup> , Joodi <i>et al</i> (2019) <sup>7</sup>
b) a aprendizagem de língua estrangeira;	Verga <i>et al</i> (2013) <sup>8</sup> , Alcântara <i>et al</i> (2017) <sup>9</sup> , Morato (2014) <sup>10</sup> , Asturias (2015) <sup>11</sup>
c) a neurociência cognitiva	Braun <i>et al</i> (2010) <sup>12</sup> , Arellano <i>et al</i> (2021) <sup>13</sup>
d) a neurociência aplicada à educação;	Grossi <i>et al</i> (2014) <sup>14</sup> , Romero <i>et al</i> (2022) <sup>15</sup> , Paz <i>et al</i> (2021) <sup>16</sup> , Nascimento <i>et al</i> (2023) <sup>17</sup> , Owens <i>et al</i> (2017) <sup>18</sup> , Falco <i>et al</i> (2016) <sup>19</sup> , Nouri (2015) <sup>20</sup>
e) as novas tecnologias de informação e comunicação aplicadas ao ensino de línguas;	Viktorivna <i>et al</i> (2022) <sup>21</sup> , Vicari (2018) <sup>22</sup> , Taie (2020) <sup>23</sup> , Kupchyk <i>et al</i> (2021) <sup>24</sup> , Niculescu <i>et al</i> (2017) <sup>25</sup> , Negoescu <i>et al</i> (2016) <sup>26</sup> , Kannan <i>et al</i> (2018) <sup>27</sup> , Mendoza <i>et al</i> (2020) <sup>28</sup> , Sumakuk <i>et al</i> (2022) <sup>29</sup>
f) artigos em português, inglês, francês ou espanhol.	Todos <sup>4-29</sup>

## DISCUSSÃO

### Contexto histórico

É de conhecimento de todos que o cérebro é, entre outros atributos, a sede da mente e, conseqüentemente, da aprendizagem. No entanto, percebe-se pouco interesse por parte dos professores em conhecer mais sobre os mecanismos que regem essa dinâmica. A construção de uma ponte entre neurociência e educação, cujo campo de investigação denomina-se Mente, Cérebro e Educação

(MCE), neuroeducação ou neurociência educacional<sup>16</sup>. É uma nova área do saber que conecta conhecimentos em educação, psicologia e neurociência, de caráter multidisciplinar, integrada e colaborativa.

A criação da interface MCE no final dos anos 2000 é, sem dúvidas, um marco nos estudos em neurociência aplicada à educação - ou qualquer que seja a nomenclatura adotada - pois essa necessária ponte interdisciplinar tem o potencial de revolucionar o ensino de pessoas de qualquer idade, qualquer contexto socioeconômico-cultural, qualquer modalidade de ensino, qualquer campo do saber, contemplando inclusive, indivíduos neuroatípicos.

Nesse ínterim, defendem a importância em se conhecer o funcionamento do sistema nervoso e suas implicações no processo de ensino-aprendizagem para uma prática pedagógica eficiente<sup>29</sup>. Os autores apresentam dados relevantes que corroboram com a necessidade de um olhar da educação em direção à neurociência cognitiva. Em primeiro lugar, os assustadores 12,9 milhões de analfabetos no Brasil, segundo o relatório de 2012 da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad). Os motivos são variados, com destaque para o fracasso escolar. Ao aliar-se neurociência e alfabetização, pode-se oferecer um ensino baseado em evidências que pode apresentar estratégias eficientes a fim de mudar esses vergonhosos números e converter o fracasso em sucesso. Em seguida, foi realizada uma pesquisa a fim de descobrir se nas matrizes curriculares de cursos de pedagogia de 352 instituições brasileiras de

curso superior continham conteúdos sobre neurociência. Os resultados mostraram que apenas 6,25% das instituições pesquisadas dispunham de disciplinas de neurociência e correlatas nas suas matrizes curriculares. Os dados apresentaram também um desequilíbrio entre as regiões brasileiras, sendo que região Sul possuía 15 instituições que contemplavam, a região Sudeste 5, Nordeste 2, Centro-Oeste e Norte: zero. Além disso, verificou-se também que, de todas as instituições pesquisadas com Programa Especial de Formação Pedagógica para Docentes, nenhuma traz disciplina relativa à neurociência. Ou seja, a neurociência não é prioridade nem nos cursos de formação, nem em formação continuada. Por fim, foi observado uma produção científica bastante tímida nessa área, porém ligeiramente crescente; produção esta que teve início na década de 90.

Fizeram um apanhado geral da situação dos estudos em neurociência aplicada à educação ao redor do mundo<sup>15</sup>. Foi contemplado o período de 2005 a 2021 e utilizada a plataforma Scopus. Os Estados Unidos lideram o ranking com 56 produções científicas, seguido do Reino Unido, com 21; Canadá, 7; Austrália, 6; Bélgica, 5; Espanha, 4; Alemanha, 3; Holanda, 3; Áustria, 2; China, 2. Outrossim, a pesquisa demonstrou uma taxa de crescimento anual de publicações sobre o tema de 5,11%.

Quanto à língua alvo, a língua inglesa é a mais contemplada nas pesquisas de neurociência e aprendizagem de idiomas, o que é natural dada sua posição de destaque no cenário mundial<sup>9</sup>.



Esses dados são preocupantes<sup>15,29</sup>. Entendemos que a Neurociência aplicada à educação é uma área relativamente nova, mas também percebemos que a Neurociência de forma geral já se apresenta deveras madura e com diversas subdivisões que avançam mais rápido que a neuroeducação.

A parceria neurociência e ensino de idiomas é um campo de pesquisa acadêmica novo e que precisa ser aprofundado, mas que já pode ser tratado como fundamental haja visto o contexto em que nossa sociedade se insere<sup>9</sup>.

### **Aprendizagem, língua e cérebro**

Do ponto de vista fisiológico, parece ser consenso entre os neurocientistas que a base da aprendizagem e da memória estão na ativação dos neurônios e nas conexões entre eles<sup>18</sup>. Pesquisas têm demonstrado que conexões neurais em diferentes partes do cérebro podem mudar e que tal plasticidade sináptica é responsável pela aprendizagem comportamental e formação de memórias. O cérebro cria memórias através da alteração das conexões sinápticas entre neurônios específicos, armazena-os em conjuntos conectados de neurônios e os recupera por reativação desses mesmos neurônios e conexões. Vale destacar a importância dos neurotransmissores nesse processo, uma vez que associam a aprendizagem a emoções. Por exemplo, a dopamina está ligada à motivação, enquanto o cortisol, ao estresse. Os autores ainda sugerem algumas técnicas de ensino alinhadas com a maneira pela qual entendem que o cérebro aprende. São elas: frequentes tarefas de casa,

formas de estudo ativas, variar os tipos de avaliação, conceder tempo aos alunos para discutirem, escreverem e solucionar problemas, elaborar mapas conceituais, conectar material novo com conhecimento já adquirido, atividades que demandem que os alunos comparem, sintetizem e avaliem, dar exemplos com os quais os alunos possam se identificar, propor atividades de acordo com o interesse dos alunos, explorar diversidade cultural. Não obstante, criticam as atividades passivas por fazerem um trabalho pobre em contribuição para o desenvolvimento de habilidades cognitivas.

A metacognição, ou seja, o conhecimento sobre como se aprende pode também ser um valioso aliado para o estudante. A hipótese da aprendizagem estrutural como um mecanismo de "aprender a aprender" tem sido extensivamente investigada na pesquisa acadêmica<sup>12</sup>. Foram identificados fenômenos de "aprender a aprender" quando animais são expostos a diferentes ambientes que compartilham uma estrutura comum. Estudos em ciência cognitiva têm se dedicado principalmente à investigação da aprendizagem de estruturas no contexto da inferência de dependências causais. No entanto, até o momento, poucos estudos exploraram como essa estrutura de aprendizado é transferida para novos problemas de aprendizagem, embora alguns tenham relatado efeitos de "aprender a aprender". Essas áreas de pesquisa fornecem evidências do papel da aprendizagem estrutural em tarefas de aprendizagem cognitiva em humanos e animais. Nesse contexto, o foco

principal recai no aprendizado de estruturas em tarefas de controle motor. As descobertas são intrigantes, uma vez que antes acreditava-se que a aprendizagem em ambientes altamente variáveis era inatingível ou que apenas respostas médias poderiam ser aprendidas. No entanto, dados recentes indicam que esse não é sempre o caso e que o aprendizado de estrutura pode extrair invariantes mais abstratos. Portanto, a aprendizagem estrutural no sistema motor implica na aquisição de estratégias motoras abstratas que podem ser aplicadas em uma ampla variedade de ambientes que compartilham estruturas comuns. Essa capacidade de abstração primitiva e não cognitiva, juntamente com a formação de conceitos motores, pode estabelecer uma conexão interessante entre o controle motor e a ciência cognitiva. Em suma, o aprendizado estrutural desempenha um papel fundamental na aquisição de habilidades, sustentando a notável flexibilidade e adaptabilidade do sistema motor, e também governa processos importantes de aprendizagem cognitiva observados na psicologia animal e na ciência cognitiva.

O caminho do processamento da língua no cérebro foi traçado da seguinte forma: existe um fator crucial para o processamento da linguagem que é a memória, neste caso, a de trabalho e a de longo prazo<sup>13</sup>. Existe, todavia, participação do hemisfério direito, mas grande maioria das ações ocorrem no esquerdo. Outrossim, há três áreas mais envolvidas nesse processamento, que são a área de Wernicke, responsável pelo reconhecimento, compreensão e

interpretação da língua e processamento semântico; a circunvolução angular, responsável pela compreensão auditiva, leitura, escrita e cálculo; e a área de Brocca, responsável pela produção da linguagem, reconhecimento de estruturas gramaticais e regulação do ritmo de fala. Todas essas áreas se conectam através do fascículo arqueado, que faz a ponte entre fonologia e semântica.

Seguindo uma ótica semelhante, reuniram as pesquisas realizadas com uso de imagem por ressonância magnética funcional (fMRI) para estudo de aspectos linguísticos<sup>7</sup>. Os resultados mostram que a fonética e a fonologia são processadas, em um primeiro nível, pelo córtex auditivo em ambos os hemisférios. As três regiões do córtex auditivo primário, o giro de Heschl, o plano polar e o plano temporal estão ativamente envolvidas na análise acústico-fonológica da fala, enquanto o giro de Heschl serve mais para funções auditivas gerais. Sugere-se que a análise auditiva primária é feita no giro de Heschl, já que o giro de Heschl ativa-se pela grande maioria dos estímulos auditivos. O processamento de saída de sons "segmentais" dá-se no hemisfério esquerdo e o processamento de sons "suprasegmentares", no direito. No que diz respeito à semântica, estudos revelam que há partes que se ativam no reconhecimento de palavras isoladas e outras, de frases. A entrada lexical resulta de uma interação complexa entre os giros temporais, juntamente com o lobo temporal medial e o hipocampo, dentro do lobo temporal. Aspectos semânticos, por sua vez, ativam

regiões mais anteriores do giro frontal inferior. Por último, a sintaxe é processada significativamente pela área de Brocca.

Alguns aspectos neurolinguísticos da aprendizagem de segunda língua foram revisitados<sup>6</sup>. Numerosas pesquisas têm se concentrado na lateralização cerebral e na organização das funções da linguagem. Portanto, primeiro ponto é o aspecto da lateralização e bimodalidade, cujos estudos investigaram as diferenças neuroanatômicas entre os hemisférios cerebrais e seu impacto no processamento cognitivo. Acredita-se que o hemisfério esquerdo seja superior no uso de sistemas descritivos já existentes, enquanto o hemisfério direito desempenha um papel importante no processamento de materiais sem sistemas descritivos prévios. Desde a década de 1970, cientistas têm discutido o envolvimento do hemisfério direito na linguagem, especialmente no processamento de novos estímulos. Observou-se que a organização da linguagem é mais bilateral em crianças bilíngues, com o hemisfério direito desempenhando um papel crucial na aquisição da segunda língua. Poucos estudos abordaram o ensino de segunda língua sob uma perspectiva neurolinguística, mas a hipótese da bimodalidade neurológica propõe que o ensino de línguas reflita o fluxo natural de processamento de informações do hemisfério direito para o esquerdo. No entanto, as evidências para as funções do hemisfério direito na aprendizagem de segunda língua são contraditórias, e poucos estudos empíricos apoiam essa hipótese. Outro ponto levantado foi a questão do processamento da leitura em segunda língua. A

leitura em uma segunda língua (L2) envolve a interação entre a L2 e a língua nativa. Estudos afirmam que bilíngues aplicam o sistema da primeira língua (L1) ao ler palavras em inglês, resultando em menor ativação das áreas responsáveis pela análise fonêmica detalhada dos monolíngues em inglês. Isso sugere que a experiência linguística molda o cérebro. Outro estudo mostrou que a leitura na L2 ativa os mesmos substratos neuroanatômicos da leitura na L1, mesmo quando as línguas utilizam sistemas de codificação diferentes. A aquisição da alfabetização na L1 tem um impacto significativo na aquisição da alfabetização na L2. Além disso, assim como ocorre na fala, a leitura pode ter um "sotaque cognitivo" determinado pela exposição à complexidade dos sistemas de escrita durante o desenvolvimento. Em seguida, apresenta-se um mapeamento mental do bilíngue, cujas evidências disponíveis indicam que a L1 e a L2 são processadas pelos mesmos dispositivos neurais, refutando a suposição de que são representadas em regiões cerebrais diferentes em bilíngues. No entanto, as diferenças neurais nas representações da L1 e da L2 estão relacionadas às demandas computacionais específicas, que variam de acordo com a idade de aquisição, o grau de domínio e o nível de exposição a cada língua. Estudos de imagem cerebral apoiam uma visão dinâmica da base neural do processamento da L2. A aquisição da L2 parece ocorrer pelos mesmos dispositivos neurais responsáveis pela aquisição da L1, enquanto o processamento da L2 mostra padrões de ativação cerebral

consistentes em diferentes idiomas que compartilham o mesmo sistema de linguagem cerebral. A proficiência, idade de aquisição e exposição podem afetar as representações cerebrais de cada língua de forma complexa. Em geral, bilíngues tardios apresentam maior ativação na L2 em comparação com a L1, enquanto bilíngues precoces mostram maior ativação total em ambas as línguas. Existem evidências de que as segundas línguas aprendidas mais tarde na vida são representadas em regiões cerebrais distintas, enquanto aquelas adquiridas precocemente se sobrepõem às representações da L1. A idade de aquisição é um fator importante na determinação dos locais de processamento gramatical, mas tem menos influência no processamento semântico. Essas diferenças na aquisição e processamento da L1 e L2 resultam de mudanças fundamentais nas habilidades cognitivas e não são simplesmente causadas por experiências de aprendizado inadequadas ou fatores psicoafetivos. A relação entre pensamento e linguagem e como a linguagem influencia o pensamento são temas de debate. Alguns estudos sugerem que a linguagem pode influenciar a capacidade de discriminação perceptual, refinando a capacidade de diferenciação sensorial do agente por meio de estímulos linguísticos. Na sequência, examinou-se a sobreposição e a dissociação neural na produção de palavras em duas línguas, L1 e L2. Ao comparar a nomeação de imagens em L2 com a nomeação em L1, os pesquisadores observaram um aumento da atividade em várias regiões cerebrais, incluindo o giro frontal inferior esquerdo, áreas

motoras suplementares bilaterais, giro pré-central esquerdo, giro lingual esquerdo, cúneo esquerdo, putâmen bilateral, globo pálido bilateral, caudado bilateral e cerebelo bilateral. Isso indica que a produção de palavras em L2 é menos automática e requer o envolvimento de mais recursos neurais para recuperar as palavras no léxico, processar a articulação das palavras e exercer controle cognitivo em comparação com a produção em L1. Por outro lado, ao comparar a nomeação de imagens em L1 com a nomeação em L2, os pesquisadores observaram um aumento da atividade no putâmen direito e no globo pálido direito. Isso pode ser atribuído às diferentes características fonológicas entre o chinês e o inglês. Além disso, a análise conjunta dos resultados revelou as correlações neurais comuns entre a nomeação de imagens em L1 e L2, fornecendo novas informações sobre a sobreposição neural na produção de palavras em duas línguas. Por fim, contemplou-se o julgamento gramatical pobre que fazem os aprendizes tardios. Os resultados mostraram que os aprendizes tardios de L2 tiveram desempenho inferior em todas as medidas em comparação aos falantes nativos. Os aprendizes de L2 tendem a ter uma capacidade menor de memória de trabalho em sua L2 em comparação com sua L1, e essa capacidade na L2, e não na L1, está correlacionada com a compreensão da L2. Além disso, os aprendizes tardios de L2 apresentam habilidades de decodificação e acesso lexical mais deficientes do que os falantes nativos. Eles têm um desempenho pior em tarefas de detecção de fonemas na L2 e têm mais



dificuldade em identificar palavras da L2 em ambientes ruidosos. Também há evidências de que os aprendizes tardios de L2 são mais lentos no processamento da segunda língua em comparação com os falantes nativos. Eles levam mais tempo para fazer julgamentos gramaticais na L2, têm maior dificuldade em compreender o significado das palavras na L2 e têm tempos de decisão lexical mais lentos.

A neurociência cognitiva certamente tem muito potencial de contribuição para o ensino de línguas, potencial este que vai desde a aquisição de primeira e segunda língua, bem como habilidades de letramento. O entendimento de como o cérebro processa a língua ao longo da vida pode ajudar os educadores a elaborar um melhor currículo<sup>20</sup>. Para que esse entendimento seja inequívoco, é preciso desfazer certos mitos, os quais não possuem fundamentação científica, mas são tomados muitas vezes como verdade. O primeiro é que é impossível (ou quase) alcançar competência comunicativa em determinada língua após uma certa idade, sendo que, na verdade, nunca é tarde para aprender e a plasticidade do nosso cérebro permite novas aprendizagens ao longo de toda a vida. Não há evidência científica que suporte a teoria do “período crítico”, mas sim, “períodos sensíveis”, ou seja, janelas de oportunidades para o aprendizado que consistem em maior receptividade por parte dos circuitos da linguagem para determinada experiência, segundo a fase da vida em que o indivíduo se encontra. Por exemplo, quando uma criança adquire uma língua estrangeira até os três anos de idade, ela o faz de forma

nativa, quer dizer, seu cérebro processa a gramática pelo hemisfério esquerdo. Entre quatro e seis anos, a gramática é processada pelos dois hemisférios, mas, após a puberdade, as pesquisas com imagens mostram um considerável déficit no processamento gramatical. Além disso, há a questão dos sons. Nos primeiros meses de vida, os bebês são capazes de reconhecer múltiplos sons de línguas, mesmo daquelas muito distantes das línguas maternas de seus pais e/ou comunidade de fala. O segundo mito versa que expor uma criança a línguas estrangeiras prejudica o desenvolvimento de sua língua materna. Isso é uma inverdade porque aprender outras línguas fornece ferramentas que auxiliam no manejo da linguagem de forma geral. O terceiro e último mito diz que se pode aprender uma língua dormindo, sendo que a aprendizagem de um idioma é um esforço consciente. O entendimento neurocientífico está em constante evolução, por isso, é crucial que se tenha cautela no momento de se traduzir as descobertas científicas em estratégias de aprendizagem para não se propagar ensinamentos errôneos.

A linguagem, indubitavelmente, é uma das faculdades mentais mais complexas. Seu processamento perpassa os sistemas auditivos e visuais, contempla aspectos semânticos, sintáticos e pragmáticos, além de partir de um ponto de vista único - a visão de mundo do falante. O estudo sobre habilidades complexas se dá por comparação com não-humanos (primatas), já que são várias as áreas do cérebro envolvidas no processo<sup>4</sup>. Primeiramente, não há evidência de

que outras espécies possam processar sentenças complexas e, provavelmente, isso decorre de diferenças na estrutura cerebral. Seguramente, a área de Broca, responsável pela produção da fala, é visivelmente assimétrica em humanos. Estudos apontam que o circuito neural decorrente da parte posterior da área de Broca, denominada área de Brodmann, e o córtex posterior superior temporal, conectado através de um trato de fibras localizado dorsalmente, são o cerne da compreensão sintática da linguagem.

A linguagem humana é o código mais complexo usado para a comunicação entre indivíduos<sup>8</sup>. Tal complexidade é potencializada devido ao fato de a linguagem ser muito mais do que simples codificação e decodificação de mensagens. Estão aí implicados a intencionalidade dos falantes, percepção de comportamentos verbais e não-verbais, saber quando é o melhor momento de falar/responder, adequar o ritmo de fala, entre outros. Por isso, as autoras concluem ser uma atividade intrinsecamente social e que interação humana é indispensável para a aprendizagem de línguas, especialmente no tocante às crianças. Essa afirmação pode ser comprovada pelo fato de crianças que não interagem com seu cuidador ou indivíduos que apresentam alguma patologia que afete habilidades sociais e/ou linguísticas, não obtêm êxito na aquisição da linguagem, seja de forma total ou parcial. Entretanto, no que concerne a adultos aprendizes de segunda língua (L2), abordagens individuais demonstraram maior sucesso. Todavia, ressalta-se o sistema envolvido na prática social chamado Neurônios Espelho, que dispara um

comportamento de imitação, muito útil no manejo da linguagem e situações comunicativas. Além disso, a neuroimagem aponta que o vocabulário em L2 aprendido em uma situação social ativa as mesmas áreas que em língua materna (LM), o que auxilia a memorização. Sendo assim, a língua, enquanto objeto de comunicação é um fenômeno interacional. Contudo, a socialização potencializaria a aprendizagem de línguas, mas não seria um fator crítico.

A linguagem humana, também chamada de linguagem articulada por ser duplamente divisível, é um instrumento coletivo, mas ao mesmo tempo muito individual. O aprendizado da linguagem humana difere significativamente entre os indivíduos tanto no processo quanto no resultado final<sup>16</sup>. Os pesquisadores identificaram por meio de imagem por ressonância magnética funcional (fMRI) uma espécie de impressão digital subjacente a cada aprendiz, o que confere à aprendizagem de línguas um evento individual, cujo sucesso está intimamente ligado à configuração das redes neurais do sujeito.

A colaboração entre a neurociência e a linguística desponta como uma ramificação promissora: a neurolinguística, que já é uma área já consagrada no cenário acadêmico internacional, que visa estudar as relações entre a estrutura do cérebro humano e a capacidade linguística, especialmente a aquisição e distúrbios de linguagem. No entanto, apesar de o ensino de línguas abraçar a neurolinguística, esta não é de exclusividade daquele. Estudos em neurolinguística tem potencial para lidarem com

os seguintes temas desafiadores tanto no âmbito da educação, como da saúde e da tecnologia: aquisição de linguagem, comunicação digital, interações virtuais, diversidade linguística, estudos interculturais, práticas diagnósticas e terapêuticas de patologias linguístico-cognitivas, neurobiologia da linguagem, tecnologia, relações de poder, relação entre conceptualização e interações sociais, e mais<sup>10</sup>.

A neurociência nos apresenta diversas estratégias para melhorar o aprendizado em sala de aula. Não obstante, alerta também para componentes que podem prejudicar o processo. De maneira muito pertinente, foram reunidos fatores como ruídos, contaminação visual, falta de nutrientes, falta de exercícios físicos, má qualidade do sono, alto nível de estresse, que limitam a aprendizagem de uma forma geral<sup>11</sup>. Ademais, há fatores nocivos mais específicos do ensino de línguas, são eles: a correção direta, as avaliações muito complexas e um ambiente que deixe os alunos nervosos.

### **Neurociência, ensino de línguas e novas tecnologias da informação e comunicação**

Tomando um rumo mais prático, colocam a neurociência e as novas tecnologias como parceiras emergentes no processo de ensino no contexto atual<sup>14</sup>. As autoras colocam que a tecnologia facilita a vida das pessoas, inclusive de professores, ao oportunizar dinamismo e gerar interesse nas aulas. A neuroeducação, por sua vez, oferece

esclarecimentos acerca do funcionamento cerebral, o que garante uma aula mais bem preparada e alicerçada com estratégias a favor da aprendizagem. Tanto o uso das tecnologias quanto da neuroeducação em sala de aula modernizam a atuação do professor, indo contra os modelos tradicionais e proporcionando uma reestruturação das práticas pedagógicas. Reconhece-se ser um desafio, pois há ainda situações em que os recursos tecnológicos ainda não chegam de forma efetiva e também o conhecimento da comunidade docente sobre neuroeducação é insuficiente. Por outro lado, não há dúvidas de que este é o caminho a ser seguido se quisermos transformar a educação no século XXI.

Complementando, as tecnologias digitais, onipresentes em boa parte das experiências que vivenciamos, podem estar modificando as habilidades cognitivas das novas gerações<sup>19</sup>. Acrescentam que é fundamental que as escolas preparem os alunos para que se desenvolvam nessa “sociedade do conhecimento”. Devido à revelação das formas de aprender, deve-se buscar respostas no intuito de definir códigos, conteúdos e orientações de aprendizagem através da inovação dos métodos pedagógicos. Do contrário, será muito difícil alcançar os jovens. O uso das tecnologias pode desenvolver novas práticas educativas a tal ponto que propõe uma nova definição dos papéis em sala de aula, evidenciando o protagonismo do aluno. O professor deixa de ser a única fonte de conhecimento e passa a ser o encarregado por criar um ambiente propício para a aprendizagem, desenhar estratégias que aproximem o

estudante do objeto de aprendizagem, trazendo inovação e criatividade para dentro do ambiente escolar. O aluno, por sua vez, torna-se mais autônomo e responsável por seu processo de aprendizagem. Inovar é transformar! Para uma educação condizente com o século XXI, é vital implementar em nossas aulas componentes que abram caminho para um novo modelo de prática pedagógica, o qual considere a tríade cérebro, aprendizagem e desenvolvimento humano.

O protagonismo do aluno mostra-se cada vez mais consolidado na cena educacional. Em favor do ensino centrado no aluno foi proposta a criação de um *Personal Learning Enviroment* (PLE), ou ambiente de aprendizagem pessoal (tradução livre), por intermédio das novas tecnologias da informação e comunicação<sup>24</sup>. Os benefícios desse sistema geram maior autonomia, responsabilidade, participação ativa, motivação, entre outros. O professor ficaria como um mediador, instruindo sobre o uso das NTICs e fazendo a curadoria dos conteúdos.

Essa proposta, ao permitir que cada aprendiz avance a seu tempo, soluciona um problema frequente nas aulas de línguas estrangeiras: o nivelamento. Além do mais, permite que o aluno foque em suas dificuldades, empenhando-se mais nas habilidades que acredita precisar. No entanto, minimiza a função do professor, que vai além de um mero monitor. A reinvenção do papel do professor de línguas possui diversas facetas: o facilitador e guia, que seleciona métodos e atividades; o designer, que traça o caminho até a proficiência; o mediador, que arbitra entre duas culturas; o

avaliador, o pesquisador, o colaborador, cuja definição é transparente<sup>25</sup>.

Embora os computadores e a Internet não tenham sido criados com fins educacionais, seu uso oferece diversas possibilidades de uso, como a incorporação das tecnologias como instrumentos de desenvolvimento cognitivo, por meio de atividades construtivas e reflexivas; a aprendizagem construtivista de línguas, através de ambientes que simulam e explicitam o raciocínio e a argumentação dos estudantes; desenvolvimento de habilidades cognitivas, metacognitivas, negociação e construção de significados em atividades colaborativas, entre outros. Nessa conjuntura, começam a surgir algumas tendências no ensino de línguas. Apontando algumas: aprendizagem em rede, o que favorece a interação; recursos educacionais abertos, que auxiliam no planejamento das aulas; a emergência da inteligência artificial e seus sistemas tutoriais inteligentes; o desenvolvimento de ICALL, *Intelligent Computer Assisted Language Learning*, ou aprendizagem de línguas assistida por computador inteligente (tradução livre), uma evolução aperfeiçoada do CALL, que desenvolve a aprendizagem autônoma; o uso massivo de dispositivos móveis, para assegurar conveniência ao aprendiz<sup>27</sup>. O uso de vídeos em aula de LE como proveitosa ferramenta para trabalhar compreensão, elementos culturais, promover discussões, além de despertar interesse e motivação<sup>26</sup>.

Para se alcançar um bom processo de aprendizado, deve-se usar recursos inovadores como as TICs e a



Neuroeducação, que permitem melhorar a produtividade e eficiência do conhecimento na aula de aulas. Este processo é lento, progressivo, mas a ajuda das TICs e da neurociência equipa os educadores<sup>28</sup>.

A inteligência artificial (IA) se apresenta bastante promissora na área da educação. Questionando sua eficiência no âmbito do ensino de línguas até concluírem que a IA tem o potencial de transformar o modelo do sistema escolar, aumentar a competitividade entre as instituições de ensino e capacitar professores e alunos em todos os níveis<sup>21</sup>. Capaz de gerar conteúdo que vai desde instruções a testes, a IA permite focar nas necessidades individuais dos alunos. Contudo, tais recursos precisam da curadoria do professor. Sua pesquisa apontou que os alunos estão mais positivos quanto ao uso da IA na aprendizagem de línguas e sentem-se mais confiantes no tocante à gramática, vocabulário e conversação. A qualidade da educação depende da qualidade do conteúdo e a qualidade do conteúdo proposto pela IA no ensino de língua depende da sabedoria dos humanos que a programam, pois, até o momento da pesquisa, a IA não apresentou conteúdo satisfatório. Uma ressalva foi feita no que diz respeito ao contato com pessoas reais, com emoções reais. Posto isso, os autores vislumbram três cenários para IA e ensino de línguas: O primeiro é que não há necessidade de se aprender um idioma por razões puramente comunicativas, pois a IA fará as traduções necessárias; segundo, o ensino de línguas será necessária (por razões cognitivas, por exemplo), mas os métodos de ensino vão

mudar; terceiro, a língua precisará ser aprendida de maneira formal, bem como informal. Em todos os cenários, não obstante, a influência humana figurará nos bastidores.

Não podemos deixar de mencionar o impacto que a pandemia exerceu na educação como um todo. A educação online, que foi acelerada por ocasião da pandemia da COVID-19, mas que, apesar disso, ainda não se equipara com o desenvolvimento da indústria multimídia, sobretudo a inteligente<sup>22</sup>. Os autores veem na IA possibilidades de cenários para desenvolvimento de sistema de perguntas e respostas e de autoteste.

Alguns autores apostam na IA como o próximo grande *hit* na educação<sup>29</sup>. O professor na era da IA precisa desenvolver novas habilidades, pois tarefas que antes lhe competiam, já podem ser executadas pelas máquinas. No campo do ensino de línguas, essas tarefas são: feedback dos erros gramaticais, acompanhado de uma breve explicação seguida de exemplos; aquisição de vocabulário; auxílio na leitura e escrita, entre outros. Além do mais, o uso de IA em dispositivos móveis provê uma experiência de aprendizagem mais acessível e conveniente aos alunos. Nessa linha, auxilia o professor também, pois possibilita um feedback personalizado a cada aluno, tarefa que seria exaustiva se performada somente pelo professor.

O ensino de línguas estrangeiras (LE) é, no campo da educação, uma área pioneira no uso de tecnologias da informação e comunicação (TICs), uma parceria que começou com a prensa de Gutenberg perdura até a era

digital. O avanço das TICs promove consequentemente o avanço das abordagens metodológicas. Há uma problemática um tanto quanto esquecida: o uso de métodos<sup>23</sup>. O pós-método, fruto do fracasso dos métodos vigentes de ensino de línguas em atingir os objetivos propostos, levou à desilusão com o conceito de método propriamente dito, estigmatizando aqueles que tomavam a iniciativa de desenvolver novos métodos como uma tentativa inútil.

Diante das descobertas de que cada cérebro é único e que cada pessoa aprende à sua maneira, não faz sentido acreditar que determinado método possa funcionar para todos os alunos em uma turma. Considerando negativo que não se busque mais por novas formas de ensino<sup>23</sup>. O pós-método cumpriu seu papel ao alertar para os modelos estáticos e engessados, no entanto, com o crescimento da IA, podemos depositar esperança nessa tecnologia que pode nos ajudar a superar as limitações do presente. Diferente dos métodos do passado, métodos baseados em IA podem propiciar um ensino mais personalizado, dinâmico, inclusivo e disponível a qualquer hora e lugar.

No momento, a IA já está em cena em diversas ramificações concernentes à aprendizagem de língua, seja no ensino propriamente dito, através de apps, ou em ferramentas auxiliares, como no desenvolvimento de metodologias e avaliações<sup>27</sup>.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pudemos ao longo deste estudo fazer um fascinante passeio pela tríade: neurociência, novas tecnologias da informação e comunicação e ensino de línguas, áreas estas que almejamos ver cada vez mais unidas em benefício dos nossos alunos. Esse passeio permeou diferentes combinações entre os temas, mas a intersecção entre os três temas iniciais não está sendo devidamente explorada pelos pesquisadores, o que consideramos ser uma oportunidade para futuras pesquisas.

Apesar de obrigatório, é conhecido que o ensino de línguas nas escolas, principalmente nas públicas, não possui um padrão de excelência. Mesmo se não fosse obrigatório, a aprendizagem de línguas merece atenção, pois é um instrumento que eleva o desenvolvimento cognitivo a outro patamar.

Não se pode prescindir das novas tecnologias na educação, uma vez que elas estão presentes em praticamente todas as atividades do nosso dia a dia. Além de aproximar o ensino da realidade do aluno, promovem interesse, motivação, customização, conveniência, entre outros.

Ademais, o professor precisa estar ciente dos processos cerebrais que envolvem a aprendizagem para encontrar melhores soluções para os desafios que a docência enfrenta. Infelizmente, os dados não são animadores quando se observa a situação brasileira.

As pesquisas demonstram que a aprendizagem, através da plasticidade cerebral, modifica a estrutura do mesmo e que há diversos fatores, externos e internos, para que a aprendizagem ocorra. Além dos quatro pilares propostos: atenção, motivação, envolvimento ativo e feedback dos erros<sup>34</sup>, é importante que se valorize as emoções envolvidas no processo, pois elas têm íntima ligação com os neurotransmissores, responsáveis pelas sinapses.

Em contrapartida, a linguagem humana só acontece por conta da robustez das áreas envolvidas. Por ser de extrema complexidade, não existe apenas uma área responsável, mas sim diversas áreas que executam diferentes funções, que vão desde o reconhecimento fonético até a interpretação dos enunciados.

Cada cérebro é único, porque cada indivíduo viveu experiências únicas que moldaram seu cérebro até que ele se tornasse quem é hoje. Mas a beleza disso tudo é que esse cérebro, assim como o indivíduo que o detém, não vai parar de se modificar até o fim de seus dias.

Faz-se ainda relevante, entretanto, apontarmos algumas lacunas, ou seja, oportunidades de estudos futuros, como a importância da aprendizagem de línguas para o desenvolvimento humano, a importância da aprendizagem de línguas para fins de estimulação e reabilitação cognitiva, desenvolvimento de novas metodologias para o ensino de línguas alinhadas com o avanço tecnológico, sobretudo com a IA, estudos de caso com aplicação de estratégias

neurocientíficas em sala de aula, projetos de difusão da neuroeducação para professores, entre outros.

## REFERÊNCIAS

1. BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. <https://download.basenacionalcomum.mec.gov.br/>
2. Bialystok E. Aquisição do segundo idioma e bilinguismo na primeira infância e seu impacto sobre o desenvolvimento cognitivo inicial. In: Tremblay RE, Boivin M, Peters RDeV (eds). Enciclopédia sobre o Desenvolvimento na Primeira Infância. Montréal-Quebec: CEECD Université de Montréal; 2017; p.1-5. <https://www.encyclopedia-crianca.com/segundo-idioma/segundo-especialistas/aquisicao-do-segundo-idioma-e-bilinguismo-na-primeira-infancia>
3. Alencastro MSC, Moser A. V Simpósio Tecnologia, humanismo e ética. Rev Tecnol Soc 2013;9:1-12. <https://doi.org/10.3895/rts.v9n18.2638>
4. Friederici AD. Evolution of the neural language network. Psychon Bull Rev 2017;24:41-7. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1090-x>
5. Feng G, Ou J, Gan Z, Jia X, Meng D, Wang S, et al. Neural fingerprints underlying individual language learning profiles. J Neurosci 2021;41:7372-87. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0415-21.202>
6. Faruji LF. Neurolinguistics Aspects of Second Language Acquisition. Brain 2011;2:36-40. <https://lumenpublishing.com/journals/index.php/brain/article/view/1894>
7. Joodi N, Rahmani F. Application of functional magnetic resonance imaging in neurolinguistics: a systematic review. Front Biom Technol 2019;6:204-15. <https://doi.org/10.18502/fbt.v6i4.2214>
8. Verga L, Kotz SA. How relevant is social interaction in second language learning? Front Hum Neurosci 2013;7:550. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00550>
9. Alcântara CM, Melo MG, Linhares RN. Neurociência E Educação: As Pesquisas Sobre O Aprendizado De Um Segundo Idioma. Interfaces Cient Edu 2017;5:31-42. <https://doi.org/10.17564/2316-3828.2017v5n3p31-42>
10. Morato EM. Contribuições Da Neurolinguística Para A Linguística Aplicada 1-E Vice-Versa. Rev (Con)Textos Ling 2014;8:293-324. <https://periodicos.ufes.br/contextoslinguisticos/article/view/8364>
11. Asturias CC. La Neurolingüística Aplicada A La Didáctica De Lenguas Extranjeras: Los Sistemas De Memorias Y Sus Implicaciones Didácticas. Entreculturas 2016;7-8:139-4. <https://doi.org/10.24310/Entreculturasertci.vi7-8.11331>
12. Braun DA, Mehring C, Wolpert DM. Structure learning in action. Behav Brain Res 2010;206:157-65. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.08.031>

13. Arellano FJ, Moreno Del Pozo GF, Culqui CO, Tamayo Arellano V. Procesamiento cerebral del lenguaje desde la perspectiva de la neurociencia y la psicolingüística. *Rev Cienc Soc* 2021;23:292-308. <https://www.redalyc.org/journal/280/28069360021/html/>
14. Grossi MGR, Lopes AM, Couto PA. A neurociência na formação de professores: um estudo da realidade brasileira. *Rev da FAAEBA Edu Contemporan* 2014;23:27-40. [http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-70432014000100004&lng=pt&tlng=pt](http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-70432014000100004&lng=pt&tlng=pt)
15. Romero LDC, Guerrero Alcedo JM. Neuroscience and its applications in Education: a bibliometric review. *Rev Ven Gerenc* 2022;27:512-29. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.98.9>
16. Paz M, Calafate L. As bases neur,onais da memória e da aprendizagem: Conhecer para atuar. *Ver Multidisciplinar* 2021;3:67-74. <https://doi.org/10.23882/NE2148>
17. Nascimento MSL, Santos LS, Cardoso MP, Melo MM. Neuroeducação e tecnologia: parceiras emergentes no processo ensino-aprendizagem no contexto do século XXI. *Texto Livre* 2022;15:e40459-9. <https://doi.org/10.35699/1983-3652.2022.40459>
18. Owens MT, Tanner KD. Teaching as brain changing: Exploring connections between neuroscience and innovative teaching. *CBE Life Sci Edu* 2017;16:1-9. <https://doi.org/10.1187/cbe.17-01-0005>
19. Falco M, Kuz A. Comprendiendo el Aprendizaje a través de las Neurociencias, con el entrelazado de las TICs en Educación. *Rev Iberoam Tecnol Edu y Edu Tecnol* 2016;17:43-51. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-99592016000100006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-99592016000100006&lng=es&tlng=es)
20. Nouri A. Cognitive Neuroscience of Foreign Language Education: Myths and Realities. *Res Eng Lang Pedag* 2015;4:40. [https://relp.isfahan.iau.ir/article\\_533622.html](https://relp.isfahan.iau.ir/article_533622.html)
21. Viktorivna L, Oleksandrovych A, Oleksandrivna I, Oleksandrivna N. Artificial Intelligence in Language Learning: What Are We Afraid of. *Arab World Eng J* 2022;8:262-73. <https://doi.org/10.24093/awej/call8.18>
21. Vicari RM. Tendências em inteligência artificial na educação no período de 2017 a 2030 - Sumário executivo. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Serviço Social da Indústria, Brasília: SENAI; 2018; 52p. <https://www2.fiescnet.com.br/web/uploads/recursos/d1dbf03635c1ad8ad3607190f17c9a19.pdf>
23. Taie M. Towards post-postmethodism: Embracing a new generation of methodism. *Theor Prac Lang Stud* 2020;10:749-60. <https://doi.org/10.17507/tpls.1007.05>
24. Kupchyk L, Litvinchuk A. Constructing personal learning environments through ICT-mediated foreign language instruction. *J Phys* 2021;1840:012045. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012045>
25. Niculescu BO, Obilișteanu G. Exploiting Information and Communication Technologies in Teaching a Foreign Language. *Sci Bull*

2017;22:38-45.

[https://www.armyacademy.ro/buletin/bul1\\_2017/NICULESCU\\_OBILI STEANU.pdf](https://www.armyacademy.ro/buletin/bul1_2017/NICULESCU_OBILI STEANU.pdf)

26.Negoescu A, Boștină-Bratu S. Teaching and Learning Foreign Languages with ICT. Sci Bull 2016;21:21-7. <https://sciendo.com/abstract/journals/bsaft/21/1/article-p21.xml>

27.Kannan J, Munday P. New trends in second language learning and teaching through the lens of ICT, networked learning, and artificial intelligence. Cir Ling Apl Comunic 2018;76:13-30. <https://doi.org/10.5209/CLAC.62495>

28.Mendoza RM, Martínez EM. TIC y neuroeducación como recurso de innovación en el proceso de enseñanza y aprendizaje Rehusó 2020;5:85-96. <https://doi.org/10.33936/rehuso.v5i2.2397>

29.Sumakul DTYG, Hamied FA, Sukyadi D. Artificial Intelligence in EFL Classrooms: Friend or Foe? LEARN 2022;15:232-56. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/LEARN/article/view/256723>