



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE IMPERATRIZ
UNIDADE JOSÉ BATISTA DE OLIVEIRA
CURSO DE PEDAGOGIA

VITÓRIA LIMA SANTOS

**CONTRIBUIÇÕES DA NEUROCIÊNCIA PARA A ALFABETIZAÇÃO: UMA
REVISÃO INTEGRATIVA**

Imperatriz

2024

VITÓRIA LIMA SANTOS

**CONTRIBUIÇÕES DA NEUROCIÊNCIA PARA A ALFABETIZAÇÃO: UMA
REVISÃO INTEGRATIVA**

Monografia apresentada ao curso de Pedagogia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Imperatriz (CCIM), como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Pedagogia.

Orientador: Prof. Dr. José Edilmar de Sousa.

Imperatriz

2024

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Lima Santos, Vitória.

Contribuições da neurociência para a alfabetização :
uma revisão integrativa / Vitória Lima Santos. - 2024.
127 f.

Orientador(a): José Edilmar de Sousa.

Monografia (Graduação) - Curso de Pedagogia,
Universidade Federal do Maranhão, Imperatriz, 2024.

1. Neurociência. 2. Alfabetização. 3. Leitura. 4.
Revisão Integrativa. 5. Contribuições. I. de Sousa, José
Edilmar. II. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais, Josimar dos Santos e Maria Francisca Lima Santos, por todo o amor, apoio e encorajamento que sempre me deram. Por todo incentivo à leitura que recebi desde a infância. Vocês são minha maior inspiração e exemplo de dedicação, resiliência e integridade. Sem o suporte incondicional e os valores que me ensinaram, nada disso seria possível. Esta conquista é tão minha quanto de vocês. A todos os que se dedicam a explorar os mistérios da neurociência, desvendando como o cérebro aprende e se transforma.

Com todo o meu amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho é resultado de uma jornada de aprendizado e dedicação, e não seria possível sem o apoio e incentivo de várias pessoas que me acompanharam ao longo deste percurso.

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder saúde, força e sabedoria para enfrentar os desafios que surgiram durante esta caminhada. Sua presença constante foi um alicerce fundamental em todos os momentos.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo amor incondicional, compreensão e apoio em todas as fases da minha vida acadêmica, especialmente, meus irmãos Verônica Lima e Josué Lima, gratidão por ter vocês na minha vida. Aos meus pais, Josimar dos Santos e Maria Francisca Lima Santos, que são minha inspiração e meu exemplo de perseverança, devo tudo o que sou e o que conquistei. Obrigada por acreditarem em mim e por serem meu porto seguro.

Expresso minha gratidão especial ao meu orientador, Professor Dr. José Edilmar de Sousa, por sua orientação, paciência, compreensão e valiosas contribuições. Sua dedicação e conhecimento foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também a todos os professores e colegas do curso de Pedagogia por compartilharem conhecimento, experiências e por criarem um ambiente de aprendizado e crescimento contínuo.

Às minhas amigas, Maria Francisca, Eliane Barros e Aldeane Brito, que de várias formas, me incentivaram, ouviram minhas preocupações e comemoraram comigo cada pequena conquista. A amizade de vocês tornou este trajeto mais leve e cheio de significado.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Cada um de vocês teve um papel importante na construção deste trabalho.

Muito obrigada!

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo investigar as contribuições da neurociência para a alfabetização a partir da produção acadêmica relacionada ao tema ao longo dos últimos 23 anos, destacando as metodologias utilizadas, as lacunas existentes nas pesquisas e as tendências emergentes no campo. A partir da análise de estudos relevantes, buscou-se evidenciar as contribuições significativas da neurociência para o processo de alfabetização, especialmente no que tange à compreensão dos mecanismos cerebrais envolvidos na leitura e escrita. Além disso, buscou-se identificar as mudanças ocorridas no contexto educacional e suas implicações, considerando práticas que adotam uma abordagem neurocientífica para a aprendizagem da leitura. O estudo segue os passos de uma revisão integrativa fundamentada em Botelho (Et al., 2011) realizado por meio do acesso aos periódicos publicados nas bases de dados ERIC, CAPES, Scielo, ScienceDirect e Google Scholar nos últimos 23 anos com os descritores “neurociência”, “alfabetização” e “leitura”. A pesquisa aponta para a importância de uma integração mais profunda entre as descobertas neurocientíficas e a prática educacional, propondo reflexões sobre como essa interface pode contribuir para a melhoria dos processos de alfabetização. Conclui-se que as contribuições da neurociência para a alfabetização são importantes para informar e aprimorar os caminhos da aprendizagem da leitura e da escrita.

Palavras-Chave: Neurociência. Alfabetização. Leitura. Revisão Integrativa. Contribuições

ABSTRACT

This article aims to investigate the contributions of neuroscience to literacy, based on academic production on the subject over the last 23 years, highlighting the methodologies used, the gaps in research and emerging trends in the area. By analyzing relevant studies, we sought to highlight the significant contributions of neuroscience to the literacy process, especially in terms of understanding the brain mechanisms involved in reading and writing. In addition, we sought to identify the changes that have occurred in the educational context and their implications, considering the practices that adopt a neuroscientific approach to learning to read. The study follows the steps of an integrative review based on Botelho (Et al., 2011) carried out by accessing journals published in the ERIC, CAPES, Scielo, ScienceDirect and Google Scholar databases over the last 23 years with the descriptors “neuroscience”, “literacy” and “reading”. The research points to the importance of a deeper integration between neuroscientific discoveries and educational practice, proposing reflections on how this interface can contribute to improving literacy processes. It concludes that the contributions of neuroscience to literacy are important for informing and improving the ways in which we learn to read and write.

Keywords: Neuroscience. Literacy. Reading. Integrative Review. Contributions

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- O antigo modelo neurológico da leitura (a partir de Déjerine, 1882 (Geschwind, 1965).....	33
Figura 2- Uma visão moderna das redes corticais da leitura.....	33
Figura 3- Vias cerebrais envolvidas na alfabetização.	38
Figura 4- As duas vias da leitura.	44
 Gráfico 1- Gráfico 1 - Número anual de trabalhos publicados no período de 2000 a 2023, disponíveis nas bases de dados ERIC, ScienceDirect, CAPES, Scielo e Google Scholar selecionados para a revisão integrativa.	26
Gráfico 2- Porcentagem de trabalhos publicados no período de 2000 a 2023, disponíveis nas bases de dados ERIC, ScienceDirect, CAPES, Scielo e Google Scholar e selecionados para a revisão integrativa, por delineamento metodológico.....	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA.....	16
2.1	Procedimentos para a seleção dos achados: Identificação do tema e seleção da questão de pesquisa.....	17
2.2	Estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão	18
2.3	Identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados.....	19
2.4	Categorização dos estudos selecionados	21
2.5	Análise e interpretação dos resultados	22
2.6	Apresentação da revisão/síntese do conhecimento	23
3	DISCUTINDO AS CONTRIBUIÇÕES NEUROCIÊNCIAS PARA A ALFABETIZAÇÃO	24
3.1	Perfil da amostra na interface entre neurociência e alfabetização	24
3.2	AS BASES NEUROLÓGICAS DA LEITURA.....	30
3.2.1	Decodificação e compreensão na aprendizagem da leitura	40
3.2.2	Habilidades metafonológicas na alfabetização.....	56
3.2.3	Funções executivas, memória de trabalho, emoção e ambiente na alfabetização.....	62
4	NEUROCIÊNCIA E A QUESTÃO DOS MÉTODOS DE ALFABETIZAÇÃO	70
4.1	Discutindo os trabalhos que se relacionam com os métodos de alfabetização e neurociência.....	77
5	NEUROCIÊNCIA E AS POLÍTICAS DE ALFABETIZAÇÃO	86
5.1	Discutindo as políticas de alfabetização à luz da neurociência.....	89
5.2	Neurociência e suas implicações para a formação de professores	94
6	NEUROCIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA AS PRÁTICAS DE ALFABETIZAÇÃO	97
6.1	Implicações para as práticas de alfabetização na Educação Infantil.....	105
7	CONCLUSÕES INTEGRATIVAS: CONTRIBUIÇÕES DA NEUROCIÊNCIA E NOVOS HORIZONTES PARA A ALFABETIZAÇÃO	109
	REFERÊNCIAS	115
	APÊNDICE A	127

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos 40 anos de investigação científica, a neurociência educacional, campo pouco explorado pelos educadores e/ou estudantes dos cursos de Pedagogia, tem mostrado grandes avanços, em especial, as evidências relacionadas ao desenvolvimento cognitivo bem como a aprendizagem da leitura na fase da alfabetização. Graças ao aparecimento de técnicas de registro da atividade elétrica cerebral como o EEG (eletroencefalograma) e as imagens de Ressonância Magnética Funcional (fMRI) ou a magnetoencefalografia¹, os estudiosos da neurociência compreendem com maior precisão as dinâmicas do cérebro, tanto anatomicamente quanto cognitivamente, desvendando suas capacidades. Este trabalho, portanto, aborda as possíveis contribuições dos estudos no campo da neurociência para a alfabetização.

O interesse por esta temática de pesquisa, bem como a fascinante curiosidade sobre o funcionamento do cérebro, não se deu inicialmente no curso de Pedagogia, mas surgiu ainda ao curso do Primeiro ano do Ensino Médio após a leitura do livro “Aprendendo Inteligência: Manual de instruções do cérebro para estudantes em geral”, do professor italiano, naturalizado brasileiro, Pierluigi Piazzzi, que explica claramente como podemos acessar os mecanismos cerebrais para adquirir mais inteligência, estudando de forma eficiente e melhor. Dessa forma, o autor leva o leitor a entender o funcionamento do cérebro no que se refere às questões da aprendizagem. Assim, ao entender como funcionava a aprendizagem no nosso cérebro de forma muito didática, gerou uma mudança de postura nos meus hábitos de estudo de forma que passei a aprender melhor os conteúdos escolares.

Posteriormente, durante o curso de pedagogia, fui apresentada à plataforma de cursos abertos online (ESKADA), oferecida pelo Núcleo de Tecnologias para a Educação da Universidade Estadual do Maranhão, por meio da recomendação de colegas. Esta plataforma, projetada para capacitar novos profissionais para o mercado de trabalho através de uma curadoria de conteúdos, me levou a descobrir o curso de Neuropedagogia. As aulas sobre o funcionamento do cérebro despertaram meu interesse mais ainda pela neurociência e evidenciaram a importância da integração entre neurociência e pedagogia. Meu interesse em

¹ **Magnetoencefalografia:** “A magnetoencefalografia (MEG) é uma das tecnologias que oferece maior precisão no mapeamento funcional do córtex. Além de ser não-invasiva ao ser humano, ela combina as vantagens das técnicas hemodinâmicas e das eletromagnéticas: fornece uma boa discriminação espacial de 2 mm e uma excelente resolução temporal na ordem de 1 ms. O MEG mede as correntes intercelulares dos neurônios dando uma informação direta e acurada a respeito da atividade cerebral espontânea ou relacionada a um estímulo. Um voluntário estimulado pela leitura de uma palavra gera no MEG uma resposta temporal tripla aos 170, 250 e 350 ms. A resposta aos 170 ms - o M170 - está relacionado com o processamento visual primário” (FRANÇA, 2007, p. 152).

integrar neurociência e alfabetização começou de forma pessoal e autodidata. Ao estudar por conta própria, desenvolvi uma curiosidade crescente sobre como a neurociência pode influenciar a prática pedagógica na alfabetização. Esse interesse foi aprofundado quando, durante o curso de pedagogia, tive a oportunidade de explorar a plataforma ESKADA e descobrir o curso de Neuropedagogia, que confirmou e ampliou minha paixão por esta área interdisciplinar, foi dessa forma que surgiu o meu objeto de estudo.

Neste sentido, na tentativa de responder quais os sentidos e/ou relações existentes entre neurociência e alfabetização e como educadores podem conduzir a alfabetização a fim de conseguir resultados mais satisfatórios, este estudo buscou investigar a seguinte problemática: Em que aspectos a neurociência pode contribuir para o processo de alfabetização a partir de estudos relacionados? Perscrutando responder essa questão, nosso **objetivo geral** foi investigar pesquisas sobre as contribuições da neurociência para a alfabetização nos últimos 23 anos, suas metodologias utilizadas, lacunas nas pesquisas existentes e tendências emergentes no campo.

Neste sentido, o motivo pelo qual a presente pesquisa pretendeu investigar os últimos 23 anos (2000-2023) se fundamenta em marcos significativos tanto na evolução das ciências cognitivas quanto no desenvolvimento de tecnologias e metodologias de pesquisa neurocientíficas. A partir do ano 2000, ocorreu uma expansão expressiva no campo da neurociência cognitiva, impulsionada por avanços como o uso difundido da ressonância magnética funcional (fMRI) e de técnicas de neuroimagem, que permitiram investigações mais detalhadas sobre os mecanismos cerebrais envolvidos na aprendizagem da leitura.

Além disso, o período escolhido coincide com uma intensificação dos esforços para integrar a neurociência à educação, com a emergência de subcampos como a neuroeducação, que busca promover práticas pedagógicas mais eficazes com base em evidências neurocientíficas. Revisar as contribuições da neurociência para a alfabetização desde 2000 possibilita um mapeamento atualizado dos avanços científicos e das práticas educacionais que foram influenciadas ou modificadas por essas descobertas. Por isso, a pesquisa propõe proporcionar uma visão mais ampla contemplando tanto pesquisas mais antigas quanto pesquisas mais recentes das contribuições acumuladas nesse período.

A partir do objetivo geral propomos os seguintes **objetivos específicos**:

- (i) Evidenciar nos estudos as contribuições significativas da neurociência para o processo de alfabetização;
- (ii) Identificar práticas pautadas na abordagem neurocientífica da aprendizagem da leitura na alfabetização que trouxeram mudanças no contexto educacional.

Assim, grosso modo, a neurociência é um campo científico que estuda o sistema nervoso e suas funcionalidades, surgindo como ramo da medicina e de outras ciências biológicas. A neurociência, ou melhor dizendo, as neurociências envolvem várias áreas de pesquisa como a ²neuroanatomia, ³neurofisiologia, ⁴neurobiologia, ⁵genética, ⁶neuroimagem, ⁷neurologia, ⁸neuropsicologia, a ⁹neurolinguística e a ¹⁰psicolinguística (Malloy-Diniz et al., 2018; Goswami, 2008). Já no meio educacional, a neurociência cognitiva, especificamente, irá se dedicar a explicar as capacidades cerebrais ligadas à aprendizagem e seu comportamento, como por exemplo, a linguagem e a memória. Dessa forma, o interesse pelos processos cerebrais na leitura surge dentro das chamadas “ciências cognitivas” a partir de 1970, que faz parte de um conjunto de diferentes disciplinas, como psicologia, linguística dentre outras voltadas para a compreensão da mente humana (Maluf et al., 2020).

Neste sentido, a ciência cognitiva da leitura ou simplesmente ciência da leitura, se consolidou a partir da década de 1990 reunindo contribuições advindas da neurociência cognitiva, da linguística cognitiva e da psicologia cognitiva, com a contribuição de várias evidências científicas relacionadas a como as pessoas aprendem a ler e escrever e de como podemos ensiná-las de forma mais eficiente (Snowling; Hulme, 2013). Considerando que o processo de aquisição da leitura não é uma tarefa natural, haja vista que a aprendizagem da leitura envolve diversos processos fonológicos, visuais, semânticos e linguísticos, que ativam várias partes do cérebro da criança, alfabetizar, no sentido neurocientífico do termo, significa

² **Neuroanatomia:** Disciplina ou especialidade que se dedica ao estudo da anatomia do sistema nervoso (AFONSO JR et al., 2022)

³ **Neurofisiologia:** Disciplina científica que estuda a fisiologia do sistema nervoso (AFONSO JR et al, 2022).

⁴ **Neurobiologia:** Estudo da estrutura, crescimento, atividades e funções dos NEURÔNIOS e do Sistema Nervoso (BVS, 2009). Disponível em: <http://decs.bvsalud.org/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

⁵ **Genética:** Campo das ciências biológicas que lida com os fenômenos e os mecanismos da hereditariedade (BVS, 2016). Disponível em: <http://decs.bvsalud.org/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

⁶ **Neuroimagem:** Métodos não invasivos de visualização do SISTEMA NERVOSO CENTRAL, especialmente o encéfalo, por meio de várias modalidades de técnicas de imagem (BVS, 2011). Disponível em: <http://decs.bvsalud.org/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

⁷ **Neurologia:** Especialidade médica que se ocupa do estudo das estruturas, funções e doenças do sistema nervoso (BVS, 2009). Disponível em: <http://decs.bvsalud.org/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

⁸ **A Neuropsicologia ou Neurociência Cognitiva** trata das capacidades do cérebro mais complexas, geralmente típicas do homem, como a linguagem, a memória, a autoconsciência etc (LENT, 2010).

⁹ **Neurolinguística:** A neurolinguística se preocupa em analisar em como se dá a linguagem em suas variadas manifestações ou níveis, agregando a essas questões o interesse em analisar a relação que existe entre seu processamento e o local onde isso ocorre no cérebro humano (HÜBNER, 2015).

¹⁰ **Psicolinguística:** “A psicolinguística da leitura, sendo cognitiva (estuda os processos mentais de processamento da informação) e experimental (utiliza o método que consiste em comparar os efeitos, no comportamento, de variáveis experimentais entre elas e/ou relativamente a uma situação de controle), [...]” (MORAIS, José; KOLINSKY, Régine, p. 86, 2015).

ensinar a ler e escrever em um sistema alfabético. A compreensão, portanto, é o produto ou objetivo da leitura (do que se ler), porém, não é o seu começo.

Talvez um dos maiores desafios de compreender como o cérebro humano aprende a ler é aceitar, primeiramente, o fato de que a leitura é uma invenção cultural. Há aproximadamente 5.400 anos, a escrita nasce entre os babilônios e o alfabeto não tem mais que 3.800 anos, isto não é nada mais que um instante na história da evolução humana. Em primeiro momento, as invenções culturais parecem se separar da biologia do cérebro, como perdurou durante todo o século XX defendida pelas correntes do relativismo cultural encontradas nas obras dos filósofos empíricos britânicos John Lock, David Hume e George Berkeley que consideravam o cérebro uma ardósia virgem (tábula rasa), onde se imprimiram, através dos cinco sentidos os estímulos do ambiente natural, porém também culturais (Dehaene, 2012).

Isto seria o mesmo que negar as bases biológicas do cérebro humano, ao afirmar que, diferentemente de outras espécies de animais, o ser humano seria capaz de absorver toda forma de cultura, seja qual fosse sua variação. A leitura, portanto, não seria algo pertinente durante toda a história e nosso cérebro, evidentemente, seria capaz de aprender naturalmente a língua latina, japonesa ou árabe, ou seja, essa aprendizagem é limitada, por isso precisa ser ensinada, no entanto, o que se apresenta comum, nesse processo, é que em todas as culturas do mundo, seja qual for a língua, a mesma região cerebral, com diferenças mínimas de milímetros, intervém no intuito de decodificar as palavras. Ao contrário da visão espalhada nas ciências sociais, de que defende não haver limitação cultural ao nosso cérebro, a leitura mostra que a organização cultural está inextricavelmente ligada às estruturas cerebrais (Dehaene, 2012).

Dito isto, para que uma criança seja considerada alfabetizada, deve ser capaz de ler palavras reais ou palavras inventadas (pseudopalavras), sendo possível aplicar o sistema de correspondências grafo-fonêmicas, pois o princípio da leitura é a discriminação dos sons. Por outro lado, a escrita se configura como a habilidade reversa da codificação, isto é, a capacidade de grafar letras a cada correspondência sonora na pronúncia, o que atribui competência não só ao princípio fonográfico, mas também ao princípio ortográfico, haja vista que nem sempre as regras ortográficas estão ligadas unicamente à fonologia das palavras (Sargiani, 2022; Scliar-Cabral, 2013).

Diante disso, ao estudar as contribuições da neurociência para a alfabetização e compreensão do funcionamento do cérebro no processo de aquisição da leitura, foi possível perceber que a neurociência tem ocupado um lugar de relevância nos estudos que envolvem as capacidades cerebrais da leitura, além de aprimorar o modo como se intervém nesse processo em pessoas que podem apresentar maior grau de dificuldades, haja vista que ler não

se trata de uma atividade simples e natural do cérebro, uma vez que não nascemos programados para tal tarefa. Se assim fosse, os seres humanos não necessitariam de intervenções diretas, com ensino explícito, no intuito de proporcionar reconhecimento e decodificação das palavras. Assim, para Dehaene (2012), a aprendizagem da leitura implica diretamente em acessar, através da visão, os campos cerebrais da linguagem falada que decorrem das interações da cultura.

Para que aconteça uma conexão entre os sistemas visuais e a linguagem, é necessário que a reciclagem neuronal¹¹ faça parte do cérebro para que evolua com intuito de processar visualmente outras áreas que possuem categorias de imagens (como rostos), a fim de discriminar letras e palavras (Pegado, 2015). Por isso, o reconhecimento de palavras é uma condição fundamental na aprendizagem da leitura, pois é nesse processo que o aprendiz passa da conversão de grafemas em fonemas. Embora decodificar o texto seja uma tarefa essencial para as correspondências grafofonêmicas, essa não deve ser considerada apenas como um processo que tem um fim em si mesmo, todavia, a leitura trata-se de uma ação interativa que envolve habilidades e competências do leitor, que, por meio da decodificação e codificação em conjunto, se alcança modificações permanentes no cérebro, passando à compreensão plena e fluida do que se lê (Dehaene, 2012).

A ciência cognitiva da leitura enfatiza ainda que o desenvolvimento da consciência fonológica – capacidade metalinguística para refletir sobre as unidades sonoras (Scliar-Cabral, 2013), é de fundamental importância para desenvolver os sentidos das palavras nas crianças e suas mudanças de significados durante o processamento de *top-down*¹² e em paralelo os conhecimentos prévios armazenados na memória linguística da criança, acionados a partir do reconhecimento da palavra escrita.

A fim de tratar dos estudos levantados sobre a neurociência e seu diálogo com a alfabetização, especificamente, é curioso observar, que a quantidade de pesquisas em neurociência e alfabetização no Brasil se mostrou quase que escassa quando se busca sobre leitura e neurociência, embora tenha apresentado crescimento de modo geral (em termos de neurociência) nos últimos anos no contexto atual do país como mostram os resultados da revisão

¹¹ **Reciclagem neuronal** - A reciclagem neuronal ou plasticidade cortical é um processo de reorganização do sistema visual entre as atividades novas de leitura (útil ao contexto cultural) e as atividades velhas (mais antigas do nosso passado evolutivo) de reconhecimento de rostos e/ou objeto, isto é, reciclar circuitos neuronais que pertencem a outras funções e à regiões cerebrais (Dehaene, 2012).

¹² **Processos top-down** - Processos que começam quando os canais sensoriais recebem os sinais e consecutivamente os vão transformando em formas mais abstratas e complexas, até que cheguem à cognição. Exemplo: letras impressas, que chegam como manchas aos cones da fóvea (Scliar-Cabral, 2013, p.279).

bibliográfica de Silva e Barreto (2021), que buscaram artigos dos anos de 1990 até 2014 relacionados ao diálogo entre educação e neurociência.

Na pesquisa destes autores foram encontrados apenas 37 artigos e nenhuma pesquisa com o foco na aprendizagem da leitura. Um detalhe interessante para refletir é que dos nove artigos selecionados pelos autores, seis são da região Sul do Brasil. Isso revela a necessidade de divulgação, discussão e de mais pesquisas a respeito do processo de aprendizagem da leitura baseado nos princípios da neurociência, o que reforça ainda mais a sua relevância e a necessidade de estudos no campo educacional.

Portanto, considerando a evolução científica na área da educação, em especial nas bases da alfabetização dentro da neurociência, este trabalho justifica-se pela necessidade de elucidar os estudos neurocognitivos que se apresentam eficazes em contribuir com a aprendizagem da leitura, haja vista que, a alfabetização é a fase inicial da vida escolar que abre portas ao conhecimento de mundo e a intelectualidade, e que, uma vez alfabetizado, pode-se minimizar mazelas sociais, empobrecimento humano e impactos no desenvolvimento escolar.

Nesse contexto, a pesquisa se fundamenta em autores e pesquisadores dentro e fora do Brasil que relacionam neurociência e alfabetização, destacando: DEHAENE (2012), SCLIAR-CABRAL (2008; 2009a; 2009b; 2010; 2013; 2018; 2020a; 2020b; 2020c), SARGIANI (2022), PEGADO (2015), SOARES (2018), MALUF (2005; 2020; 2022), MORTATTI (2006) dentre outros, que puderam viabilizar e/ou analisar os trabalhos encontrados. Posto isto, este trabalho aborda os achados sobre as contribuições da neurociência para a alfabetização disponíveis ao momento que se pôde ler.

Para isso, realizamos um estudo de revisão integrativa, com abordagem qualitativa que, segundo Botelho (et al., 2011), pode ser entendida como um recurso metodológico que permite sistematizar o conhecimento científico (desenvolvido teórico ou empiricamente) e visualizar novas perspectivas para novas pesquisas. Do ponto de vista da interpretação evidencial, esse tipo de estudo de revisão permite a inclusão de estudos que utilizem uma variedade de métodos com abordagens qualitativas e quantitativas. Neste sentido, no Capítulo 2, descrevemos o percurso metodológico da pesquisa, de acordo com as etapas propostas por Botelho (Et al, 2011).

No Capítulo 3, discutimos as bases neurológicas da alfabetização, primeiramente, descrevendo o perfil da amostra encontrada, com foco nos aspectos quantitativos e qualitativos dos dados analisados, que englobam diferentes tipos de pesquisas, delineamentos metodológicos e temáticas emergentes no campo. A segunda subcategoria dessa seção, intitulada "Decodificação e Compreensão na Aprendizagem da Leitura", aborda os estudos

que investigam como o cérebro desenvolve a capacidade de decodificar e compreender textos, discutindo as implicações desse processo para a alfabetização. Na subseção "Habilidades Metafonológicas na Alfabetização", destacamos a relevância da consciência fonológica e fonêmica no desenvolvimento da leitura e escrita, bem como os impactos que esses processos têm no cérebro, conforme apontado pela neurociência. Finalmente, na subseção "Funções Executivas, Memória de Trabalho, Emoção e Ambiente na Alfabetização", discutimos os fatores internos e externos, como funções cognitivas e emocionais, que influenciam o processo de aprendizagem da leitura e escrita, e como esses fatores podem afetar positivamente ou negativamente a alfabetização.

Por conseguinte, no capítulo 4, intitulado "Neurociência e a Questão dos Métodos de Alfabetização", exploramos a relação entre a neurociência e os métodos de alfabetização, abordando as questões históricas e as implicações desses métodos para o ensino da leitura e escrita. Já no Capítulo 5, "Neurociência e as Políticas de Alfabetização", analisamos como os avanços na neurociência têm informado e influenciado as políticas de alfabetização, com foco em suas implicações para a formação de professores e o desenvolvimento de práticas educacionais mais eficazes.

Para finalizar, no Capítulo 6, "Neurociência e Suas Implicações para as Práticas de Alfabetização", discutimos estudos que apresentam contribuições diretas para práticas de alfabetização baseadas na neurociência. Abordamos as metodologias, métodos, estratégias e intervenções que têm sido indicadas em diversos estudos, tanto em nível micro (sala de aula) quanto macro (programas e métodos aplicados em contextos municipais e nacionais), dentro e fora do Brasil. Também discutimos as implicações dessas práticas para a alfabetização na Educação Infantil e os impactos no contexto educacional de cada realidade. Por fim, em "Conclusões Integrativas: contribuições da neurociência e novos horizontes para a alfabetização" tecemos uma síntese dos resultados da pesquisa, destacando as principais conclusões, sugerimos possíveis caminhos para estudos futuros, evidenciamos as lacunas e limitações encontradas no estudo e apontamos as implicações dos achados no contexto educacional.

2 PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA

Este capítulo apresenta o percurso metodológico utilizado para a realização deste trabalho. Para este estudo, optamos responder a questão principal por meio de uma revisão integrativa, que se constitui em sistematizar o conhecimento científico em vários tipos de

estudos (isto é, experimental e não-experimental) já publicados; e possibilita a geração de novos conhecimentos baseado nos resultados das pesquisas e do passado da literatura empírica ou teórica, permitindo uma compreensão/conclusão mais abrangente de um fenômeno particular (BOTELHO et al., 2011).

Estes estudos começam pelo princípio de uma visão mais interpretativa das evidências, o que seria mais adequado para o campo educacional, haja vista que há uma variedade nos instrumentos de coleta, nos achados, bem como no público participante o que dificulta a agregação e contabilização dos resultados (Vosgerau; Romanowski, 2014).

Rodrigues, Sachinski e Martins (2022) ao trazerem reflexões riquíssimas em relação à revisão integrativa, ressaltam que este tipo de revisão muito contribui para a pesquisa qualitativa com o foco especial na área da Educação, pois possibilita que o pesquisador compreenda em profundidade a sua área de pesquisa, haja vista que não apenas quantifica os achados, mas aguça o seu olhar qualitativo, interpretando-os e analisando de forma crítica sobre eles.

Neste sentido, tendo como norte a revisão integrativa, percorremos a Botelho (Et.al, 2011) os quais fundamentam as seguintes etapas neste trabalho que consistem em: (1) Identificação do tema e seleção da questão de pesquisa; (2) Estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão; (3) Identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados; (4) Categorização dos estudos selecionados; (5) Análise e interpretação dos resultados; e (6) Apresentação da revisão/ síntese do conhecimento.

2.1 Procedimentos para a seleção dos achados: Identificação do tema e seleção da questão de pesquisa

Cabe destacar que antes mesmo de estabelecer critérios de seleção dos achados e/ou categorias de análise foi realizado uma pesquisa preliminar de cunho exploratório da literatura (relatórios, livros, levantamento bibliográfico, artigos e outros), o que permitiu ter um apanhado geral, revestidos de importância, que foram capazes de fornecer dados atuais relacionados com o tema. Esta fase da pesquisa (análise das fontes documentais), segundo Marconi e Lakatos (2003), é nomeada de fontes primárias e secundárias. Desse levantamento, foi realizada uma revisão de literatura ao curso da disciplina Seminário Temático III do curso de Pedagogia.

O levantamento foi realizado na plataforma CAPES com os descritores: neurociência, alfabetização e leitura que de um total de 10 artigos foram selecionados apenas 7, os quais puderam contemplar uma contribuição clara para a discussão da temática proposta. Com o objetivo de explorar a literatura disponível no momento, os textos foram lidos e sintetizados

resultando no texto de revisão de narrativa da literatura referente à disciplina de Seminário Temático III. Posteriormente, ainda foi realizado um segundo levantamento na plataforma da ANPED (Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação), mas não foi possível obter resultados, então, para este estudo, resolvemos ampliar a busca para outras bases de dados que nos trouxeram retorno significativamente melhor.

Portanto, neste estudo, as seguintes questões foram elaboradas com o intuito de guiar a revisão integrativa: Como evoluiu ou se apresenta a produção acadêmica científica no tema neurociência e alfabetização e/ou aprendizagem da leitura, considerando o número de publicações ao longo dos últimos 23 anos? Quais são os principais temas investigados nos últimos 23 anos pelos estudos que se relacionam ao diálogo entre neurociências e alfabetização? Quais têm sido os resultados obtidos a partir dos estudos que abordam a neurociência e a alfabetização? A neurociência traz estratégias e práticas de ensino eficientes para a fluência e compreensão de leitura?

2.2 Estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão são parâmetros que determinam quais os estudos relevantes para a investigação. Podem incluir aspectos como o período de publicação dos artigos, o tipo de publicação, a disponibilidade de textos completos, as línguas dos artigos e o foco temático específico. Estes critérios são essenciais para garantir que os estudos incluídos são relevantes para a questão de investigação e contribuem significativamente para os objetivos do estudo integrativo.

Por outro lado, os critérios de exclusão servem para eliminar os estudos que não cumprem os requisitos necessários para a análise. Podem implicar a exclusão de estudos de caso, investigação com populações específicas, trabalhos fora do âmbito temático da investigação, entre outros. A aplicação cuidadosa dos critérios de exclusão é crucial para evitar enviesamentos e garantir que a análise se baseie em dados fiáveis e representativos. Segundo Ganong (1987 citado por URSI, 2005), os critérios de inclusão e exclusão devem ser identificados no estudo e ser claros e objetivos, mas podem ser reorganizados durante o processo de busca de artigos e durante a elaboração da revisão integrativa.

Portanto, os critérios de inclusão de estudos da literatura nacional e internacional para esta amostra foram: (a) artigos científicos publicados de 2000 a 2023 (últimos 23 anos); (b) artigos do tipo revisões de literatura e/ou originais; (c) artigos completos disponíveis gratuitamente nas bases de dados consultadas; (d) publicações em Português, Inglês e Espanhol;

(e) restringir o levantamento a estudos que investigam o ensino de leitura em sistemas de escrita com ortografias alfabéticas. Os critérios de exclusão estabelecidos foram: ¹³(f) descartar pesquisas que se concentram em estudos de caso e investigações com grupos vulneráveis no contexto do ensino de leitura e escrita, tais como crianças com deficiências auditivas ou surdez, déficit intelectual, deficiências visuais ou cegueira, e transtornos do neurodesenvolvimento como dislexia ou TDAH; (g) pesquisas cujas amostras consistem em animais não humanos;

2.3 Identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados

Para o levantamento de dados foram utilizadas as bases consideradas relevantes para a educação, tanto nacionais quanto internacionais, como a ERIC, Capes, Scielo, Google Scholar e ScienceDirect. A base de dados ERIC (Educational Resources Information Center – CSA) foi escolhida por ter relação direta no campo educacional, já que tal banco de dados é patrocinado pelo Departamento de Educação dos Estados Unidos e permite um amplo acesso à literatura ligada à educação. A ScienceDirect (Elsevier) também foi uma plataforma incluída para o levantamento de dados por permitir acesso às mais recentes descobertas e textos completos da literatura científica revisada por pares.

O Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) é um dos maiores acervos científicos virtuais do País, que reúne e disponibiliza conteúdos produzidos nacionalmente e internacionalmente a instituições de ensino e pesquisa no Brasil. Já a biblioteca eletrônica SCIELO (*Scientific Electronic Library Online*) disponibiliza uma coleção abrangente de periódicos científicos brasileiros de diversas áreas. O Google Scholar ou Google Acadêmico em português possui um mecanismo virtual que permite realizar uma pesquisa livre e acessível de textos completos da literatura produzida em uma extensa variedade de formatos.

Vale ressaltar que os artigos em revistas de impacto na área de neurociência cognitiva e educação foram levantados considerando o Índice H de acordo com o *SCImago Journal Rank*, que é uma plataforma pública que fornece *rankings* de revistas científicas e análise de países com base em dados extraídos da *Scopus*, uma das maiores bases de dados de resumos e citações da literatura científica. Desenvolvido pelo *Scimago Lab*, o SJR oferece diversas métricas e

¹³ As pesquisas que se concentravam em públicos vulneráveis foram excluídas do escopo deste estudo porque (embora seja objeto de investigação da neurociência e da ciência cognitiva da leitura), a pesquisa se interessou em investigar uma lacuna apontada por Hruby e Goswami (2011) em haver poucos estudos com crianças típicas, já que os estudos na área de neurociência e leitura surgiram para identificar crianças com dificuldades de leitura, principalmente disléxicas.

ferramentas para avaliar o impacto de revistas científicas, países e até instituições. Entre as revistas selecionadas estão a *NeuroImage* e *Journal of Cognitive Neuroscience*.

Além disso, mediante estas etapas, construímos o protocolo de pesquisa segundo a proposta de Schiavon (2015). A partir deste protocolo delimitamos o tipo de estudo de revisão (neste estudo: revisão integrativa); a identificação do tema do estudo; a questão de pesquisa; a definição dos descritores e os bancos de dados que foram utilizados. A autora também traz considerações importantes relacionadas aos operadores booleanos, que são os mais utilizados na pesquisa em periódicos: *AND*, *OR*, *NOT*.

Para o levantamento bibliográfico e com intuito de incluir a maior quantidade possível de estudos, foram utilizados os descritores, em conjunto, “neurociência” *AND* “alfabetização” *AND* “leitura”; “ciência cognitiva” *AND* “alfabetização” *AND* “leitura” “neuroscience” *OR* “science cognitive” *AND* “literacy” *AND* “reading”, entre várias outras combinações, restringidos ao período compreendido entre os anos 2000 a 2023 (últimos 23 anos) em todas as bases de dados. Os operadores booleanos foram utilizados em inglês e com letras maiúsculas para se distinguirem dos descritores consultados, como explica Pereira e Galvão (2014a, p.1) que

[...] entre termos distintos, geralmente usa-se o ‘AND’, para localizar estudos sobre os dois temas (intersecção). Entre os sinônimos de um componente da busca, utiliza-se o ‘OR’, recuperando-se artigos que abordam um ou outro tema (soma). O operador ‘NOT’ é utilizado para excluir um assunto da busca.

Nesse ponto, os operadores booleanos são importantes mecanismos de busca que ajudam a refinar a pesquisa e construir uma busca mais avançada nas plataformas. É importante deixar claro que todos os trabalhos selecionados em inglês e espanhol foram traduzidos pela plataforma online de tradução de textos instantânea *DeepL*, versão gratuita. Essa plataforma é reconhecida por suas traduções mais precisas em comparação com outros concorrentes do mercado, como Google, Microsoft e Meta. Sua interface intuitiva e fácil de usar foi fundamental para a leitura e compreensão dos textos traduzidos.

Durante a leitura, também foram utilizadas ferramentas online de inteligência artificial, como *ChatPDF* e *HumataAI*, para simplificar a compreensão de publicações e artigos, inclusive em outros idiomas. Essas ferramentas facilitaram a extração de informações dos arquivos PDF, contribuindo para otimizar o tempo de leitura de uma grande quantidade de artigos. No entanto, é importante ressaltar que o uso dessas ferramentas não substituiu a leitura integral dos

trabalhos. Esse processo de busca exigiu cautela, atenção e rigor, pois foram necessárias diversas tentativas de ajuste dos descritores, reformulação dos objetivos e até mesmo da questão de pesquisa. Essas etapas demandam tempo, esforço e muita dedicação no processo.

2.4 Categorização dos estudos selecionados

O processo de construção das categorias aconteceu mediante a perspectiva da Análise Textual Discursiva que pode ser compreendida como um processo de auto-organização, de compreensão e construção dos novos conhecimentos emergentes partindo de uma sequência recursiva: a desconstrução dos textos do “*corpus*”, a unitarização das relações e elementos encontrados que resulta nas categorias elaboradas; e a captação do emergente em que o novo conhecimento é comunicado e validado. A desmontagem dos textos é possível através de uma impregnação do pesquisador com o conteúdo encontrado ou conhecimentos pré-estabelecidos por estudos anteriores devido à familiaridade ou inclinação pessoal ao objeto de estudo (Moraes, R. & Galiazzi, 2007).

Neste sentido, para a desmontagem dos textos, em um primeiro momento, foi realizado uma leitura exaustiva do material com o objetivo de familiarização do *corpus*, como uma pré-análise, e à medida que essa leitura foi aumentando, foram surgindo *insights* de caráter intuitivo que, inicialmente, não correspondiam aos objetivos da pesquisa, mas que posteriormente foram, aos poucos, ajustados. Os *insights*, a separação e elementos constituintes do texto foram registrados e elaborados de maneira a explorar a diversidade de significados nos textos. Esse mergulho inicial nos dados foi fundamental para estabelecer uma conexão intuitiva com o material, preparando o terreno para uma codificação e análise mais sistemáticas. Dessa forma, “A desconstrução e a unitarização do “*corpus*” consistem em um processo de desmontagem ou desintegração dos textos, destacando seus elementos constituintes (Moraes, R. & Galiazzi, 2007, p. 18).

Com uma compreensão abrangente do *corpus* estabelecida, procedemos à codificação dos textos. Nesse segundo momento, realizamos um processo de releitura dos textos e reescrita das unidades de modo que contemplasse um significado, o mais completo possível em si mesma e que apresentasse a ideia central da unidade. Essa etapa de categorização envolveu leituras atentas, organização das informações inicialmente coletadas, reiteradas dos textos, anotações detalhadas e a identificação preliminar de temas e padrões, desta vez de forma a contemplar os objetivos da pesquisa.

Segundo os autores da ¹⁴ATD, a categorização revela-se como uma atividade de classificação dos materiais de um “corpus” textual, é comparar e diferenciar os elementos unitários, resultando em formação de conjuntos de elementos semelhantes/comuns. Esse processo de classificação é diversificado e complexo, haja vista que não ocorre em um único momento da pesquisa, um desses momentos, por exemplo, é o retorno constante ao material selecionado e uma atenção redobrada aos objetivos da pesquisa.

Ainda de acordo com os autores, existem três principais métodos, ou uma combinação deles, que um pesquisador pode empregar para desenvolver e/ou chegar às categorias. Primeiramente, existe o método dedutivo (do geral para o particular), que envolve a pré-definição de categorias, nas quais serão organizadas em “caixas” para classificar os conteúdos. Uma segunda abordagem é o indutivo, na qual as categorias emergem diretamente da análise das unidades do *corpus* durante a leitura. Por último, o método intuitivo permite que o pesquisador, apoiando-se em sua intuição e nas inspirações derivadas de uma profunda familiaridade com os textos, crie categorias. Os autores salientam ainda que a metodologia escolhida pelo pesquisador para a criação de categorias reflete os fundamentos teóricos e os paradigmas que guiam sua pesquisa.

Cabe destacar que neste estudo as categorias foram elaboradas por uma combinação do método dedutivo e intuitivo proporcionado por uma intensa impregnação dos dados e familiaridade com o fenômeno de pesquisa estudado. Por conseguinte, utilizamos um método de codificação aberta, permitindo que categorias e temas emergissem naturalmente dos dados. Essa abordagem iterativa assegurou que nossa análise permanecesse fiel ao material, evitando imposições pré-concebidas. Cada segmento de texto foi cuidadosamente examinado e atribuído a uma ou mais categorias, conforme relevante. Além disso, as categorias surgiram também a partir das questões elaboradas anteriormente que guiaram esta revisão.

2.5 Análise e interpretação dos resultados

A análise de dados deste trabalho teve como base os princípios sugeridos pela Análise Textual Discursiva, portanto, a pesquisa

Corresponde a uma metodologia de análise de dados e informações de natureza qualitativa com a finalidade produzir novas compreensões sobre os fenômenos e discursos. Insere-se entre os extremos da análise de conteúdo tradicional e a análise

¹⁴ ATD- Abreviação de Análise Textual Discursiva

de discurso, representando um movimento interpretativo de caráter hermenêutico (MORAES; GALIAZZI, 2007, p. 08.)

Dessa forma, os autores sugerem a combinação de diferentes métodos de análise, como por exemplo, a análise de conteúdo e análise do discurso, caracterizando-se como um processo interpretativo de cunho hermenêutico. Portanto, a análise dos resultados deste trabalho está ancorada no arcabouço teórico referenciado com intuito de sintetizar os dados alcançados para responder aos objetivos propostos.

2.6 Apresentação da revisão/síntese do conhecimento

Para a síntese dos dados e do conhecimento acumulado na pesquisa, utilizamos neste estudo um instrumento idealizado por Ursi (2005) que foi adaptado para estar de acordo com as especificidades da área da educação. Trata-se de um quadro sinóptico, construído especificamente para este fim, que contribuiu de maneira primorosa em primeiro plano para a leitura dos trabalhos encontrados, e posteriormente, a apresentação didática dos achados. O quadro contempla aspectos importantes dos estudos encontrados: nome da pesquisa; tipo de publicação; detalhamento metodológico; detalhamento amostral; intervenção estudada; resultados; recomendações e conclusões. A adaptação compreende, portanto, os seguintes aspectos: Pesquisa; Autores; Ano; Problema e Objetivos; Tipo de Publicação; Detalhamento Metodológico (Tipo de Pesquisa e Instrumentos de Coleta); Detalhamento Amostrais; Resultados; Recomendações/Conclusões e Lacunas da Pesquisa (Apêndice A).

É relevante destacar como essa ferramenta foi essencial para aprimorar a leitura e interpretação dos trabalhos analisados. O quadro sinóptico, com sua estrutura organizada e categorizada, permitiu uma visão rápida e ao mesmo tempo profunda dos principais aspectos de cada estudo considerado. Isso inclui desde o nome da pesquisa e tipo de publicação até detalhes mais específicos como metodologia, amostra, intervenções, resultados e recomendações. Essa organização não só facilitou a identificação de padrões e tendências entre os diversos estudos encontrados, mas também promoveu uma apresentação mais didática dos achados.

Em outras palavras, o quadro serviu como uma ponte entre a complexidade dos dados coletados e a necessidade de transmiti-los de forma clara e educativa, tornando-se um recurso valioso tanto para pesquisadores quanto para leitores interessados no estudo. Este instrumento não apenas enriqueceu a análise dos dados, mas também ampliou a acessibilidade do conhecimento gerado, demonstrando o poder da organização e da síntese na pesquisa científica.

A utilização do quadro sinóptico, portanto, transcende a mera categorização de dados, servindo como um meio crucial para destacar conexões significativas entre os estudos e para apresentar as descobertas de uma forma que ressoe tanto com acadêmicos quanto com leigos interessados na área de pesquisa estudada ou em qualquer outra.

Todavia, é importante deixar claro que a síntese e discussão do conteúdo foi elaborada e apresentada de forma descritiva, com intuito de contemplar os objetivos deste estudo. Essa abordagem permitiu não apenas uma compreensão abrangente dos resultados obtidos, mas também facilitou a identificação de tendências, lacunas e possíveis correlações entre os dados analisados. Ao adotar uma narração detalhada, foi possível destacar as nuances e complexidades de cada estudo incluído na revisão, proporcionando uma visão integral da área de pesquisa em questão até o presente momento. Dessa forma, o estudo não se limitou a um mero agrupamento de informações, mas avançou na construção de um diálogo construtivo entre os dados existentes e as perspectivas futuras, contribuindo significativamente para o avanço do conhecimento no campo de estudo. Portanto, optamos por apresentar o quadro sinóptico apenas nos apêndices para fins didáticos de complementação do conteúdo produzido.

3 DISCUTINDO AS CONTRIBUIÇÕES NEUROCIÊNCIAS PARA A ALFABETIZAÇÃO

Este capítulo se encarregará de apresentar e discutir os resultados da pesquisa atual considerando os 52 trabalhos selecionados com base nos critérios metodológicos e objetivos previamente delineados. Inicialmente, os periódicos foram avaliados levando em consideração o delineamento metodológico, padrões e as tendências emergentes no campo, principalmente, as implicações para a alfabetização. Para isso, discutiremos na seção “Perfil da amostra na interface entre neurociência e alfabetização” os aspectos quantitativos e qualitativos dos resultados encontrados que envolvem os tipos de pesquisas, delineamentos metodológicos e temáticas emergentes na pesquisa. Em seguida, o *corpus* foi analisado, utilizando as categorias elaboradas da seguinte forma: a) Bases neurológicas da leitura; b) Neurociência e a questão dos métodos de alfabetização; c) Neurociência e as políticas de alfabetização; e d) Neurociência e suas implicações para as práticas de alfabetização.

3.1 Perfil da amostra na interface entre neurociência e alfabetização

O presente estudo, de revisão integrativa, considerou os 52 trabalhos selecionados segundo os critérios de inclusão estabelecidos, sendo que, durante a seleção da amostra, alguns estudos foram excluídos após a avaliação por títulos e resumos completos, por não atenderem aos critérios estabelecidos. Inicialmente, foram encontrados o total de 1.112 estudos disponíveis na base de dados *ScienceDirect* com os descritores: “*neuroscience*” AND “*reading*” AND “*literacy*”, dos quais foram filtrados os resultados considerando os estudos publicados em revistas científicas de impacto na área de neurociência e da neuroeducação, por se tratarem de revistas com escopos de pesquisas interdisciplinares que interliga os campos da educação, psicologia e neurociência: *Trends in Neuroscience and Education* (46); *Developmental Cognitive Neuroscience* (45); *NeuroImage* (41); *Cortex* (37); *Brain and Language* (33); *Trends in Cognitive Sciences* (17), totalizando 219 artigos. Destes, 16 foram pré-selecionados com base em seus títulos e resumos. Essas 16 referências foram, então, submetidas aos critérios de inclusão e, após uma leitura completa, apenas 10 estudos foram selecionados no total.

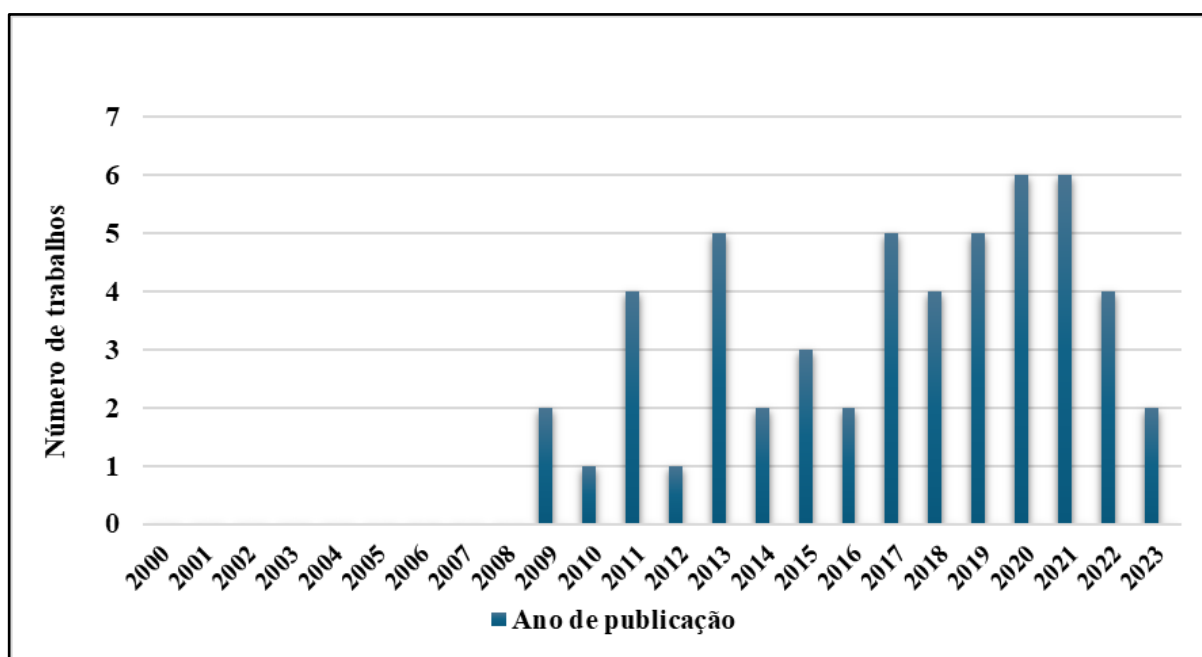
Na base de dados ERIC, usando os descritores: “*cognitive science*” AND “*literacy*” AND “*neuroscience*” foram encontrados um total de 97.230 resultados, porém, considerando o próprio tesauro da base (ERIC thesaurus), os filtros foram adicionados para ter melhor precisão da busca, então, ao acrescentar os descritores (filtros): “*Literacy*”, “*Reading Skills*” e “*Reading Difficulties*” que se aproximaram mais da pesquisa identificamos 98 trabalhos e com os descritores: “*cognitive science*” OR “*neuroscience*” AND “*literacy*” foi possível filtrar com o tipo de publicação “*Journal Articles*” 77 resultados. Destes, foram pré-selecionados 24 estudos e 14 compuseram esta amostra após uma análise dos textos. É importante ressaltar também que muitos artigos encontrados na base de dados ERIC quando não disponíveis na íntegra da base eram direcionados com acesso direto para a base PubMed por conta de a temática envolver várias áreas da Biologia e Medicina.

Na plataforma CAPES com os descritores: “*neurociência*” AND “*alfabetização*” AND “*leitura*” foram encontrados 28 trabalhos, dos quais 11 em português e 1 em espanhol foram selecionados para inclusão neste escopo. É importante mencionar que a amostra encontrada na busca com descritores em inglês foi desconsiderada, haja vista que o seu volume foi grande (mais de 2000 trabalhos) e a maioria dos artigos se repetiam em outras bases de dados como a ERIC e *Science Direct*, os quais já haviam sido selecionados.

No Scielo, foram encontrados 9 trabalhos com os descritores em inglês e selecionados para esta amostra apenas 1 artigos em inglês. É importante mencionar que não houve resultados diferentes com os descritores em português na base Scielo, os dois trabalhos que apareceram se repetiram na CAPES, apenas com os descritores em inglês foi possível obter algum resultado.

Por fim, na base de dados *Google Scholar* (Google Acadêmico), foram encontrados mais de 6100 trabalhos entre variados tipos, no entanto, foram considerados os achados apenas até a página 10, já que a amostra era muito grande e esse limite estabelecido foi suficiente para selecionar referências que respondessem aos objetivos propostos, totalizando assim, uma seleção final de 15 trabalhos em português. A amostra final deste estudo, portanto, foi constituída por 52 trabalhos. Neste sentido, apresentamos no Gráfico 1, o aspecto temporal e quantitativo da pesquisa, que de maneira geral, revisou e analisou a amostra de 52 trabalhos dos últimos 23 anos (2000-2023).

Gráfico 1- Gráfico 1 - Número anual de trabalhos publicados no período de 2000 a 2023, disponíveis nas bases de dados ERIC, ScienceDirect, CAPES, Scielo e Google Scholar selecionados para a revisão integrativa.



Fonte: Elaborado pela autora.

Como podemos observar no Gráfico 1, a partir do ano de 2009, percebemos uma oscilação na quantidade de publicações que relacionam a neurociência com a leitura e um tanto crescente de 2017 a 2023, no entanto, algo curioso a se destacar é que durante os anos de 2000 a 2008 não foram detectados estudos nas bases de dados que pudessem relacionar a aprendizagem da leitura e escrita na alfabetização com a neurociência. Isso pode ser explicado não pela ausência de trabalhos durante os anos mencionados anteriormente, mas um primeiro fator pode ser a própria disponibilidade desses estudos nas plataformas de busca que inviabiliza o acesso a essas pesquisas. Contudo, um outro fator preponderante que pode explicar a ausência

de trabalhos entre os anos citados é a própria questão histórica de pesquisa da relação entre neurociência e alfabetização.

Nos primeiros anos dos anos 2000 (início do século XXI), a neurociência educacional era um campo emergente, assim, a integração direta entre neurociência e práticas de alfabetização ainda estava em fase inicial. Neste sentido, a pesquisa em neurociência estava começando a ser aplicada à educação, e a colaboração interdisciplinar entre neurocientistas e educadores ainda não era amplamente estabelecida e mesmo na ‘década do cérebro’ (1990) havia crescente ceticismo quanto à aplicação direta da neurociência à educação (Bruer, 1997; Ferreira, 2019).

Goswami (2006; 2009), aponta que as tecnologias de imagem cerebral, como fMRI e EEG, estavam em desenvolvimento e não eram tão acessíveis ou avançadas como são hoje. Essas limitações tornavam difícil conduzir estudos detalhados sobre os processos neurológicos envolvidos na alfabetização, então, os maiores desafios se concentravam em termos tecnológicos e metodológicos das pesquisas. A maioria das pesquisas em neurociência estava focada em compreender os fundamentos biológicos de funções cerebrais mais básicas antes de avançar para aplicações educacionais específicas. No entanto, à medida que essas áreas de pesquisa cresceram, houve inúmeras tentativas de aplicar os conhecimentos da neurociência ao campo da educação, apesar de a qualidade dessas tentativas variou e, em muitos casos, foi considerada prematura ou excessivamente otimista (Goswami, 2011). Acontece que entre as diversas áreas exploradas pela neurociência educacional emergente, Varma, McCandliss e Schwartz (2008 citados por Goswami, 2011) sugeriram que a neurociência dos processos de leitura se destacou pela sua sofisticação.

Neurociência e educação são campos que tradicionalmente operavam em silos. A linguagem e os objetivos de pesquisa eram diferentes, o que dificultava a comunicação e a colaboração entre neurocientistas e educadores. O conceito de “neuroeducação” ou “neurociência educacional” como um campo interdisciplinar bem definido ainda estava ganhando reconhecimento (Howard-Jones, 2007). A partir de 2008, houve um crescimento acelerado no interesse pela aplicação da neurociência à educação, impulsionado por novos avanços em tecnologias de imagem cerebral e uma maior ênfase na neuroplasticidade e em como o cérebro aprende a ler, principalmente, grande parte das pesquisas focava na compreensão das bases neurológicas de distúrbios específicos de leitura, como a dislexia. Esse interesse levou ao desenvolvimento de programas de pesquisa e financiamentos dedicados à interseção entre neurociência e educação (OECD, 2007).

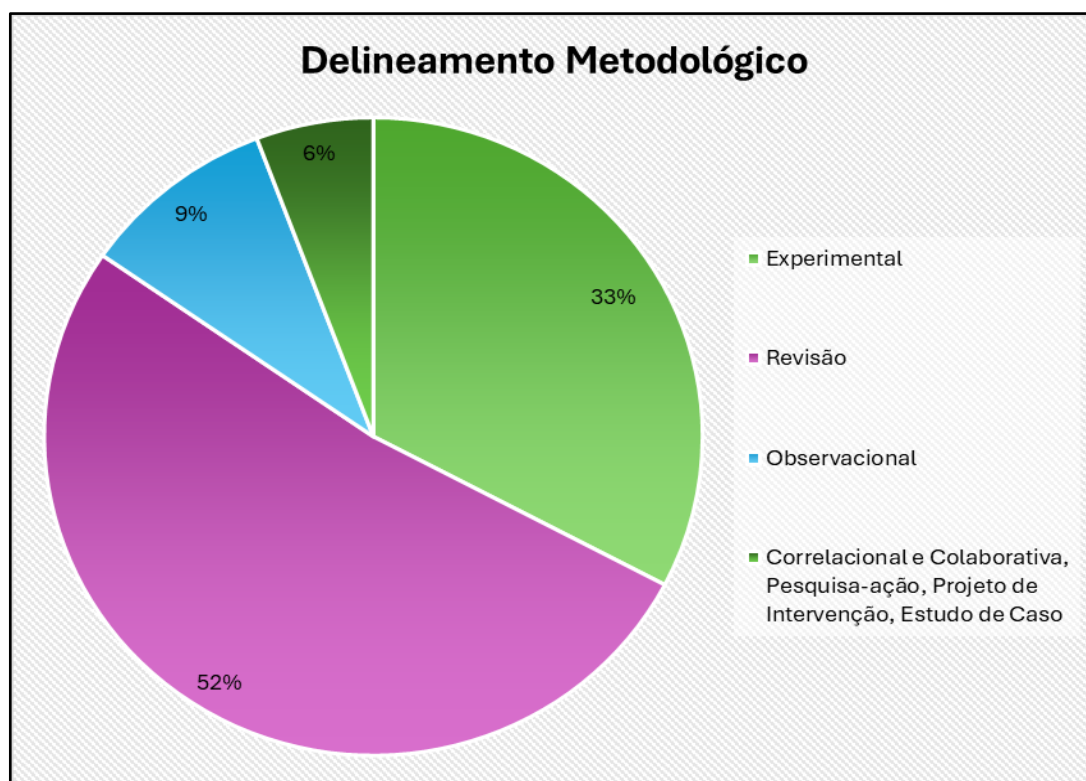
Em relação aos temas identificados nos estudos desta revisão, observa-se que a maioria das pesquisas concentra-se na neurobiologia da leitura, especialmente nos aspectos cerebrais, como redes, conexões e substratos neurais envolvidos no desenvolvimento da leitura. Questões relacionadas à neuroplasticidade e à reciclagem neuronal durante o processo de aprendizagem da alfabetização também são temas frequentemente investigados, destacando como o cérebro humano é capaz de se adaptar e modificar suas estruturas em resposta à aquisição de habilidades de leitura e escrita. Além disso, tópicos tradicionais como ortografia, decodificação, fluência, compreensão de texto e consciência fonológica continuam a ser áreas centrais de pesquisa, com ênfase nas redes neurais específicas que suportam esses processos.

Recentemente, contudo, observa-se um interesse crescente em temáticas emergentes, como a memória de trabalho e as funções executivas, que são reconhecidas por desempenhar um papel crítico na leitura e na compreensão de textos complexos. Outra tendência significativa na literatura é a crescente integração entre neurociência e práticas educacionais, com a neuroeducação ganhando popularidade como uma abordagem interdisciplinar, principalmente, no desenvolvimento de métodos, metodologias e práticas pedagógicas de alfabetização baseados nos princípios neurocientíficos e a prática baseada em evidências.

Quanto ao delineamento metodológico das pesquisas analisadas nesta amostra, observamos que a maioria consiste em revisões de literatura. Esse predomínio pode ser explicado pelo aumento significativo de pesquisas experimentais realizadas em laboratórios com o uso de técnicas de imagem, como a ressonância magnética funcional (fMRI). Ao mesmo tempo, especialistas em educação e neurociência, como Hruby e Goswami (2011), têm destacado a importância de um cuidado especial na interpretação e aplicação direta dos resultados desses estudos experimentais em práticas pedagógicas. Essa cautela é necessária para evitar a implementação precipitada de estratégias educacionais baseadas em descobertas que, embora promissoras, ainda requerem validação em contextos educacionais do mundo real.

Portanto, a realização constante de pesquisas de revisão da literatura tornou-se essencial para esclarecer e moderar o entusiasmo que surgiu entre educadores ao redor do mundo com as novas descobertas neurocientíficas relacionadas à educação e alfabetização. Essas revisões têm o papel de fornecer uma visão crítica e equilibrada, ajudando a evitar mal-entendidos e a adaptação inadequada das descobertas de laboratório para a sala de aula. O Gráfico 2 ilustra a porcentagem de pesquisas de acordo com as metodologias empregadas, destacando o peso das revisões de literatura nesse contexto, representando 52% das pesquisas.

Gráfico 2- Porcentagem de trabalhos publicados no período de 2000 a 2023, disponíveis nas bases de dados ERIC, ScienceDirect, CAPES, Scielo e Google Scholar e selecionados para a revisão integrativa, por delineamento metodológico.



Fonte: Elaborado pela autora.

Além disso, uma informação importante a se acrescentar que não foi contemplada no gráfico é que, das pesquisas com metodologias de revisão analisadas durante o período estudado, aproximadamente 90% são de origem brasileira. Isso sugere que, no Brasil, a pesquisa ainda se concentra predominantemente em discussões teóricas no campo da neurociência e alfabetização, o que nos permite perceber que há uma escassez de estudos empíricos e experimentais no país. Diferentemente, a maioria das pesquisas com abordagens experimentais são conduzidas por pesquisadores estrangeiros, indicando uma maior prevalência desses métodos em contextos internacionais, principalmente, com uso de instrumentos de coleta de dados a partir de técnicas de neuroimagem como ressonância magnética funcional (RMF ou IRMf), tomografia de emissão de pósitrons (PET ou TEP) e a magnetoencefalografia (MEG) acompanhadas de testes cognitivos e comportamentais padronizados para avaliar as habilidades de leitura, processamento de palavras, consciência fonológica e compreensão textual dos indivíduos.

Cabe ressaltar também que o público alvo das pesquisas experimentais e empíricas estão voltadas para crianças na educação infantil (4 e 5 anos) e anos iniciais do ensino fundamental

(6, 7 e 8 anos) representando boa parte dos estudos desta amostra e pouquíssimos estudos com crianças típicas, o que parece ainda ser uma realidade no campo da neurociência e alfabetização como sugere Hruby e Goswami (2011), já que o número maior de pesquisas surgiram voltadas para identificar especialmente crianças com dificuldades de leitura e dislexia, gerando uma escassez de estudos com crianças típicas e também adultos, apesar de ter crescido as pesquisas na área. Neste sentido, esta categoria buscou descrever em linhas gerais os aspectos quantitativos e qualitativos deste estudo que seguirá em discussão nos próximos tópicos com os resultados encontrados sobre as contribuições da neurociência para a alfabetização. Ademais, as possíveis lacunas emergentes de pesquisa e limitações que puderam ser identificadas neste estudo são sugeridas nas considerações finais.

3.2 AS BASES NEUROLÓGICAS DA LEITURA

Esta seção pretende apresentar e discutir os resultados encontrados de trabalhos que envolvem aspectos da neurobiologia da leitura relacionados às conexões neurais que acontecem durante a aprendizagem da leitura. As mudanças cerebrais provocadas pela alfabetização com a plasticidade neuronal de estudos demonstram como o aprendizado da leitura altera as redes corticais envolvidas na visão e linguagem, mostrando que a alfabetização transforma a organização funcional do cérebro e as dificuldades no aprendizado da leitura.

Na subcategoria “Decodificação e Compreensão na Aprendizagem da Leitura” discutimos os estudos que indicam como a decodificação e compreensão leitora é desenvolvida no cérebro e o que as implicações apontam para a alfabetização. Neste mesmo sentido, em “Habilidades Metafonológicas na Alfabetização”, apontamos sobre a importância da consciência fonológica e fonêmica no desenvolvimento da leitura e escrita e seus impactos no cérebro segundo a neurociência e, por fim, em “Funções Executivas, Memória de Trabalho, Emoção e Ambiente na Alfabetização” trazemos as contribuições dos estudos relacionados aos fatores externos e internos provocados durante o aprendizado da leitura e da escrita na alfabetização e como eles podem impactar positivamente ou negativamente para esse aprendizado. De maneira geral, esta categoria é subsidiada por 27 trabalhos.

Em relação ao envolvimento visual da leitura e suas modificações no cérebro um estudo longitudinal realizado por Ben-Shachar et al., (2011), em um grupo de crianças típicas, com idades entre 7 e 12 anos, foi submetido à ressonância magnética funcional (fMRI) e testes cognitivos ao longo de quatro anos para investigar o efeito do envolvimento visual na leitura no cérebro. Os resultados revelaram um aumento progressivo da sensibilidade cortical na região

do sulco occipito-temporal esquerdo em resposta à visibilidade das palavras, sugerindo uma maior eficácia na leitura visual. Além disso, foi observada uma correlação positiva entre o aumento da sensibilidade cortical nessa região e a melhoria na eficiência da leitura visual ao longo do tempo. Essas conexões vão aumentando gradativamente à medida que a criança aprende a ler.

Nos adultos também não é diferente. O estudo de López-Barroso et al (2020) envolveu trinta participantes brasileiros e foi conduzido na unidade de Brasília da Rede SARAH de Hospitais de Neuroreabilitação. Todos os participantes eram destros, com acuidade visual normal ou corrigida para normal, audição normal e sem doenças neurológicas relatadas. Foram divididos em três grupos com base em seu nível de alfabetização. O grupo de analfabetos consistia em participantes da zona rural ou de centros urbanos próximos a Brasília, sem acesso à educação formal devido a motivos sociais. Os membros do grupo de ex-analfabetos compartilhavam uma origem semelhante aos analfabetos, mas haviam frequentado cursos de leitura para adultos e alcançado um nível básico de alfabetização. O grupo alfabetizado era composto por indivíduos da mesma comunidade e status socioeconômicos dos grupos anteriores, mas que haviam recebido educação formal precoce.

Todos os participantes realizaram testes de leitura em português para avaliar sua capacidade de leitura. Os resultados revelaram que a aprendizagem da leitura estava associada a mudanças na conectividade funcional entre diferentes redes cerebrais, incluindo aquelas envolvidas na linguagem, visão e audição. Os adultos alfabetizados demonstraram uma conectividade funcional aumentada entre áreas específicas do cérebro envolvidas na linguagem e na visão, em comparação com os adultos analfabetos. Aqueles que tinham sido anteriormente analfabetos, mas haviam aprendido a ler, mostraram uma posição intermediária, sugerindo uma possível limitação na plasticidade cerebral devido à prática limitada da leitura. Isto sugere que a proficiência, mais do que a idade de aquisição, parece ser o principal correlato da conectividade cerebral. Isso implica que os circuitos cerebrais que apoiam a leitura estão abertos a mudanças em qualquer idade, o que provoca um impacto gigantesco na estrutura cerebral, bem como em suas funções cognitivas na linguagem.

Neste sentido, as conclusões desses estudos e outros (Ekstrand et al., 2020; Kubotaa et al., 2019; Caffarra et al., 2017; Kristanto et al., 2020) desta amostra, corroboram com os estudos de Dehaene (2012) e Cosenza & Guerra (2011) quando ressaltam a importância de compreender o desenvolvimento neural envolvido na leitura e como esse conhecimento pode ser aplicado para melhorar as estratégias de ensino e intervenção em crianças e adultos em fase de alfabetização. Dessa forma, para compreender como ocorrem as conexões no cérebro durante

o processo de aprendizagem da leitura, Dehaene (2012, p. 25) explica que tudo começa no olho e é através da fóvea (região responsável pelos movimentos dos olhos no curso da leitura) que se ler o texto, pois, é a única capaz de discriminar finamente as letras, como descreve:

Como funciona a leitura? O tratamento da escrita começa no olho. Somente o centro de nossa retina, chamado de fóvea, possui uma resolução suficientemente elevada para reconhecer os detalhes das letras. Devemos, pois, deslocar nosso olhar sobre a página a fim de identificar, a cada pausa do olho, uma palavra ou duas. Desmembrada em milhares de fragmentos pelos neurônios da retina, a cadeia de letras deve ser reconstituída antes de ser reconhecida. Nosso sistema visual extrai progressivamente o conteúdo dos grafemas, sílabas, prefixos, sufixos e radicais das palavras. Entram enfim em cena duas grandes vias paralelas de tratamento: a via fonológica e a via lexical. A primeira permite converter a cadeia de letras em sons da língua (os fonemas). A outra permite acessar um dicionário mental onde está armazenado o significado das palavras.

Diante disso, para que a aprendizagem da leitura aconteça, é necessário que ocorram várias modificações no cérebro provocadas através das sinapses neurais da memória. Dessa forma, a ativação da Neuroplasticidade - “a adaptação funcional e estrutural que minimiza ou reverte os efeitos das alterações estruturais (lesionais) ou funcionais do sistema nervoso e que também permite a aquisição do conhecimento” (ARAÚJO, 2011, p. 48) - pode ser potencializada pelo aumento dos corpos neurais, possibilitando, assim, as dinâmicas sinápticas.

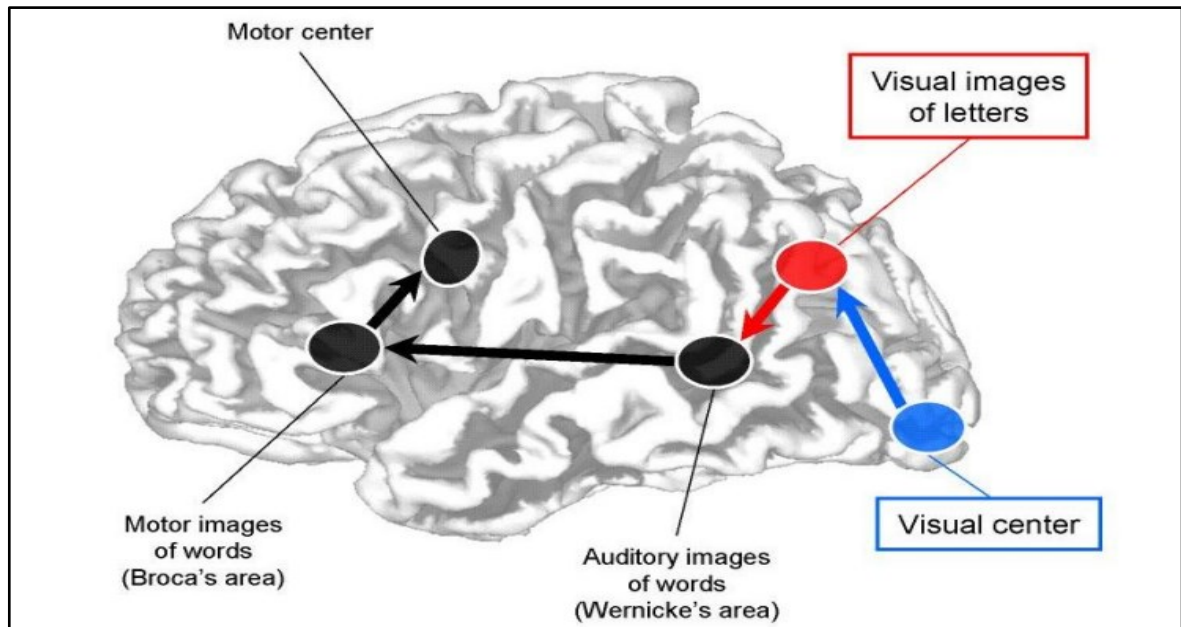
Neste sentido, Cabral (2013) e Cosenza & Guerra (2011) enfatizam que a visão é a parte principal desse processo, assim, área primária de processamento dos sinais de luz está localizada no meio das regiões posteriores e occipital de cada hemisfério como um orientador fundamental, responsável pela divisão dos sensores e pelos sinais de luz em inúmeros pontos, metaforicamente, chamados de pixels, e, só depois disso, são restauradas as formas inalteradas que podem ser conectadas aos neurônios correspondentes, enviados para regiões especiais, isto é, região occipito-temporal do ventrículo esquerdo que atinge seu pico nas áreas da região da linguagem verbal (área de Broca e áreas de Wernicke)¹⁵.

Dehaene (2013) reforça que os mecanismos envolvidos no aprendizado da leitura começam a surgir após distintas reciclagens neuronais, isto é, adaptações que reciclam os antigos circuitos cerebrais de primatas em novas competências, por isso, aprender a ler consiste em acessar a linguagem oral através da visão. Analisando o cérebro humano, como mostrado

¹⁵“Carl Wernicke (1848-1904), neurologista alemão que primeiro descreveu a afasia de compreensão e elaborou o primeiro modelo científico do processamento neurolinguístico. O modelo neurolinguístico de Wernicke considerava que a área de Broca conteria os programas motores da fala, ou seja, as memórias dos movimentos necessários para expressar os fonemas, compô-los em palavras, e estas, com frases. A área de Wernicke, por outro lado, conteria as memórias dos sons que compõem as palavras, possibilitando a compreensão. Bastaria que esta área fosse conectada com a primeira para que o indivíduo pudesse associar a compreensão das palavras ouvidas com a sua própria fala. Esse modelo simples fez bastante sentido durante muitas décadas” (LENT, 2010, p. 696-697).

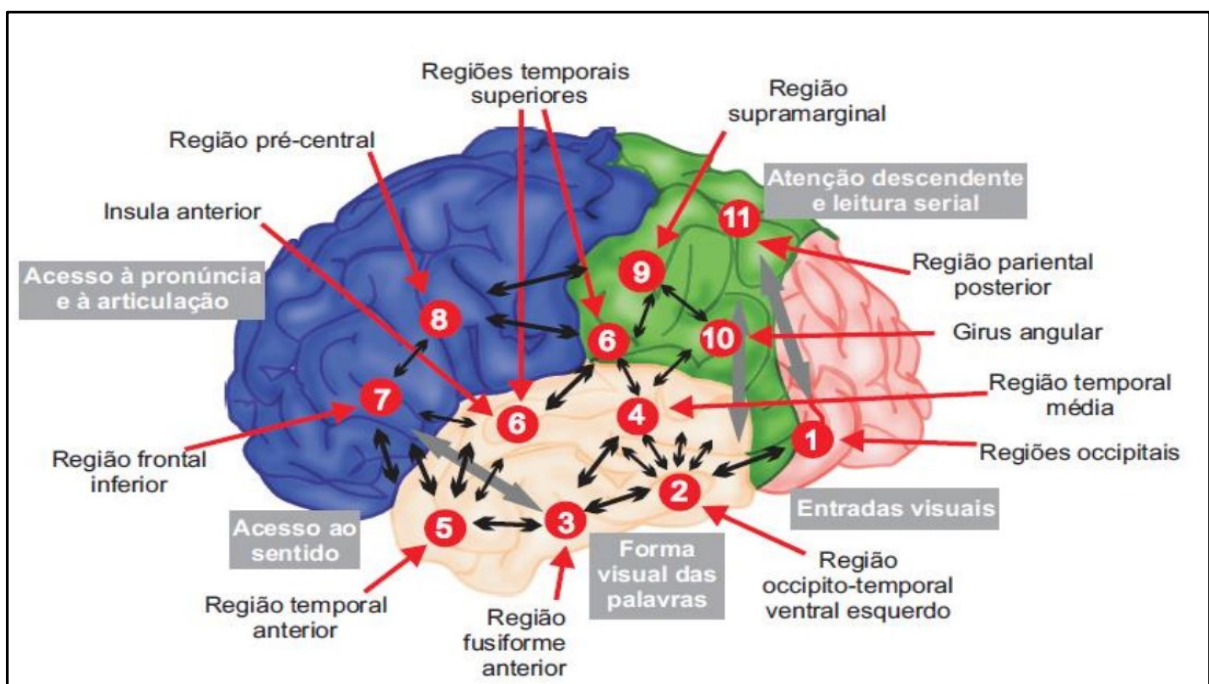
na Figura 2, temos uma arquitetura na qual as diferentes funções de cada subsistema são articuladas. Cabe mencionar que esta visão moderna da estrutura cerebral da leitura da figura 2 abaixo substituiu o antigo modelo neurológico clássico da leitura proposto por Déjerine (1892).

Figura 1- O antigo modelo neurológico da leitura (a partir de Déjerine, 1882 (Geschwind, 1965))



Fonte: Dehaene (2012, p.78)

Figura 2- Uma visão moderna das redes corticais da leitura.



Fonte: Dehaene (2012, p.78), adaptado por Scliar-Cabral (2009, p. 5).

Por meio da figura 2, pode-se observar a área de entrada visual na região occipital, onde são processados por sinais luminosos; a área occipital temporal esquerda, denominada por ele de "caixa das letras", é onde ocorre o reconhecimento de palavras escritas; os circuitos que incluem o processamento da imagem acústica da fala para regiões significativas de processamento e, finalmente, circuitos que processam informações correspondentes aos gestos motores que estão envolvidos na produção da fala. Isto confirma que a aprendizagem da leitura, decorrente de uma invenção cultural, necessita de aprendizagem explícita, pois a partir dos estímulos visuais e sonoros é que ela se efetiva. Por este motivo, percebemos que a aprendizagem da leitura observada pelo ponto de vista das ciências cognitivas e neurocientíficas é extremamente estruturada no cérebro que, por meio da RMF (Ressonância Magnética Funcional) e da PET (Tomografia por Emissão de Pósitron), permitem localizações mais precisas das regiões cerebrais que envolvem o ato da leitura.

No entanto, é importante assinalar que a área occípito-temporal ventral esquerda é responsável também pelo processamento de faces, objetos e instrumentos, embora apenas certas áreas específicas dessa região tenham uma preferência pelo reconhecimento de palavras escritas. Por outro lado, a região oposta no hemisfério direito tende a se especializar no reconhecimento de faces, conforme indicado por Tarkiainen e colaboradores (2002).

Além disso, mesmo que a experiência com a escrita seja crucial, é importante não forçá-la para ativar a funcionalidade da Área Visual de Palavra Escrita (VWFA). Estudos demonstram que mesmo algumas semanas de treinamento prévio com crianças de seis anos de idade sobre a correspondência entre letras ou grupos de letras e sons são suficientes para ativar a VWFA, mesmo que eles consigam decodificar apenas 30% de palavras curtas e comuns. Portanto, o início da funcionalidade da VWFA coincide com a aquisição das correspondências entre letras e sons, destacando que um nível básico de alfabetização é o bastante para estimular essa área. Da mesma forma, em adultos que já são proficientes em um sistema de escrita, um curto período de treinamento intensivo para reconhecer caracteres de um novo sistema (seja ele artificial ou desconhecido) é o suficiente para ativar a VWFA (Kolinsky et al., 2019).

Para tanto, Scliar-Cabral (2010) explica que os neurônios nesta área (occípito-temporal ventral esquerda) não estão biopsicologicamente programados para reconhecer palavras escritas; essa capacidade surge através da aprendizagem. Nos seres humanos, essa habilidade é desenvolvida graças à plasticidade neuronal, à especialização de áreas secundárias e terciárias, e às conexões entre diferentes regiões ligadas à linguagem e cognição. Os neurônios aprendem a identificar padrões gráficos invariantes, como os encontrados nos sistemas alfabéticos, que

resultam na representação de fonemas por uma ou duas letras (grafemas), ambos desempenhando o papel de distinguir significados.

Além disso, nossos olhos não cobrem uma linha completa devido às limitações da retina, por isso, deve ser entendido que as áreas de recepção de informações do cérebro são divididas em dois grandes blocos: as áreas primárias que consistem nos sistemas sensoriais e as secundárias e terciárias especializadas para a reciclagem de processos neuronais, por meio da experiência. Neste sentido, toda a dificuldade encontrada em nosso cérebro se concentra em reunir os fragmentos da palavra, quando entra na retina, a fim de decodificar as letras sob processo e na ordem que são apresentadas, e por último a palavra em questão (Scliar-Cabral, 2013).

As particularidades do sistema visual dos primatas explicam por que o nosso cérebro realiza operações que não tem nada a ver com o reconhecimento global da forma das palavras no contexto do texto – pelo contrário: o objeto visual explode em pequenos fragmentos que o cérebro se esforça em recompor traço por traço, e no caso da leitura, letra por letra, sendo o reconhecimento global, portanto, efetuado pela região homo-lateral direita (Dehaene, 2012). Podemos compreender que, como os melhores software de reconhecimento, o cérebro, através da nossa visão, impõe uma organização ou filtragem de forma severa aos textos que lemos. Portanto, diferentemente do desenvolvimento natural das habilidades de linguagem oral, o desenvolvimento da leitura, isto é, das habilidades escritas não é natural, pois depende de uma aprendizagem explícita (instrução sistemática) e integração das redes neurais da linguagem oral, visual e motora.

A ativação auditiva também foi verificada em tarefas de cunho fonológico em alguns estudos desta amostra. No estudo experimental de Wang e colaboradores (2021), foram recrutadas 153 crianças monolíngues de língua inglesa com idades entre 7,1 e 8,5 anos para participar do estudo. A análise dos dados foi realizada utilizando a ferramenta SPM12 (Statistical Parametric Mapping) para examinar a atividade cerebral durante a tarefa fonológica auditiva. Investigou como as crianças de 7-8 anos ativam automaticamente representações ortográficas no córtex ventral occipito-temporal durante o processamento de linguagem falada. A pesquisa focou na relação entre a fluência de letras e a ativação cerebral em diferentes regiões do córtex. Os resultados indicaram uma correlação entre a fluência de letras e a ativação da região anterior do córtex ventral occipito-temporal durante a tarefa fonológica auditiva. Não foi observada uma relação significativa com a região posterior do córtex. Esse achado sugere uma mudança na ativação cerebral relacionada à leitura à medida que as crianças avançam na idade.

Nos estudos empíricos de Pugh et al. (2013), De Vos et al. (2020), Dębska et al. (2019), Wang et al. (2018) e Kweldju (2015) os estudos demonstraram que a ativação do córtex occipitotemporal ventral esquerdo está associada à habilidade de leitura em crianças de 5-6 anos durante tarefas de consciência fonológica, com maior sensibilidade para unidades menores de linguagem escrita. Os resultados sugerem que as habilidades de leitura e escrita estão diferencialmente relacionadas ao processamento fonológico no cérebro. A ativação do córtex occipito-temporal ventral esquerdo parece desempenhar um papel importante na proficiência em leitura e escrita. Foi encontrada uma correlação significativa entre a proficiência individual em leitura e escrita e a ativação do córtex occipito-temporal ventral esquerdo, incluindo a Área de Formação Visual de Palavras (VWFA)¹⁶.

Esses resultados fornecem evidências de que a relação entre medidas funcionais de processamento de taxa de sílaba, organização estrutural do fascículo arqueado e habilidades de processamento fonológico é relevante para o desenvolvimento da leitura em crianças em idade pré-leitura. Isso sugere que a integração de diferentes aspectos da atividade cerebral e da conectividade neural pode ser fundamental para prever o desenvolvimento da leitura e identificar possíveis marcadores precoces de dificuldades de leitura. Além disso, os estudos apontam para implicações educacionais, sugerindo a importância de promover o desenvolvimento da consciência fonológica e a exposição à leitura desde idades precoces a fim de beneficiar a alfabetização.

Esses estudos corroboram com as evidências de Dehaene e Pegado (Et al., 2010) que investigaram a atividade cerebral usando fMRI em três conjuntos de participantes: 10 brasileiros analfabetos que nunca frequentaram a escola; ex-analfabetos, que foram alfabetizados na idade adulta, sendo 10 brasileiros e 11 portugueses; e alfabetizados, sendo 10 brasileiros de alto nível socioeconômico (NSE), 10 de baixo NSE e 12 portugueses. Em síntese, os experimentos demonstram que a aprendizagem da leitura, mesmo por adultos ex-analfabetos, tem um impacto positivo nas áreas do cérebro responsáveis pelo processamento da linguagem oral. Isso inclui melhorias na representação fonológica, localizada no (*planum temporale*), bem como nos movimentos motores envolvidos na articulação da fala, presentes em regiões frontais.

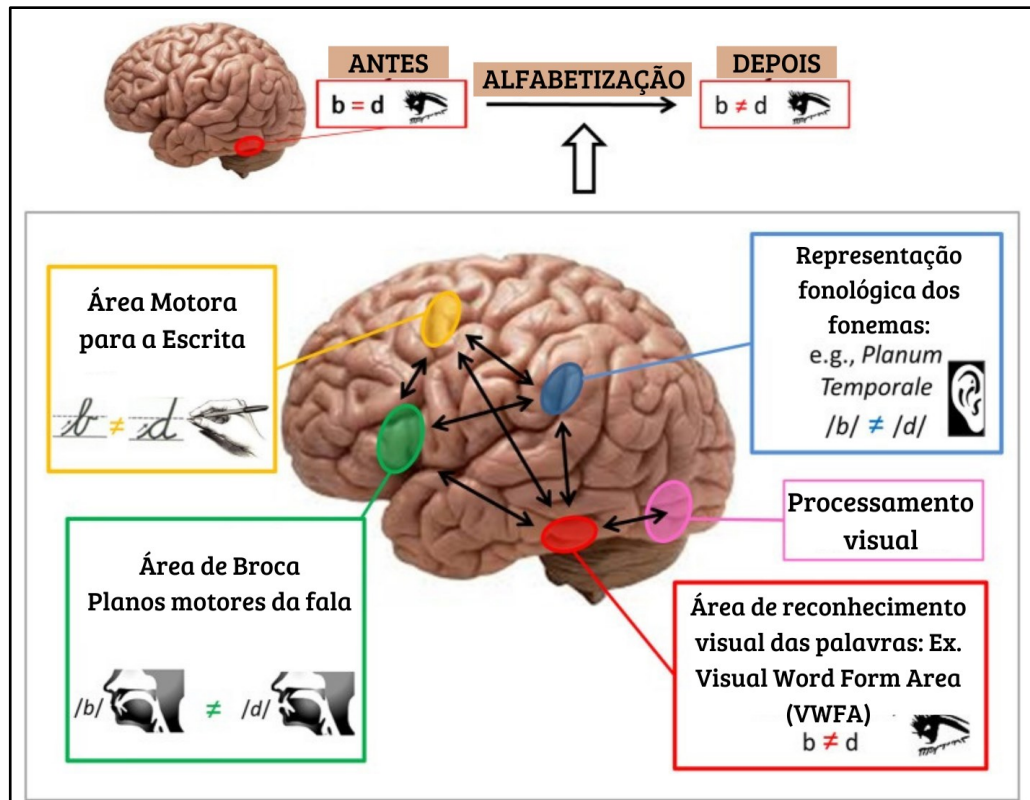
¹⁶ Hruby e Goswami (2011) advertem para o fato de a necessidade de cautela ao interpretar os resultados dos estudos de imagem cerebral devido a várias questões relacionadas aos métodos de imagem e adverte ainda contra a tendência de mapear áreas de função dedicada a localizações precisas no cérebro, comparando isso à neofrenologia ou, de forma menos otimista, à "blobologia". Essa abordagem simplista de atribuir funções específicas a regiões cerebrais pode ser enganosa e não refletir a complexidade do funcionamento cerebral. No entanto, embora haja debate sobre a função exata da região esquerda (Dehaene e Cohen, 2011; Price e Devlin, 2011), essa área do cérebro é frequentemente identificada como sendo mais responsiva a palavras visuais do que a outros tipos de estímulos, como rostos e ferramentas (Cohen et al., 2002; Gauthier et al., 2000).

Pegado (2015) explica que é possível que a alfabetização aprimore a representação do código fonético nessa área cerebral. Além disso, essa descoberta oferece uma nova perspectiva para entender os estudos realizados em indivíduos disléxicos, tanto em crianças quanto em adultos. Estas são pessoas com inteligência dentro da normalidade, mas que enfrentam dificuldades específicas na leitura. Esses estudos também revelam uma redução na atividade cerebral na mesma região. Em vez de ser atribuída diretamente à dislexia, essa redução pode ser interpretada como uma consequência da dificuldade de aprendizagem da leitura.

Dessa forma, a atividade de leitura corresponde literalmente a "ouvir com os olhos" em termos cerebrais. Além disso, em indivíduos alfabetizados, ouvir uma palavra falada automaticamente ativa seu correspondente código ortográfico na região cerebral responsável pela ortografia. No entanto, essa ativação só ocorre quando o acesso ao código ortográfico é relevante para a tarefa em questão, como durante uma atividade de decisão lexical, onde é necessário determinar se o que foi ouvido é uma palavra real ou uma pseudopalavra, como mostrado no estudo de Ekstrand (Et al., 2020) desta amostra que mostraram os padrões distintos de conectividade existem na idade adulta e explicam uma quantidade significativa de variância na ativação fMRI durante a leitura em regiões como o giro fusiforme esquerdo. Essa região é crucial para a leitura, sugerindo que padrões de conectividade distintos desempenham um papel importante na ativação cerebral associada à leitura. Esses achados ilustram a rápida e bidirecional interação entre as regiões fonológicas e ortográficas que surge da aprendizagem das correspondências entre letras e sons na alfabetização.

Em decorrência disso, os circuitos envolvidos na alfabetização da via fonológica (audição), visual (movimentos oculares) e motora na região occipitotemporal ventral esquerda precisará adaptar-se para distinguir entre a esquerda e a direita, assim como entre cima e baixo, haja vista que nosso cérebro de primata não diferencia imagens refletidas (invariância em espelho), resultando na dificuldade em distinguir entre 'b' e 'd', por exemplo, o que pode levar à escrita em espelho em iniciantes (PEGADO, 2015). Isto pode ser bem representado no esquema da Figura 3.

Figura 3- Vias cerebrais envolvidas na alfabetização.



Fonte: Esquema adaptado de Pegado, Nakamura & Hannagan (2014).

A figura demonstra que, com o aprendizado da correspondência entre grafemas e fonemas durante o processo de alfabetização, regiões do cérebro que contêm representações fonológicas (indicadas em azul) passam a se comunicar com áreas que armazenam informações ortográficas (indicadas em vermelho). Além disso, essas áreas se conectam com regiões envolvidas na produção da fala (indicadas em verde) quando sílabas e fonemas são verbalizados (seja em voz alta ou mentalmente) durante o aprendizado dessa correspondência. Com o desenvolvimento da escrita, áreas responsáveis pelos gestos manuscritos (indicadas em amarelo) também se integram a esse circuito. O resultado é um extenso circuito neural interconectado que surge com a alfabetização. Observe que, a partir de um estímulo visual (em rosa), a área ortográfica (vermelho) decodifica o código alfabético, podendo assim ativar todo esse circuito. Neste sentido, os neurônios desse circuito trocam informações, muitas das quais podem ser conscientes, como a consciência fonêmica que é presente em pessoas alfabetizadas, mas ausente em analfabetos (Pegado, 2015).

Estas dificuldades também foram alvo de investigação do estudo de Al Dahhan (Et al., 2016) que utilizaram tarefas de velocidade de nomeação para explorar como a combinação da psicologia cognitiva com técnicas de neuroimagem, guiada por teorias educacionais, pode

melhorar a compreensão dos processos de aprendizagem e instrução, além de ajudar a identificar as assinaturas neurais de dificuldades de leitura que podem estar presentes, mas ainda ocultas, nas fases iniciais do desenvolvimento.

O estudo confirma que múltiplos processos perceptuais, cognitivos e neurológicos estão implicados nas dificuldades de leitura. A hipótese do déficit fonológico é uma das teorias mais aceitas, sugerindo que as dificuldades de leitura estão relacionadas a problemas na consolidação e recuperação de códigos fonológicos, o que impacta a aquisição do conhecimento alfabético e a decodificação. Neste sentido, os resultados indicam que a performance em tarefas de nomeação rápida (NS) é um preditor significativo da habilidade de leitura, tanto em leitores típicos quanto em aqueles com dificuldades. A pesquisa mostra que 60% a 75% das crianças com dificuldades de leitura apresentam déficits em mecanismos de tempo que afetam a fluência da leitura. Isso sugere que a automatização da ativação e integração de estímulos fonológicos e visuais é crucial para o sucesso na leitura.

Em adendo, os estudos convergem junto à literatura no ponto de não apenas valorizar a via visual da leitura, mas também mostrar que a via auditiva é importante para a ativação da área da leitura e se complementa ao reafirmar a importância da organização cerebral no processo inicial de alfabetização. Em síntese, os estudos desta amostra contribuem para elucidar o entendimento da estrutura cerebral e sua importância para a aprendizagem da leitura e escrita no processo de alfabetização. Ademais, essas evidências apontam para a necessidade de considerar a plasticidade cerebral e as mudanças na sensibilidade cortical ao planejar intervenções educacionais para crianças em idade escolar, especialmente aquelas com dificuldades de leitura.

Também foi visto que quanto mais conexões forem estabelecidas entre as diferentes áreas do cérebro responsáveis pelo processamento da linguagem, mais eficiente e profunda será a aprendizagem. Esse princípio foi reconhecido por Montessori, explicando por que os métodos de alfabetização que incorporam atividades multissensoriais são eficazes. No entanto, é importante observar que essas atividades são usadas principalmente para consolidar as características fixas que distinguem as letras.

Ademais, foi destacada a importância da reciclagem neuronal, ou seja, a capacidade do cérebro de se adaptar e reorganizar em resposta à experiência, concluindo, portanto, que a capacidade da leitura está relacionada a regiões específicas do cérebro que precisam ser profundamente estimuladas e ativadas. Isso sugere que o cérebro pode ser moldado por meio de práticas educacionais adequadas, favorecendo a aprendizagem da leitura e da escrita na alfabetização, o que ressalta, portanto, a fundamental importância da alfabetização provocar

mediante o aprendizado da leitura e escrita uma mudança da arquitetura neuronal do cérebro. Essas descobertas sugerem uma modulação específica da integração de letras e sons da fala em regiões corticais específicas. No entanto, recomenda-se a continuação de pesquisas para explorar mais a fundo os mecanismos neurais subjacentes à associação entre letras e sons da fala, possivelmente envolvendo regiões frontais e parietais do cérebro.

3.2.1 Decodificação e compreensão na aprendizagem da leitura

O estudo de revisão crítica da literatura de Hruby e Goswami (2011) detalha sobre os processos de decodificação no cérebro durante a leitura. Estudos de imagem cerebral, como ressonância magnética funcional (fMRI) e tomografia por emissão de pósitrons (PET), revelaram padrões distintos de ativação cerebral durante a leitura de palavras reais ou palavras sem sentido. A atividade cerebral durante a leitura de palavras está associada a regiões específicas do cérebro, como áreas temporoparietais e occipitotemporais no hemisfério esquerdo. A atividade neural nessas áreas cerebrais está correlacionada com o aumento da habilidade de leitura. Quanto mais habilidoso o leitor, maior a ativação nessas regiões específicas do cérebro. Isso sugere uma relação entre a expertise visual no reconhecimento de palavras e a integração de letras e sons.

Além das áreas temporoparietais e occipitotemporais, a decodificação de palavras em leitura em voz alta também envolve atividade em áreas frontais do cérebro associadas à produção da fala e códigos articulatorios. Mesmo quando a fala não é produzida explicitamente, ainda há atividade lateralizada para o hemisfério esquerdo. Os estudos destacam a importância do desenvolvimento da expertise visual e da integração letra-som na decodificação de palavras. A atividade neural durante a decodificação é influenciada pela experiência com estímulos visuais específicos, ou seja, palavras. Além do processamento visual das palavras, a área visual da leitura interage com outras regiões cerebrais envolvidas na compreensão, como as áreas semânticas e sintáticas. Essa integração de informações visuais e linguísticas é essencial para a leitura fluente e compreensão do texto.

Os estudos revisados na pesquisa também ampliam a investigação para os processos que envolvem a compreensão da leitura. Esses estudos de imagem cerebral identificaram a ativação de redes neurais específicas, incluindo áreas corticais associadas ao processamento semântico e sintático. Regiões como o córtex pré-frontal, o córtex temporal e o giro angular estão envolvidas na integração de informações e na atribuição de significado às palavras. A compreensão da leitura envolve uma interação complexa entre o processamento visual das

palavras e o processamento linguístico para atribuir significado ao texto. A atividade neural nessas áreas é modulada pela familiaridade com o vocabulário, a complexidade sintática e a coerência do texto. Além das regiões associadas ao processamento semântico, as áreas frontais do cérebro desempenham um papel crucial na monitorização e regulação do processo de compreensão. As regiões temporais também estão envolvidas na integração de informações auditivas e visuais durante a leitura.

O estudo de Hruby e Goswami (2011) traz implicações importantes para a alfabetização, uma vez que contribui juntamente com os estudos para elucidar práticas educacionais com ênfase no desenvolvimento da consciência fonológica. Considerando a importância da integração entre letras e sons no processo de leitura, as práticas de alfabetização podem se beneficiar ao enfatizar o desenvolvimento da consciência fonológica nas crianças. Atividades que promovem a associação entre letras e sons podem fortalecer as conexões neurais necessárias para a leitura. Além disso, a abordagem multissensorial na alfabetização dado o papel das áreas visuais e auditivas no processamento da leitura, estratégias multissensoriais que envolvem diferentes modalidades sensoriais, como visual, auditiva e tátil, podem ser eficazes no ensino da alfabetização. Isso pode ajudar a fortalecer as conexões neurais associadas à leitura.

Posto isso, como já apresentado neste estudo, o fato de nossos neurônios serem biopsicologicamente estruturados para reconhecer padrões como um todo e não em pedaços, no reconhecimento holístico, a informação é captada por um dos hemisférios do cérebro e transmitida ao outro (por espelhamento) o que elimina as diferenças de direção. Dessa forma, independentemente da perspectiva pela qual se observe uma xícara, um gato ou um rosto, o reconhecimento ocorre de maneira uniforme. No entanto, isso não se aplica às letras do alfabeto latino, por exemplo. "Por uma questão de economia", as letras possuem em seus traços básicos simples (reta e curva) alterações significativas, mesmo que sejam pequenas (a letra **b**, quando rotacionada para a esquerda, se transforma em **d** e, virada para baixo, em **q**). Neste sentido, o primeiro grande desafio para o leitor iniciante é decodificar os símbolos escritos e compreender a relação e as diferenças entre esses símbolos e os sons da língua falada (SCLIAR-CABRAL, 2013; 2009a; 2020a).

Neste sentido, entendemos que o reconhecimento de palavras é uma condição fundamental na aprendizagem da leitura, pois é nesse processo que o aprendiz passa da conversão de grafemas em fonemas. Embora decodificar o texto seja uma tarefa essencial para as correspondências grafofonêmicas, é preciso deixar claro que a decodificação na alfabetização não tem um fim em si mesmo e não representa toda a alfabetização, isto é, essa não deve ser

considerada apenas como um processo único e finito, mas apenas uma fase inicial desse processo. Todavia, a leitura trata-se de uma ação interativa que envolve habilidades e competências do leitor, que, por meio da decodificação e codificação em conjunto, se alcança modificações permanentes no cérebro, passando a compreensão plena e fluida do que se lê.

Dessa forma, é importante admitir que todo bom leitor é também hábil em decodificar. A ausência da automatização na decodificação é um dos desafios do analfabetismo funcional, conforme indicam as pesquisas de Morais, Leite e Kolinsky (2013). Como mencionado, a decodificação deve ser desenvolvida nas fases iniciais da aprendizagem da leitura e esse processo precisa ser automatizado para permitir o desenvolvimento da compreensão leitora, especialmente durante as etapas de escolarização, conforme afirma Morais (2014)

a decodificação grafofonológica da palavra escrita demanda do leitor desenvolver alguns processos como, primeiramente, a decomposição da palavra escrita numa sequência de grafemas; num segundo momento, o emparelhamento destes com os fonemas correspondentes; e por fim, a integração ou fusão dos fonemas sucessivos de cada sílaba de maneira a obter a pronúncia da palavra (p. 44).

Neste sentido, a decodificação envolve o reconhecimento das palavras, um processo pelo qual todos os leitores passam. Durante esse processo, o leitor utiliza a consciência fonológica e fonêmica de maneira consciente, que com a prática, a decodificação se torna automática, liberando a memória para processamentos mais complexos. Isto acontece de maneira posterior ao compreender o princípio alfabético, a criança passa a avançar no conhecimento das correspondências e a partir do ensino explícito e da prática da leitura, faz-se competente em associar os grafemas aos fonemas presentes nas palavras com precisão e rapidez cada vez maiores.

De acordo com Dehaene (2012, p. 29), McConkie e Keith Rayner¹⁷ realizaram um experimento engenhoso chamada “janela móvel” em 1975. Esse experimento demonstrou que o movimento ocular, controlado pelas projeções do córtex pré-frontal sobre o núcleo caudal, detecta as palavras, permitindo a identificação das letras à direita e à esquerda da fóvea durante os movimentos sacádicos. Os olhos captam informações apenas durante as fixações, como mostra a imagem:

¹⁷ McConkie, G. W. & Rayner, K. (1975) The span of the effective stimulus during a fixation in Reading. *Perception & Psychophysics*. *Percept Psychophys*, v. 17, p. 578-586. (citado por Dehaene, 2012, p. 29)

A casa qu xx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xx xxxxxxx

Assim que o olhar se movimenta o computador renova a tela a fim de sempre apresentar as letras adequadas ao local para o qual se olha, e de "x" nos demais:

x xxx xxx os Maiax xxxxx xxxxxx xx xxxxxx x xxx xxx xx xxxxx vieram
xxxxxx xx xxxxxx x xxx xxx xx xxxxx xxxxxx habitar xx xxxxxx x xxx xxx
xx xxxxx xxxxxx xxxx xxem Lisboa

(Dehaene, 2012, p. 29)

Os resultados de McConkie e Keith Rayner mostraram que os participantes do experimento não perceberam certos detalhes visuais. As fixações também se concentraram em palavras com conteúdo lexical, como substantivos, adjetivos, verbos e advérbios. O experimento de McConkie e Rayner revelou que processamos conscientemente apenas uma pequena parte do nosso input visual, evidenciando a natureza seletiva e eficiente do processamento visual durante a leitura (Dehaene, 2012). Isto implica, num conceito fundamental presente no processo de reconhecimento das palavras explicado por Scliar-Cabral (2008) que é o princípio da invariância¹⁸, que são reconhecidos pelos neurônios da região occípito temporal ventral esquerda, isto é,

Sejam quais forem as variantes de uma ou mais letras que constituem um grafema e de cuja articulação depende o reconhecimento da palavra escrita, a elas será acoplado sempre o mesmo valor fonológico que teria naquele contexto grafêmico (estamos nos referindo aqui às palavras regulares, como é o caso do português do Brasil (SCLiar-CABRAL, 2008, p. 26)

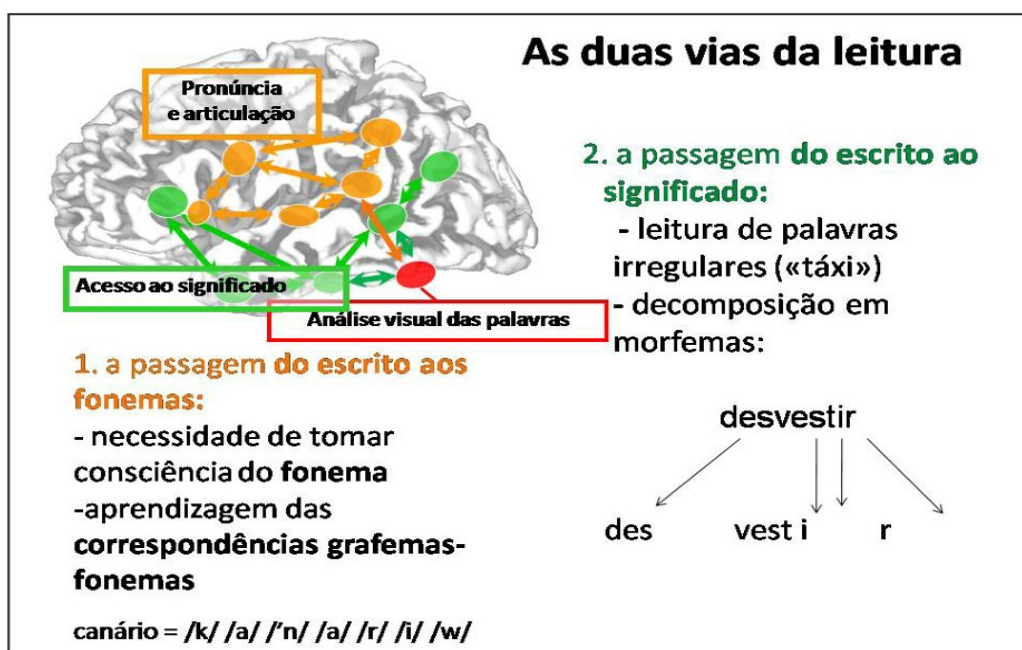
Em outras palavras, é através desse princípio que reconhecemos que as palavras **"dois"**, **"DOIS"** e **"dOIS"** são a mesma, independentemente do tamanho, tipo ou posição das letras, já que ignoramos variações irrelevantes. Dehaene (2012) também destaca que desenvolvemos essa capacidade porque nosso sistema visual não se prende aos contornos da palavra, como acontece na leitura global por configuração, mas se concentra nas letras que a compõem. Na figura 4, observamos o esquema das duas vias da leitura após o reconhecimento da palavra escrita na região occipitotemporal ventral esquerda, uma pela qual os grafemas das palavras regulares são conectados aos seus fonemas correspondentes e, assim, à forma fonológica da

¹⁸ "O conceito de invariância foi, sem dúvida, a alavanca fundamental para os novos rumos que tomou a lingüística a partir do início do século XX. Com efeito, as várias definições de fonema, seja a de "unidade mínima distintiva do significado", ou de "feixe de traços distintivos", se baseavam no postulado funcional de que, fossem quais fossem as realizações fonéticas articuladas, percebidas ou detectadas pelos aparelhos de física acústica, elas só seriam pertinentes se a sua substituição no mesmo contexto ocasionasse mudança de significado" (SCLiar-CABRAL, 2008, p. 26).

palavra; e outra pela qual palavras que possuem letras cujo valor não pode ser previsto (as chamadas palavras de grafia irregular) são associadas diretamente ao léxico ortográfico dessas palavras e, em seguida, ao seu significado essencial.

De acordo com Dehaene (2012), as duas rotas de leitura – fonológica e lexical – correspondem a feixes neuronais distintos, ou seja, diferentes circuitos cerebrais responsáveis pela representação do som e do significado. Uma dessas rotas possibilita o acesso à sonoridade das palavras, enquanto a outra permite o acesso ao seu significado. A via lexical, que oferece acesso ao significado (processando a estratégia ortográfica ou morfológica de leitura), é composta por feixes de regiões cerebrais variadas, incluindo áreas que não são exclusivas à leitura de palavras escritas, mas que também participam na reflexão conceitual entre palavras faladas e imagens.

Figura 4- As duas vias da leitura.



Fonte: Dehaene (2013, p. 149).

Dehaene (2012) explica o processo de desenvolvimento da leitura nessas rotas que se dá em três estágios, apoiado em Uta Frith. O primeiro é o estágio logográfico ou pictórico, em que a criança, por volta dos 5 ou 6 anos, processa visualmente a informação gráfica. O segundo é o estágio fonológico, que envolve a compreensão do princípio alfabético, ou seja, a consciência de que letras (grafemas) corresponde a sons da fala (fonemas), sendo marcado pela decodificação grafofonêmica. O terceiro estágio é o lexical, no qual ocorre o reconhecimento direto dos morfemas através da leitura ortográfica. Semelhantemente, Linnea Ehri (2013; 2014;

2020) propõe que a aquisição da leitura também segue fases, cada uma com uma estratégia de leitura específica. Na fase pré-alfabética, a leitura é ideográfica; na fase alfabética, baseia-se na decodificação grafofonêmica; e, finalmente, na fase alfabética consolidada, a estratégia ortográfica ou lexical se destaca, permitindo o reconhecimento automático dos morfemas e da ortografia, resultando em uma leitura mais fluente e direta. Contudo, é importante salientar que essas fases nem sempre acontecem de maneira igual, elas podem variar a depender dos contextos culturais vivenciados, mesmo em indivíduos que possuem a mesma idade.

Neste sentido, Scliar-Cabral (2013), ao abordar os limites biopsicológicos para o processamento da leitura, explica que nossos olhos não cobrem uma linha completa devido às limitações da retina, por isso, deve ser entendido que as áreas de recepção de informações do cérebro são divididas em dois grandes blocos: as áreas primárias que consistem nos sistemas sensoriais e as secundárias e terciárias especializadas para a reciclagem de processos neuronais, por meio da experiência. Dessa forma, toda a dificuldade encontrada em nosso cérebro se concentra em reunir os fragmentos da palavra, quando entra na retina, a fim de decodificar as letras sob processo e na ordem que são apresentadas, e por último a palavra em questão.

Ao longo do processo de aprendizagem da leitura surge um conflito entre a programação biológica e as invenções culturais (SCLiar-CABRAL, 2013), que muitas vezes há uma dificuldade de reconhecimento dos traços em determinado sistema, como no de escrita. Acontece que o cérebro não nasceu programado para distinguir entre a direção dos traços para direita ou esquerda, para cima ou para baixo, o que é de fundamental importância se tratando do nosso sistema alfabético, já que nossa língua provém do alfabeto latino. Neste sentido, tal conflito resulta em maior dificuldade na aprendizagem da leitura, o que leva as crianças a persistirem por maior ou menor tempo na leitura e escrita espelhada.

Neste sentido, como já afirmado, é importante lembrar que o reconhecimento das letras e os valores atribuídos aos grafemas para decodificar a palavra escrita, embora essencial, é apenas um estágio do processo de leitura. Para isso é preciso entender o desenvolvimento da habilidade de leitura que envolve compreender como os leitores iniciantes aprendem a reconhecer palavras escritas de forma automática e precisa usando várias estratégias, sendo

uma delas é a **decodificação**, que envolve a aplicação do conhecimento das correspondências grafema-fonema para transformar letras em sons e combiná-los para formar a pronúncia das palavras. Outra estratégia é ler palavras por **analogia**, que envolve o uso de partes da grafia de palavras conhecidas armazenadas na memória para ler palavras desconhecidas que compartilham os mesmos padrões de grafia [...]. Outra estratégia é usar dicas de **contexto** e uma ou mais letras para prever a identidade das palavras, por exemplo, “O hospital empregava muitos médicos e en...” (enfermeiras) (Ehri, 2022, p. 62).

Nesse contexto, o reconhecimento automatizado por meio da decodificação é o passo inicial para uma leitura fluente, como já destacado pelos estudos advindos da neurociência (Dehaene, 2012). O estudo integrativo de Silva e Barreto (2021), composto por 9 artigos, mostra que o processo de significação das palavras ocorre em distintas regiões cerebrais via duas rotas, dentro desse sistema de aprendizagem da leitura, como revela o modelo proposto por Forster e Chambers, em 1973, o qual as autoras Corso e Salles discorreram de modo mais detalhado sobre esse modelo. Em sua abordagem o ato de ler envolve o processo fonológico e o lexical. Na rota fonológica há a correspondência entre letras e sons, independentemente do seu significado, no processo inicial; já na rota lexical, ou seja, o mecanismo ortográfico, ocorre uma decodificação direta, isto é, o reconhecimento imediato da palavra, como se visualizasse uma fotografia. Os autores confirmaram que nos nove artigos a rota fonológica ganhou destaque por ser a via de preferência das crianças no início da aprendizagem da leitura. Verificou-se também nos estudos que as crianças aprimoram o uso de ambas as rotas à medida que avançam no processo de conversão grafema-fonema.

Neste sentido, as autoras concordam que, as habilidades de decodificação são indispensáveis no princípio da aprendizagem da leitura e que o desenvolvimento desse processo se dá pela rota fonológica, inicialmente, pois, o procedimento fonológico permite a identificação de palavras reconhecidas pelas primeiras vezes e/ou aquelas que ainda não estão na memória da criança. O estudo de Silva e Barreto (2021) corrobora com as ideias de Dehaene (2012) ao dizer que, para haver sucesso na leitura é preciso compreender que a escrita representa os sons da fala e, portanto, é necessário desenvolver nesse processo a decomposição das palavras em unidades menores, haja vista que, “os primeiros anos de leitura veem a emergência de uma representação explícita das classes de sons da língua” (p. 218), por isso, a criança precisa reconhecer o código alfabético, para depois, partir para a frase inteira, e por fim, ao texto/discurso.

O estudo experimental de Froyen (Et al., 2009) de 64 sujeitos com habilidades de leitura normais foram divididos em dois grupos etários: um grupo do 2º ano (com um ano de instrução em leitura) e um grupo do 5º ano (com quatro anos de instrução em leitura). A idade média dos participantes do 2º ano foi de 7;08 anos, enquanto a idade média dos participantes do 5º ano foi de 11;04 anos. Todos os participantes eram falantes nativos de holandeses. Os estímulos utilizados foram os sons da fala /a/ e /o/ e a letra visualmente apresentada "a". Os sons da fala foram gravados digitalmente de uma falante feminina holandesa e processados para garantir correspondência típica entre letra e som da fala. Os estímulos visuais foram apresentados em

uma tela de computador com uma duração de 500 ms. Foram conduzidos três experimentos diferentes: um experimento auditivo e dois experimentos audiovisuais. No experimento auditivo, os participantes foram expostos aos sons da fala enquanto assistiam a um filme silencioso. Nos experimentos audiovisuais, os participantes foram expostos aos mesmos sons da fala enquanto viam letras individuais.

Os experimentos audiovisuais diferiam apenas no intervalo entre a apresentação da letra e do som da fala (0 ms ou 200 ms). Cada experimento consistiu em quatro blocos experimentais com 534 tentativas cada. O comprimento de cada tentativa foi de 1250 ms. Os dados de EEG foram registrados em uma sala com isolamento acústico e elétrico. A atividade cerebral foi registrada em 30 posições de eletrodo em relação a uma referência nasal. Os dados foram analisados estatisticamente para investigar as respostas neurofisiológicas associadas ao processamento de letras e sons da fala.

O estudo buscou examinar como as letras influenciam o processamento dos sons da fala em leitores iniciantes (com um ano de instrução em leitura) e avançados (com quatro anos de instrução em leitura). Uma das metas era investigar o desenvolvimento da janela temporal de integração para o processamento de letras e sons da fala. Isso envolveu manipular o intervalo de tempo entre a apresentação da letra e do som da fala para avaliar a evolução dessa integração ao longo do desenvolvimento.

O estudo também procurou comparar os padrões de processamento entre leitores iniciantes, avançados e adultos experientes para entender como a integração entre letras e sons da fala se desenvolve ao longo do tempo. Além disso, a pesquisa visava investigar se o processamento de letras e sons da fala se torna automatizado em leitores avançados, refletindo um estágio mais maduro de integração em comparação com leitores iniciantes. Após um ano de instrução em leitura, os leitores iniciantes não demonstraram integração precoce entre letras e sons da fala. Não houve influência da letra na evocação do MMN (Mismatch Negativity) para o som da fala durante a janela temporal inicial. Somente em uma fase posterior, por volta de 650 ms após o estímulo auditivo, foi revelada uma influência da letra no processamento do som da fala nos leitores iniciantes.

Os leitores avançados, com quatro anos de instrução em leitura, demonstraram um processamento precoce e automático de letras e sons da fala, conforme evidenciado pelo aumento da amplitude do MMN. No entanto, a integração entre letras e sons da fala ocorreu em uma janela temporal diferente em comparação com leitores adultos experientes. No entanto, não foram encontradas diferenças significativas em termos de amplitude, latência ou distribuição topográfica do MMN entre os grupos de leitores iniciantes, avançados e adultos

experientes. Isso sugere a presença de um MMN estável, semelhante ao MMN adulto, já presente precocemente no desenvolvimento.

Os resultados indicam uma transição dos leitores iniciantes, que apresentam associações meramente associativas, para os leitores avançados, que demonstram uma integração mais automática, porém ainda não adulta, entre letras e sons da fala. Contrariando as suposições gerais, o estudo fornece evidências de um desenvolvimento estendido da integração entre letras e sons da fala. Os resultados sugerem que a plena integração entre letras e sons da fala requer mais do que apenas uma associação precisa. Portanto, as práticas educacionais podem precisar ser ajustadas para levar em consideração o desenvolvimento contínuo desse processo.

O estudo chegou à conclusão de que, apesar do conhecimento adequado das associações entre letras e seus sons de fala correspondentes, leitores iniciantes ainda não desenvolveram integração precoce e automatizada. Os leitores avançados exibiram integração precoce e automática de letras e sons da fala, no entanto, ainda em uma janela temporal de integração diferente dos adultos. Um padrão mais "adulto" só é observado centenas de milissegundos depois, indicando que, mesmo após 4 anos de instrução de leitura, a integração letra-fala ainda continua a se desenvolver. As diferenças nas janelas temporais de integração e as mudanças na latência do processamento dos sons letra-fala provavelmente refletem uma dupla mudança nas propriedades de temporização durante o desenvolvimento do processamento dos sons letra-fala. A maturação cerebral contínua e a experiência de leitura provavelmente contribuem interativamente para um ajuste fino neural do processamento do som letra-fala durante o desenvolvimento em direção à integração precoce e automática do som da letra-fala. Isto traz implicações para a alfabetização ao mostrar que, embora o conhecimento dos sons das letras seja importante durante o processo inicial de aprendizagem da leitura, ele não é suficiente.

Neste sentido, é preciso deixar claro ainda, que a conversão grafema-fonema na etapa da decodificação, embora seja obrigatória, não é suficiente para alcançar a compreensão. É amplamente comprovado que a compreensão não é alcançada diretamente pela visualização das palavras escritas; é o processamento cognitivo que converte as sequências de letras percebidas em som, possibilitando a compreensão. A leitura fluente e compreensiva depende fundamentalmente do domínio do código alfabético. Esse domínio é crucial para a rapidez e eficiência no processo de transformação de letras em sons (decodificação e reconhecimento de palavras) e de sons em letras (codificação e produção de palavras escritas) (MALUF; SARGIANI, 2014).

Por isso, no caso do português brasileiro, a falta de correspondência absoluta e bidirecional entre fonemas e grafemas é um problema. Em um sistema alfabético ideal, cada

som teria um único símbolo correspondente e vice-versa. No entanto, na maioria das escritas alfabéticas, essa correspondência perfeita é praticamente impossível, resultando em diferentes níveis de dificuldade na aprendizagem das relações entre letras e sons. No português brasileiro, devido à relativa regularidade das correspondências grafema-fonema, muitas palavras podem ser lidas por meio da decodificação (segmentação da palavra escrita em grafemas, conversão de grafemas em fonemas e posterior recombinação desses fonemas). Da mesma forma, palavras com grafemas irregulares podem ser lidas corretamente usando uma estratégia de recombinação fonêmica associada à consulta do léxico oral para verificar a pronúncia (MALUF; SARGIANI, 2013).

Assim, o português está entre o francês e o espanhol, uma mesma letra pode representar fonemas diferentes dependendo da língua: por exemplo, a letra "j" em português e espanhol representa sons distintos; a mesma letra pode ter sons diferentes em contextos variados, como o "n" em "nada" e "anda". Além disso, letras diferentes podem corresponder ao mesmo fonema, como o "s" em "sinto", o "c" em "cinto", o "ç" em "aço" e o "ss" em "passe". Um fonema pode ser representado por várias letras, como /ch/ em "chá" e /o/ em "eaux" (em francês). Portanto, a aprendizagem da leitura e escrita em uma determinada língua é modulada pelas regras de combinação entre fonemas e grafemas específicas dessa língua (MALUF; SARGIANI, 2014).

Por conseguinte, a falta de conhecimento fonológico da língua compromete intrinsecamente todo o processo seguinte da alfabetização, portanto, a compreensão. Sobre isso, no estudo de caso Chazan (2018) de uma aluna com nove anos de idade, cursando o 3º ano do Ensino Fundamental, na rede pública municipal, encaminhada à equipe psicopedagógica de clínica especializada em atendimento à criança em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, pelo setor de psicodiagnóstico da mesma instituição, onde havia sido avaliada por dificuldade de leitura e escrita e lentidão na realização das tarefas escolares. Tratou-se de um atendimento da primeira autora do artigo, integrante do estágio obrigatório de conclusão de curso de Neuropsicopedagogia, limitado a seis meses, com interrupção para as férias da instituição e compreendendo o período de avaliação e intervenção.

Verificou-se que a aluna se encontrava no nível alfabético, com oscilações significativas no reconhecimento e diferenciação de fonemas habituais, dificuldades na leitura de texto, comprometendo a compreensão, e dificuldades na escrita, incluindo trocas e omissões importantes quanto às regras ortográficas. Foram encontradas dificuldades na decodificação das palavras, com oscilações significativas no reconhecimento e diferenciação de fonemas habituais, como as consoantes em final de sílaba. A aluna apresentou dificuldades na leitura de texto, usando com frequência o apoio do dedo para não se perder e fazendo ainda uma

decodificação dos símbolos gráficos. Como sua leitura ainda obedecia a via fonológica e era de execução bastante lenta, ficou comprometida a compreensão do texto, que para ela teve pouco significado.

Na escrita, apresentou trocas e omissões importantes quanto às regras ortográficas, mostrando não conhecer os dígrafos lh e ch, por exemplo, nem os encontros vocálicos. Seu vocabulário era empobrecido, o que, aliado às informações colhidas na anamnese, permitiu a hipótese de que a família ofereceu pouco estímulo ao desenvolvimento da linguagem. As implicações possíveis que se podem depreender deste estudo é para a necessidade que os educadores forneçam orientações claras e diretas para ajudar os alunos a dominar as relações grafema-fonema e a adquirir novas palavras, pois isto implicará no processo de compreensão, além disso, a importância do desenvolvimento do vocabulário, pois um vocabulário empobrecido pode comprometer a compreensão e a produção textual.

Esse processo de compreensão da leitura envolve também aspectos cognitivos relacionados à ortografia. Sobre isso, o estudo de Rapp e Lipka (2011) que investigou substratos neurais compartilhados para tarefas de leitura e ortografia; e também explorou os mecanismos cognitivos e neurais subjacentes à alfabetização em dez indivíduos (4 homens, 6 mulheres) com idades entre 18 e 42 anos, todos falantes nativos de inglês destros sem histórico de dificuldades de leitura, participaram do estudo. Durante a fMRI, os participantes foram submetidos a tarefas de leitura e soletração. As tarefas envolviam o processamento de palavras apresentadas visualmente, com diferentes níveis de frequência de uso. Os dados de fMRI foram analisados para identificar padrões de ativação cerebral durante as tarefas de leitura e soletração. Foram realizadas análises estatísticas para comparar a ativação cerebral entre as duas tarefas e identificar áreas de sobreposição.

As análises revelaram que várias áreas do cérebro estão envolvidas tanto na leitura quanto na soletração. As análises revelaram que várias áreas do cérebro estão envolvidas tanto na leitura quanto na soletração. O córtex fusiforme médio (mid-fusiform) mostrou sensibilidade significativa em vários contrastes, incluindo soletrar, verificação de caso e palavras de baixa frequência e palavras de alta frequência. O giro frontal inferior/junção (IFG/IFJ) também demonstrou ativação significativa em vários contrastes, como palavras > tabuleiros e consoantes > tabuleiros. A análise bilateral das áreas de interesse (VOIs) no giro fusiforme, giro occipital e IFJ revelou padrões de ativação específicos para diferentes tipos de estímulos, como palavras, rostos, casas e padrões de letras. Os padrões de ativação no córtex fusiforme e IFG/IFJ durante o processamento de linguagem escrita diferiram dos padrões observados durante o processamento de rostos e objetos. Enquanto o córtex fusiforme estava envolvido em

contrastes específicos relacionados à soletração e leitura, o processamento de faces e casas ativou diferentes regiões do cérebro, indicando uma especialização funcional para diferentes tipos de estímulos visuais.

Os resultados deste estudo destacam a sobreposição de substratos neurais envolvidos na leitura e soletração, sugerindo uma base comum para essas funções cognitivas. A ativação diferencial em áreas específicas do cérebro durante tarefas de leitura e soletração pode fornecer insights importantes sobre como o cérebro processa e representa a linguagem escrita. Essas descobertas têm implicações significativas para nossa compreensão da alfabetização e seu papel nas operações cognitivas, destacando a complexidade e interconexão dos processos envolvidos na compreensão e produção da linguagem escrita.

A compreensão das bases neurais da leitura e soletração pode orientar a concepção de intervenções educacionais mais eficazes para crianças com dificuldades de aprendizagem na área da linguagem escrita, permitindo a criação de programas de intervenção personalizados. A identificação de áreas-chave no cérebro envolvidas na linguagem escrita, como o córtex fusiforme médio (lobo temporal) e o giro frontal inferior/junção (área de Broca), destaca a importância de abordagens educacionais que levem em consideração as bases neurais do desenvolvimento da alfabetização. Contudo, a pesquisa ressalta a necessidade de uma maior exploração dos mecanismos neurais subjacentes à ortografia em sistemas alfabéticos, dado o número limitado de estudos de neuroimagem funcional com foco na ortografia. No entanto, esta revisão, encontrou outro estudo de imagem que traz relevância sobre o aspecto da ortografia na alfabetização, o que pode indicar o crescimento de pesquisa em neurociência da leitura que envolve a ortografia.

O estudo de Zhao (Et al., 2014) investigou trinta e três crianças com idade média de 7,13 anos. Todas as crianças eram falantes nativos de alemão e eram alunos de escolas primárias na zona suburbana de Saarbruecken, Alemanha. Tinham uma visão normal ou visão corrigida. De acordo com o Inventário de Mão de Edimburgo (Oldfield, 1971), 27 deles eram destros, 4 eram canhotos e 2 de mão não dominante. As crianças foram divididas em dois grupos com base em suas habilidades de leitura: um grupo de alta habilidade de leitura e um grupo de baixa habilidade de leitura. Os participantes foram pareados em termos de idade, status socioeconômico, experiência de alfabetização em casa e tempo de treinamento formal de leitura. Quatro categorias de estímulos foram apresentadas às crianças: palavras, pseudopalavras, sequências de consoantes e sequências de símbolos. Os estímulos foram apresentados em três cores diferentes (verde, vermelho, amarelo) em um fundo cinza, com duração fixa de 300 ms.

O estudo buscou examinar como a habilidade de leitura influencia a sintonização neural para palavras em crianças em idade escolar. Além disso, a pesquisa procurou explorar se a sensibilidade neural às propriedades ortográficas das palavras está relacionada ao nível de habilidade de leitura das crianças. A intervenção realizada no estudo consistiu na apresentação de estímulos visuais (palavras, pseudopalavras, sequências de consoantes e sequências de símbolos) às crianças enquanto registravam seus potenciais evocados relacionados a eventos (ERPs) por meio de eletroencefalografia (EEG). Durante a apresentação dos estímulos, as crianças realizaram uma tarefa de detecção de repetição de cor para manter sua atenção, enquanto os pesquisadores registravam as respostas neurais associadas à percepção e processamento dos estímulos visuais. Essa intervenção permitiu aos pesquisadores analisar como as crianças com diferentes habilidades de leitura processavam e respondiam a estímulos visuais com diferentes propriedades ortográficas, fornecendo insights valiosos sobre a relação entre a habilidade de leitura e a sintonização neural para palavras em crianças em idade escolar.

Os resultados indicaram que as taxas de acerto e os tempos de reação (RTs) foram analisados para os quatro tipos de estímulos (palavra, pseudopalavra, sequência de consoantes e sequência de símbolos). Os participantes com habilidades de leitura baixas e altas não mostraram diferenças significativas nas respostas comportamentais, indicando que a tarefa realizada não era relevante para o conteúdo. Foi observado um componente N170¹⁹ robusto em todos os quatro tipos de estímulos nas regiões eletrodos occipito temporal (esquerdo: P7 e direito: P8) em ambos os grupos de crianças. A análise da amplitude do pico N170 revelou que a sintonização fina para palavras foi observada em crianças de 7 anos que estavam aprendendo a ler, indicando uma sensibilidade neural precoce às palavras escritas. Os resultados mostraram que a sintonização fina para palavras foi específica para os eletrodos OT (occipito temporais) esquerdos e correlacionou positivamente com a habilidade de leitura das crianças. Além disso, a sintonização fina para palavras pode ser observada em crianças pequenas que estão aprendendo a ler, destacando a importância da habilidade de leitura na sensibilidade neural para palavras escritas. A sintonização fina para palavras foi associada à lateralização esquerda dos eletrodos OT (occipito temporais) e correlacionada positivamente com a habilidade de leitura das crianças, sugerindo que essa sintonização é flexível e fortemente relacionada à experiência

¹⁹ O N170 é um componente de potencial relacionado a evento (ERP, na sigla em inglês) que é medido através de eletroencefalografia (EEG). Esse componente é tipicamente observado aproximadamente 170 milissegundos após a apresentação de um estímulo visual e está particularmente associado ao processamento de rostos e palavras. Em pesquisas de neuroimagem com crianças em testes de leitura, o N170 fornece informações importantes sobre como o cérebro processa estímulos relacionados à leitura.

individual de leitura.

Como já observado em outros estudos, a região esquerda continua predominante no reconhecimento de palavras em crianças (Cohen et al., 2002; Dehaene et al., 2002), no entanto, é possível observar que quando é investigado um grupo de pessoas de proficiência mais avançada em leitura, como a pesquisa de Rapp e Lipka (2011), o estudo mostrou a conexão de várias áreas envolvidas, isto é, tanto o lado esquerdo e direito, o que reforça as mudanças na amplitude e latência do N170 que podem indicar diferentes estágios de desenvolvimento na habilidade de leitura. Por exemplo, em leitores iniciantes, o N170 pode ter uma latência maior e menor amplitude, enquanto em leitores mais proficientes, a latência tende a ser menor e a amplitude maior. O que pode ajudar a identificar crianças com dificuldades de leitura, como a dislexia.

Crianças com dislexia frequentemente apresentam anomalias no componente N170, como respostas mais tardias ou de menor amplitude, o que sugere um processamento menos eficiente de estímulos escritos, isto significa que a medida que a leitura avança essa área (VWFA) se especializa cada vez mais, o mesmo corroborado no estudo de Hruby e Goswami (2011), por isso da importância das práticas de alfabetização considerarem o ensino da ortografia na alfabetização alinhado às habilidades e sensibilidades visuais cerebrais para as letras.

Segundo Scliar-Cabral (2018), quando a decodificação e a representação dos significados se tornam automáticas nos estágios iniciais da leitura, a memória pode focar na compreensão. Isso libera recursos cognitivos para conexões mais profundas com as palavras, permitindo o acesso a representações esquematizadas do mundo armazenadas na memória. Neste sentido, compreendemos que a compreensão é um processo dinâmico e constante, pois requer a integração de processos de baixo para cima, como a decodificação de palavras individuais e a compreensão de seus significados, e processos de cima para baixo, como a utilização do conhecimento prévio e de pistas contextuais para fazer previsões e inferências.

O estudo de Landi (Et al., 2013) revisa pesquisas relevantes de estudos que empregam técnicas de neuroimagem para estudar a leitura com foco na relação entre habilidade de leitura, leitura de palavras únicas e compreensão de texto. O estudo menciona a utilização de técnicas de neuroimagem funcional, como a ressonância magnética funcional (fMRI), para investigar a ativação cerebral durante a leitura de palavras e textos. Além disso, são mencionados estudos comportamentais que investigam a memória para pares de frases com diferentes níveis de relação causal. O estudo destaca a relevância da inferência na compreensão da leitura, indicando que o processamento inferencial está principalmente associado ao hemisfério direito do cérebro.

Isso sugere que a capacidade de fazer inferências durante a leitura desempenha um papel crucial na compreensão do texto. O estudo identificou diferenças na ativação cerebral entre leitores habilidosos e com dificuldades de leitura. Em particular, foi observada uma redução na ativação de regiões do hemisfério esquerdo em leitores com dificuldades de leitura em comparação com leitores habilidosos.

Em concordância, o estudo de Perfetti e Harris (2013) realizou uma revisão abrangente da literatura existente sobre os processos de leitura em diferentes idiomas e sistemas de escrita. Eles examinaram estudos que investigaram como a linguagem e o sistema de escrita influenciam a forma como as pessoas processam e compreendem o texto. O estudo destaca a adaptação dos processos de leitura à variedade de línguas escritas, mostrando como a experiência de leitura e a especialização dos procedimentos de leitura são influenciadas pelas características específicas de cada sistema de escrita. Os resultados indicam que a linguagem exerce uma influência significativa na escrita e leitura, destacando como os sistemas de escrita são adaptados para refletir as propriedades linguísticas de cada idioma, o que pode impactar a forma como a leitura é processada.

O estudo sugere que a compatibilidade entre linguagem e sistema de escrita facilita a aprendizagem da leitura, enfatizando como os sistemas de escrita tendem a se ajustar às propriedades linguísticas de cada idioma, o que pode beneficiar o desenvolvimento da alfabetização. sugeriram que os educadores e pesquisadores devem considerar as nuances linguísticas e de escrita ao desenvolver estratégias de alfabetização e ensino de idiomas. Eles enfatizaram a importância de adaptar abordagens de ensino para atender às especificidades linguísticas de cada idioma e sistema de escrita, a fim de promover uma melhor compreensão da leitura e da linguagem, o que pode beneficiar o desenvolvimento da alfabetização e a eficácia dos processos de leitura. Essas considerações dos autores destacam a importância de integrar conhecimentos da neurociência com a alfabetização para compreender como o cérebro processa a leitura em diferentes contextos linguísticos e como essa compreensão pode informar práticas educacionais e intervenções para a alfabetização.

Esses resultados também corroboram com os estudos de revisão de Kweldju (2015) e de Navas (Et al., 2009) que concluíram que os leitores que alcançam a automaticidade nos processos de decodificação também podem dedicar maior atenção aos recursos de compreensão e expressão da mensagem. A compreensão da leitura vai desde o reconhecimento visual de letras até a compreensão em níveis mais profundos, como a análise sintática e a compreensão de discursos. Os artigos sugerem que uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos neurais envolvidos na leitura pode ser integrada à prática educacional, auxiliando tanto

pesquisadores quanto educadores na compreensão do processo de leitura e no desenvolvimento de estratégias de ensino mais eficazes.

É possível compreender, portanto, que a medida que a psicologia cognitiva da leitura fornece modelos teóricos que descrevem os processos mentais envolvidos na leitura, como a decodificação, reconhecimento de palavras, compreensão e memória de trabalho, ao ponto que a neurociência fornece para os estudos provindo da Psicologia Cognitiva contribuições para esses modelos teóricos na orientação das hipóteses e interpretações dos dados neurocientíficos. Por exemplo, os modelos de leitura (rota fonológica e rota lexical) é um modelo cognitivo que tem sido investigado através de estudos neurocientíficos usando neuroimagem para localizar as vias neurais correspondentes, como já apresentado nesta revisão.

Em síntese, a aquisição da leitura é um processo intrincado que abarca não apenas a decodificação, mas também a ampliação e o enriquecimento de um extenso vocabulário. Dominar o princípio alfabético é fundamental para decodificar, o que implica reconhecer, distinguir e manipular os sons que correspondem às letras das palavras escritas. Compreender o vocabulário é essencial para interpretar a linguagem e estabelecer conexões entre as palavras e seus significados. À medida que a leitura se torna mais automática, o aspecto cognitivo da leitura se afasta gradualmente da consciência direta das palavras. Portanto, é crucial que os educadores forneçam orientações claras e precisas para auxiliar os alunos não apenas na compreensão das relações entre letras e sons, mas também na ampliação de seu vocabulário e no aprimoramento de suas estratégias de leitura.

Em consonância com Sargiani (2016, p. 29), desde os anos 1980, as práticas de alfabetização no Brasil têm se baseado em pressupostos teóricos que priorizam a compreensão de textos, deixando de lado a instrução específica do código alfabético. Embora atividades focadas na compreensão de textos possam complementar a instrução explícita das correspondências entre letras e sons, tornando o processo de alfabetização mais lúdico e significativo, essas atividades não devem substituir o ensino do código alfabético. Para uma leitura compreensiva, é essencial dominar o código alfabético, pois "a progressão na aprendizagem do uso do sistema alfabético é que vai permitir a evolução na direção da leitura fluente, precisa, compreensiva e consequentemente prazerosa" (Maluf, 2015, p. 314). Nesse contexto, a neurociência pode fornecer insights sobre os processos neurais envolvidos na leitura, servindo como base para o desenvolvimento de intervenções educacionais que favoreçam a alfabetização.

Portanto, compreendemos que na leitura extraímos o significado das palavras por meio de símbolos escritos e combinamos esses significados em ideias representadas por frases. Essa

habilidade essencial precisa ser automatizada. Isso ocorre no leitor experiente, que já não precisa pensar no processo de leitura, permitindo que sua atenção se concentre na compreensão e interpretação. O aprendiz, por outro lado, gasta seu processamento cognitivo no esforço de decodificar os sinais gráficos para reconhecer palavras, até que esse processo se torne automático. Neste sentido, é fundamental adquirir dois conjuntos de competências: o reconhecimento de palavras (codificação e decodificação) e a compreensão de textos (que inclui vocabulário e contextos sociais).

3.2.2 Habilidades metafonológicas na alfabetização

A leitura "decodifica o código utilizado pela escrita" (Moraes, Kolinsky, & Grimm-Cabral, 2004, p. 57), assim, é essencial o aprendizado do princípio alfabético. No entanto, compreender o princípio alfabético vai além de apenas conhecer os nomes ou sons das letras de forma isolada, pois isso não abrange as relações entre a linguagem oral e a escrita. Aprender o princípio alfabético envolve a capacidade de ouvir, identificar e manipular os fonemas (da palavra falada) que correspondem aos grafemas (da palavra escrita) (Scliar-Cabral, 2020a). Essas capacidades envolvem as chamadas habilidades metalinguísticas, que englobam consciência fonológica, consciência fonêmica, consciência pragmática, consciência textual, consciência sintática, consciência morfológica e outras (GOMBERT, 1992 citado por SOARES, 2018).

No ensino da leitura e da escrita, a importância da consciência metalinguística e da consciência fonológica tem sido amplamente reconhecida, especialmente em relação ao processo de alfabetização. Conforme destaca Soares (2018), para aprender a ler e escrever e para se tornar um leitor e escritor competente, o aprendiz deve desenvolver a consciência metalinguística. Maluf (2005, p.58) define que essa habilidade “refere-se às atividades reflexivas, conscientes e manipuladoras da linguagem”, isto é, “tornar a língua como objeto de reflexão e análise” (SOARES, 2018, p. 125).

No entanto, este trabalho focou apenas numa das dimensões metalinguísticas: a consciência fonológica²⁰, sendo esta, uma das mais, se não a mais presente nos estudos de neuroimagem e outros provindos também da Psicologia Cognitiva. Isto não significa dizer que as outras habilidades são descartáveis ou desprezadas pela neurociência, pelo contrário, há uma

²⁰ A consciência fonológica refere-se à habilidade de refletir acerca dos sons que compõem as palavras, auxiliando no processo de decodificação que, por sua vez, contribui para a compreensão de leitura (SPINILLO, A. G.; MOTA, M. M. P. E. da.; CORREA, J, 2010, p.157).

valorização significativa delas também, porém, a consciência fonológica e a consciência sintática ocupa um volume relativamente grande de pesquisas tanto internacionais como nacionais, segundo menciona Soares (2018) sobre pesquisas realizadas por Maluf, Zanella e Pagnez (2006) e Maluf e Zanella (2011).

Existem diversas evidências empíricas indicando que o desenvolvimento da consciência fonológica está diretamente relacionado e parece ser um preditor de maior facilidade na aprendizagem da linguagem escrita. Os alunos que possuem uma consciência fonológica mais desenvolvida encontram menos dificuldades na alfabetização. Por isso, é essencial que os programas de educação infantil se concentrem no desenvolvimento das habilidades metafonológicas. Estudos especialmente frequentes focam na capacidade de identificar os componentes fonológicos (unidades sonoras da linguagem) e manipulá-los de maneira intencional (domínio metafonológico). Esses trabalhos demonstram a importância da consciência fonológica no início da aprendizagem da linguagem escrita em línguas alfabéticas e a existência de conexões entre a habilidade de realizar com sucesso tarefas metalinguísticas de manipulação fonológica da linguagem oral e a aprendizagem da linguagem escrita (MALUF, 2005).

Neste sentido, o estudo integrativo de Silva e Barreto (2021) que buscou trazer contribuições da neurociência para a fase inicial de alfabetização, pela segunda vez nesta revisão, mostra nos seus resultados a influência positiva da atividade de consciência fonológica no processo de aprendizagem da leitura. A pesquisa trouxe estudos como os de Silva e Capellini (2010), que apontam a confirmação da influência das habilidades de consciência fonológica na leitura e na escrita. As autoras constataram que intervenções pedagógicas baseadas em estratégias metafonológicas, que visam desenvolver a atenção e a percepção dos sons da fala em conjunto com o mecanismo de conversão grafema-fonema, podem melhorar o desempenho de crianças com dificuldades de aprendizagem na leitura. Esse resultado apoia as ideias de Dehaene, que afirma ser necessário desenvolver a fase fonológica para progredir na leitura, algo também defendido por outros teóricos. Segundo Adams e colegas (2006), a consciência fonológica desempenha um papel crucial na aprendizagem da leitura e da escrita, pois facilita e torna o processo mais eficiente. De acordo com esses pesquisadores, crianças que carecem dessa consciência correm o risco de não aprender a ler ou de ter um aprendizado significativamente atrasado.

É importante esclarecer que apesar das controvérsias relacionadas a essa habilidade metalinguística em muitos estudos apontados por Maluf (2003) (que escapam a este trabalho por não ser o foco principal de discussão), a habilidade de análise segmental no nível dos

fonemas permanece crucial para o domínio da escrita alfabética. Isso porque aprender a escrever nesse sistema exige o domínio das regras de associação entre grafemas e fonemas, sendo essencial isolar os fonemas para representá-los corretamente por meio das letras. Além disso, a neurociência vem destacar a importância de sistematizar atividades pedagógicas que desenvolvam os diferentes níveis de consciência fonológica no início do processo de alfabetização, com o objetivo de facilitar a aquisição da linguagem escrita (Dehaene, 2012).

Juntamente com as habilidades de consciência fonológica, outro componente que está altamente ligado ao aprendizado da leitura é a consciência morfológica. O estudo de Oliveira e Justi (2017) investigou o priming²¹ morfológico em crianças e avaliou a correlação entre o priming morfológico e os escores de consciência morfológica. A metodologia empregada no estudo envolveu a análise de leitura contextual e processamento metalinguístico em crianças brasileiras, utilizando técnicas de avaliação psicológica e testes específicos para investigar a consciência morfológica. A pesquisa foi realizada de forma longitudinal, acompanhando o progresso das crianças ao longo dos anos escolares.

O estudo utilizou uma tarefa de decisão lexical para examinar o desenvolvimento do priming morfológico em crianças do segundo ao quinto ano. 141 crianças participaram na presente investigação; 35 alunos do 2º ano (idade média = 8,0 anos; DP = 0,32), 33 alunos do terceiro ano (idade média = 8,9 anos; DP = 0,41), 33 alunos do quarto ano (idade média = 9,8 anos; DP = 0,41), e 40 alunos do quinto ano (idade média = 11,0 anos; DP = 0,39). Eles estavam matriculados em duas escolas particulares diferentes de uma cidade brasileira de porte médio. Este estudo faz parte da dissertação de mestrado da primeira autora e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa de uma Universidade Federal Brasileira.

O estudo estabelece uma relação entre a consciência morfológica e o desenvolvimento da leitura no contexto da alfabetização em crianças brasileiras. Ele destaca a importância do ensino sistemático da leitura no desenvolvimento do processamento morfológico, sugerindo que a intervenção educacional pode influenciar positivamente a consciência morfológica e, consequentemente, a leitura contextual. Além disso, o estudo longitudinal realizado demonstrou

²¹ **Priming** é um conceito de memória implícita que se refere aos efeitos facilitadores de eventos antecedentes (primes) sobre o desempenho subsequente (resposta alvo). Isso significa que a exposição anterior a um estímulo (prime) melhora a capacidade de reconhecer ou identificar um estímulo posterior (alvo) SALLES, JOU E STEIN (2007). O efeito de priming em tarefas linguísticas ocorre quando o processamento de uma palavra (o alvo) é influenciado por uma palavra anterior (o prime) de forma lexical, sintática, semântica ou fonológica, ou seja, a ativação do priming automaticamente ativa a representação mental do alvo (FORSTER, 1999), por exemplo, priming lexical (palavras de mesma estrutura): "gato" e "rato", priming semântico que são de palavras relacionadas: "mesa" e "cadeira" dentre outros. O priming ajuda a explicar como a exposição prévia a certos estímulos pode melhorar a capacidade de reconhecer e processar informações relacionadas, tornando-o um conceito útil na alfabetização e no desenvolvimento de habilidades linguísticas. Alguns trabalhos recentes que estudaram o priming em crianças e adultos foram Kramer (2017) e Pires et al (2023).

que a evolução no processamento morfológico ao longo dos anos escolares pode ser influenciada pelo ensino da leitura. Isso ressalta a relevância da consciência morfológica no processo de alfabetização e leitura em crianças brasileiras. As recomendações do artigo apontam para a importância do ensino sistemático da leitura no desenvolvimento do processamento morfológico em crianças brasileiras. Os resultados sugerem que a intervenção educacional pode influenciar positivamente a consciência morfológica e, conseqüentemente, a leitura contextual.

Dessa forma, considerando as habilidade de consciência fonológica e morfológica dos trabalhos discutidos neste estudo, podemos inferir que essas habilidades influenciam de maneira crucial o processo de alfabetização, no entanto, é preciso que estejam atreladas diretamente com o ensino das correspondências grafofonológicas, uma vez que a consciência fonológica depende do fator decodificação das relações grafema-fonema, principalmente em seu nível fonêmico, não bastando apenas de uma experiência ou maturação linguística da criança, diferentemente da consciência silábica, como observado no estudo de Godoy (2008) ao investigar se o ensino das correspondências grafofonológicas pode favorecer o desenvolvimento da consciência fonológica em pré-escolares, concluindo que, independentemente da abordagem ou método de ensino, o ensino sistemático das correspondências favorece o crescimento significativo da consciência fonêmica, que implicará na consciência fonológica, que decorre da aprendizagem alfabética e que, portanto, está associada ao sucesso da aprendizagem da leitura e da escrita no sistema alfabético do português do Brasil.

Contudo, embora a consciência fonológica contribua para a compreensão do princípio alfabético, ela não é suficiente para o desenvolvimento da escrita ortográfica, já que nossa língua envolve casos de irregularidades nas relações grafema-fonema, por isso, a importância da consciência sintática e morfológica ou morfossintática²² nos processos de aprendizagem da leitura, como destaca Hagen (Et al., 2010, p.137)

A consciência fonológica possui um importante papel na aprendizagem da leitura/escrita, ajudando na aquisição do princípio alfabético, o qual postula que as letras devem corresponder perfeitamente aos sons das palavras. Refletir sobre os sons da fala ajudaria a criança a associá-las às letras que os representam. Porém, nem sempre as palavras obedecem perfeitamente às correspondências entre letra e som. Assim, essa habilidade nem sempre é suficiente para a decisão da grafia correta de palavras e para a compreensão e interpretação da leitura, pois, em línguas alfabéticas,

²² Correa (2005) prefere o termo “morfossintática”: “[...] a expressão consciência morfossintática seria mais apropriada para designar a reflexão e manipulação intencional dos fatos morfológicos da língua advindos das relações presentes no enunciado (sintaxe), assim como dos aspectos sintáticos da língua em suas implicações morfológicas” (p. 92).

ocorrem variações no grau de correspondência entre as letras e os sons da fala. No português, que é uma língua alfabética, essas correspondências não são sempre fiéis, pois diferentes letras/signos podem representar mais de um mesmo som da fala (por exemplo, s, ss, ç). [...] Na língua portuguesa, pelo fato de algumas letras possuírem sonoridade muito parecida, diversas vezes é necessário que se recorra às regras gramaticais que possam orientar na escolha da letra correta. É nesses casos que a morfologia se insere como um recurso influente na decisão ortográfica. Dessa forma, a grafia de certos vocábulos não depende somente da aplicação de regras de correspondência entre letra e som, e, além disso, a leitura não é apenas a decodificação e transformação de signos em som, envolve uma série de outros fatores em que um dos mais importantes é o conhecimento do vocabulário que auxilia na compreensão do texto. De tal maneira, a consciência morfológica vem contribuir nesse aspecto para a leitura/escrita, pois tem como seu objeto de reflexão os morfemas.

Nesse contexto, a consciência morfológica ajuda o aluno a refletir e a manipular a língua em suas unidades de sentido mais básicas. Soares (2018) acentua que a consciência morfológica pode permitir a leitura de palavras complexas em termos de morfologia, ao reconhecer suas estruturas, como radicais, prefixos e sufixos, o que também facilita a compreensão de seus significados. No entanto, a consciência morfológica no contexto da pesquisa ainda é um campo relativamente novo na literatura e pouco explorado na produção científica nacional e internacional que envolve a relação entre consciência morfológica e alfabetização (HAGEN et al, 2010). Soares (2018) aponta o levantamento de Maluf e Zanella (2011) que revelou entre 141 dissertações e teses sobre consciência metalinguística, entre os anos 2000-2009, 118 delas, ou seja, em sua maioria, tiveram como tema principal a consciência metafonológica, o que aponta para a necessidade de estudos futuros com delineamento sobre a natureza morfológica do português.

Por conseguinte, os estudos experimentais de neuroimagem de Pugh (Et al., 2013) e Wang (Et al., 2018), pela segunda vez neste trabalho, identificaram as vias cerebrais mais fortemente associadas às diferenças individuais nas habilidades de leitura, como a consciência fonológica e a relação dessa habilidade em crianças de 5 a 6 anos. Pugh et al. (2013) empregaram análises cérebro-comportamentais para explorar a relação entre o desempenho em tarefas que medem consciência fonológica, decodificação de pseudopalavras e processamento auditivo rápido (todos preditores de (des)habilidade de leitura) e organização cerebral para impressão e fala em leitores iniciantes.

Para o teste de medida fonológica (o que mais nos interessa aqui) foram utilizadas uma tarefa de Prova Compreensiva de Processamento Fonológico (CTOPP) e uma medida cronometrada de eficiência de decodificação de pseudopalavras (Eficiência de Leitura de Palavras- TOWRE). Os resultados indicam que a leitura de pseudopalavras e processamento auditivo rápido estão tipicamente correlacionados, tanto entre si quanto com a habilidade de

leitura de palavras. Esta análise cérebro-comportamento revelou fortes correlações positivas entre a variação nesse escore composto cognitivo (vários aspectos da função cognitiva) e as respostas neurais em LH (Hemisfério esquerdo), TP (Giro temporal posterior), OT (Giro occipitotemporal) e IFG (Giro frontal inferior), juntamente com córtex visual (cuneus), precuneus, tálamo posterior (centrado no pulvinar), córtex pré-frontal e redes parietais e temporais RH (Hemisfério direito). Isto quer dizer que os escores cognitivos compostos e a atividade neural envolveram várias regiões do cérebro, tanto no hemisfério esquerdo quanto no direito, incluindo áreas importantes para a visão, a integração sensorial, a atenção e funções executivas. Isso indica que métodos de ensino que utilizam estímulos visuais e auditivos podem ser eficazes para melhorar a aprendizagem da leitura e da escrita, e portanto, beneficiar a alfabetização.

Wang (Et al., 2018) examinou a relação da habilidade de leitura em crianças de 5 a 6 anos de idade com a ativação da (VOT) córtex occipitotemporal ventral durante uma tarefa de consciência fonológica auditiva. Foram utilizadas duas condições experimentais: pares de palavras de início que compartilhavam o primeiro fonema e pares de palavras de rima que compartilhavam o bifone/trifone final. As crianças foram solicitadas a realizar a tarefa de consciência fonológica auditiva, onde tinham que identificar se os pares de palavras compartilhavam o mesmo som inicial ou final. Os dados de fMRI foram analisados utilizando o software Statistical Parametric Mapping (SPM8). Correções foram aplicadas para o movimento dos participantes durante a aquisição de imagens fMRI

A ativação do córtex occipitotemporal ventral esquerdo foi observada durante a tarefa de consciência fonológica auditiva, indicando que essa região desempenha um papel importante no processamento da linguagem falada em crianças pequenas com habilidades de leitura em desenvolvimento, principalmente, com maior sensibilidade para unidades menores de linguagem escrita. A precisão na tarefa de consciência fonológica auditiva foi identificada como um preditor da habilidade de leitura emergente em crianças. Isso sugere que a capacidade de as crianças processarem e reconhecerem sons fonológicos está relacionada ao desenvolvimento de suas habilidades de leitura.

De acordo com Dehaene (2012), a consciência fonológica, e consequentemente, a fonética, se desenvolve mais através do processo de aprendizagem do que como um reflexo da maturação. Esse desenvolvimento é evidenciado no cérebro pelo aumento do sulco temporal superior e do córtex pré-frontal (área de Broca). Essas observações reforçam os argumentos já apresentados ao longo deste trabalho de que a leitura deve ser ensinada com dedicação e prática. Neste sentido, como já reiterado, o treinamento em consciência fonológica pode levar a

mudanças neuroplásticas no cérebro, fortalecendo as conexões neurais que suportam a leitura e outras habilidades linguísticas.

Neste sentido, os estudos de neuroimagem apresentados neste trabalho reforçam que a instrução explícita na consciência fonológica pode modificar a atividade cerebral em crianças que estão aprendendo a ler, especialmente em áreas associadas ao processamento fonológico auditivo corroborando com outros estudos que evidenciam a importância do ensino explícito para desenvolvimento da consciência fonológica considerando os seus graus de complexidade (CARDOSO-MARTINS, 1991; GODOY, 2008; SANTOS e MALUF, 2010; MALUF et al., 2006;). No entanto, é crucial destacar que, pedagogicamente, a consciência fonológica em seus variados níveis — léxico, silábico e fonêmico — não é apenas uma habilidade a ser treinada mecanicamente. Trata-se de uma capacidade cognitiva a ser desenvolvida, intimamente ligada à compreensão da linguagem oral como um sistema de significantes.

3.2.3 Funções executivas, memória de trabalho, emoção e ambiente na alfabetização

Para realizar tarefas e controlar seu próprio comportamento, é necessário que os indivíduos direcionem intencionalmente seus processos mentais e ações para alcançar objetivos específicos. Destarte, a função executiva (FE) abrange processos como atenção, planejamento, início de atividades, inibição, memória de trabalho, mudança de atenção e flexibilidade mental. Esses processos são essenciais tanto para atividades cotidianas, como quando uma criança resiste ao impulso de tocar um vaso de cristal na mesa de centro, quanto para tarefas acadêmicas, como redigir este trabalho, por exemplo, foram necessários vários autos comandos, gerenciamento de comportamentos, rotina e ações para que o objetivo fosse alcançado.

Hughes (2002, p. 69) descreve a (FE) como "um construto cognitivo complexo que engloba o conjunto de processos subjacentes ao comportamento flexível direcionado por objetivos (por exemplo, planejamento, controle inibitório, flexibilidade atencional, memória de trabalho)". Dessa forma, essas funções estão ligadas ao aprendizado da leitura e escrita, pois envolvem atenção, memória e autorregulação do comportamento. Na alfabetização, essas funções são essenciais para que a criança possa focar em tarefas específicas, processar e manipular informações novas e inibir respostas impulsivas. Na prática pedagógica, isso se traduz na capacidade da criança de manter a atenção em atividades de leitura e escrita, como decodificar palavras e seguir instruções. Ao ler um texto, o aluno precisa focar na atividade, controlar distrações externas, reter informações na memória para compreender o conteúdo e ser flexível para considerar diferentes perspectivas sobre as ideias apresentadas. O controle

inibitório, por exemplo, é necessário para que a criança consiga se concentrar no texto que está lendo, enquanto a memória de trabalho é usada para armazenar temporariamente informações sobre sons, letras e palavras, facilitando a compreensão e produção de textos.

Neste sentido, no contexto da sala de aula, estratégias pedagógicas que estimulam as funções executivas podem melhorar significativamente o processo de alfabetização. Atividades como jogos de memória, leitura compartilhada e exercícios que exigem planejamento, como a escrita de histórias em etapas, são exemplos práticos de como desenvolver essas habilidades. Além disso, a introdução de rotinas estruturadas e a prática de autorregulação ajudam as crianças a organizar seu pensamento e a lidar melhor com os desafios da alfabetização. Pesquisas indicam que intervenções que focam no desenvolvimento das funções executivas podem levar a uma melhora no desempenho acadêmico, pois crianças que conseguem gerenciar suas habilidades cognitivas têm maior facilidade em aprender a ler e escrever (Blair & Raver, 2015; Diamond, 2013). Por isso, antes mesmo de buscar desenvolver habilidades metafonológicas precoces na alfabetização é necessário que os educadores da primeira infância e todo corpo escolar prepare a criança para desenvolver habilidades de autorregulação, haja vista que isto tornará o terreno mais fértil para o conhecimento das letras e números.

É interessante apontar também que antes das contribuições de Emília Ferreiro sobre as representações cognitivas essenciais para a aquisição da leitura e escrita, as concepções anteriores de alfabetização destacavam a importância de certas funções executivas e processos cognitivos, especialmente a discriminação visual, auditiva e habilidades motoras. É crucial lembrar que, embora as funções executivas não sejam suficientes por si só e não devam ser o foco principal no planejamento pedagógico para a alfabetização, os processos cognitivos básicos (como atenção, percepção, memória e funções executivas) são elementos importantes e benéficos para a aquisição e domínio da leitura e escrita, e, portanto, não devem ser negligenciados (HODGES; NOBRE, 2012).

Neste sentido, o trabalho de Cartwright (2012) estudos e pesquisas relacionadas à função executiva, flexibilidade cognitiva e desenvolvimento da leitura em crianças descreve o desenvolvimento da função executiva em crianças pequenas, as estruturas cerebrais e as mudanças associadas a esse desenvolvimento e revisa pesquisas recentes sobre o papel crítico da função executiva no desenvolvimento e educação precoce da leitura, vem a contribuir para a discussão das funções executivas na alfabetização. Os resultados da revisão apontam que a atividade cerebral no córtex frontal e pré-frontal²³ está associada às funções executivas, e as

²³ “O córtex é a camada externa do cérebro que usamos para nossas funções cerebrais mais altas, e é dividido em seções, ou lóbulos. O lobo occipital do córtex, por exemplo, está localizado na parte de trás do cérebro (e, portanto,

mudanças na estrutura e função cerebral apoiam o desenvolvimento dessas habilidades. Compreender e promover as funções executivas em crianças é fundamental para o sucesso no desenvolvimento da leitura e na alfabetização. Em suma, as FE fornecem os meios para gerir processos cognitivos complexos, como a leitura.

Dessa forma, as FE e os desenvolvimentos cerebrais que lhes estão associados são paralelos à aquisição da leitura, o trabalho em FE tem implicações profundas na promoção do desenvolvimento bem-sucedido de competências de leitura, incluindo de leitura, incluindo habilidades de pré-leitura, leitura de palavras e compreensão de leitura. O estudo de Wagner (Et al., 1997), por exemplo, descobriram que a consciência fonológica (a consciência dos sons na fala e a capacidade de manipular esses sons), a memória fonológica (a capacidade de manter representações de sons em mente) e a nomeação fonológica rápida (a capacidade de produzir nomes fonologicamente precisos rapidamente para objetos e símbolos) contribuem para o desenvolvimento da habilidade de leitura de palavras e não-palavras das crianças ao longo dos anos elementares.

Neste sentido, as crianças que são mais capazes de processar de forma flexível os sons e significados das palavras têm mais sucesso no desenvolvimento da compreensão da leitura. Assim, os educadores da primeira infância devem trabalhar no sentido de proporcionar oportunidades para crianças aprenderem que as palavras faladas e impressas têm múltiplas características, incluindo como letras, sons e significados. O ensino que ajuda as crianças a aprenderem a gerir as múltiplas características da linguagem falada e impressa ajudará a garantir que as crianças desenvolvam as funções executivas específicas da leitura funções executivas específicas da leitura que lhes permitirão gerir as complexidades dos processos de leitura ao longo das suas vidas.

No entanto, outras pesquisas, do mesmo estudo, focaram sobre o papel da função executiva (FE) na leitura focaram em grupos especiais, como crianças com dislexia e com

na parte de trás da cabeça) e está associado ao processamento visual. Os lobos frontais estão localizados na frente do cérebro, atrás da testa, e a atividade e o crescimento nessas áreas estão subjacentes à FE em crianças e adultos” (CARTWRIGHT, 2012, p. 27). O córtex é constituído por neurónios, cujos principais são produzidos até aproximadamente sete meses após a concepção, indicando que nascemos com a maioria dos neurónios que teremos ao longo da vida (BJORKLUND, 2005; JOHNSON, 2011). O peso do cérebro triplica até os cinco anos e quadruplica na idade adulta (BJORKLUND, 2005; DAWSON E GUARE, 2010). Esse período é marcado por um significativo crescimento e desenvolvimento, com muitas mudanças importantes até os cinco anos. O aumento do peso cerebral ocorre devido ao crescimento e aumento dos dendritos e axónios dos neurónios, e à formação de novas sinapses, processo chamado sinaptogênese. Embora novos neurónios raramente sejam adicionados, os existentes mudam de forma e tamanho. Além disso, durante o desenvolvimento, os axónios dos neurónios são revestidos por uma bainha de mielina, que melhora a eficiência da comunicação neural, funcionando como isolamento para garantir que os impulsos elétricos sejam protegidos de interferências e melhorem a velocidade da comunicação no cérebro e sistema nervoso, resultando em um melhor processamento mental (ver BJORKLUND, 2005; DAWSON E GUARE, 2010; E JOHNSON, 2011, para revisões do desenvolvimento cerebral citado por CARTWRIGHT, 2012).

transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH), como o estudo de Reiter, Tucha e Lange (2004), descobriram que crianças com dislexia têm memória de trabalho, inibição, planejamento e flexibilidade cognitiva inferiores em comparação com leitores típicos. Estudos sobre crianças com TDAH indicam que déficits de FE estão geneticamente ligados às dificuldades de leitura. Hart (Et al., 2010) destacaram influências genéticas e ambientais compartilhadas nesses déficits. Dahlin (2011) mostrou que o treinamento de FE em crianças com dificuldades de atenção melhorou a compreensão de leitura, mas não a leitura de palavras.

Dessa maneira, ler é um processo mental intrincado que demanda a coordenação de vários elementos, tais como sons das palavras, significados, partes das palavras (como prefixos e sufixos), sintaxe (ordem das palavras) e estratégias que facilitam a compreensão da leitura (Adams, 1990; Pressley, 2006). Leitores proficientes precisam gerenciar todos esses componentes, coordenando-os de maneira harmoniosa para uma compreensão eficaz (Cartwright, 2009). Visto que a função executiva (FE) e as regiões cerebrais associadas se desenvolvem desde a primeira infância até a adolescência, período no qual as crianças estão adquirindo habilidades de leitura de palavras e compreensão de texto, a pesquisa sobre FE tem implicações significativas para o sucesso das crianças como leitoras.

Além dos processos de atenção e percepção, a memória de trabalho²⁴, que faz parte das funções executivas, é um elemento cognitivo crucial nos processos de leitura e compreensão. O estudo de revisão sistemática de Martins (2022) pretendeu analisar as pesquisas sobre a influência da memória de trabalho no processo de aprendizagem da linguagem escrita e procurou relacionar, por intermédio de pesquisas já realizadas, o universo da alfabetização à neurociência e à psicologia cognitiva. As pesquisas selecionadas apontaram a memória de trabalho como preditora da alfabetização, como o componente executivo e o componente verbal são preditores significativos da compreensão de leitura, no entanto, em outros estudos apontou variação da memória de trabalho verbal quanto a diferença de faixa etária. O estudo também identificou a memória de trabalho associada a outras habilidades cognitivas, como a consciência fonológica que apareceu com certa significância nos resultados, corroborando com outros estudos que indicam que intervenções com crianças de nível socioeconômico baixo, focadas

²⁴ O termo "memória de trabalho" tornou-se particularmente importante após a publicação do artigo de Baddeley e Hitch (1974). Nesse artigo, os autores descrevem uma série de experimentos sobre raciocínio, compreensão da linguagem e aprendizagem, com o objetivo de investigar se um mesmo sistema de memória de trabalho opera nesses três contextos. A partir dos dados obtidos, propuseram um modelo de memória de trabalho que designa um sistema dinâmico, capaz de armazenar informações temporariamente, bem como manipulá-las e processá-las, permitindo a realização de tarefas de raciocínio, aprendizagem e compreensão. Esse sistema é composto por um executivo central e dois subsistemas subordinados: a alça fonológica, responsável pelo armazenamento temporário de informações verbais e acústicas, e o esboço visuoespacial, encarregado do armazenamento temporário de informações visuoespaciais (GABRIEL, MORAIS E KOLINSKY, 2016).

em treinos de consciência fonológica, produzem resultados significativos na leitura e na escrita de estudantes do Ensino Fundamental (Capovilla; Capovilla, 2000).

Os resultados da revisão desta pesquisa indicam que investigar a memória de trabalho como um componente e preditor das habilidades de leitura e escrita pode ser benéfico para os estudantes. Isso se deve ao fato de que alunos com pontuações mais baixas em testes de memória de trabalho tendem a apresentar resultados inferiores em testes de desempenho acadêmico. Portanto, o trabalho de dissertação de Martins (2022), embora tenha sido um recorte da literatura que envolve a memória de trabalho com a alfabetização, especialmente, como objetivo do estudo, a memória de trabalho fonológica, possibilita uma discussão significativa e abrangente sobre a memória de trabalho como componente fundamental para o desenvolvimento das habilidades de leitura e escrita, sendo um elemento essencial no processo de alfabetização e na educação geral das crianças.

Por sua vez, o estudo corrobora com outro achado desta revisão, constatando que a flexibilidade cognitiva e o controle inibitório estão associados às habilidades de pré-leitura, características da fase pré-alfabética. Além disso, a leitura de palavras está principalmente ligada à memória de trabalho e ao controle inibitório, e a compreensão adequada envolve também o planejamento, a memória de trabalho e o controle inibitório (Cartwright, 2012). Ademais, nos últimos anos, a memória de trabalho tem sido o centro de muitas pesquisas teóricas e empíricas na Psicologia Cognitiva e na Neurociência Cognitiva. Estudos de neuroimagem mostraram uma alta atividade no lobo frontal durante o funcionamento desse processador central, além de considerações robustas sobre a memória de trabalho e compreensão da leitura (Mariano, 2022).

Em um estudo anterior ao de Mariano (2022), Bailer e Tomitch (2020) apresentam uma revisão de literatura sobre a influência da capacidade de memória de trabalho (CMT) desempenha e seu papel fundamental na compreensão de leitura, pois é essencial para manter e manipular informações durante o processo de leitura. O artigo discute que a compreensão leitora é um processo cognitivo complexo que varia de indivíduo para indivíduo, influenciado por fatores como a CMT, motivação e conhecimento prévio. Os autores mostram o que Just e Carpenter propuseram um modelo que sugere que a capacidade de memória de trabalho limita a quantidade de informações que podem ser processadas simultaneamente durante a leitura. Isso implica que leitores com maior CMT conseguem manter e manipular mais informações relevantes, resultando em melhor desempenho em tarefas de leitura. Além dos modelos discutidos, os estudos de neuroimagem, como fMRI, foram utilizados para investigar como a MT é implementada no cérebro.

Os resultados indicam que áreas específicas do córtex pré-frontal estão envolvidas em tarefas de linguagem e memória de trabalho, revelando a complexidade das redes neurais associadas a esses processos. Os estudos mostram que a CMT influencia a forma como os leitores processam informações, com leitores mais proficientes utilizando rotas mais diretas para acessar o significado das palavras, enquanto leitores com menor CMT podem depender de estratégias mais laboriosas, como a reconstrução grafo-fonológica. Esses pontos demonstram a importância da memória de trabalho na compreensão de leitura e como ela interage com outros fatores cognitivos e neurológicos.

Além disso, os fatores emocionais e de ambiente são indicativos de influência no processo de alfabetização. A pesquisa bibliográfica de Hirata e Mariano (2019) que buscou nos trabalhos neurocientíficos uma contribuição para melhorar a relação entre professor-aluno com aprendizagem-alfabetização. Na relação professor-aluno durante o processo de alfabetização, destaca-se a importância do ambiente de aprendizagem. A criança precisa sentir-se segura e estimulada, pois um ambiente positivo e acolhedor pode incentivar os estudantes a serem ativos na aquisição de conhecimentos, facilitando a alfabetização. Estudos mostram que a aprendizagem espontânea, motivada pela emoção e vontade de aprender, é possível, mas depende de um ambiente com estímulos positivos. Portanto, reconhecer que o ambiente externo influencia o estado físico e emocional dos alunos pode melhorar o trabalho do professor. É essencial que os professores inovem em suas atividades didáticas para ativar áreas do cérebro envolvidas na formação e consolidação de memórias (Medeiros; Bezerra, 2015). Assim, enfatiza-se a importância da afetividade na relação professor-aluno em sala de aula.

A pesquisa também enfatiza que os professores precisam estar atentos às suas atitudes, pois suas ações e a forma como se comunicam com os alunos podem despertar interesse ou desinteresse em aprender. Muitas vezes, a falta de aprendizado da criança é atribuída a vários fatores que influenciam a aprendizagem. É essencial respeitar que cada aluno tem sua própria capacidade e ritmo de aprendizado. Com base nas análises, os autores recomendam ser necessário que a escola, como um espaço de ensino, reorganize as práticas pedagógicas de seus professores. Estes devem buscar novos conhecimentos, repensar suas metodologias e avaliar seus alunos de maneira construtiva. A avaliação deve focar não apenas na atribuição de notas, mas na forma de lidar com os erros.

Em concordância, o trabalho bibliográfico de Grando (2013) enfatiza o fator da emoção que está ligada intimamente à aprendizagem. A autora explica que o sistema límbico, que controla o comportamento emocional e motivacional, é ativado positivamente quando a aprendizagem está associada a emoções agradáveis, como alegria e prazer, facilitando a

consolidação do conhecimento e ativando o sistema de recompensa cerebral. Em contrapartida, emoções negativas, como medo e tédio, dificultam essa consolidação e não ativam o sistema de recompensa, reduzindo a motivação. Portanto, para um aprendizado eficaz, os professores devem vincular os conteúdos a fatores emocionais positivos para motivar os alunos.

O fator da emoção também é apontado na revisão bibliográfica de Guaresi (2014), estudos sobre a diversidade de estimulação, como de Damásio (1996) que aborda a carga emocional, a estimulação multissensorial de elementos significativos facilita a consolidação das memórias, como apontado por Izquierdo (2002). Além disso, Maria Montessori já destacava que as crianças aprendem com todo o seu ser, e não apenas por memorização. David Ausubel ressaltava a importância dos conhecimentos prévios para a aprendizagem significativa, afirmando que novos elementos precisam se conectar a conceitos já existentes na mente para serem consolidados (Ausubel, 1982; Ausubel; Novak; Hanesian, 1983). Isto é, quanto mais se sabe, mais fácil é adquirir novos conhecimentos. Estas ideias são confirmadas pela neurociência (Izquierdo, 2002), que também mostra que aprendizados emocionais envolvem uma interação importante entre as amígdalas e os hipocampus no sistema límbico do cérebro.

Os trabalhos corroboram com Relvas (2009) ao descrever o caminho que o processo dos estímulos que o sistema nervoso percorre, explica que o córtex cerebral desempenha papéis distintos na integração e processamento de estímulos sensoriais, sendo responsável por receber, integrar e organizar tanto estímulos auditivos no lobo temporal quanto estímulos visuais no lobo occipital. Essas áreas temporais e occipitais estão interligadas com regiões do lobo frontal, que desempenham um papel na articulação das palavras, enquanto a área parieto-temporo-occipital é responsável pela integração do conhecimento. Além disso, as áreas pré-frontais desempenham um papel crucial na integração da prática. Todos esses processos são influenciados pelo viés do afeto e pelas condições cognitivas individuais de cada pessoa.

Ambas as revisões bibliográficas (Hirata e Mariano, 2019; Grando, 2013) focam mais nos aspectos da aprendizagem significativa na alfabetização apontados pela neurociência, mas não na aprendizagem da leitura e da escrita na alfabetização em si. Sendo assim, os artigos analisados parecem abordar de forma superficial a literatura sobre alfabetização e neurociência, sem explorar adequadamente as contribuições que a neurociência pode oferecer para a compreensão e melhoria dos processos de alfabetização. Apesar de os autores mencionarem a importância da neurociência e se apoiarem em autores de referência da área, os artigos falham em não apresentar informações concretas ou estudos mais detalhados sobre como os conhecimentos neurocientíficos podem ser aplicados na prática educacional para beneficiar a alfabetização. Dessa forma, pudemos perceber que há uma carência de aprofundamento nas

discussões, resultando em textos que falam muito, mas dizem pouco sobre as reais contribuições da neurociência para a alfabetização.

Além disso, embora as teorias de Vygotsky (com o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal) e a de Emília Ferreiro e sua colega Teberosky (1999) sobre a maturação cerebral (Hirata e Mariano, 2019) contribuam para o entendimento da influência do ambiente e das emoções na alfabetização e o fato de cada criança ser única, como apontado pelo trabalho de Grando (2013), é preciso ressaltar que, quando se trata da leitura não basta a criança estar inserida em um contexto letrado ou em um ambiente que estimule seu aprendizado para garantir a aprendizagem da leitura na alfabetização, porque embora o meio seja um fator de influência na aprendizagem, ele não é determinante e que, portanto, está subordinado à marcadores biológicos que impõem no meio suas limitações. Dessa forma, mesmo que cada criança seja única, “quando se trata de aprender a ler, todas têm o mesmo cérebro que impõe os mesmos limites e a mesma sequência de aprendizagem” (DEHAENE, 2012, p. 236). Neste sentido, a aprendizagem da leitura é um processo complexo que requer a integração de várias áreas do cérebro, havendo a necessidade, portanto, de intervenções direcionadas e intencionalmente pedagógicas para promover uma alfabetização efetiva.

Em suma, esta seção teve como objetivo discutir as bases neurológicas da leitura que envolve vários processos cerebrais, tais como a relevância da reciclagem neuronal na alfabetização, evidenciando que o cérebro pode ser moldado por meio de práticas educacionais adequadas. Estudos sugerem que tais práticas não apenas facilitam a aprendizagem da leitura e da escrita, mas também provocam mudanças significativas na arquitetura neuronal do cérebro. Esse processo de reciclagem neuronal sublinha a importância fundamental da alfabetização, ao promover alterações estruturais no cérebro que suportam e aprimoram as habilidades de leitura e escrita.

Além disso, vimos que o desenvolvimento bem-sucedido da alfabetização depende de práticas educacionais que estimulam a consciência fonológica, a automatização da decodificação, a fluência e a compreensão, promovendo a plasticidade cerebral necessária para o aprendizado da leitura e escrita na alfabetização, considerando que essa aprendizagem não acontece de forma espontânea. Por conseguinte, para executar atividades e regular seu próprio comportamento, os indivíduos precisam conscientemente orientar seus pensamentos e ações em direção a metas específicas, dessa forma, nesse processo está presente as funções executivas, memória de trabalho, emoções e ambiente que influenciam e toda a aprendizagem, sendo capaz de modificar, portanto, o resultado final que é a alfabetização plena.

Ademais, vimos que para adquirir habilidades na linguagem escrita, a criança não chega sozinha ao entendimento do princípio alfabético; ao invés disso, ela requer a orientação de outra pessoa para compreender que os sons da fala humana são codificados por letras no alfabeto, incluindo as combinações de letras que formam diferentes sons. Neste sentido, o próximo capítulo tratará de discutir o aspecto do ensino de forma mais específica, abordando a temática dos métodos na alfabetização e a perspectiva da neurociência sobre o assunto, mediante os trabalhos encontrados e a literatura disponível.

4 NEUROCIÊNCIA E A QUESTÃO DOS MÉTODOS DE ALFABETIZAÇÃO

Neste capítulo objetivamos discutir aspectos relacionados à questão dos métodos de alfabetização na perspectiva da neurociência e suas implicações para o ensino. Para isso, trazemos uma breve contextualização do tema no contexto histórico do Brasil com base em importantes teóricos (Soares, 2018; Mortatti, 2006; Dehaene, 2012 dentre outros), abordaremos também a guerra dos métodos (global versus fônico) e alguns apontamentos de implicações da neurociência nesta questão ainda tão polêmica no campo educacional em nosso presente, em seguida apresentaremos os resultados alcançados nesta revisão discutindo os achados encontrados. Em relação a amostra desta revisão, poucos trabalhos, sendo apenas 5 do total de 52 que de fato se relacionam a questão dos métodos de alfabetização, de cunho empírico e de revisão, trazendo uma vasta discussão e resultados de experiências promissoras no Brasil a partir da utilização de métodos que a neurociência como aporte principal.

Inicialmente, a discussão dos métodos de alfabetização é uma questão antiga, de longas datas, e que até hoje ainda repercute acalorados debates e polêmicas em torno do tema. O termo “questão” é entendido aqui como o sentido dado por Soares (2018), quando afirma que o termo é usado para definir tanto “dificuldade a ser resolvidas” quanto “polêmica e controvérsia”, que a partir da ampliação da alfabetização no Brasil passou a ser uma “questão”. Como afirma Mortatti (2006),

Em nosso país, a história da alfabetização tem sua face mais visível na história dos métodos de alfabetização, em torno dos quais, especialmente desde o final do século XIX, vêm-se gerando tensas disputas relacionadas com "antigas" e "novas" explicações para um mesmo problema: a dificuldade de nossas crianças em aprender a ler e a escrever, especialmente na escola pública (MORTATTI, 2006, p.3).

Dessa forma, ao longo do tempo, a história dos métodos tem provocado intensos debates ao redor do mundo. Nesse cenário, houve basicamente uma oposição entre métodos analíticos e sintéticos. De acordo com Mortatti (2006), essa história pode ser dividida da seguinte maneira:

1) A sistematização do ensino da leitura; 2) A institucionalização do método analítico; 3) A alfabetização personalizada; e 4) Alfabetização: construtivismo e desmetodização. De maneira geral, essas fases se caracterizam desde a prevalência dos métodos sintéticos com a criação de cartilhas para a alfabetização; a institucionalização do método analítico (com auge na década dos anos 1940); a "A alfabetização sob medida", que continuaram sendo ensinadas pelo método analítico; até a chegada da fase de desmetodização da alfabetização a partir da publicação da pesquisa de Ferreiro e Teberosky, intitulada "Psicogênese da Língua Escrita" (1986) que basearam-se nas teorias construtivistas e interacionistas de Piaget e Vygotsky para desafiar as práticas de ensino da leitura e escrita usadas até então.

Desde então, autoridades educacionais e pesquisadores têm se esforçado para convencer os alfabetizadores a adotarem essa nova abordagem. Eles promovem essa mudança através da divulgação de artigos, teses, livros, vídeos, sugestões metodológicas, relatos de experiências bem-sucedidas e ações de formação continuada para professores, visando a institucionalização do construtivismo na rede pública de ensino. Além disso, as descobertas de Piaget e Emília Ferreiro revelam que as crianças desempenham um papel ativo na construção do próprio conhecimento, o que deu origem ao termo construtivismo²⁵. No entanto, esses conceitos geraram muitos equívocos no ambiente educacional, especialmente nas salas de aula. Os professores ficaram confusos sobre como conduzir o processo de alfabetização.

Sucintamente, na teoria de Emília Ferreiro e Ana Teberosky, o processo de aquisição da leitura-escrita é dada por uma construção na relação da criança com o meio, assim como acontece no processo espontâneo da fala, a partir do desenvolvimento cognitivo natural da criança, estando ela inserida num ambiente estimulante, independentemente do método de alfabetização. Isto vai de encontro a construção do conhecimento a partir da instrução sistemática e explícita, pois induz ao desenvolvimento intrínseco da criança (Benedetti, 2020). Neste sentido, desde a introdução do construtivismo na metodologia de ensino, especialmente no que diz respeito à alfabetização, entre as décadas de 1980 e 1990, essas discussões diminuíram. Isso levou a uma redução nos estudos focados em como deveria ser o ensino na alfabetização e a um aumento nos estudos que buscavam entender a teoria da psicogênese da escrita.

Fora do Brasil, a inferência do linguista Noam Chomsky (século XX), que acreditava que a leitura poderia se desenvolver naturalmente como a fala, foi reinterpretada por fundadores do movimento *Whole Language* nos Estados Unidos, como Frank Smith. Eles afirmavam que

²⁵ Importante dizer que o construtivismo não é visto como método no campo educacional, é mais comumente considerado uma abordagem.

a leitura e a escrita são processos naturais, bastando oferecer aos alunos materiais escritos que estimulam essas habilidades. Frank Smith defendia o modelo de leitura "de cima para baixo" ou "do todo para as partes", opondo-se à decodificação grafofonêmica. Ele considerava esse modelo insustentável, pois o objetivo da leitura é acessar os significados das palavras, enunciados e textos (Benedetti, 2020).

Dessa forma, nas últimas décadas, essas correntes pedagógicas presentes na educação brasileira tratam a aprendizagem da leitura como um processo natural. Em contrapartida, a neurociência refutou essa ideia, haja vista que hoje já se sabe que a linguagem falada (inata e biologicamente herdada) e a língua escrita (uma invenção cultural e um código de transcrição fonética que precisa ser aprendido) não possuem naturezas semelhantes (DEHAENE, 2012). Imagens cerebrais (Dehaene, 2012) mostram que ocorre uma ativação específica no cérebro durante o reconhecimento de sequências de letras nas palavras. É crucial que as crianças recebam na escola o ensino inicial necessário para uma alfabetização eficaz. As pesquisas em ciência da leitura indicam que práticas que incluem instrução explícita e estruturada sobre o funcionamento do sistema alfabético, geralmente conhecidas como método fônico, são fundamentais para esse sucesso (Maluf, 2022).

Assim, com o advento das pesquisas da Psicologia Cognitiva, da Neurociência e da mais recente a Ciência da Leitura (1990) contribuiu para que o debate dos métodos voltasse à mesa e influenciar um novo contexto sobre o ensino da alfabetização no Brasil, pode-se dizer uma “nova guerra”, outrora entre ensino explícito e ensino construtivista, doravante entre método fônico e método global. Em países com economias avançadas, há esforços significativos para unir pesquisadores e educadores e definir políticas governamentais para melhorar o ensino da leitura e escrita.

Nos Estados Unidos, o NICHD lançou o relatório do *National Reading Panel*, com resultados publicados por Ehri, Nunes, Stahl e Willows (2001) e continuado pelo *National Early Literacy Panel* (NELP, 2008). Na França, o Observatoire National de la Lecture (ONL) compila pesquisas que orientam as políticas escolares (e.g. ONL, 1998; ONL, 2003). Em 1998 o relatório *Apprendre à Lire* impulsionou debates e a implementação de práticas fônicas. Na Inglaterra, o relatório *National Literacy Strategy* (Beard, 1999; 2000) provocou mudanças significativas nas práticas educacionais. Em Portugal, o *Plano Nacional de Leitura* foi desenvolvido e avaliado, baseando-se em teorias consistentes com a Ciência da Leitura (Costa, Pegado, Àvila & Coelho, 2011; Morais, Araujo, Leite, Carvalho, Fernandes & Querido, 2010 citado por Maluf, 2015).

No Brasil, especificamente, os apontamentos do *National Reading Panel* (2000)

resultaram em diversos documentos que o sucederam, a citar: a primeira versão do relatório – “Alfabetização Infantil: novos caminhos (2003)”, depois o de 2007 e 2019; o documento da Academia Brasileira de Ciências – “Aprendizagem infantil: uma abordagem da neurociências (2011)”; o “Plano Nacional de Alfabetização – PNA (2019)” e mais recentemente o “Relatório Nacional de Alfabetização Baseado em Evidência Científica (2020)”, são documentos que têm em comum a evolução do conhecimento gerado pela ciência cognitiva da leitura que enfatizam a aprendizagem da leitura e escrita como um processo não natural que necessita, portanto, ser aprendido²⁶. Estes foram grandes motores de influência no debate acerca dos métodos de alfabetização no Brasil, destacando a instrução fônica como a mais promissora na alfabetização.

Por conseguinte, o debate sobre métodos de ensino da leitura perdura há mais de um século, com destaque para duas abordagens opostas: o método fônico (code emphasis) e o método global (whole language). O método fônico surgiu no século XVI, quando educadores alemães observaram a dificuldade das crianças em associar letras e sons, e propuseram um enfoque nas correspondências entre ambos. Com o tempo, seu uso funcional foi substituído por exercícios repetitivos de pronúncia (Morais, 1996). Já o método global, provavelmente proposto por Comenius no século XVII, focava na associação direta entre palavras e seus significados, deixando a análise fonética para depois. Esse método ganhou força nos Estados Unidos no século XIX, associado a ideias progressistas e ao ensino centrado na criança. Embora o método global tenha sido relacionado à teoria da Gestalt, o psicolinguista Roger Brown observou que a compreensão das relações subjacentes da leitura, princípio central da Gestalt, se alinha mais com o método fônico (Morais, 1996).

O pano de fundo histórico dos métodos globais não se apresenta apenas nas formações dos magistérios, mas na realidade, ele surge dos próprios pedagogos e psicólogos, os primeiros a preconizar a leitura global. No entanto, o adepto mais importante do método global foi o médico belga Ovide Decroly que incorporou essas ideias no seu método “ideovisual”, que obteve sucesso em 1930, recebendo o assentimento de Jean Piaget e, sobretudo, de Henri Wallon, influente professor do Colégio de França (Dehaene, 2012). A partir daí, suas ideias, foram aplicadas à alfabetização, resultando na adoção dos seus textos como ponto de partida, e no Brasil, oficialmente implantado na reforma de educação em Minas Gerais nos anos de 1961 apresentado por meio do “O livro de Lili”, de Anita Fonseca, lançado em 1930 e “Os três porquinhos” de Lúcia Casassanta, de 1954, o que provocou profundas mudanças nas

²⁶ Não pretendemos aprofundar sobre esses documentos, o que nos escapa nesta revisão, no entanto, não deixamos de apresentá-los como motores de influência no debate dos métodos no Brasil.

orientações do MEC, e consequentemente, levou os níveis de letramento no país para baixo (Scliar-Cabral, 2013).

Para Dehaene (2012, p. 237), o método global é uma ilusão que tem sua origem numa ideia generosa:

recusar o “adestramento” das crianças, do qual a escola é muitas vezes acusada, ao transformá-la em pequenos autônomos a rezar “pa, pé, pi, po, pu, papai papa a papa”. [...] ele deseja recolocar o significado, no centro da leitura, oferecendo [...] textos julgados capazes de interessá-los, deixando-lhe o prazer de aí encontrar por elas próprias as frases, depois as palavras, depois as regras ortográficas.

Dessa forma, depreende-se que nesse processo de leitura global, à criança cabe a incumbência de construir por si própria as regras da leitura, como afirmam os partidários dos métodos globais, a partir da premissa de que a criança cresce em autonomia e descobre o prazer do significado, da leitura. O método global de alfabetização, conhecido também como método analítico, de palavração ou de sentencição, já se apresentava como uma oposição ao método sintético tradicional (método fônico) no Brasil, mesmo antes do construtivismo ganhar força no país, defendendo, portanto, que as crianças aprendem através da percepção do todo (Scliar-Cabral, 2013). Isto vai de encontro ao que a psicologia cognitiva já refutou, bem como de toda ideia de ensinar a leitura por um método global ou ideovisual, que basicamente consiste em propor à criança associar as palavras escritas, isto é, frases inteiras, ao seu significado, ou seja, a criança aprende a partir da percepção do todo, para depois decompô-lo em suas unidades, recusando-se a ensinar explicitamente as correspondências grafemas-fonemas, característica principal dos métodos fônicos de alfabetização.

Na tentativa de esclarecer alguns argumentos contrários sobre o método fônico (que foca no ensino explícito do sistema alfabético e entende que o aprendizado da leitura não é natural e espontâneo) dos adeptos aos métodos globais (que se baseia no reconhecimento de palavras inteiras e do contexto da criança para a unidade específica e o ensino dos sons das letras não ocorre de modo explícito), Scliar-Cabral (2013, p. 10-11) explica que há uma confusão decorrente do falso argumento de que os métodos fônicos ignoram a finalidade da compreensão textual e esclarece que:

O verdadeiro método fônico tem por escopo a automatização do reconhecimento dos traços que diferenciam as letras entre si, para chegar-se ao grafema, cuja função não é outro senão **distinguir** uma palavra de outra, justamente porque substituir um grafema por outro **altera o significado**. Viu-se, também, que é necessário dominar tais conhecimentos, não como uma finalidade em si mesma, mas sim porque, sem este domínio, não é possível a leitura fluente, condição para se chegar à **compreensão textual**, em virtude dos limites temporais da memória de trabalho. [...] O falso argumento de que os autores dos métodos fônicos não se preocupam com a compreensão é exemplificado caricatamente com exercícios mecânicos de

discriminação das diferenças entre sons, supostamente, instrumento para desenvolver a consciência fonológica e/ou com as chamadas cartilhas matracas para alfabetizar (Grifos da autora).

Nesta perspectiva, se pode depreender que não há método fônico sem o reconhecimento e distinção dos traços que diferenciam as letras entre si e isto proporciona a alteração do significado de um grafema por outro, por isso, a condição de se chegar na compreensão textual, é necessário a aquisição de tais conhecimentos, não como um fim em si, mas que sem este domínio, não é possível alcançar a leitura fluente. Além disso, Cabral (2013, p. 9) enfatiza que a abordagem via método global é completamente inadequada para criança, haja vista que, não abarca as condições necessárias para o processamento cerebral da leitura e que:

É totalmente impraticável propor um método que parta do reconhecimento do texto escrito como um todo, para depois prosseguir decompondo-o, generalizando o princípio de que a percepção se dá do todo em direção às partes constituintes. Na prática pedagógica, o que ocorreria era a **memorização** do texto **ouvido**, para emparelhar cada palavra com o escrito, quase por **adivinhação**. Com efeito, a estratégia da adivinhação, maquiada por uma nomenclatura pseudocientífica de “hipótese” ainda vem sendo largamente preconizada pelos críticos dos métodos fônicos. [...] Os métodos globais vão de encontro a como ocorre o reconhecimento da palavra escrita e, em consequência, à melhor forma de alfabetizar (Grifos da autora).

Neste sentido, a abordagem global para ensinar palavras exige muito da memória da criança porque ela não foi ensinada a dominar o código alfabético para interpretação. Dessa maneira, o cérebro é forçado a usar neurônios que não são adequados para processar a leitura, como Dehaene (2012) já sinalizou a ativação cerebral ocorre no hemisfério direito do cérebro em uma abordagem global, ou seja, a área incorreta, e, mesmo que o progresso seja lento, ler a partir da decodificação grafema-fonema aumenta a segurança, reduz a possibilidade de erros ortográficos quando adulto e o domínio do código alfabético faz com que a criança leia novas palavras ou não. No entanto, isto não significa dizer que o ensino e aprendizagem da compreensão deva ser deixado de lado. Não é isso que os métodos fônicos defendem; pelo contrário, ambos os processos devem caminhar juntos, e isto não invalida a escolha pelos métodos fônicos.

A crítica aos métodos fônicos, por vezes vistos como mecânicos e repetitivos, ignora seu papel fundamental na aprendizagem do código alfabético e na percepção auditiva da fala. Embora as abordagens globais prevaleçam, a fonologia natural da língua sustenta a eficácia do método fônico (Seliar-Cabral, 2013). Ele é essencial nas etapas iniciais, quando as crianças aprendem conscientemente a decodificar. Esse processo, embora lento no início, gradualmente se torna automático, à medida que as crianças internalizam as correspondências entre grafemas

e fonemas. Essa lentidão não é exclusiva da aprendizagem da leitura, pois todos os processos cognitivos que requerem controle consciente são demorados. A transição para a automatização, onde a identificação das palavras ocorre sem esforço cognitivo, acontece gradualmente (Scliar-Cabral, 2013).

Por isso, convém ressaltar que o método fônico, anterior ao construtivismo, não enfatizava um trabalho sistemático em que as crianças aprendiam conscientemente a reconstruir a percepção auditiva da fala e a decompor a cadeia falada em palavras e sílabas, conforme sugerido pela psicolinguística. Além disso, não considerava a plasticidade neuronal como fundamental para a formação de novos aprendizados nem priorizava o ensino estruturado do sistema alfabético da língua portuguesa. Neste sentido, a implementação de métodos fônicos sistemáticos não exclui o uso de outras abordagens e estratégias que enriquecem o ensino da leitura.

Sendo assim, a "guerra de métodos" no ensino da leitura surgiu após a pesquisa de Jeanne Chall (1967 citado por Maluf, 2022), que comparou diferentes abordagens pedagógicas, gerando um debate entre o uso de unidades maiores e menores no ensino. Mais recentemente, Castles, Rastle e Nation (2018) destacaram que, apesar das evidências científicas, as políticas públicas ainda não aplicam amplamente esse conhecimento. A pesquisa enfatiza a eficácia da instrução fônica no ensino de sistemas alfabéticos, sendo essa abordagem a mais eficiente para formar leitores e escritores competentes em menos tempo e com menos esforço (Maluf, 2022).

Vários estudos indicam que o método mais eficaz para aprender a ler é o método fônico²⁷ (Adams & Osborn, 1990; Capovilla, 2003; Seabra & Capovilla, 2011; Temple et. al., 2005; Yoncheva, Wise & Mccandliss, 2015). Este método ensina as crianças a lerem com maior rapidez e eficiência, focando na correspondência entre letras e sons, fundamental para o reconhecimento preciso das palavras, que é a base para uma leitura compreensiva. Além disso, estudos neurocientíficos demonstram que a aprendizagem da leitura, iniciando com a correspondência grafema-fonema e progredindo para associações silábicas simples antes de complexas, ocorre predominantemente no lado esquerdo do cérebro (Dehaene, 2012).

Neste sentido, concordamos com Maluf (2005) que, no Brasil, a disputa entre os métodos de ensino fônico e global ainda parece estar apenas começando. Dados das avaliações mais recentes ainda mostram resultados insatisfatórios, com crianças no ensino fundamental

²⁷ O termo "fônico" refere-se ao princípio que rege as correspondências entre letras e sons e ao método de representação de fonemas em grafemas. Essa habilidade é básica para a codificação e decodificação, e a concepção fônica é uma das principais abordagens da alfabetização.

chegando ao quinto ano sem conseguir ler ou escrever frases simples e até mesmo lista de palavras. É comum ouvir que as crianças brasileiras não estão aprendendo a ler porque são incapazes, ou porque vêm de famílias em situação de vulnerabilidade social, que também não dominam a leitura.

Entretanto, este trabalho se distancia da defesa de um método único na alfabetização, assim como Soares (2018) aponta sobre a alfabetização com método, mas não se coloca numa posição neutra diante da temática. Neste sentido, baseada em todo conhecimento aqui já discutido sobre a aprendizagem da leitura, compreendemos que não se trata de um único método, mas sim de método, concebido como uma maneira de ensinar a leitura com base no entendimento inicial do processo de aprendizagem da leitura pelo cérebro. Também não pretendemos nos posicionar como a única verdade, nosso interesse aqui reside em procurar evidências científicas sobre métodos eficazes de ensino, tanto para os estágios iniciais de alfabetização quanto para elementos que possam oferecer luz sobre o ensino e aprendizado da leitura.

Nesta perspectiva, entendemos que a resposta a essa questão deve ser buscada na compreensão dos processos envolvidos na leitura e escrita, considerando os diferentes sistemas de escrita e as condições de aprendizagem oferecidas. Estudos recentes indicam que os melhores resultados na alfabetização são alcançados com estratégias que desenvolvem a habilidade dos alunos de manipular conscientemente a linguagem oral. Especificamente, essas estratégias ajudam a entender que a fala é composta por segmentos que formam palavras; que as palavras podem ser divididas em unidades menores, como sílabas; que elas podem ser segmentadas por rimas ou aliterações; e que os menores sons, os fonemas, são representados por letras, os grafemas.

Neste contexto, a discrepância entre a ciência da leitura e as práticas de ensino se deve, em grande parte, à falta de conhecimento teórico e prático dos processos de leitura por professores e formadores. Conhecer as descobertas consistentes da pesquisa pode ajudar a desenvolver melhores ideias sobre a leitura, sua aprendizagem e a integração desses conhecimentos nas práticas de ensino, melhorando o trabalho com os alunos. Esse esforço deve influenciar a formação de professores e a implementação de políticas públicas para assegurar acesso à linguagem escrita e leitura proficiente para todos os brasileiros.

4.1 Discutindo os trabalhos que se relacionam com os métodos de alfabetização e neurociência

O estudo de Braga e colaboradores (2017), realizado aqui no Brasil, traz um estudo de caso único de um homem brasileiro de 45 anos, destro, falante do português, sem histórico médico significativo, distúrbios neurológicos, sensoriais ou psiquiátricos, ou uso de medicamentos. Ele era analfabeto, criado em uma área rural, sem educação formal, e proveniente de uma família de analfabetos. O objetivo deste estudo foi explorar a evolução funcional da rede neuronal de leitura na alfabetização na vida adulta.

O participante foi aprovado pelo Comitê de Ética da Rede SARA de Hospitais de Neuroreabilitação. Antes do início do processo de aquisição de leitura, o participante foi submetido a testes neuropsicológicos, como o Mini-Exame do Estado Mental (MMSE) e o Teste de Consciência Fonológica (PAT), para avaliar suas habilidades cognitivas e linguísticas. O participante foi ensinado a ler por duas professoras, durante aulas de 1 hora, duas vezes por semana, utilizando uma abordagem didática desenvolvida por Paulo Freire, centrada na associação de palavras com o ambiente de vida do aluno em conjunto com o método silábico, que combina sílabas para formar palavras.

Durante os primeiros 16 meses do processo de alfabetização, o participante começou a reconhecer mais letras e a escrever o próprio nome. Nesse período, foram realizadas treze fMRIs. Contudo, ele ainda não conseguia fazer a síntese silábica, enfrentando dificuldades em relacionar grafemas e fonemas. Aos 17 meses, aumentaram a estimulação usando o método fônico (Capovilla & Capovilla, 2007), que ensina a ler associando sons a letras e promovendo a consciência fonológica. Duas fonoaudiólogas conduziram essa estimulação em sessões de 50 minutos, duas vezes por semana, durante 7 meses. Com o aumento da intensidade da estimulação metafonológica, observou-se uma melhoria no desempenho em tarefas silábicas e nas habilidades suprasegmentais (rima e aliteração) comparado às habilidades fonêmicas.

No 17º mês, também foi adicionada uma avaliação da velocidade de leitura, mostrando melhorias constantes na precisão e velocidade de leitura de palavras reais, tanto monossilábicas quanto dissílabas, embora o participante ainda não conseguisse ler pseudopalavras. Após 23 meses de esforços de alfabetização, ele se tornou um leitor funcional. Os dados comportamentais indicaram progressos graduais durante o processo de alfabetização e mudanças significativas na vida diária. Com a melhora nas habilidades de leitura, sua independência também aumentou, necessitando de menos ajuda para obter informações sobre transporte público, itens de mercado e placas em locais públicos ou de trabalho.

Os resultados mostram a notável plasticidade do cérebro adulto na aprendizagem da leitura, indicando que mesmo adultos analfabetos podem desenvolver habilidades de leitura e experimentar mudanças significativas na organização neural. As varreduras de fMRI revelaram

que, inicialmente, a atividade cerebral do participante era dispersa e menos especializada para a leitura, mas se concentrava mais em áreas associadas ao processamento visual, fonológico e semântico à medida que ele avançava. A leitura envolve a integração de recursos ortográficos, fonológicos e lexicossêmicos no cérebro. Leitores fluentes utilizam conexões diretas entre a forma ortográfica e o significado semântico, bem como entre a representação ortográfica e a representação fonológica. Os achados destacam que a aprendizagem da leitura modifica tanto a estrutura quanto a função cerebral, reorganizando as redes neurais relacionadas ao processamento da linguagem escrita. Dessa forma, o presente estudo confirma pesquisas anteriores realizadas em um grupo de adultos ex-analfabetos, que indicaram que eles utilizavam as mesmas redes neuronais de indivíduos que aprenderam a ler quando crianças (Dehaene et al., 2010).

Pode-se perceber que, mediante o estudo, ao se utilizar o método fônico, as vias cerebrais da leitura puderam ser ativadas com maior frequência na área esquerda do cérebro, embora tenha ocorrido algumas lateralidades, o participante pode alcançar uma relativa autonomia na leitura, o que não significa dizer que ele foi alfabetizado completamente e/ou plenamente, tendo em vista as suas dificuldades durante o processo. Mas pode-se considerar uma mudança significativa na leitura quando se foi utilizado uma metodologia adequada considerando a fase inicial que o participante se encontrava. No entanto, se tratando de caso único, o estudo recomenda que sejam realizadas mais pesquisas com casos isolados para melhorar a confiabilidade dos dados de fMRI e generalização dos resultados em uma amostra maior.

O estudo de Braga e colaboradores (2017) corrobora com a pesquisa de Naschold (Et al., 2019) desta vez não com a utilização de métodos de imagem (fMRI), mas na prática escolar com crianças. A pesquisa foi realizada em uma turma de Educação infantil de uma escola pública localizada em Natal, Rio Grande do Norte, composta de 24 crianças na faixa etária de 4 a 5 anos. O estudo comparou a aplicação de uma metodologia global de alfabetização (grupo controle) com uma metodologia inovadora que integra conhecimentos das neurociências da leitura (grupo experimental). A comparação entre a metodologia global e a metodologia inovadora na alfabetização infantil foi realizada em uma pesquisa que envolveu a aplicação de diferentes abordagens de ensino em dois grupos de crianças. Cada grupo inicialmente tinha 12 crianças, mas ao longo do estudo, 5 crianças abandonaram a escola, resultando em um grupo com 10 crianças e outro com 9 crianças.

O grupo controle foi submetido ao ensino com base no método global de alfabetização, seguindo as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Fundamental (Brasil,

1997 a e b), que, juntamente com os conhecimentos didáticos desenvolvidos a partir das etapas da escrita (Ferreiro & Teberosky, 1985), amplamente disseminados desde a década de 1980 para professores por entidades municipais e estaduais e por cursos de formação de professores, constituem hoje uma referência presente no trabalho teórico-prático da alfabetização no Brasil. Por outro lado, o grupo experimental foi submetido a uma metodologia inovadora que integra os fundamentos das neurociências da leitura. Durante o estudo, as atividades de alfabetização no grupo controle foram desenvolvidas pela professora da turma de acordo com a prática da rotina escolar, incluindo brincadeiras, jogos pedagógicos, leitura de livros de histórias, entre outras, construída especialmente para o trabalho, que integra aspectos didáticos, psicolinguísticos e conhecimentos das neurociências da leitura.

Foram realizados testes de conhecimentos linguísticos aplicados antes e depois da intervenção metodológica: Teste das Letras e Palavras, que consiste em nomear cada letra em voz alta seguida de uma palavra que comece pela letra nomeada. O escore no teste consiste na frequência total de letras nomeadas corretamente devidamente seguidas das palavras; Teste de Leitura das Palavras e Frases (formado por uma figura (logotipo escrito), 8 palavras do universo infantil com gradativo aumento de letras e uma frase composta por sujeito, verbo e predicado. Na aplicação do teste, as palavras e a frase foram ditadas uma a uma à criança a partir da solicitação de que ela escrevesse da forma como considerasse mais adequado); e um teste cognitivo Teste Raven Infantil (composto por fichas com figuras geométricas dispostas de diferentes maneiras e cores). As atividades foram desenvolvidas ao longo de oito semanas, com supervisão dos professores e pesquisadores, e os dados foram analisados estatisticamente.

No grupo experimental, houve uma melhoria significativa no desempenho dos alunos antes e depois da intervenção didática. O teste não-paramétrico de Wilcoxon para amostras pareadas confirmou a significância estatística dessa diferença ($P=0,005889$, $\alpha=0,05$). No grupo controle, essa diferença não foi observada (Gráfico 2), sugerindo uma vantagem na alfabetização com a metodologia usada no grupo experimental. No grupo controle, o teste de Wilcoxon não indicou diferença estatística significativa antes e depois da intervenção ($P=0,3711$). A diferença entre os grupos experimental e controle foi confirmada estatisticamente com um valor-p de $1.268e-05$ usando ANOVA com um fator de dois níveis (grupo experimental e controle) e bloco (indivíduos).

Na análise do Teste de Leitura de Palavras e Frases, observou-se que no grupo de controle não houve progresso para a fase seguinte em nenhuma criança. Já no grupo experimental, houve um avanço significativo. No pré-teste, três crianças não processavam as relações letra-som, seis conseguiam apenas para algumas letras e duas faziam conexões

grafonológicas mais completas. Após o trabalho explícito com as relações grafema/fonema, no pós-teste, oito das dez crianças do grupo experimental avançaram de fase. Três passaram da fase pré-alfabética para a alfabética parcial, e cinco progrediram para a fase alfabética total. Os resultados confirmam que o ensino intencional das partes das letras, junto ao nome das letras e identificação dos fonemas, ajudou na aprendizagem das palavras, integrando partes e todo.

A análise revela que, diferentemente dos testes linguísticos, onde o grupo experimental teve melhores resultados, no Teste Raven, o grupo controle obteve pontuações superiores no pós-teste. Esse retrocesso no grupo experimental pode estar relacionado ao uso recente da Área da Forma Visual das Palavras (WFVA) para leitura, que normalmente identifica rostos e objetos. Como o Teste Raven Infantil envolve figuras geométricas com pequenas diferenças, as crianças do grupo experimental não tiveram tempo suficiente para reacomodar essa área visual, resultando em menor pontuação. Esses resultados sugerem uma possível relação entre o avanço na leitura e a identificação de objetos, abrindo caminho para futuras pesquisas sobre essa evidência, embora este não fosse o foco da investigação atual.

Os resultados indicaram que a metodologia inovadora, baseada nos conhecimentos das neurociências da leitura, proporcionou vantagens significativas para a alfabetização das crianças. O grupo experimental obteve melhores resultados nos testes linguísticos em comparação com o grupo controle, demonstrando a eficácia da abordagem inovadora no processo de aprendizagem. A conclusão em relação ao avanço nas aprendizagens das crianças foi que a metodologia inovadora, que integra os fundamentos das neurociências da leitura, trouxe vantagens para a alfabetização. Os resultados dos testes linguísticos evidenciaram, com um alto percentual, que o grupo experimental obteve melhores resultados em comparação com o grupo controle. Isso sugere que a abordagem inovadora foi mais eficaz no processo de alfabetização das crianças, demonstrando a importância de incorporar conhecimentos recentes das neurociências da leitura na prática educacional.

O estudo confirma a literatura existente, destacando que o reconhecimento das formas das letras é essencial para melhorar o processo de reciclagem neuronal (Dehaene, 2007; Dehaene et al., 2000, 2002a, 2002b; Dehaene & Cohen, 2004) que ocorre no cérebro infantil durante a alfabetização. Portanto, é fundamental não apenas ensinar a correspondência grafofonológica de forma explícita, mas também assegurar que a criança aprenda a forma gráfica das letras. Isso permite uma associação imediata com os fonemas ao combinar palavras em frases, parágrafos e textos, promovendo a leitura e compreensão.

Um aspecto interessante deste estudo é que ele foi realizado utilizando a abordagem das palavras geradoras de Paulo Freire (1987). Durante todo o processo, a literatura infantil, através

de um livro de histórias criado especificamente para a pesquisa serviu como o eixo central das atividades. A literatura, utilizando as palavras geradoras do livro infantil, motivou toda a produção das crianças, incluindo atividades com as partes das letras, jogos e exercícios no portfólio do livro infantil. Nesse contexto, o trabalho explícito com as formas das letras aliado à decodificação não excluiu outras estratégias de leitura. No entanto, a decodificação, quando precedida e combinada com um foco na reciclagem neuronal da visão para as letras, foi a estratégia que levou ao desempenho mais alto do grupo experimental.

A revisão bibliográfica de cunho exploratório e descritivo de Pinto e Rodrigues (2022) bem como outros estudos desta revisão, os autores enfatizam a importância do ensino explícito, em especial, a instrução fônica²⁸ com ênfase no método fônico, visto que corresponde ao processo neurológico do cérebro na aprendizagem da leitura. Da mesma forma a pesquisa de Teixeira e Azevedo (2021) que consiste em revisão bibliográfica de estudos científicos sobre neurociência cognitiva, aprendizagem da leitura e métodos de alfabetização fundamentam suas discussões em pesquisas que apoiam a importância da consciência fonológica, da decodificação eficiente de palavras e da compreensão textual no processo de alfabetização.

A partir de evidências de estudos neurocognitivos que sublinham a importância do ensino do princípio alfabético e do desenvolvimento da consciência fonológica, elaboraram um panfleto com dicas e técnicas práticas para o ensino da leitura com base no método fônico, método que corresponde às evidências dos estudos neurocognitivos. Esses folhetos foram distribuídos aos professores da rede pública e privada de Porto Alegre, com informações compiladas a partir da parte teórica apresentada no artigo e adaptadas de outras fontes relevantes.

Os objetivos do estudo está em apresentar processos cognitivos envolvidos no aprendizado da leitura e teorias cognitivas de aprendizagem da leitura; abordar o conflito entre dois métodos de alfabetização divergentes, métodos utilizados para alfabetizar crianças no Brasil; e trazer evidências neurocognitivas sobre como o cérebro aprende a ler e também dicas e técnicas práticas baseadas nas neurociências para melhorar a leitura. Os resultados apresentados no artigo destacam a importância do método fônico e da instrução formal do princípio alfabético para o desenvolvimento da consciência fonológica das crianças, essencial para uma leitura fluida e automatizada.

Os resultados alcançados com os folhetos baseados nas teorias neurocognitivas de aprendizagem da leitura e métodos de alfabetização foram positivos. Os folhetos informativos

²⁸ É importante esclarecer um ponto que a instrução fônica não está atrelada necessariamente ao método fônico. O método fônico apenas é uma das abordagens da instrução fônica, além de existir outros métodos fônicos.

elaborados para os professores do ensino fundamental anos iniciais tinham como objetivo ilustrar e oferecer sugestões práticas fundamentadas em evidências científicas para o ensino da leitura. Os folhetos foram bem recebidos pelos professores, que puderam aplicar as sugestões práticas em suas práticas pedagógicas. A utilização dessas informações embasadas em evidências científicas contribuiu para a melhoria do ensino da leitura, promovendo o desenvolvimento da consciência fonológica, a decodificação eficiente de palavras e a compreensão textual entre os alunos.

As conclusões do artigo ressaltam a relevância de compreender os processos neurocognitivos envolvidos na leitura para aprimorar as práticas de ensino da leitura, visando melhorar o desempenho dos alunos e prevenir dificuldades de aprendizagem. Propõem a utilização de métodos embasados em evidências científicas para promover uma alfabetização mais eficaz e fluente. No entanto, o estudo integrativo de Silva e Barreto (2021), já discutido nesta revisão nos tópicos anteriores, concorda com Soares (2016) quanto ao uso de um único método de ensino (o fônico, por exemplo) de alfabetização. Estes últimos trabalhos (Pinto e Rodrigues, 2022; Teixeira e Azevedo, 2021; Silva e Barreto, 2021) corroboram com a literatura já apresentada neste estudo.

Um estudo de experiências promissora no Brasil na utilização de métodos de alfabetização baseado nos princípios da neurociência apareceram também nesta revisão é o caso da pesquisa de Mascarello e Pereira (2013) realizada em uma escola de Florianópolis, SC, com o objetivo de contribuir para a redução do analfabetismo e do analfabetismo funcional. A proposta de alfabetização desenvolvida pela Dra. Leonor Scliar-Cabral e equipe, que elaboraram um projeto denominado Ler & Ser, a partir do qual foi desenvolvida a Proposta Scliar de Alfabetização baseada nas neurociências, proporcionando uma abordagem inovadora e eficaz para o ensino da leitura. A proposta Scliar de Alfabetização²⁹ se baseia em teorias da neurociência para o processamento da leitura e da escrita, buscando uma educação integral e integrada. Além disso, a proposta prioriza conceitos voltados para a realidade psicológica das invariâncias dos traços que constituem as letras e os fonemas, bem como a noção de arquitetura

²⁹ Em 2003, Scliar-Cabral começou a desenvolver uma proposta de alfabetização que unisse os conhecimentos das ciências humanas e biológicas, com o objetivo de proporcionar aos aprendizes a capacidade de dominar a linguagem escrita, alcançando realização pessoal, exercendo sua cidadania e se integrando na sociedade da informação. O Sistema Scliar de Alfabetização (SSA) foi criado com a finalidade de melhorar a situação do analfabetismo funcional no Brasil, acreditando que isso só será possível com mudanças nas práticas de alfabetização. Para isso, disponibiliza um material pedagógico de excelência para todos os interessados no estudo e ensino da leitura, baseado nas mais recentes teorias e pesquisas sobre ciências que estudam a linguagem. Esse material inclui as obras: “Aventuras de Vivi” (SCLIAR-CABRAL, 2012), Sistema Scliar de Alfabetização: Fundamentos (SSA-F) (SCLIAR-CABRAL, 2013) e “Sistema Scliar de Alfabetização Roteiros para o professor: Módulo 1” (SCLIAR-CABRAL, 2018) (LEITE, MARTINS, PINHEIRO, 2018).

neuronal.

Isso significa que a Proposta Scliar de Alfabetização considera não apenas o aspecto comportamental, mas também os processos neurobiológicos envolvidos na aprendizagem da leitura e da escrita. Ao analisar as principais dificuldades enfrentadas pelos alunos durante o processo de alfabetização, a proposta leva em conta as descobertas das neurociências para oferecer estratégias mais eficazes de ensino. Dessa forma, a integração das neurociências na abordagem epistemológica da Proposta Scliar de Alfabetização contribui significativamente para o desenvolvimento de métodos mais adequados e eficientes no processo de alfabetização.

A pesquisa envolveu crianças que participaram do projeto Ler & Ser na escola em questão. O número exato de participantes não foi mencionado, mas a pesquisa conseguiu alfabetizar eficientemente 75% das crianças que participaram do estudo. Durante a pesquisa, foram utilizados materiais específicos do Método Scliar de Alfabetização, como o Guia para o Professor e a Cartilha Vivi. Esses materiais foram fundamentais para a implementação da proposta e para o desenvolvimento das atividades de alfabetização. A pesquisa seguiu um procedimento estruturado, no qual a Proposta Scliar de Alfabetização foi aplicada aos participantes ao longo de um período determinado.

Os educadores receberam orientações do Guia para o Professor e utilizaram a Cartilha Vivi para auxiliar os alunos no processo de aprendizagem da leitura e da escrita. Após a aplicação da proposta, os pesquisadores avaliaram os resultados obtidos, verificando o percentual de crianças alfabetizadas e analisando o impacto da metodologia na aprendizagem. Os resultados indicaram que cerca de 75% das crianças foram alfabetizadas com eficiência. Os dados coletados durante a pesquisa foram analisados para identificar padrões, tendências e possíveis melhorias na implementação da Proposta Scliar de Alfabetização. Essa análise contribuiu para a compreensão dos resultados e para a validação da eficácia do método.

Ademais, em relação ao grupo experimental, que recebeu a aplicação da Proposta Scliar de Alfabetização, houve um desempenho superior em diversas áreas em comparação com o grupo controle. Por exemplo, o grupo experimental apresentou melhor desempenho no teste de emparelhamento de frases escritas e na produção escrita de frases, demonstrando a eficácia do método. Os resultados também apontaram que o processo de aprendizagem não depende apenas do método utilizado, mas também de outros fatores que podem influenciar os resultados. Entre esses fatores estão a participação da família, a infraestrutura da escola, a faixa etária dos alunos, o tempo de permanência na escola, problemas de saúde, entre outros.

Com base nos resultados obtidos na pesquisa, os pesquisadores concluíram que a Proposta Scliar de Alfabetização é viável e eficaz. A aplicação do método resultou em um

percentual significativo de crianças alfabetizadas, o que sugere que a proposta pode ser utilizada com sucesso nas redes de ensino. Além dos resultados quantitativos, a pesquisa também evidenciou o impacto positivo da metodologia na prática pedagógica dos educadores. A clareza da metodologia utilizada levou a uma mudança de postura da professora, que passou a desenvolver seu trabalho com mais segurança e eficácia.

A Proposta Scliar de Alfabetização se alinha de forma consistente com a literatura da neurociência ao fundamentar-se nas teorias e pesquisas sobre o processamento da leitura e da escrita. Ao incorporar conceitos das neurociências, a metodologia busca compreender de maneira mais clara e menos sequencial os circuitos cerebrais envolvidos no ato da leitura, considerando a realidade psicológica das invariâncias dos traços que constituem as letras e os fonemas, bem como a arquitetura neuronal (Dehaene, 2012). Essa abordagem neurocientífica da Proposta Scliar de Alfabetização não apenas contribui para uma compreensão mais aprofundada dos processos cognitivos envolvidos na alfabetização, mas também respalda a eficácia do método ao considerar as bases biológicas e neurológicas da aprendizagem da leitura e da escrita, promovendo assim uma abordagem mais integrada e embasada cientificamente.

Contudo, convém ressaltar que embora existam dados robustos e consenso sobre o que é eficaz no ensino da leitura, há um descompasso entre essas descobertas científicas e as práticas escolares (Sargiani, 2022). O fracasso na leitura é frequentemente atribuído à pobreza, um fator que, indiscutivelmente, afeta a aprendizagem acadêmica. No entanto, focar apenas na pobreza ignora o impacto de práticas inadequadas de ensino, que podem aumentar desigualdades e levar à falsa ideia de que somente os economicamente desfavorecidos enfrentam dificuldades na leitura (Seidenberg, 2017; Seidenberg & Borkenhagen, 2020). O método de ensino da leitura é crucial para o sucesso de todas as crianças, influenciando também a taxa de abandono escolar e a trajetória dos alunos desfavorecidos (Deauvieau et al., 2015; Hirata & Oliveira, 2019; Machin et al., 2018). Dessa forma, compreendemos que um único método não irá resolver todos os problemas e percalços da aprendizagem da leitura e escrita, mas ele pode ser determinante para o sucesso da alfabetização.

Neste sentido, esta categoria apresentou e discutiu evidências sobre os métodos de alfabetização que podem ser eficazes para ajudar todas as crianças a aprenderem a ler. Reiteramos ser o método fônico mais eficaz no processo de aprendizagem da leitura e escrita na alfabetização em qualquer idade, todavia ressaltamos que o método fônico necessita ser complementado a outras estratégias de leitura que contemplam os componentes essenciais para o alcance pleno da leitura e que ele não é o único a ser usado na alfabetização.

Além disso, a importância de uma alfabetização com ensino adequado, explícito e

sistemático contribui fortemente para uma alfabetização completa e desenvolvimento cerebral contínuo, considerando que as práticas de ensino podem impactar significativamente a reciclagem neuronal, o que, por sua vez, leva a mudanças estruturais no cérebro durante a alfabetização. Portanto, compreender a base neural da leitura provavelmente validará muitas das rotinas de ensino e estratégias cognitivas que professores e alunos já utilizam, além de oferecer diretrizes sobre abordagens mais e menos eficazes para a leitura e a aquisição da linguagem. Essas evidências indicam implicações importantes na alfabetização, além de influenciar as políticas de alfabetização discutidas na seção seguinte.

5 NEUROCIÊNCIA E AS POLÍTICAS DE ALFABETIZAÇÃO

Este capítulo aponta no que a neurociência pode contribuir para o sucesso das políticas de alfabetização, considerando o impacto de fatores socioeconômicos e familiares no desenvolvimento das funções executivas e na capacidade de leitura. O foco não é avaliar a conjuntura política ou econômica, mas integrar descobertas científicas às estratégias pedagógicas para melhorar a alfabetização. A intenção é apontar o que as pesquisas e experiências baseadas em neurociência contribuem para as políticas de alfabetização, as quais possam se valer de práticas baseadas em evidências, promovendo o sucesso na alfabetização de todas as crianças e destacando as implicações para a formação de professores e suas práticas em sala de aula. Neste sentido, esta seção está subsidiada por 10 estudos que discutem as contribuições da neurociência para políticas de alfabetização e trazem implicações para a formação de professores.

As políticas de alfabetização desempenham um papel crucial no sucesso das crianças na aprendizagem da leitura. Políticas bem-estruturadas fornecem estratégias pedagógicas que estimulam o desenvolvimento cognitivo e linguístico. Isso inclui práticas que promovem a consciência fonológica, a fluência na leitura, o vocabulário expandido e a compreensão textual. Tais abordagens são especialmente relevantes à luz de pesquisas que indicam a relação entre a exposição a um ambiente linguístico rico e o desenvolvimento das áreas cerebrais responsáveis pela leitura (Nobre, Tottenham e Casey, 2005 citado por Castro et al., 2023).

O analfabetismo é um problema que persiste ainda e historicamente no Brasil. Embora existam pesquisas sobre o tema há décadas, a priorização da educação nas políticas públicas é algo recente, e o uso de evidências para embasá-las é ainda mais novo (Araújo, 2011; Cardoso-Martins et al., 2005; Mortatti, 2011; Soares, 2016 citado por Sargiani, 2022). Anteriormente, o desafio era garantir o acesso à escola, mas, com a universalização desse acesso, o problema da

qualidade da educação tornou-se mais evidente. Atualmente, há escolas para todos, mas a qualidade do ensino varia significativamente, até mesmo dentro de uma mesma instituição (Sargiani, 2022).

O interesse em garantir uma alfabetização de qualidade para todos está ligado à busca por práticas de ensino mais eficazes que melhorem os níveis de aprendizagem dos alunos. Nas últimas décadas, essa busca aumentou o interesse por práticas baseadas em evidências. No entanto, ainda há uma lacuna significativa entre o conhecimento científico e as práticas aplicadas em sala de aula. As evidências mais robustas sobre alfabetização vêm de um campo interdisciplinar chamado ciência cognitiva da leitura (Hulme & Snowling, 2013).

Essas descobertas servem como referência para políticas educacionais em vários países que obtiveram sucesso na alfabetização infantil. Portugal, França, Chile, Estados Unidos, Austrália e Reino Unido, por exemplo, fizeram reformas curriculares nas práticas de ensino e nas políticas de alfabetização baseadas em evidências científicas. Esses países utilizaram relatórios científicos para melhorar a qualidade e a equidade no ensino da leitura e escrita. Infelizmente, esse conhecimento ainda não chegou às escolas brasileiras, onde se observa uma discrepância entre a ciência e as práticas e políticas de alfabetização (Araújo, 2011).

Esse descompasso pode ser visto, por exemplo, no Brasil, onde muitas discussões sobre aprendizagem e ensino da leitura e escrita ainda se concentram na escolha de métodos de alfabetização (Soares, 2018), uma questão já resolvida em outros países que se orientam por evidências de pesquisa. Apesar dos debates e disputas ineficazes sobre qual método é o melhor, as pesquisas demonstram que a alfabetização envolve diversos fatores, todos contribuindo de diferentes maneiras para que as crianças aprendam a ler e escrever com autonomia, proficiência e prazer. Castles (Et al., 2018 citados por Sargiani, 2022), aponta que a escolha mais eficaz, portanto, é seguir as evidências em vez de opiniões ou ideologias individuais. Isso significa adotar pesquisas e instruções para leitura e escrita que sejam equilibradas, adequadas ao nível de desenvolvimento e baseadas em um conhecimento profundo sobre o funcionamento da língua e do sistema de escrita.

No início da década de 1990, surgiu o movimento pela prática baseada em evidências, inicialmente na área da medicina, mas que rapidamente se expandiu para muitos outros campos, incluindo a educação. O termo "Educação Baseada em Evidências" refere-se aos fundamentos e argumentos que podem ser utilizados para embasar políticas e práticas educacionais fundamentadas em evidências científicas robustas, que servem de parâmetro para orientar e avaliar essas políticas e práticas, tanto em nível nacional e municipal quanto dentro da sala de aula, compreendendo o termo "evidência" como um indicativo de qualidade. No entanto, esse

termo é bastante genérico e pode se referir a diversos fatores (Elacqua et al., 2015; Sargiani, 2022).

A evidência científica, portanto, pode ser entendida como um conjunto de informações utilizadas para confirmar ou refutar uma teoria ou hipótese científica através de pesquisas. Para definir e aprimorar a prática, é essencial reconhecer a importância das evidências, sua natureza e valor para sustentar proposições que emergem na prática educativa (Thomas; Pring, 2007 citado por Schiavon, 2015). Essas evidências, portanto, podem ser obtidas a partir da observação de documentos, palavras, entrevistas, experiências, eventos pontuais, da razão ou da reflexão e, notoriamente, como resultados de pesquisas que seguem critérios rigorosos para a obtenção de evidências. As evidências podem assumir formas distintas, ter níveis de qualidade e serem valorizadas de forma diversa em diferentes contextos (p. exe., na medicina, na educação, no sistema jurídico e nas políticas públicas) (Thomas; Pring, 2017 citado por Sargiani, 2022).

Assim, existem várias abordagens para gerar evidências em alfabetização. Alguns pesquisadores focam nas vivências culturais associadas à alfabetização, enquanto outros examinam as interações entre professores e alunos, e entre os próprios alunos, durante o processo de alfabetização. Há também aqueles que se concentram nas habilidades iniciais e no efeito de métodos de ensino específicos. Todos esses diferentes tipos de estudos podem fornecer evidências valiosas para compreender como as pessoas aprendem a ler e escrever e o impacto dessa aprendizagem em suas vidas (Sargiani, 2022).

Portanto, concordamos com Sargiani (2022) ao dizer que nenhuma única pesquisa ou abordagem pode, sozinha, responder à questão de como aprender a ler e escrever de forma eficaz. Ao sublinhar a importância da ciência cognitiva da leitura para aprimorar a alfabetização, não se está desconsiderando outros conhecimentos gerados por diversas abordagens teóricas ou campos do saber. Pelo contrário, o objetivo é destacar que esse campo surgiu do esforço de combinar diferentes perspectivas e métodos de pesquisa, investigando a aprendizagem e o ensino da leitura e escrita em diversos sistemas de escrita a partir de uma abordagem multidisciplinar. No entanto, não pretendemos entrar na seara da discussão do conceito de “evidência”, apenas cabe ressaltar que, embora saibamos que as decisões de políticas públicas não são completamente racionais e que a ciência tem suas limitações, é fundamental tomar decisões baseadas em informações confiáveis. Isso ajuda a evitar a influência de ideologias, interesses partidários, opiniões infundadas e modismos.

5.1 Discutindo as políticas de alfabetização à luz da neurociência

Em relação às diversas causas que contribuem para o insucesso da alfabetização, o estudo de Castro (Et al., 2023) buscou analisar e sintetizar as evidências sobre o tema da influência das experiências adversas na alfabetização infantil com base em conhecimentos neurocientíficos. A revisão integrativa analisou como essas experiências adversas na infância, incluindo pobreza, violência, abuso, negligência e fome, afetam o desenvolvimento de áreas críticas do cérebro e habilidades cognitivas relacionadas à leitura. No contexto histórico do Brasil, esses impactos têm sido pouco considerados na criação de políticas públicas educacionais.

O artigo destaca que embora ainda estejam sendo pesquisados todos os mecanismos envolvidos, há consenso médico de que modificações epigenéticas no DNA e alterações nos circuitos neuroendócrinos ocorrem nos estágios iniciais do desenvolvimento neural em casos de estresse tóxico. Para diferenciar essas circunstâncias das dificuldades cotidianas, o National Scientific Council on the Developing Child (2005), nos EUA, desenvolveu uma taxonomia de três categorias de estresse: positivo, tolerável e tóxico. Essas categorias descrevem como o estresse se manifesta no indivíduo, não sua origem. Pobreza, violência, abuso, negligência e fome são algumas das variáveis consideradas ao discutir adversidade em pesquisas cerebrais no contexto do estresse tóxico.

Além disso, o estresse tóxico é raramente percebido por formuladores de políticas e educadores como problemas comportamentais, emocionais, dificuldades de adaptação, problemas de foco e atenção, e desafios de aprendizagem. Entender esses problemas é essencial para adaptar políticas públicas que melhorem a aprendizagem precoce. Diversos circuitos cerebrais são ativados quando crianças aprendem a ler, e mesmo crianças neurotípicas podem enfrentar impedimentos que limitam suas habilidades de alfabetização. Fracas habilidades de leitura resultam da interação entre fatores sociais e biológicos, como desvantagens socioeconômicas, estresse (fome, violência, falta de ambientes acolhedores), e diferenças individuais (inteligência, tolerância ao estresse). Mais pesquisas são necessárias para entender esses mecanismos e suas interações (Shonkoff, 2012; Brito; Nobre 2014; Nobre; Tottenham; Casey, 2005; Nobre et al., 2006, 2012a, 2012b; Johns et al., 2018 citado por Castro et al., 2023).

Dessa forma, este artigo destaca dois fatores críticos: estresse tóxico e falta de um ambiente linguístico rico, ambos impactando o desenvolvimento cerebral em áreas específicas relacionadas à leitura. A ausência de um ambiente linguístico diversificado afeta o hemisfério esquerdo e as áreas cerebrais associadas à leitura, enquanto o estresse tóxico afeta

significativamente o hipocampo, a amígdala e o córtex pré-frontal. As crianças desenvolvem lentamente estratégias e especializam circuitos neuronais para a leitura, um processo influenciado por interações sociais, conforme teorias de aprendizagem social (Kuhl, 2007; Kuhl; Tsao; Liu, 2003; Vygotsky, 1991). Entre 0 e 2 anos, crianças coletam informações linguísticas do ambiente e fazem suposições sobre a língua. No entanto, experimentos mostram que a mera exposição a uma língua, como através de programas de TV, não é suficiente para a aprendizagem completa dos aspectos complexos, como gramática e fonética (Kuhl; Tsao; Liu, 2003). A aquisição da linguagem é impulsionada por interações sociais e instrução (Cunningham; Stanovich, 1997; Kuhl, 2007).

A revisão mostrou que através do estudo de Noble, Tottenham e Casey (2005) uma forte correlação entre o nível socioeconômico (NSE) e as habilidades de leitura. Crianças de lares com NSE mais baixo são geralmente menos estimuladas pela alfabetização dos pais. A pobreza está ligada a menor estimulação cognitiva, refletindo-se em pontuações mais baixas em testes de alfabetização, memória e funções executivas (Pavlakakis et al., 2015). A capacidade de decodificação e a exposição à impressão correlacionam-se positivamente com o volume de substância cinzenta no Giro Supramarginal (SMG) (Johns et al., 2018). A exposição à impressão também está relacionada ao conhecimento de vocabulário, explicando diferenças entre crianças de ambientes linguísticos ricos e pobres (Kuhl, 2007). Evidências sugerem que o estresse tóxico prejudica a autorregulação da atenção, emoções e comportamentos (Brito; Nobre, 2014; Nobre; Tottenham; Casey, 2005; Shonkoff, 2010, 2012). O desenvolvimento do córtex pré-frontal, crucial para funções executivas, pode ser afetado, enquanto status social subjetivo mais baixo está associado à redução do volume de substância cinzenta no córtex cingulado anterior, relacionado a processos atencionais e autocontrole (Gianaros et al., 2007 apud Brito; Noble, 2014).

A anterior pesquisa revelou ainda que uma relação significativa entre a espessura da substância cinzenta nas regiões frontais e parietais com a exposição à impressão, capacidade de memória de trabalho, consciência fonológica, compreensão e capacidade de decodificação (Jednoróg et al., 2015; Johns et al., 2018). Algumas habilidades de alfabetização também estão associadas à pars opercularis no giro frontal inferior esquerdo. A espessura e o volume da substância cinzenta nesta área correlacionam-se positivamente com a consciência fonológica das crianças, e essas áreas tendem a ser menos desenvolvidas em crianças de níveis socioeconômicos mais baixos. Evidências indicam que adultos com habilidades de alfabetização deficientes têm menos volume de substância cinzenta no giro supramarginal

esquerdo, no lobo parietal esquerdo e no giro frontal inferior esquerdo (pars opercularis) (Jednoróg et al., 2015; Johns et al., 2018).

O artigo sugere a implementação de políticas públicas alternativas que considerem os conhecimentos neurocientíficos para promover um ambiente de aprendizagem saudável e equitativo para crianças em situação de vulnerabilidade. Recomenda-se a integração de abordagens preventivas e personalizadas, a identificação precoce de fatores de risco e a formação de profissionais para lidar com os impactos das experiências adversas na literacia infantil. O estudo destaca a importância de integrar os conhecimentos da neurociência no campo da alfabetização, visando aprimorar as práticas educacionais e promover o desenvolvimento saudável das habilidades de leitura nas crianças. Essa abordagem baseada em evidências contribui para a implementação de políticas educacionais mais eficazes e inclusivas, garantindo que todas as crianças tenham acesso a uma educação de qualidade.

O estudo de revisão de Castro (Et al., 2023) corrobora com pesquisas anteriores ao expor a questão da pobreza como uma das mazelas que mais assolam a alfabetização no mundo. É o que mostra também a pesquisa de revisão de literatura de Gabriel (Et al., 2020) que explora diversos aspectos relacionados à leitura, incluindo a base neurocientífica da leitura, as habilidades básicas necessárias para a alfabetização, as implicações educacionais da ciência da leitura, entre outros temas. A metodologia utilizada para conduzir essa revisão de literatura envolveu a análise e síntese de pesquisas, teorias e descobertas relevantes na área da leitura e da educação. Dentre essas análises o artigo buscou investigar o impacto do contexto socioeconômico, incluindo a pobreza, no desenvolvimento da leitura, considerando como esses fatores podem afetar as habilidades de leitura das crianças e as políticas educacionais necessárias para promover a equidade.

O estudo destaca que a pobreza impacta significativamente o desenvolvimento da leitura das crianças. Ele aponta que estudantes de contextos socioeconômicos desfavorecidos têm, em média, pontuações mais baixas em testes de leitura, sugerindo uma influência negativa do contexto socioeconômico no desempenho acadêmico. A relação entre status socioeconômico (SES) e desempenho na leitura é complexa, pois é difícil isolar os efeitos do SES de outros fatores correlacionados. Além da leitura, a pobreza também está associada a problemas educacionais como menor desempenho escolar, altas taxas de evasão, escolas com menos recursos e professores menos experientes. O estudo enfatiza a necessidade de abordagens integradas que considerem tanto as habilidades de leitura quanto o contexto socioeconômico dos alunos, visando promover uma educação mais equitativa e eficaz. Em resumo, a pobreza e o contexto socioeconômico são fatores críticos que impactam o desenvolvimento da leitura, e

devem ser considerados na formulação de políticas e práticas educacionais para garantir igualdade de oportunidades de aprendizagem.

A aquisição da linguagem também é um fator preponderante na alfabetização e que está submetido às influências sociais. O estudo de revisão de Kuhl (2011) mostra que as evidências que ligam o status socioeconômico (SES) à função cerebral relacionada à linguagem sugerem que o SES é um importante indicador das oportunidades de aprendizagem. Os resultados sugerem que o desenvolvimento da linguagem e alfabetização é influenciado por fatores neurobiológicos, ambientais e socioeconômicos. Foram discutidas as implicações educacionais e teóricas dos achados para informar práticas pedagógicas e políticas educacionais. O estudo destaca que a aprendizagem da linguagem é um processo altamente social. Isso implica que as práticas de alfabetização devem incluir interações sociais ricas, onde as crianças possam se envolver em conversas significativas e receber feedback. A simples exposição a máquinas ou mídias, como a televisão, não é suficiente para promover a alfabetização eficaz. A pesquisa indica, portanto, que a plasticidade cerebral em crianças é influenciada pela exposição a diferentes idiomas e pela complexidade do input linguístico. As políticas de alfabetização devem, portanto, considerar a diversidade linguística das crianças e promover ambientes de aprendizagem que respeitem e integrem essa diversidade.

Como aponta Capovilla (2020) as políticas de alfabetização devem considerar a necessidade de um plano de alfabetização no Brasil que leve em conta as diversas realidades linguísticas e biológicas dos alunos, pois o Brasil é um país com grande diversidade linguística, incluindo variações regionais e a presença de múltiplas línguas indígenas e de sinais (como a Língua Brasileira de Sinais - Libras), o que a mera exposição a textos não seria suficiente para atender a tamanha demanda linguística e cultural, isto põe em xeque, como apontado nos estudos, a ineficácia dos métodos globais de alfabetização. Se considerarmos o fator socioeconômico das crianças, o estudo de Capovilla & Capovilla (2000) aponta que as crianças de famílias com baixo nível socioeconômico (NSE) geralmente encontram mais dificuldades ao utilizar o método global de alfabetização, em comparação com aquelas de NSE mais alto. Isso ocorre porque as crianças de NSE baixo, muitas vezes, não contam com um ambiente familiar que incentive a prática de leitura e escrita. Em outras palavras, essas crianças não possuem uma fonte de apoio adicional (como a família) que possa compensar as falhas educacionais, ou seja, que ofereça instruções básicas sobre a correspondência entre letras e sons.

Portanto, para crianças de NSE baixo, o método global tende a acentuar as diferenças entre os alunos. Aquelas que já apresentam dificuldades iniciais na alfabetização tendem a ficar ainda mais para trás durante o primeiro ano escolar. Como a aprendizagem formal na escola

geralmente não é suficiente para ajudar essas crianças a superarem o atraso, é esperado que uma intervenção focada no treino das dificuldades fonológicas possa trazer benefícios significativos, pois isso poderia promover o desenvolvimento de conceitos e habilidades fundamentais para a alfabetização. Além disso, os ganhos obtidos pelo treinamento de crianças de NSE baixo podem ser ainda mais expressivos do que os de crianças de NSE médio, uma vez que estas últimas têm acesso a outros recursos, como o apoio da família ou de professores particulares, para superar suas dificuldades.

Maluf (2022) discute que aprender a ler se torna uma prioridade urgente no contexto atual, especialmente em ambientes de carência econômica. A distinção entre pobreza e riqueza regula as relações entre milhões de pessoas, conferindo vantagens jurídicas, políticas e sociais a alguns indivíduos em detrimento de outros. A evidência sugere que aqueles que se beneficiam dessas vantagens raramente são analfabetos. Globalmente, dados destacam uma conexão significativa entre pobreza, exclusão social e falta de alfabetização. Essas categorias têm suas raízes na disponibilidade de recursos educacionais e oportunidades de desenvolvimento, uma vez que a maioria das habilidades cognitivas, incluindo a capacidade de ler e escrever, requer aprendizado e prática. A presença ou ausência de oportunidades para adquirir e aprimorar essas habilidades faz uma diferença crucial.

Dessa forma, a importância de se considerar práticas que ajudem a mitigar esses estressores e impactos da pobreza na carreira acadêmica desses alunos, haja vista que a escola, muitas vezes, é o único lugar ou referência que milhares/milhões de crianças possuem para adquirir a aprendizagem da leitura e da escrita. É geralmente aceito que a falta de habilidades de leitura está estreitamente ligada à pobreza, o que implica que as pessoas mais afetadas são aquelas que pertencem aos estratos socioeconômicos mais baixos. Portanto, são essas pessoas que mais necessitam de escolas públicas de alta qualidade que proporcionem amplas oportunidades de aprendizado, começando pela aquisição de habilidades de leitura e escrita fluentes, precisas e compreensivas. Muitas crianças não têm acesso a essa oportunidade devido à frequente inadequação das escolas em relação às suas características e necessidades. Nesse contexto, as crianças de nível socioeconômico mais baixo são as que mais serão prejudicadas sem possuir o acesso necessário e de qualidade do ensino da leitura.

Portanto, as implicações da neurociência para a implementação de políticas de alfabetização estão na importância de serem bem informadas e baseadas nas evidências científicas, considerando os estressores ambientais e biológicos, contextos diversificados, variações linguísticas, pobreza e muitos outros fatores que podem impactar o desenvolvimento cerebral no processo aprendizagem na alfabetização, o que sugere implicações para a formação

de professores com foco em atualizações sobre novas descobertas neurocientíficas e práticas de alfabetização.

5.2 Neurociência e suas implicações para a formação de professores

A pesquisa de Lopes (2015) buscou investigar o impacto do Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa nas práticas de ensino inicial da leitura nas escolas municipais e estaduais no município de Santa Cruz do Sul/RS, sendo que a pesquisa experimental teve como objetivo principal coletar dados para confrontar com as hipóteses levantadas e os conteúdos trabalhados pela formação ofertada aos professores dentro do Pacto. Foram elaboradas e aplicadas perguntas a partir de estudos referentes à área da leitura e da escrita, que marcam a prática pedagógica de sala de aula, a fim de dar voz aos professores e coordenadores escolares. A coleta de dados foi feita por meio de entrevistas com professores alfabetizadores da rede pública municipal e estadual, e seus coordenadores, no município de Santa Cruz do Sul/RS.

Os resultados mostraram que o Pacto melhorou a qualificação dos professores alfabetizadores em relação à compreensão das habilidades de leitura e escrita, focando na prática do letramento e nos usos sociais da língua escrita. No entanto, a falta de conhecimentos específicos sobre análise fonêmica e decodificação fonológica indica que a formação foi apenas parcialmente eficaz. Além disso, a carência de discussão sobre métodos de ensino e os benefícios da neurociência para a alfabetização foi evidente, já que muitos professores tinham apenas conhecimentos superficiais sobre o tema. Assim, a pesquisadora enfatiza ser essencial que o governo brasileiro continue investindo na formação contínua dos professores, como ocorre com o Pacto, mas com maior ênfase nos avanços da neurociência no aprendizado da leitura para melhorar efetivamente o processo de ensino e aprendizagem.

O estudo de Lopes (2015) corrobora com o estudo de revisão teórica e crítica que combina perspectivas da Linguística, Psicologia e Educação para analisar o processo de aprendizagem da leitura e o processamento da leitura no leitor proficiente de Gabriel (Et al., 2016) que busca contribuir para políticas públicas voltadas à alfabetização, em particular o PNAIC³⁰, fornecendo embasamento teórico e prático para aprimorar a formação de professores, as estratégias de intervenção pedagógica e as práticas de leitura propostas aos educadores.

³⁰ Em 2013, foi instituído o Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa (PNAIC), com o objetivo de formalizar um compromisso nacional entre todos os envolvidos, visando assegurar a alfabetização nos primeiros anos escolares. Para apoiar essa iniciativa, foi criada a Avaliação Nacional de Alfabetização (ANA), uma avaliação censitária destinada a diagnosticar os níveis de alfabetização de todas as crianças ao final do ciclo de alfabetização, ou seja, ao término do 3º ano do ensino fundamental (Sargiani, 2022).

No entanto, o artigo ressalta que a formação dos professores alfabetizadores e seus orientadores de estudo do PNAIC carece de informações essenciais sobre como se aprende a ler, a relação entre consciência fonológica e alfabetização, os princípios do sistema alfabético do português brasileiro, a identificação e o auxílio precoce de crianças em risco de dificuldades na aprendizagem da leitura, e as bases neurais que sustentam a habilidade de ler. Portanto, a pesquisa destaca a necessidade de qualificar a atuação docente por meio de uma formação que contemple esses aspectos fundamentais para o ensino eficaz da leitura. A formação de professores é crucial para a implementação de práticas pedagógicas embasadas em evidências científicas, visando melhorar a alfabetização dos alunos e promover o desenvolvimento pleno de suas habilidades de leitura.

Ao considerar as bases neurais que sustentam a habilidade de ler, algumas implicações da pesquisa para a alfabetização incluem: a importância de uma formação continuada embasada em conhecimentos científicos sobre o processo de alfabetização, visando qualificar a atuação docente e promover estratégias eficazes de ensino da leitura; a relação entre consciência fonológica e alfabetização, a pesquisa ressalta a importância de desenvolver essa habilidade nos alunos como parte fundamental do processo de aprendizagem da leitura. Destacando os princípios que norteiam o sistema alfabético do português brasileiro, a pesquisa aponta para a necessidade de orientações claras e precisas para o ensino da leitura e escrita, contribuindo para uma alfabetização mais eficaz. Além disso, enfatiza a importância de identificar precocemente crianças em risco de apresentarem dificuldades na aprendizagem da leitura, permitindo intervenções adequadas e personalizadas para auxiliar esses alunos.

Em uma realidade paralela, o artigo de Pinto e Rodrigues (2022) já citado neste estudo, se tratando de políticas de alfabetização no Brasil, apresenta a criação da PNA (Plano Nacional de Alfabetização) de 2019 que propôs resgatar as bases científicas da aprendizagem da leitura e escrita e sugere uma abordagem de alfabetização voltada para o método fônico. Nos foge neste trabalho analisar cada um dos documentos e políticas citados especificamente, também não temos condições de extrair os impactos da PNA (2019) no país devido a sua recente implantação. O que nos permite inferir aqui é que podemos perceber dois extremos: de um lado o PNAIC se abstendo totalmente de sugerir um método prevalecendo, portanto, a abordagem construtivista do ensino na alfabetização, por outro lado a PNA (2019) propõe um único método na alfabetização, entendido como instrução fônica, isso sugere um desequilíbrio nas propostas de alfabetização do país, uma vez que priorizar uma ou outra abordagem pode levar a uma confusão pedagógica e consequências nocivas à aprendizagem da leitura e escrita a longo prazo, comprometendo a alfabetização do presente e do futuro.

Neste sentido, apesar da PNA (2019) se colocar num discurso embasado pela ciência cognitiva, Scliar-Cabral (2020c) aponta que o maior perigo da nova Política Nacional de Alfabetização é que, os educadores acabem rejeitando os métodos fônicos, que são indispensáveis quando bem embasados, embora sozinhos não assegurem uma alfabetização de excelência. Dessa forma, cabe o que as pesquisas mais recentes indicam que o equilíbrio é fundamental; no início, é essencial ensinar o código de forma clara e estruturada, mas também é importante não desconsiderar o valor de utilizar textos significativos e promover um trabalho mais abrangente voltado para o desenvolvimento da linguagem (Castle et al., 2018 citado por Sargiani, 2022).

Morais (2013) aponta que a capacidade de leitura começa a se desenvolver e a se consolidar após a criança ingressar no ensino formal, o que ocorre, no Brasil, geralmente a partir dos seis anos de idade, ou seja, a maioria das crianças já está em condições de serem alfabetizadas aos seis anos. No entanto, essa ideia de “idade certa” como foi proposto pelo PNAIC (2013), não existe fundamento no ponto de vista científico porque as mesmas habilidades que uma criança de 5 anos deverá aprender para ser um leitor fluente são as mesmas que um adulto necessita, a idade não determina o resultado final, além disso, essa decisão dependerá de diversos fatores, como a complexidade do sistema de escrita de cada idioma, as diretrizes curriculares e os documentos normativos de cada país, neste sentido, esta fixação de idade certa surge de critérios políticos e não neurológicos (Morais, 2013).

No caso do Brasil, a alfabetização formal deve começar no 1º ano do ensino fundamental, conforme recomendado pela Política Nacional de Alfabetização (PNA) e pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), contudo, é importante reconhecer que esse processo tem suas raízes muito antes dessa etapa (Sargiani, 2022). Dessa forma, não vamos “esperar para ver”, ainda mais se tratando de uma língua de sistema alfabético semitransparente como é caso do português brasileiro, as crianças deveriam levar de seis meses a um ano para estarem alfabetizadas, segundo aponta Dehaene (2012), como o próprio afirma: “O cérebro da criança pequena, quando chega à escola, já está preparado para o reconhecimento das letras e das palavras” (p. 165).

Pesquisas de revisão bibliográfica como de Soares (2022) revelou que, embora as descobertas da neurociência sejam valiosas, elas não são aplicadas de forma direta nas escolas devido às limitações contextuais. A pesquisa destacou a importância de os professores compreenderem o funcionamento do cérebro e o impacto das emoções na retenção de informações, reconhecendo que a aprendizagem envolve processos complexos como atenção, memória, percepção e emoção. Além disso, sugeriu que a formação continuada deve incluir

conhecimentos neurocientíficos para que os docentes desenvolvam estratégias didáticas eficazes.

A pesquisa também enfatizou a atualização dos currículos dos cursos de pedagogia para incorporar abordagens neurocientíficas, elevando o nível científico da educação e preparando professores para os desafios do ensino contemporâneo. Concluiu que a neurociência e a neuroeducação juntas contribuem para uma melhor compreensão da cognição e das emoções, aprimorando métodos de ensino. Estudos semelhantes, como os de Davim (2020), Lima (2021) e Vargas (Et al., 2023) reforçaram a importância de incluir conhecimentos neurocientíficos na formação inicial e contínua de professores, argumentando que a compreensão dos mecanismos neurobiológicos da aprendizagem permite que os professores adaptem suas práticas pedagógicas às necessidades dos alunos, considerando aspectos como memória, emoção e desenvolvimento cognitivo.

Dessa forma, as implicações para a formação de professores trazidas nos estudos analisados puderam vislumbrar a importância de as políticas de alfabetização serem informadas no que tem de mais atual no campo científico e, portanto, promover uma formação inicial e continuada de professores capacitados para identificar e remediar as dificuldades que surgem na alfabetização do século XXI. Sargiani (2022) aponta que o papel do professor é crucial na alfabetização e, portanto, fator determinante de influência do resultado na alfabetização, neste sentido, conhecer o que dizem as pesquisas e seu potencial para melhorar o ensino na alfabetização no Brasil se faz crucial e urgente. Dessa forma, o professor alfabetizador deve entender como ocorre o processo de aprendizagem da leitura e da escrita, a importância da consciência fonológica e a eficácia de métodos que focam na aprendizagem das correspondências entre grafemas e fonemas para que a leitura de palavras escritas e a compreensão de seus significados possam acontecer (MORAIS, 1996). Neste sentido, uma formação bem embasada nos conhecimentos da neurociência para a aprendizagem da leitura poderá repercutir em implicações para as práticas de alfabetização dos professores, que serão discutidas no próximo capítulo.

6 NEUROCIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA AS PRÁTICAS DE ALFABETIZAÇÃO

Este capítulo propõe discutir 10 estudos que se dedicam especificamente a contribuir para práticas de alfabetização pautadas em neurociência que incluem metodologias, métodos, estratégias e outras intervenções que foram indicadas em alguns estudos desta amostra, a partir

de experiências micros (desde o nível de sala aula) e macros (programas e métodos aplicados a nível municipal) dentro e fora do Brasil que geraram mudanças no contexto educacional de cada realidade. Além disso, os estudos nos permitiram também encontrar práticas voltadas para a alfabetização de crianças na educação infantil, os quais trazem contribuições da neurociência aliados à habilidades essenciais para a aprendizagem da leitura e escrita nas escolas de educação infantil.

A nível municipal, a pesquisa-ação de Nascimento (2021) teve como objetivo principal analisar a eficácia desse sistema no processo de ensino-aprendizagem da escrita, especialmente em alunos do 3º ano do Ensino Fundamental da Rede Pública Municipal na cidade de Lagarto/SE. Além disso, visava identificar como as práticas propostas pelo Sistema SCLiar poderiam contribuir para o desenvolvimento das habilidades de escrita dos alunos. A amostra populacional está centrada nesses alunos, que são o foco da intervenção pedagógica proposta pelo estudo. Devido à pandemia, a amostra populacional foi reduzida a 5 (cinco) alunos. Os sujeitos participantes da pesquisa foram solicitados a produzir gêneros textuais específicos, porém, devido a limitações, nem todas as etapas de planejamento, escrita, revisão e reescrita puderam ser integralmente cumpridas. Essa produção textual dos alunos foi parte integrante da coleta de dados para análise.

A pesquisadora recolhia as produções semanalmente, mas devido à situação, não pôde fornecer feedback aos alunos. Ela apenas leu e analisou os textos conforme o roteiro de monitoria e revisão textual de Scliar-Cabral (2020b), identificando os desvios de escrita. O Sistema Scliar de Alfabetização (SSA) contribuiu significativamente para o desenvolvimento das habilidades de leitura e escrita dos alunos do ciclo de alfabetização em Lagarto, SE, no período de 2017-2019. Essa contribuição foi confirmada pelos resultados da Avaliação do Programa Mais Alfabetização e da Avaliação de Fluência do CAED 2019.

Na análise das produções escritas de convites pelos alunos do 3º ano, constatou-se poucos casos de incoerência (principalmente em parágrafos e pontuação) e inadequação. Não foram detectados casos de hipossegmentação, uma falha comum em 2016, e houve apenas um caso de apagamento do "r" do infinitivo. Os desvios na acentuação gráfica foram mínimos, exceto na sinalização de crase. As principais dificuldades observadas foram na paragrafação, pontuação, e na troca de letras cursivas, devido à falta de automatização dos gestos motores. Também houve alguns erros na conversão de fonemas em grafemas, especialmente nas vogais nasais em sílabas internas, e dificuldades no uso de letras maiúsculas. Esses resultados positivos confirmam a eficácia do SSA na alfabetização escrita em Lagarto, SE. Segundo a pesquisadora, a avaliação dos textos com uma única matriz, conforme recomendado pela professora Scliar-

Cabral, permite um diagnóstico preciso das limitações dos alunos, facilitando intervenções mais eficazes por parte dos docentes.

A relação da experiência de Lagarto/SE com o Sistema SCLiar de Alfabetização e a neurociência está relacionada à integração de práticas pedagógicas baseadas em conhecimentos metalinguísticos, estratégias de monitoria e revisão textual, e ações que promovem a melhoria das habilidades de escrita dos alunos, alinhadas com princípios da neurociência educacional. A partir de sua implementação em 2017, a Secretaria Municipal de Educação de Lagarto/SE adotou o Sistema SCLiar de Alfabetização (SSA) em três turmas de 1º ano, totalizando 70 alunos de duas escolas localizadas na periferia do município. Esse sistema foi introduzido como parte do projeto "Alfabetização com Excelência em Lagarto/SE", coordenado pela professora Leonor Scliar Cabral e apresentado ao município pelo professor José Humberto dos Santos Santana.

O Sistema SCLiar de Alfabetização enfatiza a importância da releitura e reescrita do texto como estratégia de monitoria e revisão consciente. Propõe a realização de cerca de seis releituras ou passos, com correções sugeridas pelo professor na margem esquerda do texto. Essa prática é considerada fundamental para a melhoria das competências de escrita dos alunos. A aplicação dos conhecimentos metalinguísticos propostos pelo Sistema SCLiar visa provocar mudanças na forma de planejar, produzir, revisar e reescrever textos. Além disso, a releitura e reescrita do texto são abordadas como estratégias de monitoria e revisão consciente, contribuindo para o desenvolvimento das habilidades de escrita dos alunos.

O Sistema SCLiar destaca a relevância de proporcionar aos alunos diversificadas experiências de leitura, audição e discussão de textos escritos, bem como a prática de escrever e reescrever textos em sala de aula. Essas práticas são fundamentais para aprimorar a compreensão leitora e a produção textual dos alunos, alinhando-se com abordagens baseadas em neurociência que destacam a importância da prática repetida e da revisão na consolidação do aprendizado. Os resultados da adoção do Sistema Scliar de Alfabetização (SSA) foram notáveis.

No Programa Mais Alfabetização de 2018, 34,8% dos alunos da E. M. Raimunda Reis e 31,8% dos alunos da E. M. Manuel de Paula Menezes Lima atingiram o nível desejável 3 em leitura no 2º ano. Na Avaliação de Fluência do CAED 2019, a Escola Municipal Adelina Maria de Santana Souza, beneficiada pelo SSA, obteve o escore mais alto no nível 3, fluente, com 42,3%, destacando-se entre todas as escolas municipais de Lagarto no 2º ano. Isso parece evidenciar a eficácia do Sistema SCLiar no processo de ensino-aprendizagem dos alunos dos anos iniciais (Nascimento, 2021). Portanto, a proposta do Sistema Scliar de Alfabetização se

mostra promissora na promoção de práticas de escrita pautadas nos princípios neurocientíficos ao se considerar as possibilidades e limitações biopsicológicas do cérebro para a aprendizagem da leitura-escrita.

A pesquisa de Silva e Moreira (2021) utilizou um projeto de intervenção com materiais impressos, virtuais e jogos físicos, seguindo medidas de higiene para evitar a propagação da COVID-19. O objetivo foi refletir sobre os níveis de escrita e leitura dos alunos por meio de avaliações frequentes, considerando fatores cognitivos e ambientais negativos no contexto domiciliar. As atividades realizadas incluíram registros fotográficos e de vídeos, jogos online e concretos, e exercícios orais e impressos que estimulavam habilidades auditivas, raciocínio lógico, e consciência fonológica.

O estudo buscou abordar dificuldades de alfabetização em alunos do 3º ano do Ensino Fundamental da Escola Municipal Joana Maria da Conceição, em Araruna-PB, ao promover estímulos neurais apropriados para o desenvolvimento de habilidades essenciais para a alfabetização. A intervenção foi fundamentada em estudos de alfabetização e neuroeducação, visando mitigar os impactos do afastamento escolar e melhorar o processo de ensino e aprendizagem. O método de alfabetização adotado para a realização do projeto foi um conjunto de métodos sintéticos, com ênfase nas correspondências grafofônicas, articulados ao Método Fonoarticulatório e que propuseram atividades que impulsionaram o desenvolvimento da Consciência fonológica.

A pesquisa demonstrou avanços significativos no desenvolvimento cognitivo e na alfabetização dos alunos envolvidos no projeto em um curto período de aproximadamente 90 dias. Os alunos apresentaram progresso nas características silábicas alfabéticas, como consciência silábica e fluência de leitura. Foi também notado o envolvimento ativo dos pais no processo de aprendizagem, que expressaram gratidão pelos progressos alcançados pelos seus filhos. As autoras concluíram que, independentemente de o ensino continuar a ser remoto, métodos eficazes e uma compreensão consciente do processo de aprendizagem de cada criança podem levar a progressos significativos na alfabetização.

O estudo enfatiza ainda desafios enfrentados na aprendizagem à distância e a necessidade de abordagens pedagógicas inovadoras e eficazes para abordar as dificuldades cognitivas na alfabetização. As conclusões do estudo sugerem que uma combinação de práticas pedagógicas inovadoras, o envolvimento dos pais e uma compreensão consciente do processo de aprendizagem de cada criança pode levar a avanços significativos nas competências de alfabetização, mesmo num ambiente de ensino remoto. Contudo, apesar deste projeto relatar que foram trabalhadas atividades com foco na consciência fonológica, rimas e aliterações,

habilidades auditivas dentre outras, não expôs de maneira mais detalhada como essas habilidades e atividades foram trabalhadas, isso deixou uma lacuna em informar realmente quais foram as práticas inovadoras inspiradas na neurociência.

Flor (2017) investigou se no período entre 2008 a 2013, houve publicações de estudos empíricos no campo da neurociência educacional que efetivamente trouxeram contribuições relevantes para as práticas educativas. A pesquisa foi realizada na língua inglesa, como parte de uma dissertação de mestrado em Neurociência Aplicada à Educação e Estudos da Criança, apresentada à Universidade de Leiden, Holanda, no ano de 2014. Apenas um dos estudos trouxe contribuições diretas para as práticas em sala de aula, enquanto os demais forneceram contribuições indiretas, como uma visão estado-da-arte de práticas educativas conhecidas ou uma ampliação do entendimento dos mecanismos neurobiológicos subjacentes aos processos de ensino/aprendizagem.

Com relação a contribuições para a leitura, apenas o estudo 2 da pesquisa destacou a relevância da escrita à mão, uma prática sensório-motora antiga que atualmente compete com o uso de teclados eletrônicos nas escolas. Os resultados mostraram que a escrita manual ativa uma rede neuronal no cérebro ligada à leitura e escrita, incluindo o giro inferior frontal, córtex parietal posterior, giro fusiforme e córtex motor. Essa ativação não ocorre com outras atividades sensório-motoras, como digitar ou desenhar. Portanto, o estudo reforça a importância da escrita à mão para a percepção e categorização de letras no processo de alfabetização, algo que a digitação não substitui. Dessa forma, uma lacuna visível no estudo de Flor (2017) é que apenas um dos cinco estudos analisados trouxe contribuições diretas para as práticas em sala de aula, o que indica uma escassez de pesquisas que conectem diretamente os achados da neurociência educacional às práticas de alfabetização.

A pesquisa-ação de Medeiros e Bezerra (2015) visou avaliar a eficácia de sugestões estratégicas derivadas das neurociências e teorias educacionais em uma sala do primeiro ano do primeiro ciclo da educação básica do agreste do Estado de Pernambuco. A primeira fase da pesquisa foi a escolha da sala e a realização de uma entrevista semiestruturada com a professora regente da turma para compreender sua formação acadêmica, prática pedagógica e o perfil da turma. A entrevista semiestruturada com a professora regente da turma, "Alfa", revelou sua formação em Pedagogia e prática pedagógica seguindo o "método construtivista". Essa etapa consistiu ainda em uma observação de três dias alternados de aulas, totalizando 12 horas, para analisar o comportamento dos alunos e diagnosticar os níveis silábicos de acordo com a Psicogênese da Língua Escrita de Ferreiro e Teberosky. Nessa fase, os pesquisadores identificaram alunos dispersos, indisciplinados, desmotivados e pouco respeitados em suas

preferências de aprendizagem durante essa etapa.

Além disso, o estudo observa a prática da professora em relação ao roteiro exigido pelo Projeto Alfabetizar com Sucesso e destaca que, apesar de seguir parcialmente o roteiro, os alunos não foram atendidos em seus estilos de aprendizagem, necessidades de aquisição do conhecimento, tempo de enfoque e tempo de espera. A música de acolhida foi a mesma nos três dias de observação, sem variação. A professora contou uma história que não estava relacionada com a temática da semana, o que pode ter contribuído para o desvio de concentração dos alunos. A correção das tarefas de casa era centrada principalmente em observações de certo e errado, sem oportunidade para reflexão sobre os erros. Em alguns casos, a professora ditava ou escrevia a forma correta para os alunos, sem estimular a reflexão.

As estratégias baseadas em neurociência incluíram o estabelecimento de conexões com o conhecimento prévio dos alunos, contextualização do conteúdo, uso de estímulos adequados a diferentes estilos de aprendizagem, atividades de reflexão, manipulação de conceitos concretos e abstratos, incentivo à descoberta, desafios cognitivos, e estímulo à resolução de problemas e ao raciocínio lógico. A adaptação das atividades aos diferentes estilos de aprendizagem dos alunos, conforme sugerido pelas neurociências, resultou em um aprendizado mais eficaz e significativo. Os alunos demonstraram maior motivação e engajamento nas atividades propostas, o que contribuiu para um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e participativo. O artigo destaca a importância de considerar as contribuições da neurociência para aprimorar as práticas pedagógicas na alfabetização, atendendo às necessidades individuais dos alunos. Contudo, o trabalho não aborda uma avaliação de maneira detalhada dos efeitos da metodologia, o que seria interessante investigar se essas melhorias se mantêm a longo prazo.

O trabalho de pesquisa bibliográfica exploratória de Santos e Moretti (2015) buscou compreender como a neurociência pode contribuir para a melhoria do processo de alfabetização nas escolas, bem como identificar estratégias de ensino eficazes que possam ser utilizadas pelos professores para ajudar as crianças a aprenderem a ler e escrever. O artigo destacou que a compreensão dos processos neurais envolvidos na leitura pode ajudar os professores a identificarem e apoiar alunos com dificuldades de aprendizagem, como dislexia. Além disso, a neurociência pode informar a criação de ambientes de aprendizagem que promovam a plasticidade cerebral e o desenvolvimento de habilidades de leitura e escrita. A integração da neurociência na prática educacional pode proporcionar uma compreensão mais profunda dos processos de aprendizagem, permitindo que os educadores adotem abordagens mais eficazes e personalizadas para a alfabetização das crianças.

As autoras mencionam algumas estratégias de ensino que podem ser utilizadas pelos

professores na alfabetização: Leitura compartilhada de textos mais complexos, que as crianças ainda não conseguem ler sozinhas, mas que as fascina e encantam pela beleza e qualidade do texto escolhido; propor atividades que permitam as manifestações espontâneas dos alunos, por meio da fala, da dramatização do desenho, da própria escrita; trabalhar com produção de textos, formando escritores competentes, criativos e capazes de produzir textos coerentes, coesos e eficazes; leitura de diferentes textos: livros, revistas, parte de jornais, cartas, bilhetes, convites, propagandas, anúncios, músicas, poesias, parlendas, adivinhas, trava-línguas etc., leitura e narração de histórias pelo professor permite a macro vinculação do texto escrito com o discurso oral.

O artigo destaca a importância de adaptar as práticas de ensino para atender às necessidades individuais dos alunos, a utilização de estratégias de ensino que promovam a plasticidade cerebral e o desenvolvimento de habilidades de leitura e escrita, e a formação de alunos leitores e escritores competentes, a partir da aprendizagem do que o mundo letrado é capaz de oferecer quando se entra na familiaridade com o texto, com as palavras e assim, são constituídos diversos significados para a vida do professor e de seu aluno. No entanto, o estudo concluiu que não existe método único para alfabetizar todas as crianças, pois, cada uma delas possui suas peculiaridades e encontram-se por vezes em etapas de desenvolvimento diferenciado.

As estratégias de leitura trazidas no artigo contribuem de fato para uma alfabetização significativa e todas estas práticas sustentam a aprendizagem da leitura quando trazidas ao nível de leitura adequado para a criança, no entanto, quando usadas sem ensino intencional e explícito pode comprometer o bom andamento da aprendizagem da leitura e da escrita, neste sentido, utilizar estratégias de leitura na alfabetização não significa deixar o aprendizado a deriva, a espontaneidade não é a base que sustenta a aprendizagem, é preciso, portanto, de ensino sistematizado para tal tarefa. Além disso, buscar caminhos diferenciados não significa buscar qualquer caminho, qualquer método, qualquer estratégia, pois nem todos os caminhos levam à alfabetização completa.

Métodos de ensino que integram diversos componentes, como velocidade de nomeação, processamento visual, consciência fonológica, memória de trabalho, significado das palavras, dentre outros, tendem a ser mais eficazes para promover uma compreensão completa do sistema de escrita, como já apresentado neste trabalho. Em contrapartida, abordagens que tratam esses componentes de maneira isolada podem ser incompletas e menos eficientes para alcançar a alfabetização plena. Portanto, é essencial utilizar práticas de ensino que reforcem as associações recíprocas entre esses elementos para garantir uma alfabetização mais robusta e eficaz. Neste

sentido, o professor pode e deve usar os recursos disponíveis para o ensino da leitura e escrita, contudo, de forma adequada, como já afirmado nesta revisão, cada criança é única, mas no contexto da leitura, todas possuem um cérebro com características semelhantes, que impõe as mesmas limitações e segue a mesma sequência de aprendizagem (Dehaene, 2012) e esses componentes não ficaram claros no referido artigo, tampouco a visão da neurociência sobre o ensino na alfabetização e como essas estratégias devem ser conduzidas na alfabetização.

A pesquisa de Arantes (Et al., 2019) explora as contribuições da neurociência para a educação, focando na sequência didática como estratégia pedagógica para a alfabetização. Através de uma revisão bibliográfica, o estudo analisa como os princípios neurológicos da leitura e escrita, aliados à sequência didática, podem melhorar o processo de aprendizagem. A pesquisa destaca a importância de uma abordagem estruturada para o ensino de habilidades linguísticas, permitindo progressão gradual e integração de leitura, escrita, audição e fala, resultando em uma aprendizagem holística e eficaz. Além disso, enfatiza a contextualização dos conteúdos em situações reais, tornando a aprendizagem mais significativa e aplicável.

A pesquisa também considera a importância dos aspectos cognitivos e socioafetivos no processo de ensino, ressaltando a necessidade de os docentes entenderem como a aprendizagem ocorre no cérebro. Sugere-se que o conhecimento sobre a neurociência pode validar e aprimorar abordagens e estratégias instrucionais existentes, além de fomentar inovações pedagógicas. Conclui-se que é essencial que professores aprofundem seu conhecimento sobre neurociência, alfabetização e sequência didática, e tenham acesso a recursos que estimulem sua criatividade para desenvolver novas metodologias pedagógicas eficazes.

O trabalho com sequência didática como estratégia pedagógica para a alfabetização tem sido apontado pela neurociência como uma prática que contribui para a integração de conteúdos e conexões no cérebro por ser estruturada e gradual, então, ao organizar uma sequência didática em que conceitos são introduzidos progressivamente, o cérebro pode consolidar informações de forma mais eficiente. Além disso, a repetição moderada, dentro de contextos variados, facilita a neuroplasticidade – a capacidade do cérebro de modificar suas conexões para adquirir novos conhecimentos. Ademais, a sequência didática favorece o processamento fonológico, quando bem elaborada para atividades que reforçam a consciência fonológica de manipulação dos sons de forma sistemática e que permite que a memória de trabalho funcione de forma mais eficaz, evitando sobrecarga cognitiva. Contudo, a pesquisa não explora como as descobertas sobre neurociência podem ser aplicadas em diferentes contextos educacionais, como em escolas com realidades socioeconômicas diversas, neste sentido, a adaptação das práticas pedagógicas às especificidades de cada contexto é uma área que requer mais investigação empírica.

6.1 Implicações para as práticas de alfabetização na Educação Infantil

A educação infantil apresenta características peculiares no que diz respeito às práticas pedagógicas relacionadas ao ensino da leitura e escrita. Embora a "alfabetização" propriamente dita não seja o foco principal nessa etapa, a neurociência tem oferecido insights valiosos que permitem a implementação de estratégias que podem facilitar esse processo desde cedo. Pesquisas neurocientíficas indicam que o desenvolvimento de habilidades pré-alfabetização, como a consciência fonológica e o reconhecimento de padrões, pode ter um impacto positivo e duradouro no aprendizado da leitura e escrita nos anos subsequentes. Dessa forma, práticas pedagógicas baseadas em princípios neurocientíficos podem ser cruciais para preparar as crianças para o sucesso futuro na alfabetização.

O estudo de Sargiani e Maluf (2018) teve como objetivo de contribuir para a reflexão sobre as práticas de ensino relacionadas à linguagem oral e escrita na Educação Infantil, propiciando uma base referencial para que psicólogos educacionais, psicólogos escolares, psicopedagogos, professores e educadores possam se beneficiar do conhecimento mais atual sobre o desenvolvimento infantil e aprendizagem da linguagem escrita e apoiar sua atuação em evidências científicas recentes. Os autores analisaram e sintetizaram pesquisas anteriores, teorias e descobertas relevantes da psicologia cognitiva e das neurociências relacionadas ao desenvolvimento da linguagem e da alfabetização na Educação Infantil.

Os autores destacam a importância de uma abordagem baseada em evidências para o ensino de leitura e escrita na Educação Infantil e recomendam que as escolas incluam atividades que facilitem o desenvolvimento de habilidades fundamentais de alfabetização para prevenir dificuldades no processo de alfabetização. Algumas das contribuições da neurociência para a alfabetização mencionadas no artigo podem incluir: a neurociência tem demonstrado a capacidade do cérebro de se adaptar (plasticidade cerebral) e reorganizar em resposta à aprendizagem da leitura e da escrita, destacando a importância de intervenções precoces para promover a alfabetização.

Ademais, a compreensão dos processos cognitivos envolvidos na leitura, pois, através de técnicas de neuroimagem, os pesquisadores podem investigar como o cérebro processa a informação visual e fonológica durante a leitura, fornecendo insights valiosos para o desenvolvimento de estratégias de ensino eficazes. Estudos neurocientíficos podem ajudar a identificar padrões de atividade cerebral associados a dificuldades de leitura, permitindo intervenções personalizadas para crianças com necessidades específicas. Os autores

recomendam que as escolas de Educação Infantil incluam atividades que facilitem o desenvolvimento de habilidades fundamentais de alfabetização, como consciência fonológica e conhecimento alfabético, para prevenir dificuldades no processo de alfabetização. Eles também enfatizam a importância de uma abordagem baseada em evidências para o ensino de leitura e escrita na Educação Infantil. Além disso, a inclusão de atividades que facilitem o desenvolvimento de habilidades fundamentais de alfabetização na Educação Infantil para prevenir dificuldades no processo de alfabetização.

Algumas práticas recomendadas para promover o desenvolvimento da leitura na alfabetização incluem: incluir atividades que estimulem a consciência fonológica, que é a capacidade de identificar e manipular os sons da fala; promover o conhecimento alfabético, ensinando as relações entre letras e sons (instrução fônica); desenvolver conceitos sobre a escrita, como as convenções de escrita (por exemplo, ler da esquerda para a direita) e elementos básicos de um texto (capa de livro, autor, texto); estimular a prontidão para a leitura, que envolve uma combinação de habilidades como conhecimento alfabético, conceitos de escrita, vocabulário, memória e consciência fonológica; incluir atividades que promovam a linguagem oral, como a capacidade de produzir e compreender linguagem falada, incluindo vocabulário e gramática; desenvolver o processamento visual, que envolve a capacidade de combinar ou discriminar símbolos visualmente apresentados.

O trabalho de Sargiani e Maluf (2018) contribui significativamente para as práticas pedagógicas na alfabetização, principalmente, se tratando de educação infantil na qual exige uma abordagem mais diferenciada no ensino da leitura e da escrita por se tratar de crianças pequenas e que ainda estão numa fase inicial de desenvolvendo cognitivo, mas que por isso, são plenamente capazes de serem preparadas para adquirir habilidades que beneficiarão nas séries seguintes. Por isso, é importante colocar que antes que o processo formal de alfabetização se inicie, é essencial que uma série de habilidades seja desenvolvida para garantir o sucesso na aprendizagem da leitura e da escrita. Esse conjunto de conhecimentos, que inclui as habilidades e atitudes relacionadas à leitura e à escrita desenvolvidas antes da alfabetização, é conhecido como literacia emergente ou habilidades fundamentais para a alfabetização. Estudos longitudinais têm consistentemente mostrado que crianças que desenvolvem mais habilidades de literacia emergente durante a educação infantil tendem a ter mais facilidade na alfabetização e a obter melhor desempenho em leitura e escrita nas séries posteriores (Sargiani, 2022).

As escolas de educação infantil desempenham um papel crucial na preparação das crianças para a alfabetização. Embora a ciência reforce a importância de um ensino planejado, explícito e estruturado desde a educação infantil, no Brasil, esse nível de ensino ainda é, em

muitos casos, mais voltado para o assistencialismo do que para a educação propriamente dita. Para enfrentar esse desafio, Sargiani (2022) aponta para a necessidade de investir em programas e ações que melhorem os currículos de educação infantil e a formação de professores, visando proporcionar experiências linguísticas mais ricas e aumentar as chances de sucesso na alfabetização de todas as crianças. Uma quantidade significativa de pesquisas destaca a forte correlação entre o desenvolvimento de habilidades de literacia emergente, a instrução adequada e o progresso nas habilidades fundamentais para a alfabetização.

Neste mesmo sentido, a revisão de Frey e Fisher (2010) discute a interseção entre neurociência e educação, com um foco particular nas implicações das descobertas científicas para o ensino da leitura em crianças pequenas. Os resultados enfatizam a importância da neuroplasticidade, a capacidade do cérebro de mudar fisicamente, e como as ações dos educadores podem alterar permanentemente o cérebro do aprender envolvendo a leitura de passagens mais longas. Isso sugere que a instrução adequada pode ter um impacto significativo no desenvolvimento das habilidades de leitura, reforçando a ideia de que cada cérebro deve ser ensinado a ler. Essa compreensão pode motivar educadores a implementar métodos de ensino que considerem como o cérebro aprende e se adapta. Neste sentido, a pesquisa aponta práticas para os educadores da primeira infância da alfabetização como a repetição e a prática, que são fundamentais para a automação das habilidades de leitura. A prática deliberada pode ajudar a solidificar as conexões neurais necessárias para a fluência na leitura, o que é crucial para a compreensão do texto.

Ademais, Landim e Flôres (2018) através de um ensaio teórico propõe-se apontar algumas estratégias que pais e professores de pré-escola podem utilizar a fim de favorecer a aprendizagem inicial da leitura, prestando-se tais estratégias a servir de andaimes para o desempenho proficiente em leitura e escrita posterior. Para tanto se faz uma revisão da literatura pertinente ao tema, sobretudo, em neurociências e a ela se reúne a experiência docente da pesquisadora proponente do tema focalizado. Algumas estratégias que pais e professores de pré-escola podem utilizar para favorecer a aprendizagem inicial da leitura, tais como: proporcionar um ambiente letrado e rico em experiências com livros, contação de histórias, brincadeiras com a língua, entre outras atividades que estimulem a criança a se interessar pela leitura; desenvolver a consciência fonológica dos alunos através de atividades que envolvam a identificação de diferentes sons e sua origem, como jogos de escuta e identificação de sons, brincadeiras de rimas, entre outras; ensinar os pré-requisitos da leitura, como a consciência fonêmica e o princípio alfabético, de forma planejada e eficiente; realizar a leitura partilhada, que consiste em ler para as crianças e com elas, utilizando pequenos livros que elas já possam

ler com o professor; organizar um roteiro de atividades e planejar as primeiras semanas de aula nos fundamentos e pré-requisitos da leitura, para que o professor possa estar consciente de que sua atitude dependerá do sucesso ulterior em leitura do aluno.

No estudo de Gutiérrez-Fresneda e Pozo-Rico (2022) com delineamento quase experimental buscou analisar se a estimulação da linguagem oral, da consciência fonológica, da velocidade de denominação e do conhecimento alfabético, aliada às práticas inovadoras baseadas na neurociência, teria um impacto positivo no aprendizado inicial da leitura em crianças em idade escolar. Além disso, o estudo também investigou o efeito dessas abordagens no desenvolvimento da compreensão leitora e em diferentes níveis de habilidades de leitura. A amostra foi composta por 428 estudantes com idades entre 5 e 6 anos ($M = 5,43$; $DP = 0,27$), sendo 49,3% meninos e 50,7% meninas. Esses alunos pertenciam a quatro escolas públicas e subsidiadas da província de Alicante (Espanha), das quais duas escolas foram alocadas no grupo experimental (212 alunos) e as outras duas no grupo controle (216 alunos). Ao comparar o desempenho dos dois grupos, o estudo buscou fornecer insights sobre a eficácia de estratégias educacionais que incorporam as contribuições da neurociência para facilitar a alfabetização inicial.

A pesquisa visou contribuir para a melhoria dos processos envolvidos no aprendizado da leitura, possibilitando o desenvolvimento de novos modelos educativos que atendam às necessidades dos alunos e promovam um acesso mais eficaz ao processo de alfabetização desde as primeiras idades. Os resultados do grupo experimental apresentaram uma melhoria significativa na habilidade de refletir, manipular e tomar consciência das unidades da linguagem oral em comparação com seus colegas do grupo controle. Isso facilitou o processo de soletração precoce e o reconhecimento de correspondências grafema-fonema, contribuindo para o reconhecimento de palavras. A estimulação multissensorial e as atividades lúdicas implementadas foram apontadas como fatores que explicam esse progresso. Os alunos do grupo experimental, que receberam a intervenção com as contribuições da neurociência, demonstraram um domínio superior em conhecimento alfabético, consciência fonológica e velocidade de denominação em comparação com o grupo de controle.

De maneira geral, ao analisar os estudos desta revisão, observamos que as contribuições da neurociência para as práticas de alfabetização não trazem inovações radicais. Muitas das práticas mencionadas já são amplamente reconhecidas por professores e especialistas em educação, sobretudo nas fases iniciais da alfabetização na educação infantil. No entanto, a principal contribuição da neurociência é a validação dessas práticas sob a perspectiva neurológica, oferecendo uma base científica que ratifica a eficácia de abordagens já conhecidas

no campo educacional. O que nos resta saber é se essas práticas estão realmente sendo aplicadas na alfabetização e, mais importante, de que forma estão sendo implementadas.

7 CONCLUSÕES INTEGRATIVAS: CONTRIBUIÇÕES DA NEUROCIÊNCIA E NOVOS HORIZONTES PARA A ALFABETIZAÇÃO

O presente estudo buscou levantar pesquisas sobre as contribuições da neurociência para a alfabetização nos últimos 23 anos, suas metodologias utilizadas, lacunas nas pesquisas existentes e tendências emergentes no campo. Ao longo da revisão integrativa, foi possível identificar como os avanços nas neurociências têm contribuído diretamente a compreensão dos processos cognitivos envolvidos na aquisição da leitura e escrita, além de promoverem novos entendimentos para as práticas pedagógicas na alfabetização.

Os estudos revisados demonstram que as contribuições da neurociência para a alfabetização têm sido significativas, especialmente no que diz respeito à identificação de áreas cerebrais específicas envolvidas no processo de leitura, como o córtex pré-frontal, o córtex temporal, a área occipitotemporal ventral esquerda (área visual da leitura). Essas descobertas possibilitam um maior entendimento sobre como o cérebro processa a linguagem escrita e oral, oferecendo subsídios para o desenvolvimento de abordagens pedagógicas mais eficazes e personalizadas.

As evidências destacam a importância de considerar a plasticidade cerebral e as alterações na sensibilidade cortical ao planejar intervenções educacionais para crianças em idade escolar, especialmente aquelas com dificuldades de leitura. A capacidade de reciclagem neuronal é apontada como um aspecto fundamental, sugerindo que o cérebro pode ser moldado por práticas pedagógicas adequadas, favorecendo o desenvolvimento da leitura e escrita, além de provocar mudanças na arquitetura neuronal. Os estudos revisados também ampliam a compreensão sobre os processos envolvidos na decodificação e compreensão da leitura, identificando a ativação de redes neurais específicas, como áreas corticais ligadas ao processamento semântico e sintático. Regiões como o córtex pré-frontal, o córtex temporal e o giro angular desempenham um papel essencial na integração de informações e na atribuição de significado às palavras.

A leitura envolve uma interação complexa entre o processamento visual das palavras e o processamento linguístico necessário para dar sentido ao texto. Esse processo vai além do simples reconhecimento visual, envolvendo a interação entre o processamento linguístico e a integração de informações auditivas e visuais. Isso ressalta a importância de desenvolver

habilidades como a consciência fonológica e morfológica. Para executar tarefas e regular o comportamento, os indivíduos precisam direcionar conscientemente seus pensamentos e ações para metas específicas, o que envolve funções executivas, memória de trabalho, emoções e o ambiente, influenciando todo o processo de aprendizagem e, conseqüentemente, o resultado final: a alfabetização plena. Nesse sentido, os estudos em neurociência destacam a relevância de métodos de alfabetização baseados no ensino explícito e sistemático das relações entre grafemas e fonemas, como o método fônico, que segue o caminho neurológico da alfabetização. A instrução formal do princípio alfabético é crucial para o desenvolvimento da consciência fonológica, essencial para uma leitura fluida e automatizada.

Além disso, os estudos reforçam a necessidade de políticas públicas que levem em conta os conhecimentos neurocientíficos para criar ambientes de aprendizagem mais inclusivos e equitativos, abordando questões como pobreza, violência e estressores ambientais que afetam o processo de alfabetização, especialmente entre crianças em situação de vulnerabilidade. Também foi enfatizada a necessidade de uma formação inicial e continuada dos professores, com ênfase no conhecimento neurocientífico, a fim de aprimorar suas práticas pedagógicas. A integração desses conhecimentos pode qualificar a atuação docente, promovendo estratégias mais eficazes no ensino da leitura e escrita. Nesse contexto, a atualização dos currículos dos cursos de pedagogia, com a inclusão de abordagens neurocientíficas, é fundamental para enfrentar os desafios do ensino contemporâneo.

Concluimos que, embora a neurociência não introduza práticas pedagógicas completamente novas, ela valida e oferece uma base científica para muitas das estratégias e metodologias trabalhadas. A principal contribuição da neurociência é fornecer evidências que ratificam a eficácia de práticas já conhecidas, incentivando a aplicação consistente dessas práticas no processo de alfabetização. Em destaque apontamos o método SSA (Sistema Scliar de Alfabetização) que se mostrou promissor na experiência de Lagarto/SE com práticas pedagógicas baseadas em conhecimentos metalinguísticos, estratégias de monitoria e revisão textual, e ações que promovem a melhoria das habilidades de escrita dos alunos, alinhadas com princípios da neurociência e a psicolinguística, no entanto, ainda há a necessidade uma experiência de maior escala do método, em contexto diversos, para beneficiar um maior número de crianças e generalizar os resultados.

As pesquisas também sugerem práticas eficazes para educadores da primeira infância, como a repetição e prática, fundamentais para a automação das habilidades de leitura; atividades que estimulem a consciência fonológica; promoção do conhecimento alfabético, ensinando as relações entre letras e sons (instrução fônica); desenvolvimento de conceitos sobre escrita,

como as convenções de leitura (por exemplo, ler da esquerda para a direita); e a prontidão para a leitura, que envolve uma combinação de habilidades como conhecimento alfabético, conceitos de escrita, vocabulário, memória e consciência fonológica. Além disso, recomenda-se incluir atividades que promovam a linguagem oral, como a capacidade de produzir e compreender a linguagem falada, envolvendo vocabulário e gramática, e o desenvolvimento do processamento visual, essencial para discriminar e combinar símbolos visualmente apresentados. Para isso, são indicadas práticas pedagógicas multissensoriais e lúdicas, como jogos de alfabetização, música, rimas, aliterações e brincadeiras.

As contribuições da neurociência para a alfabetização são inegáveis e trazem um impacto significativo tanto para a compreensão dos processos cognitivos envolvidos quanto para o desenvolvimento de práticas pedagógicas inovadoras. Entretanto, ainda há a necessidade de expandir o campo de pesquisa, com estudos que explorem a aplicabilidade dessas descobertas em contextos educacionais mais amplos e diversos, o que tem se mostrado um campo mais emergente atualmente. Neste sentido, o estudo revelou algumas lacunas significativas que puderam vislumbrar outras investigações no campo da neurociência e alfabetização, como a escassez de estudos longitudinais e empíricos que explorem o impacto dessas descobertas nas práticas pedagógicas em longo prazo em contextos e amostras diversificadas e que envolvem o lúdico, por exemplo, estudos empíricos que testem intervenções educacionais baseadas em princípios neurocientíficos em ambientes escolares reais que investigam os impactos neurológicos das práticas lúdicas na aprendizagem da leitura e da escrita.

A maioria das pesquisas ainda se concentra em populações específicas, como crianças da educação infantil e disléxicas ou em contextos controlados de laboratório, o que limita a aplicabilidade generalizada de seus resultados para a sala de aula, por isso, pesquisas que estudem públicos de crianças típicas e adultos também seria um ponto de mais investigações, haja vista que a quantidade de pesquisas empíricas com esses públicos ainda está incipiente. Outra lacuna está na necessidade de mais estudos que abordem a diversidade cultural e linguística, considerando como diferentes contextos socioculturais influenciam o processo de alfabetização. Além disso, com a crescente presença de dispositivos digitais na educação, mais pesquisas são necessárias para entender como a leitura digital e o uso de novas tecnologias afetam a neurocognição no processo de alfabetização, à medida que a leitura digital se torna mais prevalente, entender como o cérebro processa informações de telas digitais em comparação com textos impressos é uma área emergente de pesquisa.

Em relação ao delineamento metodológico das pesquisas examinadas neste estudo, observamos que a maioria se baseia em revisões de literatura, com destaque para 90% da amostra composta por estudos brasileiros. Esse dado revela uma carência significativa de pesquisas empíricas e experimentais no campo da investigação educacional que interrelacionam alfabetização e neurociência. Concluimos que, além de promover a interdisciplinaridade entre essas áreas, é imprescindível estimular uma abordagem multidisciplinar, envolvendo outras disciplinas que possam enriquecer a compreensão dos processos educacionais e cognitivos. Para avançar nessa direção, é crucial promover colaborações entre áreas como psicologia, linguística, ciências cognitivas, psicolinguística e tecnologia educacional, com o objetivo de desenvolver pesquisas aplicadas que testem intervenções pedagógicas em diferentes contextos. Além disso, a implementação de estudos longitudinais e experimentais, que possam acompanhar o desenvolvimento das habilidades de leitura e escrita ao longo do tempo, fornecerá uma base empírica mais sólida para práticas educacionais informadas pela neurociência.

Nesse contexto, é importante destacar algumas limitações enfrentadas ao longo deste estudo, que poderiam ser melhor abordadas em pesquisas futuras. Entre elas, está a dificuldade de acesso a determinados estudos nas plataformas de busca, bem como as limitações relacionadas aos descritores utilizados. Ao ampliar os descritores, observamos que a amostra se afastava do objetivo principal ou resultava em uma escassez de estudos relevantes, como foi o caso na plataforma Scielo. Por isso, foi possível alcançar resultados razoáveis apenas mantendo os descritores inicialmente definidos na pesquisa: “neurociência”, “alfabetização”, “leitura”, “neuroscience”, “literacy” e “reading”. Outra limitação encontrada foi a tradução dos estudos neurocientíficos para implicações pedagógicas no campo da alfabetização. Muitos termos técnicos, bem como estudos inteiros, apresentam uma linguagem altamente especializada, o que dificulta a interpretação, especialmente para pedagogos que não possuem formação específica em neurociência. Essa barreira torna mais desafiadora a aplicação direta desses conceitos em diferentes contextos educacionais e na prática pedagógica voltada à alfabetização.

Por isso sugerimos que para superar essa limitação, seria relevante investir na produção de materiais de divulgação científica voltados para educadores, com uma linguagem acessível e exemplos práticos. Além disso, promover a formação continuada de professores com conteúdo que integrem os princípios da neurociência e a prática pedagógica poderia facilitar a tradução desses conhecimentos técnicos para o cotidiano escolar. A colaboração entre

neurocientistas e educadores na elaboração de projetos pedagógicos também poderia ajudar a tornar esses conceitos mais aplicáveis na sala de aula.

Ademais, acreditamos que é importante manter um “pessimismo prudente”, no sentido de adotar uma postura mais cautelosa ao aplicar conceitos da neurociência diretamente em sala de aula. Para isso, é fundamental que estejamos preparados para avaliar criticamente as novas evidências, identificar neuromitos e investigar como essas informações impactam nossa realidade educacional. É necessário que nossa formação inicial nos prepare cientificamente, não apenas para reproduzir teorias e metodologias consagradas, mas também para sermos capazes de transformar nossa prática pedagógica, agindo como pesquisadores e investigadores do saber.

Por outro lado, o “pessimismo negativo” em relação à neurociência deve ser combatido no meio acadêmico, que, por vezes, é perpetuado, gerando um clima de medo e resistência pedagógica, dificultando o diálogo e a integração de conhecimentos neurocientíficos no campo pedagógico. Acreditamos que essa visão distorcida pode ser superada por meio da inclusão de disciplinas em nossas formações acadêmicas que ofereçam, senão um conhecimento completo, pelo menos uma base sólida sobre neurociência, evidências científicas sobre alfabetização e o funcionamento do cérebro. A atualização curricular com esses conteúdos pode ser o primeiro passo para desmistificar esse campo que ainda parece distante da pedagogia contemporânea.

Uma segunda sugestão para superar essa resistência está na prática pedagógica em sala de aula. Acreditamos que a responsabilidade agora recai sobre nós, pedagogos e alfabetizadores. Se não há ainda uma neurociência prescritiva e ainda não temos com precisão os impactos das práticas baseadas em evidências da neurociência em sala de aula em grande escala decorrem, em parte, do fato de que ainda não estamos investigando e testando esses conceitos de forma eficaz em nossa prática diária. Mais do que nunca, é essencial que os professores de classes de alfabetização verifiquem se essas evidências realmente funcionam em diversos contextos. Dessa forma, quiçá poderemos desenvolver práticas pedagógicas baseadas na neurociência de maneira mais consistente, superando desafios no processo de alfabetização. Embora a neurociência não ofereça uma solução para todos os problemas, ela certamente pode ajudar a resolver muitos deles.

Em suma, esperamos que este estudo tenha contribuído para ampliar os horizontes da alfabetização e todos os processos que a envolve, enfatizando que a alfabetizar-se no ponto de vista neurocognitivo significa aprender a ler e escrever num sistema alfabético e que isso implica em automatizar a habilidade de decodificação até que a criança possa se tornar fluente, resultando na compreensão textual, que é a finalidade da alfabetização. Além disso, reiteramos que alfabetizar é um processo complexo que envolve múltiplas áreas do cérebro e que, portanto,

a leitura não acontece de modo natural, por isso, esse processo implica em mudanças estruturais e funcionais dos neurônios.

Por fim, esperamos ter contribuído na superação e desmistificação dos medos e dos preconceitos criados pela falta de conhecimento da área, que nos distancia de adotar práticas baseadas nos princípios neurocientíficos na alfabetização, acreditamos que a ponte entre neurociência e alfabetização não está mais tão distante assim. Em vista disso, este estudo apresenta contribuições significativas tanto para a comunidade acadêmica quanto para as práticas pedagógicas no campo da alfabetização e neurociência. Ao explorar as bases neurocognitivas envolvidas no processo de alfabetização, revelamos uma nova compreensão sobre como o cérebro desenvolve e organiza as habilidades de leitura e escrita. Esse entendimento pode direcionar futuras pesquisas interdisciplinares, aprofundando o conhecimento sobre os mecanismos cerebrais e seus impactos no aprendizado.

Na educação, as repercussões se estendem às implicações práticas no ambiente escolar. Professores poderão adotar abordagens pedagógicas que considerem o desenvolvimento neurocognitivo de cada aluno, promovendo uma alfabetização mais inclusiva e adaptada às diferentes necessidades de aprendizagem. As práticas de ensino poderão ser ajustadas para estimular a neuroplasticidade e maximizar o potencial de aprendizagem, utilizando estratégias que alinhem o ritmo e estilo de aprendizado com as capacidades cerebrais em desenvolvimento. Essas repercussões poderão influenciar políticas educacionais, apoiando uma educação mais inovadora e cientificamente embasada, melhorando os resultados de alfabetização em diferentes contextos sociais e culturais.

De maneira geral, as implicações deste estudo para a sociedade são amplas e profundas, afetando diversos aspectos da educação, do desenvolvimento humano e da equidade social. Ao integrar conhecimentos sobre neurociência e alfabetização, o estudo oferece subsídios para a criação de políticas educacionais mais eficazes e inclusivas, promovendo o acesso equitativo à educação de qualidade. Sabemos que, uma sociedade alfabetizada pode contribuir para a formação de cidadãos mais críticos, informados e capazes de interagir de maneira mais produtiva com o mundo ao seu redor. Isso, por sua vez, impacta a economia e a coesão social, ao promover uma sociedade mais justa e preparada para enfrentar os desafios contemporâneos e superar as desigualdades.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, M. J. *Beginning to read. Thinking and learning about print*. Cambridge: **MIT Press**, 1999.
- ADAMS, M. J. **Consciência fonológica em crianças pequenas**. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- AFONSO JR. et al. Introdução à neuroanatomia e à neurofisiologia. **Cadernos de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 84-107, jul./dez. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/cadernosdisturbios.v22n2p84-107>.
- AL DAHHAN, Noor Z.; KIRBY, John R.; MUNOZ, Douglas P. Understanding reading and reading difficulties through naming speed tasks: Bridging the gaps among neuroscience, cognition, and education. **AERA Open**, v. 2, n. 4, p. 2332858416675346, 2016.
- ARAÚJO, A. P. (coord.). **Aprendizagem infantil: uma abordagem da neurociência, economia e psicologia cognitiva**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2011.
- ARANTES, Sheila da Silva Ferreira; ROCHA, Thalita Martins da; SILVA, Marco Antônio. Neurociência como suporte à sequência didática no processo de alfabetização. **Brazilian Journal of Development**, 2019.
- BAILER, Michele; TOMITCH, Luciana Maria de Souza. Leitura no cérebro: processos no nível da palavra e da sentença. **Cad. Trad.**, Florianópolis, v. 40, nº esp. 2, p. 149-184, set.-dez. 2020. <https://doi.org/10.5007/2175-7968.2020v40nesp2p149>.
- BARRERA, Sylvia Domingos; MALUF, Maria Regina. Consciência metalinguística e alfabetização: um estudo com crianças da primeira série do ensino fundamental. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 16, n. 3, p. 491-502, 2003.
- BEN-SHACHAR, Michal et al. The development of cortical sensitivity to visual word forms. **Journal of cognitive neuroscience**, v. 23, n. 9, p. 2387-2399, 2011.
- BENEDETTI. K. S. **A falácia socioconstrutivista: Por que os alunos brasileiros deixam de aprender a ler e escrever**. Campinas, São Paulo: Kíron, 2020.
- BRAGA, Lucia W. et al. Tracking adult literacy acquisition with functional MRI: A single-case study. **Mind, Brain, and Education**, v. 11, n. 3, p. 121-132, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/mbe.12143>.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PNA: Política Nacional de Alfabetização**. Brasília: MEC/Sealf, 2019.
- BRASIL. Ministério da Educação. **RENABE- Relatório Nacional de Alfabetização Baseada em Evidências**. Brasília: MEC/Sealf, 2020. 360 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: educação é a base**. Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **PNAIC- Formação de professores no pacto nacional pela alfabetização na idade certa**. Brasília: MEC, 2012.

BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. de A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Revista Eletrônica Gestão e Sociedade**, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011. <https://doi.org/10.21171/ges.v5i11.1220>.

BRUER, J. T. (1997). Education and the Brain: A Bridge Too Far. **Educational Researcher**, 26(8), 4-16.

CAFFARRA, Sendy et al. Word and object recognition during reading acquisition: MEG evidence. **Developmental cognitive neuroscience**, v. 24, p. 21-32, 2017.

CARTWRIGHT, Kelly B. Insights from cognitive neuroscience: The importance of executive function for early reading development and education. **Early Education & Development**, v. 23, n. 1, p. 24-36, 2012.

CARDOSO-MARTINS, C. A consciência fonológica e a aprendizagem inicial da leitura e da escrita. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 41-49, 1991.

CAPOVILLA, A. G. S.; CAPOVILLA, F. C. Efeitos do treino de consciência fonológica em crianças com baixo nível sócio-econômico. **Psicologia: reflexão e crítica**, v. 13, n. 1, p. 7-24, 2000.

CASTLES, A.; RASTLE, K.; NATION, K. Ending the reading wars: Reading acquisition from novice to expert. **Psychological Science in the Public Interest**. Vol. 19, 1, 5-51, 2018.

CASTRO, Francisco Mello; RODRIGUES, Amanda Séllos; COSTA, Flávia Lage Pessoa da. Right to read: what we can learn from neurosciences to augment childhood and literacy policies. **Educação e Pesquisa**, v. 49, p. e249518, 2023.

COHEN, Laurent et al. Language-specific tuning of visual cortex? Functional properties of the visual word form area. **Brain**, v. 125, n. 5, p. 1054-1069, 2002.

COSENZA, Ramon M.; GUERRA, Leonor B. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

CORREA, Jane. A avaliação da consciência morfofossintática na criança. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 18, n. 1, p. 91-97, 2005.

CHAZAN, Ida Goldstein; MARONA, Mariana Vega. Leitura: uma construção individual. **Publicação CEAPIA**, 2018.

DAVIM, Juliana do Amaral Carneiro Silva. Novos olhares sobre alfabetização: neurociência como ferramenta evolutiva para compreender o processo de ensinar e aprender. **CONEDU- VII Congresso Nacional de Educação**, 2020.

DEAUVIEAU, Jérôme; REICHSTADT, Janine; TERRAIL, Jean-Pierre. **Enseigner efficacement la lecture: Une enquête et ses implications**. Odile Jacob, 2015.

DEHAENE, S. A aprendizagem da leitura modifica as redes corticais da visão e da linguagem verbal. **Letras de Hoje**, Porto Alegre, v. 48, n. 1, p. 148-152, jan/mar, 2013.

_____. et al. How learning to read changes the cortical networks for vision and language. **Science**, v. 330, n. 6009, p. 1359-64, Dec. 2010.

_____. Language-specific tuning of visual cortex? Functional properties of the Visual Word Form Area. **Brain**, v. 125, n. 5, p. 1054-1069, 2002a.

_____. et al. The visual word form area: spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. **Brain**, v. 123, n. 2, p. 291-307, 2000.

_____. The visual word form area: a prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus. **Neuroreport**, v. 13, n. 3, p. 321-325, 2002b.

_____. **Os neurônios da leitura**: como a ciência explica a nossa capacidade de ler. Consultoria, trad. e supervisão, L. Scliar-Cabral. Porto Alegre: Penso, 2012, 374 p.

_____. (2007). **Les neurones de la lecture**. Paris: Odile Jacob.

DEHAENE, Stanislas; COHEN, Laurent. Specialization within the ventral stream: the case for the visual word form area. **Neuroimage**, v. 22, n. 1, p. 466-476, 2004.

DEHAENE, Stanislas et al. The visual word form area: spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. **In Brain**, 123(2), 291-307, 2000.

_____. Language- specific tuning of visual cortex? Functional properties of the Visual Word Form Area”. **In Brain**, 125(5), 1054-1069, 2002a.

_____. The visual word form area: a prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus. **In Neuroreport**, 13(3), 321-325, 2002b.

DEHAENE, S.; PEGADO, F.; BRAGA, L.W.; VENTURA, P.; NUNES FILHO, G.; JOBERT, A.; DEHAENE-LAMBERTZ, G.; KOLINSKY, R.; MORAIS, J.; COHEN, L. How learning to read changes the cortical networks for vision and language. **Science**, v. 330, n. 6009, p. 1359-64, Dec. 2010.

DEBSKA, Agnieszka et al. Reading and spelling skills are differentially related to phonological processing: Behavioral and fMRI study. **Developmental cognitive neuroscience**, v. 39, p. 100683, 2019.

DE VOS, Astrid et al. The relation between neurofunctional and neurostructural determinants of phonological processing in pre-readers. **Developmental Cognitive Neuroscience**, v. 46, p. 100874, 2020. doi: 10.1016/j.dcn.2020.100874.

DeCS. **Descritores em Ciências da Saúde: 2024**. São Paulo: BIREME / OPAS / OMS, 2024. Disponível em: <http://decs.bvsalud.org/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

EHRI, Linnea C.; O'LEARY, Robin. **Ensinar letras e consciência fonêmica como habilidades fundamentais ajuda as crianças de 4 e 5 anos a avançarem na leitura**. In: SARGIANI, p. (61-76). In: SARGIANI, Renan (Org.). *Alfabetização baseada em evidências: da ciência à sala de aula*. Porto Alegre: Penso, 2022.

EHRI, L. C. **Aquisição da habilidade de palavras e sua influência na pronúncia e na aprendizagem do vocabulário**. In: MALUF, M. R.; CARDOSO-MARTINS, C. (ed.). *Alfabetização no século XXI: como se aprende a ler e escrever*. Porto Alegre: Penso, 2013. p. 49-81.

EHRI, Linnea C. Orthographic mapping in the acquisition of sight word Reading, spelling memory, and vocabular learning. **Scientific Studies of Reading**, v. 18, n. 1, p. 5-21, 2014.

EHRI, Linnea C. The Science of learning to read words: a case for systematic phonics instruction. **Reading Research Quarterly**, v. 55, n. S1, p. S45-S60, 2020.

EKSTRAND, Chelsea et al. Structural connectivity predicts functional activation during lexical and sublexical reading. **NeuroImage**, v. 218, p. 117008, 2020. ISSN 1053-8119. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117008>.

FERREIRO, Emilia; TEBEROSKY, Ana. **Psicogênese da língua escrita**. Trad. Diana Myriam Lichtenstin, Liana Di Marco e Mário Corso. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985.

FERREIRA, Hercio da Silva; GONÇALVES, Tadeu Oliver; LAMEIRÃO, Soraia Valéria de Oliveira Coelho. Aproximações entre neurociências e educação: uma revisão sistemática. **Revista Exitus**, 2019, 9.3: 636-662.

FLOR, Cristiane Marx. Contribuições de estudos empíricos da neurociência educacional às práticas educativas no período entre 2008 a 2013: revisão sistemática. **Aletheia**, v. 50, n. 1-2, p. 123-131, jan./dez. 2017.

FREY, Nancy; FISHER, Douglas. Reading and the brain: What early childhood educators need to know. **Early Childhood Education Journal**, v. 38, p. 103-110, 2010.

FROYEN, Dries JW et al. The long road to automation: neurocognitive development of letter-speech sound processing. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 21, n. 3, p. 567-580, 2009.

GABRIEL, Rosângela; MORAIS, José; KOLINSKY, Régine. A aprendizagem da leitura e suas implicações sobre a memória e a cognição. **Ilha do Desterro**, v. 69, n. 1, p. 061-078, Florianópolis, jan./abr. 2016.

GABRIEL, Rosângela; KOLINSKY, Régine; MORAIS, José. O milagre da leitura: de sinais escritos a imagens imortais. **DELTA**, 2016.

GALVÃO, Taís Freire; PEREIRA, Mauricio Gomes. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiol Serv Saúde**, v. 23, n. 1, p. 183-184, 2014.

GRANDO, K. B. Pensando a alfabetização a partir de contribuições das neurociências. **Revista Acadêmica Licencia & Acturas**, v. 1, n. 1, p. 25-29, 2013. <https://doi.org/10.55602/rlic.v1i1.5>.

GODOY, Dalva. Por que ensinar as relações grafema-fonema? **Rev. psicopedag.**, São Paulo, v. 25, n. 77, p. 109-119, 2008.

GOMBERT, J. E. **Metalinguistic development**. Chicago: The University of Chicago Press, 1992. (original em francês de 1990, *Le Développement métalinguistique*).

Goswami, U. Neuroscience and education: from research to practice?. **Nature Reviews Neuroscience**, 7(5), 406-411, 2006.

GOSWAMI, U. Principles of learning, implications for teaching: A cognitive neuroscience perspective. **Journal of Philosophy of Education**, v. 42, n. 3-4, p. 381-399, 2008.

GOSWAMI, U. Mind, brain, and literacy: Biomarkers as usable knowledge for education. **Mind, Brain, and Education**, 3 (3), 176–184. 2009.

GUARESI, Ronei. Repercussões de descobertas neurocientíficas ao ensino da escrita. **Revista da FAEEBA: Educação e Contemporaneidade**, v. 23, n. 41, p. 51-62, 2014.

GUTIERREZ-FRESNEDA, Raúl; POZO-RICO, Teresa. Aprendizaje inicial de la lectura mediante las aportaciones de la neurociencia al ámbito educativo. **Lit. lingüíst.**, Santiago, n. 45, p. 281-298, 2022. <http://dx.doi.org/10.29344/0717621x.45.2212>.

HAGEN, Vivian; MIRANDA, Luciene Corrêa; MOTA, Márcia Maria Peruzzi Elia da. Consciência morfológica: um panorama da produção científica em línguas alfabéticas. **Psicol. teor. prat.**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 135-148, mar. 2010.

HIRATA, Cristiane Yuri; MARINHO, Renata Ribeiro. Contribuição das neurociências para a alfabetização. **Revista Acadêmica Licencia & Acturas**, Ivoti, v. 7, n. 1, p. 21-26, jan./jun. 2019.

HIRATA, Guilherme; ROCHA E OLIVEIRA, P. Lasting effects of promoting literacy—do when and how to learn matter?. **Education Economics**, v. 27, n. 4, p. 339-357, 2019.

HODGES, L. D.; NOBRE, A. P. Processos cognitivos, metacognitivos e metalinguísticos na aquisição da leitura e escrita. **Rev. Teoria e Prática da Educação**, v. 15, n. 3, p. 07-21, set./dez. 2012.

HOWARD-JONES, P. A. (2007). Neuroscience and education: Issues and opportunities. **Teacher Training Agency Annual Lecture**, Londres.

HRUBY, George G.; GOSWAMI, Usha. Neuroscience and reading: A review for reading education researchers. **Reading Research Quarterly**, v. 46, n. 2, p. 156-172, 2011.

HÜBNER, Lilian Cristine. **Distúrbios da linguagem**. In: MAIA, Marcus (Org.). *Psicolinguística, psicolinguísticas: uma introdução*. São Paulo: Contexto, 2015, p. (65-73).

HUGHES, C. Executive functions and development: Why the interest? **Infant and Child Development**, v. 11, p. 69-71, 2002.

KRAMER, R. **Os Efeitos de Priming Sintático na Leitura de Sentenças na Voz Passiva por Bons e Maus Leitores dos 5o e 6o Anos do Ensino Fundamental**. 157. 2017.

KRISTANTO, Daniel et al. Predicting reading ability from brain anatomy and function: From areas to connections. **NeuroImage**, v. 218, p. 116966, 2020. ISSN 1053-8119. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116966>.

KOLINSKY, Régine; MORAIS, José; COHEN, Laurent; DEHAENE, Stanislas. As bases neurais da aprendizagem da leitura. **ReVEL**, v. 17, n. 33, 2019. Tradução de Cassiano Ricardo Haag. Disponível em: <www.revel.inf.br>.

KUBOTA, Emily C. et al. Word selectivity in high-level visual cortex and reading skill. **Developmental cognitive neuroscience**, v. 36, p. 100593, 2019.

KUHL, Patricia K. Early language learning and literacy: Neuroscience implications for education. **Mind, brain, and education**, v. 5, n. 3, p. 128-142, 2011.

KWELDJU, Siusana. Neurobiology Research Findings: How the Brain Works during Reading. **Pasaa: Journal of language teaching and learning in Thailand**, v. 50, p. 125-142, 2015.

LANDIM, Márcia Regina Melchior; FLÔRES, Onici Claro. Aprendizagem da leitura: preditores emergentes na pré-escola. **Revista Digital dos Programas de Pós-Graduação do Departamento de Letras e Artes da UEFS**, 2018.

LANDI, Nicole et al. Neurobiological bases of reading comprehension: Insights from neuroimaging studies of word-level and text-level processing in skilled and impaired readers. **Reading & Writing Quarterly**, v. 29, n. 2, p. 145-167, 2013.

LENT, Robert. **Cem bilhões de neurônios**-Conceitos Fundamentais em Neurociência. 2ª edição. Rio de Janeiro: Atheneu, 2010.

LIMA, Geane Kele Pereira de. **Neurociências e suas contribuições para a alfabetização**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

LÓPEZ-BARROSO, Diana et al. Impact of literacy on the functional connectivity of vision and language related networks. **NeuroImage**, v. 213, p. 116722, 2020.

MAIA, Marcus. **Processamento de Frases**. In: MAIA, Marcus (Org.). *Psicolinguística, psicolinguísticas: uma introdução*. São Paulo: Contexto, 2015, p. 13-29.

MACHIN, Stephen; MCNALLY, Sandra; VIARENGO, Martina. Changing how literacy is taught: Evidence on synthetic phonics. **American Economic Journal: Economic Policy**, v. 10, n. 2, p. 217-241, 2018.

MALLOY-DINIZ, L. F. et al. **Avaliação Neuropsicológica**. In: MADER-JOAQUIM, M. J. *O neuropsicólogo e seu paciente: Introdução aos princípios da avaliação neuropsicológica*. Porto Alegre: Artmed, 2018, cap. 4, p. 46-57.

MALUF, Maria Regina. Ciência da leitura e alfabetização infantil: um enfoque metalinguístico. **Boletim Academia Paulista de Psicologia**, v. 25, n. 2, p. 55-62, maio/ago. 2005.

MALUF, M. R.; SILVA, C. C. R. da; MADZA, E. **Ciências cognitivas e pesquisas translacionais em alfabetização**. In: BRASIL. Relatório Nacional de Alfabetização Baseada em Evidências. Brasília: MEC/Sealf, 2020, p. 207-240.

MALUF, Maria Regina. Ensinar a ler: progressos da psicologia no século XXI. **Bol. Acad. Paul. Psicol.**, São Paulo, v. 35, n. 89, p. 309-324, jul, 2015. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-711X2015000200005&lng=pt&nrm=iso.

MALUF, Maria Regina; BARRERA, Sylvia Domingos. Consciência fonológica e linguagem escrita em pré-escolares. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 125-145, 1997.

MALUF, Maria Regina; SARGIANI, Renan. **Aprendendo a ler e a escrever em português brasileiro: contribuições de pesquisas de avaliação e intervenção experimental**. In: Jaima Pinheiro, Tania M. S. Braga, Fernanda L. P. Viana, Ana S. Santos (Org.), 2014, Alfabetização em países de língua portuguesa: pesquisa e intervenção. Curitiba: CRV. Capítulo 1, p. (11- 26).

MALUF, Maria Regina; SARGIANI, Renan de Andrade. Lo que la neurociencia tiene que decir sobre el aprendizaje de la lectura. **Revista de Psicología de Arequipa**, v. 3, n. 1, p. 11-24, 2013.

MALUF, M. R.; ZANELLA, M. S.; PAGNEZ, K. S. M. M. Habilidades metalinguísticas e linguagem escrita nas pesquisas brasileiras. **Boletim de Psicologia**, 2006.

MALUF, Regina. **Ensinar a ler: urgência do mundo atual e de contextos de pobreza**. In: SARGIANI, Renan (Org.). Alfabetização baseada em evidências: da ciência à sala de aula. Porto Alegre: Penso, 2022a, p. 45-59.

MALUF, Maria Regina. **Como as crianças aprendem a ler e a escrever em português do Brasil: um diálogo com as Ciências cognitivas**. In: PEREIRA, Vera Wannmacher et al. Ensino e aprendizado da leitura e da escrita: contribuições interdisciplinares, 2022b, p. 163-184.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.

MILITÃO, Tauana Ferreira. **A neurociência e o processo ensino e aprendizagem nas classes de alfabetização da rede particular do DF**. Artigo apresentado ao curso de graduação em Pedagogia da Universidade Católica de Brasília, 2017.

MORAIS, José. **A arte de ler**. Tradução: Álvaro Lorencini. São Paulo: UNESP, 1996.

MORAIS, José. **Alfabetizar para a democracia**. Porto Alegre: Penso, 2014.

MORAIS, J.; KOLINSKY, R.; GRIMM-CABRAL, L. **A aprendizagem da leitura segundo a psicolinguística cognitiva**. In: RODRIGUES, C.; TOMITCH, L. (Org.). Linguagem e cérebro humano: contribuições multidisciplinares. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 53-69.

MORAIS, J.; LEITE, I.; KOLINSKY, R. **Entre a pré-leitura e a leitura hábil**: Condições e patamares da aprendizagem. In: MALUF, Maria Regina; CARDOSO-MARTINS, Cláudia (Eds.). *Alfabetização no Século XXI: Como se aprende a ler e a escrever*. Brasil: Penso Editora, 2013.

MORAIS, José; KOLINSKY, Régine. **Psicolinguística e leitura**. In: MAIA, Marcus (Org.). *Psicolinguística, psicolinguísticas: uma introdução*. São Paulo: Contexto, 2015, p. 85-92.

MORTATTI, M. R. L. **História dos métodos de alfabetização no Brasil**. 2006.

MARTINS, P. P. A. **Memória de trabalho como componente da alfabetização**: uma revisão sistemática. Trabalho Final (Mestrado em Educação: Psicologia da Educação) - Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação: Psicologia da Educação - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, p. 126, 2022.

MEDEIROS, Mário; BEZERRA, Edileuza de Lima. Contribuições das neurociências ao processo de alfabetização e letramento em uma prática do Projeto Alfabetizar com Sucesso. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 96, p. 26-41, 2015.

NASCIMENTO, Maria Goretti Santana. **Práticas de ensino de escrita**: contribuições do sistema SCLiar de alfabetização no município de Lagarto/SE. Dissertação (Pós-Graduação Profissional em Letras/Profletras) – Universidade Federal de Sergipe. Itabaiana, 2021. 76 f.

NASCHOLD, Angela Chuvas; PEREIRA, Antônio; PINHO, André Luís Santos de; ALCHIERI, João Carlos. As neurociências da leitura e a educação infantil. **Estudos Linguísticos**, 2019.

NAVAS, Ana Luiza Gomes Pinto; PINTO, Joana Cecilia Baptista Ramalho; DELLISA, Paula Roberta Rocha. Avanços no conhecimento do processamento da fluência em leitura: da palavra ao texto. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 14, p. 553-559, 2009.

OECD (2007). **Understanding the Brain: The Birth of a Learning Science**. Paris: OECD Publishing.

OLIVEIRA, Bruno Stefani Ferreira de; JUSTI, Francis Ricardo dos Reis. Morphological priming development in Brazilian Portuguese-speaking children. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 30, p. 4, 2017.

PERFETTI, Charles A.; HARRIS, Lindsay N. Universal reading processes are modulated by language and writing system. **Language Learning and Development**, v. 9, n. 4, p. 296-316, 2013.

PEGADO, Felipe. **Aspectos cognitivos e bases cerebrais da alfabetização**: um resumo para o professor. In: NASCHOLD, Angela Chuvas et al. (Org.). *Aprendizado da leitura e da escrita: a ciência em interfaces*. Natal: Edufrn, 2015, p. 79-103.

PEGADO, F., NAKAMURA, K. & HANNAGAN, T. How does literacy break mirror invariance in the visual system? **Frontiers in Psychology**, 2014, 5, p.703.

PEREIRA, Lidiomar José; MASCARELLO, Miriam Maia Araújo. As neurociências e a leitura: proposta Scliar de alfabetização. **Revista Educação e Cultura Contemporânea**, 2013.

PEREIRA, Maurício Gomes; GALVÃO, Taís Freire. Etapas de busca e seleção de artigos em revisões sistemáticas da literatura. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 369-371, jun. 2014. Disponível em: <http://scielo.iec.gov.br/scielo.php>.

PINTO, Miriam da Silva; RODRIGUES, Dr. Fabiano de Abreu Agrela. Alfabetização sob a perspectiva da neurociência. **Ciência Latina Revista Científica Multidisciplinar**, Ciudad de México, México, v. 6, n. 1, p. 3222-3245, jan.-fev. 2022. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1716.

PUGH, Kenneth R. et al. The relationship between phonological and auditory processing and brain organization in beginning readers. **Brain and language**, v. 125, n. 2, p. 173-183, 2013. doi: 10.1016/j.bandl.2012.04.004.

RELVAS, M. P. **Neurociências na educação**: potencialidades dos gêneros humanos na sala de aula. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2009. p.105-135.

RELVAS, Marta Pires. **Neurociência na prática pedagógica**. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2012.

RODRIGUES, A. S. P.; SACHINSKI, G. P.; MARTINS, P. L. O. Contribuições da revisão integrativa para a pesquisa qualitativa em educação. **Linhas Críticas**, v. 28, p. e40627, 2022. <https://doi.org/10.26512/lc28202240627>.

ROSÂNGELA, Gabriel; ACHE BORSATTI, D.; COSTA, A. R.; KADINE SARAIVA DE CARVALHO; PETRY RIEGER, N.; DA COSTA TATSCH, M. A ciência da leitura e suas implicações educacionais. **PROLÍNGUA**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 03-34, 2021. DOI: 10.22478/ufpb.1983-9979.2020v15n2.54924. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/prolingua/article/view/54924>.

RAPP, Brenda; LIPKA, Kate. The literate brain: The relationship between spelling and reading. **Journal of cognitive neuroscience**, v. 23, n. 5, p. 1180-1197, 2011.

SANTOS, Maria José dos; MALUF, Maria Regina. Consciência fonológica e linguagem escrita: efeitos de um programa de intervenção. **Educar em Revista**, Curitiba, Brasil, n. 38, p. 57-71, set./dez. 2010. Editora UFPR.

SANTOS, Vânia Mara da Silva; MORETTI, L. H. T. Alfabetização: há um melhor caminho para a aprendizagem? **Psicologia.pt** - O Portal dos Psicólogos, 2015.

SILVA, Daiane Marques; BARRETO, Gustavo de Val. Contribuições da neurociência na aprendizagem da leitura na fase da alfabetização. **Rev. Psicopedagogia**, 2021.

SILVA, Josefa Edna Trajano Da et al. A contribuição da neurociência no processo de alfabetização no ensino remoto. **VII CONEDU - Conedu em Casa**. Campina Grande: Realize Editora, 2021.

SARGIANI, Renan de Almeida; MALUF, Maria Regina. Linguagem, Cognição e Educação Infantil: Contribuições da Psicologia Cognitiva e das Neurociências. **Psicologia Escolar e Educacional**, 2018.

SARGIANI, Renan (Org.). **Alfabetização baseada em evidências: da ciência à sala de aula**. Porto Alegre: Penso, 2022.

SARGIANI. **Fases iniciais da aprendizagem da leitura e da escrita em português do Brasil: efeitos de fonemas, gestos articulatórios e sílabas na aquisição do mapeamento ortográfico**. 2016. 215 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SCLIAR-CABRAL, L. A desmistificação do método global. **Letras de Hoje**, Porto Alegre, v. 48, n. 1, p. 6–11, 2013.

_____. Processamento bottom-up na leitura. **Veredas on-line – Psicolinguística**. Juiz de Fora: PPG Linguística/UFJF, p. 24-33, 2008.

_____. Aprendizagem neuronal na alfabetização para as práticas sociais da leitura e escrita. **Revista Intercâmbio**, São Paulo, v. XX, p. 113-124, 2009a.

_____. Avanço das neurociências para o ensino da leitura. **Revista de Cultura**, Fortaleza, São Paulo, n. 67, jan/fev, 2009b.

_____. Reconhecimento das invariâncias por neurônios reciclados. **Signo**. Santa Cruz do Sul, v. 34 n. 57, p. 02-14, jul.-dez., 2009c.

_____. Avanços das neurociências para a alfabetização e a leitura. **Letras de Hoje**, Porto Alegre, v. 48, n. 3, p. 277-282, jul./set. 2013.

_____. Evidências a favor da reciclagem neuronal para a alfabetização. **Letras de Hoje**, Porto Alegre, v. 45, n. 3, 2010.

_____. **Inter-relação entre o biológico e o cultural: Psicolinguística e Educação**. In: MAIA, Marcus. (Org.). **Psicolinguística e Educação**. São Paulo: Mercado de Letras, 2018.

_____. Novas concepções sobre os processos de aprendizagem na alfabetização. **Revista de Estudos Linguísticos da Universidade do Porto**, n. especial, p. 337-356, 2020a.

_____. Neuroscience, Linguistics and Psycholinguistics Advances Applied to Early Literacy Teaching. **English Linguistics Research**, v. 9, n. 3, p. 15-24, 2020b.

_____. Políticas Públicas de Alfabetização. **Ilha do Desterro**, v. 72, no 3, p. 271-290, Florianópolis, fev, 2020c.

SEIDENBERG, M. **Language at the speed of sight: How we read, why so many can't, and what can be done about it**. Basic Books. 2017.

SEIDENBERG, M. & Borkenhagen, M. Reading Science and Educational Practice: Some Tenets for Teachers. **Reading League Journal**, 1(1), 7-12, 2020.

SCHIAVON, Sandra Helena. **Aplicação da revisão sistemática nas pesquisas sobre formação de 2015 professores:** uma discussão metodológica. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba. 2015. 95 p.

SNOWLING, M.; HULME, C. (org.). **A Ciência da Leitura.** Porto Alegre: Penso, 2013.

SOARES, Emilly Beatriz da Silva Souza et al. A formação do professor e a contribuição da neurociência no processo de alfabetização. **IV Congresso Capixaba de Enfermagem / V Encontro Interdisciplinar em Saúde do Estado do Espírito Santo**, 2022.

SOARES, Magda. **Alfabetização:** a questão dos métodos. 1. ed., 2ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2018. 384 p.

SPINILLO, A. G.; MOTA, M. M. P. E. da; CORREA, J. Consciência metalinguística e compreensão de leitura: diferentes facetas de uma relação complexa. **Educar em Revista**, Curitiba, Brasil, n. 38, p. 157-171, set./dez. 2010. Editora UFPR.

PIRES, Talissa, B., Borges Mota, M., & Cassol Rigatti, P. Os efeitos da experiência com a leitura no processamento de frases na voz passiva por adultos: um estudo de priming estrutural. **Revista Veredas**, 27(1), 2023.

TARKIAINEN, A.; CORNELISSEN, P. L.; SALMELIN, R. Dynamics of visual feature analysis and object-level processing in face versus letter-string perception. **Brain**, v. 125 (Pt 5), p. 1125-1136, 2002.

TEIXEIRA, M. T.; AZEVEDO, A. F. de. Teorias neurocognitivas de aprendizagem da leitura e métodos de alfabetização. **Letrônica**, v. 14, n. 2, p. e38792, 2021. <https://doi.org/10.15448/1984-4301.2021.2.38792>.

URSI, E. S. **Prevenção de lesões de pele no perioperatório:** revisão integrativa de literatura. 2005. 130 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) – Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2005.

VARGAS, E. G. de; DRUMOND, L. C. P.; MACHADO, M. G. de V. Desenvolvimento cognitivo infantil e alfabetização: contribuição da neurociência e da neuroeducação. **Seven Editora**, [S. l.], p. 1938–1948, 2023.

VOSGERAU, D. S.; ROMANOWSKI, J. P. Estudos de revisão: implicações conceituais e metodológicas. **Revista Diálogo Educacional**, v. 14, n. 474, p. 165-189, 2014. <https://doi.org/10.7213/dialogo.educ.14.041.DS08>.

WANG, Jin; JOANISSE, Marc F.; BOOTH, James R. Reading skill related to left ventral occipitotemporal cortex during a phonological awareness task in 5–6-year old children. **Developmental cognitive neuroscience**, v. 30, p. 116-122, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.01.011>.

WANG, Jin; JOANISSE, Marc F.; BOOTH, James R. Letter fluency in 7-8-year-old children is related to the anterior, but not posterior, ventral occipito-temporal cortex during an auditory phonological task. **Developmental Cognitive Neuroscience**, v. 47, p. 100898, 2021.

ZHAO, Jing et al. Fine neural tuning for orthographic properties of words emerges early in children reading alphabetic script. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 26, n. 11, p. 2431-2442, 2014.

APÊNDICE A

QUADRO MATRIZ DE COLETA DE DADOS ADAPTADO DE URSI (2005)

Pesquisa; Autores; Ano	Problema e Objetivos	Tipo de Publicação	Detalhamento Metodológico- Tipo de Pesquisa e Instrumentos de Coleta	Detalhamento Amostral
Resultados		Recomendações/Conclusões		Lacunas da Pesquisa