

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE PSICOLOGIA



Processamento Ortográfico em Leitores Disléxicos Adultos:

Análise da discriminação de contrastes de orientação

Luisa Oro Tomio

MESTRADO EM PSICOLOGIA COGNITIVA E SOCIAL

2023

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE PSICOLOGIA



Processamento Ortográfico em Leitores Disléxicos Adultos:

Análise da discriminação de contrastes de orientação

Luisa Oro Tomio

Dissertação orientada pela Professora Doutora Tânia Fernandes

MESTRADO EM PSICOLOGIA COGNITIVA E SOCIAL

2023

O conteúdo desta dissertação reflete as perspectivas, o trabalho e as interpretações da autora no momento da sua entrega. O presente trabalho pode conter incorreções, tanto conceituais como metodológicas, que podem ter sido identificadas num momento posterior ao da sua entrega. Por conseguinte, qualquer utilização dos seus conteúdos deve ser exercida com cautela.

Ao entregar esta dissertação, a autora declara que a mesma é resultante do seu próprio trabalho, contém contributos originais e são reconhecidas todas as fontes utilizadas, encontrando-se devidamente citadas no corpo do texto e identificadas na secção de referências. A autora declara, ainda, que não divulga na presente dissertação quaisquer conteúdos cuja reprodução esteja vedada por direitos de autor ou de propriedade industrial.

Agradecimentos

À minha mãe, a melhor psicóloga e minha maior fonte de inspiração e quem sempre me incentivou a apreciar o conhecimento. Ao meu pai, minha fortaleza, por lutar incansavelmente para concretizar todos os meus sonhos, principalmente este. Ao meu irmão, pela sua companhia e pelo suporte emocional, sua presença torna os desafios mais leves e as conquistas mais significativas.

Em especial, agradeço à minha orientadora, Professora Tânia Fernandes, pelo apoio neste projeto de pesquisa, por sua dedicação aos detalhes e orientação constante, os quais foram fundamentais para a realização deste projeto. A minha gratidão aos professores e colegas do meu mestrado, em particular, à Professora Sara Hagá e ao Professor Mário Ferreira.

A minha sincera gratidão aos meus amigos, que estiveram ao meu lado nos momentos de ansiedade e cujas palavras de encorajamento foram essenciais para a concretização deste projeto. Muito obrigada, Carlos, Myckaela, Natália, Paula, Thaina e Vanessa. Às minhas amigas de infância, cujo apoio à distância me fortalece, muito obrigada, Maria, Mayara e Rafaela.

Este trabalho recebeu apoio da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., FCT, Portugal (LeMoN; Ref: PTDC/PSI-GER/3281/2020), e de fundos Europeus FEDER/POR Lisboa 2020 (VOrtEx; Ref: PTDC/PSI-GER/28184/2017, LISBOA-01-0145-FEDER-028184), por meio de uma bolsa de pesquisa inicial concedida pela FCT (“Programa Verão com Ciência 2022”) para Luisa Tomio, e pelo Centro de Investigação em Ciências Psicológicas, CICPSI, na Universidade de Lisboa (ref UIDB/04527/2020 and UIDP/04527/2020). As autoras não têm interesses financeiros ou não financeiros relevantes a declarar e não possuem conflitos de interesse que sejam relevantes para o conteúdo deste artigo.

Abstract

Sensitivity to plane rotations and mirror invariance are original to the object recognition system. Thus, the acquisition of reading implies the development of mirror image discrimination, since it is necessary to discriminate words such as "bad" and "dad". During the literacy process, it is very common to see beginner readers writing letters in a mirror image, i.e. writing, for example, "b" instead of "d". Reversal errors are less evident as these readers become fluent at reading, however, dyslexic readers have a higher prevalence of reversal errors. The present thesis compares the orthographic processing of reversible letters (e.g., 'd' and 'b') and non-reversible letters (e.g., 'r' and 'f') in college students with developmental dyslexia and neurotypical individuals. Our goal is to examine how adult readers with dyslexia process differences in orientation, as it is theorized that the persistence of mirror image may be associated with developmental dyslexia. To this end, a lexical decision task with masked priming paradigm was conducted, manipulating orientation transformations in a single critical letter of the prime. The prime included four versions: identical to the target (i.e., identical prime; e.g., 'ideia'), the mirrored version (i.e., mirrored prime: e.g., 'ibeia'), or the rotated version (i.e., rotated prime: e.g., 'ipea'), and a pattern of dots (i.e., control prime). Dyslexic readers exhibited a similar pattern to neurotypical readers when processing reversible letters but not with non-reversible letters. Specifically, dyslexic readers were able to discriminate orientation contrasts in the set of reversible letters, but the mirror image invariance appears to persist for the set of non-reversible letters.

Keywords: developmental dyslexia; orthographic processing; masked priming.

Resumo

A sensibilidade à rotações planas e a invariância de espelho são originais do sistema de reconhecimento de objetos. Assim, a aquisição da leitura implica o desenvolvimento da discriminação de imagens em espelho, uma vez que é necessário discriminar palavras como “tudo” e “tubo”. Durante o processo de alfabetização é muito comum observar leitores iniciantes a escrever letras em espelho, ou seja, a escrever, por exemplo, “b” em vez de “d”. Estes erros de inversão tornam-se menos evidentes à medida que estes leitores tornam-se fluentes. Entretanto, leitores disléxicos apresentam uma maior prevalência de erros de inversão. A presente tese compara o processamento ortográfico de letras reversíveis (e.g. “d” e “b”) e não reversíveis (e.g. “r” e “f”) em estudantes universitários com dislexia do desenvolvimento e neurotípicos. O principal objetivo é examinar como leitores adultos com dislexia processam diferenças em contrastes de orientação, uma vez que se teoriza que a falta de supressão da invariância de espelho pode estar associada à dislexia do desenvolvimento. Para tal, foi utilizado a tarefa de decisão lexical com o paradigma de priming mascarado, manipulando transformações de orientação em uma única letra crítica do prime. O prime continha quatro versões: idêntica ao alvo (i.e., prime idêntico; e.g., ideia), a versão espelhada (i.e., prime espelhado: e.g., ibeia) ou rodada da letra crítica (i.e., prime rodado: e.g., ipea), e um padrão de pontos (i.e., prime controlo). Leitores disléxicos apresentaram o mesmo padrão que leitores neurotípicos no processamento de letras reversíveis, mas diferenciam-se no conjunto de letras não reversíveis. Especificamente, leitores disléxicos foram capazes de discriminar contrastes de orientação no conjunto de letras reversíveis, mas a invariância de imagens em espelho parece persistir para o conjunto de letras não reversíveis.

Palavras-chave: dislexia de desenvolvimento; processamento ortográfico; priming mascarado.

Índice

Introdução	1
Métodos	11
Participantes.....	11
Materiais.....	13
Procedimentos.....	14
Resultados	15
Exatidão.....	16
Tempo de Reação.....	17
Grupo Disléxico.....	18
Grupo Controlo.....	19
Discussão	20
Conclusão.....	25
Referências	27

Lista de Figuras

Figura 1: Ilustração de quatro condições de priming por tipo de letra (reversível, superior; não reversível, inferior) e a duração de eventos no ensaio.....	1
Figura 2: Exatidão de adultos do grupo com dislexia e do grupo controlo em função do tipo de letra.....	6
Figura 3: Tempo de reação de adultos do grupo com dislexia de desenvolvimento e do grupo controlo em função do tipo de letra e condição de prime.....	16

Lista de Tabelas

Tabela 1: Desempenho (Média e Desvio Padrão) de adultos do grupo com dislexia de desenvolvimento e do grupo controlo nas Provas Neuropsicológicas.....	12
Tabela 2: Desempenho (exatidão, ACC, e tempo de reação, RT) de adultos do grupo com dislexia de desenvolvimento e do grupo controlo em função do tipo de item, letra, e condição de prime.....	15

Introdução

A invariância de imagens em espelho refere-se à tendência de considerar que imagens espelhadas correspondem ao mesmo objeto (Bornstein et al., 1978). Assim, de modo a facilitar a identificação de objetos familiares, a discriminação de imagens espelhadas não é uma característica diagnóstica no reconhecimento de objetos (Bornstein et al., 1978), e.g., um tigre é consistentemente reconhecido como um tigre independentemente da sua orientação em espelho. Entretanto, esta invariância não significa que a orientação não é relevante, uma vez que o sistema de reconhecimento visual de objetos é intrinsecamente invariante a imagens em espelho mas demonstra uma capacidade inata de distinguir contrastes de *rotações planares* (e.g., 180°, como “d/p”) (Gibson et al., 1962). Em concreto, Bornstein et al. (1978) demonstrou que bebés de 3 a 4 meses de idade eram capazes de discriminar diferenças de rotação plana, mas não de imagens espelhadas.

A invariância de imagens em espelho, no âmbito da leitura, pode afetar o desempenho em alfabetos que incluem letras *reversíveis* (i.e., a mesma forma, mas diferem na orientação, e.g., “b” e “d”) além de *não-reversíveis* (i.e., diferem em forma, para além da orientação fixa; e.g., r, f) (Gibson et al., 1962). Assim, o reconhecimento de letras e palavras requer a especialização de novos processos no reconhecimento visual de objetos (Blackburne et al., 2014), de modo a discriminar letras que são reflexos laterais uma da outra (e.g. “b” e “d”), os quais entram em conflito direto com a invariância em espelho. Desta forma, durante o processo de alfabetização é muito comum observar crianças a escrever letras em espelho (e.g., a escrever, por exemplo, “b” em vez de “d”)(vide, Fernandes & Leite, 2017). Estes erros de inversão tornam-se menos frequentes à medida que estas crianças tornam-se leitores fluentes (Dehaene & Cohen, 2011). Em contrapartida, leitores com *dislexia de desenvolvimento* (i.e., perturbação de desenvolvimento específica da leitura com origem hereditária e ausência de outros fatores que possam afetar a aprendizagem) apresentam uma maior prevalência de erros de inversão (Fernandes et al., 2017). A presente tese objetiva investigar esta relação entre a dislexia de desenvolvimento e dificuldades evidentes na

discriminação de imagens em espelho. Para tal, realizou-se uma análise do desempenho de leitores neurotípicos e aqueles com dislexia de desenvolvimento, em idade adulta, no processamento de contrastes de orientação (i.e., rotações planares e em espelho) nas fases mais precoces do processamento ortográfico.

Neste contexto, é importante considerar primeiramente que a leitura e a escrita eram, até ao último século, restritas a um pequeno grupo de indivíduos. Do ponto de vista evolutivo, a exposição limitada a estas habilidades não foi suficiente para promover alterações significativas no genoma humano, o que significa que não possuímos um mecanismo inato dedicado à leitura. Segundo a *Hipótese da Reciclagem Neuronal* (Dehaene, 2009; Dehaene & Cohen, 2007, 2010), estas habilidades são adquiridas através da reutilização de redes neurais antigas que evoluíram para outras funções, mas cujas propriedades originais são suficientemente próximas e compatíveis com a função adquirida. Isto ocorre devido à plasticidade cerebral, a qual possibilita a adaptação de antigas funções para a execução de novas tarefas (Dehaene, 2009; Dehaene e Cohen, 2007).

Assim, a aquisição da leitura é acomodada por meio da reciclagem de parte das áreas cerebrais da *via visual ventral* dedicada ao reconhecimento visual e identificação de objetos familiares (Goodale & Milner, 1992, 2008), incluindo uma região occipitotemporal ventral esquerda, que em leitores se torna especializada no processamento ortográfico, e denominada *Área da Forma Visual da Palavra* (VWFA), localizada nos limite do sulco occipitotemporal lateral esquerdo. Inclusive, estudos de caso de pacientes com lesão cerebral (e.g. Cohen et al., 2003; Pflugshaupt et al., 2009) verificaram que lesões nesta área causam *alexia pura* (i.e., défice seletivo no reconhecimento visual de palavras em leitores típicos). Portanto, para leitores neurotípicos, VWFA é ativada quando são expostos a sequências de letras no código em que são letrados, em todas as culturas (Bolger et al., 2005), de forma invariante para a localização que o estímulo ortográfico ocupa no campo visual (Cohen, 2000) e para características visuais das letras (Dehaene, 2002), ou seja, do formato das letras, tamanho ou tipo de letra utilizado. Por outro lado, leitores com dislexia de desenvolvimento

apresentam um padrão de hipoativação da VWFA (e.g. Feng et al., 2020), o que pode indicar que a dislexia implica uma falha na especialização da leitura na VWFA (Salmelin et al., 1996).

Primeiramente, no decurso da automatização da leitura, o sistema cognitivo desenvolve um processamento rápido da palavra escrita sustentado por representações abstratas de letras que ocorrem de forma relativamente independente das variações das características de superfície da escrita (Perea & Panadero, 2014). Segundo o Modelo de Ativação Interativa proposto por McClelland & Rumelhart (1981), o processamento visual de palavras ocorre em três níveis de representação: traços (i.e., características visuais identificadas em unidades visuais), letras abstratas (i.e., combinação de traços visuais) e palavras (i.e., combinação de letras abstratas). Em cada um desses níveis, unidades de representação (i.e., nódulos) são ativadas e a palavra é reconhecida quando esta ativação atinge um nível suficientemente elevado. Ainda, esta ativação pode ocorrer de modo ascendente (conexões excitatórias) ou descendente (conexões inibitórias).

Segundamente, esta hipoativação na VWFA encontrada em leitores disléxicos pode estar relacionada com a maior dificuldade de discriminação de letras em espelho, uma vez que, de acordo com o Modelo de Ativação Interativa, em leitores neurotípicos, o processamento visual de palavras ocorre por ativação de representações abstratas das letras que não são afetadas por diferenças de tamanho de caixa ou de tipo de letra, e.g., “*A* A *A*” ativam a representação abstrata correspondente a letra “A” (Perea & Panadero, 2014). Por outro lado, leitores disléxicos parecem ser mais sensíveis a estas características visuais da palavra. Em concreto, Perea & Panadero (2014) apresentaram pseudopalavras com configuração visual semelhante (e.g., viotín – violín) ou diferente (e.g., viocín - violín) de palavras reais numa tarefa de decisão lexical, demonstrando que crianças disléxicas são mais sensíveis a pistas visuais de superfície que leitores neurotípicos da mesma idade. De facto, crianças disléxicas apresentam mais erros na decisão lexical de pseudopalavras com uma configuração visual semelhante do que diferente de palavras reais, enquanto que as crianças e adultos neurotípicos não foram sensíveis à configuração visual da palavra escrita.

Nesse sentido, a via ventral é originalmente invariante para imagens em espelho e esta invariância torna-se indesejável em códigos escritos com letras reversíveis (Fernandes, Arunkumar & Huettig, 2021). De modo a automatizar a leitura, este viés original do reconhecimento visual de objetos terá de ser suprimido (Dehaene & Cohen, 2010), o que é particularmente desafiador para leitores disléxicos, uma vez que são altamente sensíveis à forma visual das palavras escritas (Perea et al., 2014). Em contrapartida, em indivíduos neurotípicos, a discriminação de imagens em espelho é desenvolvida quando aprendem um código escrito que inclui letras reversíveis, mesmo quando a leitura é adquirida na idade adulta (e.g., Kolinsky et al., 2011; Fernandes et al., 2021). Quando leitores adultos neurotípicos veem pares de letras espelhadas, o córtex occipitotemporal ventral (*vOT*) é ativado cerca de 170 ms após a exposição ao estímulo (Dehaene, 2010), independentemente da tarefa (Blackburne et al., 2014), sugerindo a distinção automática de letras espelhadas.

É importante destacar que o priming mascarado é a maior evidência da rápida conversão de características visuais em representações abstratas pelo sistema cognitivo (Forster & Davis, 1984). Esta técnica permite avaliar os estágios iniciais do processamento ortográfico, uma vez que estímulos rapidamente apresentados (com duração < 60 ms) seguidos de uma máscara, e.g., #####, facilitam a percepção do estímulo alvo de forma subliminar (Forster & Davis, 1984). Por exemplo, Perea et al. (2011) investigaram a inibição da invariância de imagens espelhadas para letras reversíveis e não reversíveis, através da tarefa de decisão lexical com priming mascarado. Foi manipulada uma das letras da palavra alvo no prime (e.g., IDEIA), especificamente, poderia incluir a versão correta da letra crítica (i.e., prime idêntico; e.g., ideia), a versão espelhada da letra crítica (i.e., prime espelhado: e.g., ibeia), ou um padrão de pontos ou uma outra letra (prime controlo: e.g., ileia). A resposta à palavra alvo foi mais lenta na condição espelhada em comparação com a condição controlo apenas para letras reversíveis, i.e., não foi observado o efeito inibitório da invariância de imagens em espelho para letras não-reversíveis (Perea, 2011).

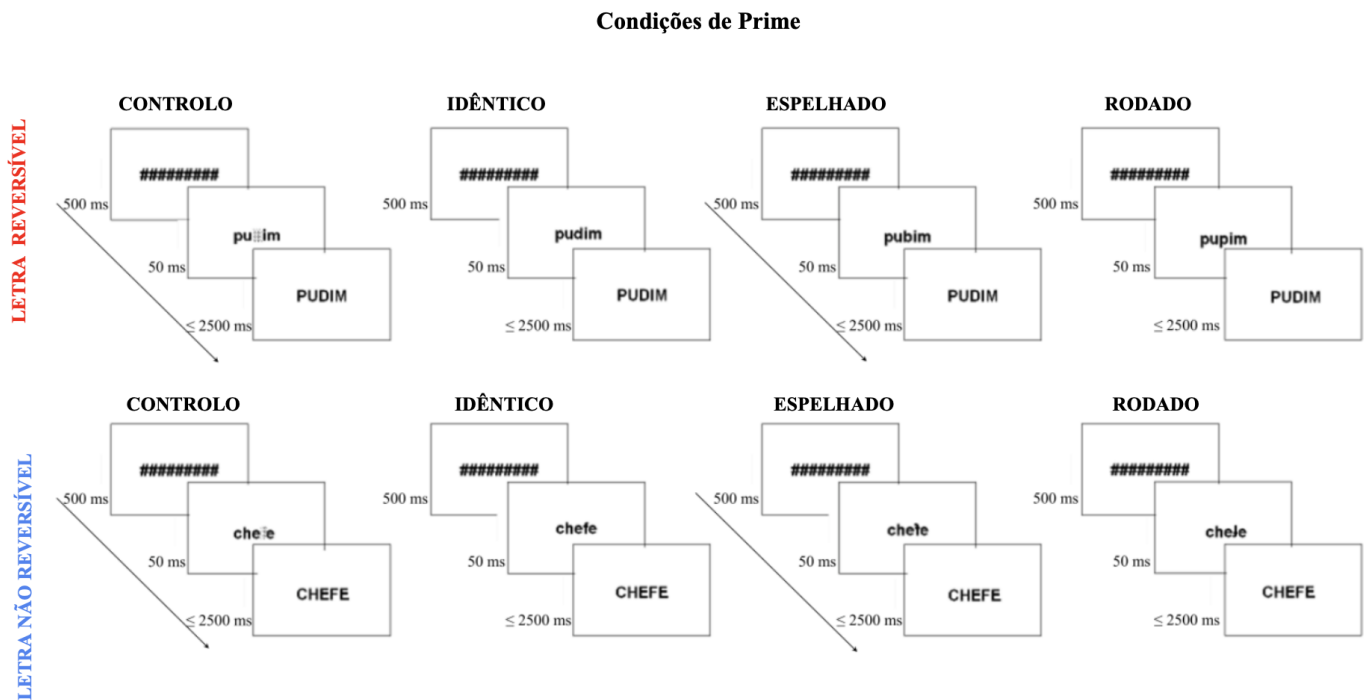
Em contrapartida, Fernandes et al. (2022) aplicaram esta tarefa de decisão lexical com priming mascarado incluindo uma condição de prime em que a letra crítica foi rodada a 180° (i.e., prime

rodado e.g., ipeia), uma vez que é uma habilidade inata (Gibson et al., 1962). Foi observado que, para letras reversíveis e não reversíveis, ambos os contrastes de orientação (espelhado e rodado) levaram a maiores tempos no reconhecimento da palavra do que na condição de prime idêntico. Neste caso, a condição idêntica como referência, ao invés da condição controlo, permite analisar o impacto e a interferência das imagens espelhadas e rodadas isoladamente no processamento das palavras-alvo (Fernandes et al., 2022). Ainda, a diferença de uma única letra crítica entre a palavra-alvo e o prime idêntico permite analisar a qualidade das representações lexicais, i.e., se precisas o suficiente para detectar esta pequena diferença (Castles, 2007). Portanto, tendo em vista que a interferência observada em primes espelhados para letras não reversíveis foi similar àquela observada em primes rodados, as evidências parecem apontar para a supressão da invariância de espelho em leitores neurotípicos, como previsto pela Hipótese da Reciclagem Neuronal.

Neste contexto, a presente tese tem como objetivo aplicar a investigação, proposta por Fernandes et al. (2022) (Experimento 1), do processamento ortográfico de leitores adultos neurotípicos, desta vez, incluindo também a análise de leitores adultos com dislexia de desenvolvimento. Para tal, foi utilizada a tarefa de decisão lexical com o paradigma de priming mascarado (vide Fernandes et al., 2022). O estudo teve como desenho experimental misto 2 Grupo (Controlo; Disléxico) x 2 Letra (não-reversível; reversível) x 4 Prime (idêntico, letra espelhada, letra rodada, controlo) (Figura 1). O paradigma utilizado, o priming mascarado, tem a capacidade de revelar processos automáticos e não conscientes envolvidos no reconhecimento visual da palavra, uma vez que ativa representações abstratas do processamento ortográfico. Assim como, a participação de estudantes universitários no presente estudo é essencial para assegurar resultados fidedignos, uma vez que estes estudantes são massivamente expostos ao material escrito, a persistência de dificuldades ou défices não podem ser justificados por uma reduzida exposição à escrita (Fernandes et al, 2017).

Figura 1

Ilustração de quatro condições de priming por tipo de letra (reversível, superior; não reversível, inferior) e a duração de eventos no ensaio.



Nota. Adaptado de Fernandes et al., (2022, p 5).

No caso de leitores neurotípicos, Fernandes, Velasco e Leite (2023) demonstraram que crianças neurotípicas apresentam um curso de supressão do viés da invariância de imagens em espelho até o 6º ano de escolaridade. Especificamente, foi aplicado o paradigma de sandwich priming com uma tarefa de decisão lexical (Fernandes et al., 2022, Experimento 2). O prime continha quatro versões: idêntica ao alvo (i.e., prime idêntico; e.g., ideia), a versão espelhada (i.e., prime espelhado: e.g., ibeia) ou rodada da letra crítica (i.e., prime rodado: e.g., ipea), e um padrão de pontos (i.e., prime controle). Foi observado que crianças entre o 2º e o 4º ano escolar não apresentam diferenças significativas no processamento de letras reversíveis e não-reversíveis, sugerindo a operação do mecanismo de invariância em espelho durante o processamento ortográfico. No 5º ano, as crianças apresentaram interferência apenas na condição de prime espelhado para letras reversíveis, indicando uma discriminação mais precoce de imagens em espelho para esse tipo de letra. A partir do 6º ano,

o processamento ortográfico assemelhou-se ao de adultos, com interferência observada para primos espelhados e primos rodados em comparação com primos idênticos.

Estes resultados estão alinhados com as evidências reunidas por Blackburne et al. (2014), os quais revelaram diferenças significativas nos padrões de processamento entre leitores neurotípicos adultos e crianças entre 5 e 12 anos. Designadamente, enquanto que leitores adultos apresentaram uma resposta cerebral mais robusta e diferenciada ao visualizar letras em espelho em comparação com letras em sua orientação típica, demonstrando uma discriminação automática de imagens em espelho no decurso do processamento ortográfico, as crianças não exibiram essa diferenciação. Esta diferença foi evidenciada tanto nas respostas cerebrais através de *ressonância magnética funcional* (fMRI) quanto de *potenciais relacionados com eventos* (ERPs), indicando que o desenvolvimento da discriminação de letras em espelho é um processo prolongado, o qual alcança um processamento maduro e especializado na idade adulta.

No que toca à análise de leitores disléxicos, a análise do processamento ortográfico sugere a adoção da mesma estratégia no processamento visual de estímulos linguísticos e não linguísticos (Lachmann & Van Leeuwen, 2007), o que pode ocasionar, falhas na automatização da discriminação de imagens em espelho, visíveis durante mais tempo em disléxicos em comparação com leitores neurotípicos ou mesmo não resolvidas e observáveis em condições mais sofisticadas de avaliação (Fernandes & Leite, 2017). Em concreto, no estudo de Lachmann & Van Leeuwen (2007) foi utilizado a tarefa igual-diferente baseada na forma, na qual pares de letras e padrões de pontos rodados e espelhados deveriam ser julgados como iguais quando apresentam a mesma forma independentemente da sua orientação, i.e., a automatização da discriminação de contrastes de orientação poderia interferir na performance. Foi observado leitores disléxicos processam pares de letras e de padrões de pontos espelhados de forma invariante, i.e., desempenho facilitado para o padrão de pontos e pares de letras, enquanto leitores neurotípicos apresentam padrões diferentes consoante o tipo de estímulo, i.e., de discriminação ao espelho para letras e de invariância ao espelho para os padrão de pontos (estímulos não-linguísticos). O mesmo padrão de resultados foi

constatado no estudo conduzido por Fernandes & Leite (2017). Em concreto, em tarefas baseadas na forma, crianças com dislexia de desenvolvimento facilmente ignoravam a orientação (i.e., rapidamente consideraram "d" e "b" como iguais em termos de forma), enquanto as crianças neurotípicas apresentaram interferência de espelho em tarefas baseadas na forma (i.e., sendo mais lentos na classificação da forma de pares "d" e "b" do que pares "d" e "d").

A persistência de dificuldades de discriminação na infância pode ser justificada pelo uso das mesmas redes neurais que leitores neurotípicos mas com uma eficiência reduzida em idade adulta (Mahé et al., 2018). Especificamente, Mahé et al. (2018), investigou os processos cerebrais envolvidos na dislexia por meio da análise de ERPs, paradigmas de decisão lexical (processamento ortográfico) e leitura em voz alta (processamento fonológico). Na tarefa de decisão lexical, leitores disléxicos foram mais lentos em relação à leitores neurotípicos experientes, i.e., amplitudes reduzidas no final do intervalo N2 em locais posteriores exclusivo para palavras (apresentam representações lexicais) em comparação com pseudopalavras (não apresentam representações lexicais), demonstrando que leitores disléxicos não apresentam efeito de lexicalidade, i.e, diferenças no processamento de palavras reais e pseudopalavras. Na tarefa de leitura em voz alta, leitores disléxicos apresentaram maior dificuldade na conversão explícita de grafema para fonema para pseudopalavras em comparação com palavras, perceptíveis tanto na latência quanto na taxa de erro. Estas diferenças restringem-se à amplitude e não à distribuição global, assim, indicam a menor eficiência em leitores disléxicos apesar do uso das mesmas redes neurais que leitores neurotípicos.

Esta menor eficiência parece ser expressa por défices no processamento lexical, os quais constituem uma característica estabelecida em leitores disléxicos. Especificamente, em comparação com leitores neurotípicos, leitores disléxicos são mais afetados pela confusão ortográfica e fonológica em tarefas que requerem a coordenação do processamento sequencial de vários itens (i.e., nomeação serial); são mais lentos na fase de produção (nomeação) em testes que requerem a atenção seletiva (i.e., teste de stroop) (Jones, Snowling & Moll, 2016); embora os leitores disléxicos desenvolvam representações ortográficas adequadas, ainda são observáveis dificuldades na

automatização das conexões visual-fonológicas, o que prejudica a seleção eficiente de uma representação única para produção (Jones, Kuipers & Thierry, 2016).

Por outro lado, Lété e Fayol (2013) aplicaram o paradigma de priming mascarado com letras transpostas e substituídas, em crianças mais velhas com dislexia de desenvolvimento e crianças neurotípicas com nível de leitura e idade emparelhados. Neste caso, se o sistema de processamento visual é flexível o suficiente, possibilitará o reconhecimento de palavras mesmo quando duas letras estão transpostas. Entretanto, letras substituídas indicam que o sistema de leitura procura a correspondência mais apropriada no entorno lexical, mas, às vezes, ativa incorretamente uma palavra devido a semelhanças visuais ou outros fatores que podem levar a ativações inadequadas. Neste estudo, observou-se que apenas as crianças do quinto ano e aquelas com dislexia de desenvolvimento demonstraram efeitos de priming tanto para letras substituídas quanto para letras transpostas. Portanto, com exposição prolongada ao código, as crianças com dislexia podem alcançar um nível de desempenho semelhante ao de seus pares neurotípicos no processamento ortográfico, indicando que sua capacidade de aceder ao conhecimento ortográfico não está necessariamente comprometida.

A evidência da superação destes défices pode ser justificada pela hipótese da afinação lexical apresentado por Castles (1999; 2007), na qual em fases iniciais da aquisição da leitura, o sistema de reconhecimento de palavras aceita entradas semelhantes (mas não idênticas; e.g., tudo, tubo) como possíveis palavras-alvo, uma vez que ainda não existem muitas palavras concorrentes armazenadas no léxico ortográfico. Quanto mais contacto com a leitura, maior o vocabulário do leitor e por isso, maior será a necessidade do sistema de reconhecimento visual da palavra ser mais criterioso e mais preciso, principalmente para palavras que residem em vizinhanças densas (i.e., com muitas palavras que partilham todas as letras menos uma, por adição, omissão, ou substituição: eg., mal, mar, par). Portanto, a aquisição do processamento ortográfico ocorre pelo ajuste no critério de correspondência da palavra-alvo e as palavras são inicialmente armazenadas no léxico como unidades grosseiras. À medida que ocorre o desenvolvimento ortográfico e devido à exigência de

distinção de palavras semelhantes, as representações lexicais serão cada vez mais finas e precisas. Nesse sentido, em leitores adultos com dislexia de desenvolvimento com alta experiência na leitura, supõe-se a existência de um léxico ortográfico maior, o qual permite que as representações lexicais sejam mais precisas. Considerando as evidências acerca do uso de estratégias compensatórias que remedeiam estas dificuldades (Lété e Fayol, 2013), e dado que a amostra deste estudo compõe-se majoritariamente por estudantes universitários, espera-se que estes leitores apresentem padrões de resultados semelhantes aos indivíduos sem dificuldades de leitura (Fernandes et al., 2022). Ou seja, interferência no reconhecimento de palavras precedidas por primes espelhados e rodados em comparação com prime idêntico, quer para letras reversíveis, quer para não-reversíveis, as quais serão perceptíveis tanto no tempo de reação, quanto na taxa de erro.

Por outro lado, a discriminação de letras em espelho depende de representações abstratas de letras estáveis e consolidadas, e o padrão observado em leitores adultos só é alcançado para os dois tipos de letras no final do 6º ano escolar (Fernandes et al., 2023). Assim, se a invariância de espelho ainda ocorrer durante o processamento ortográfico em leitores disléxicos adultos, então o padrão de resultados obtidos deve ser equivalente ao observado em leitores saudáveis principiantes (Fernandes et al., 2023). Ou seja, facilitação equivalente no reconhecimento da palavra alvo precedida por prime idêntico ou espelhado (porque a invariância de espelho ainda ocorre) e interferência na condição de prime rodado (porque a discriminação de rotações planares é inata), manifestadas pelo tempo de reação equivalente para respostas precedidas por primes idênticos e espelhados, em comparação com primes rodados. Esta última hipótese está alinhada à literatura apresentada, na qual leitores disléxicos adultos utilizam as mesmas redes neurais que leitores neurotípicos mas com uma menor eficiência (Mahé et al., 2018), manifestando assim um padrão consistente de défices no processamento lexical. Em concreto, na infância, uma maior sensibilidade à pistas visuais (Perea & Panadero, 2014), o uso da mesma estratégia no processamento visual de estímulos linguísticos ou não (Lachmann & Van Leeuwen, 2007) e a persistência de défices na discriminação de imagens em espelho (Fernandes & Leite, 2017). Em idade adulta, estas dificuldades parecem persistir por meio

de maiores tempos de reação (Mahé et al., 2018), confusão ortográfica na visão periférica e confusão fonológica na visão central (Jones, Ashby & Branigan, 2013), défices na automaticidade da leitura (Jones et al., 2016) e na integração visual-fonológica (Jones et al., 2016).

Método

Participantes

Quarenta e três adultos (28 mulheres; 15 homens), nativos de língua portuguesa, com idades entre os 19 e 30 anos, sem défices sensoriais não-corrigidos e nível intelectual não-verbal normativo (teste de matrizes progressivas de Raven, Raven et al., 2009) participaram voluntariamente no estudo, após consentimento informado escrito. Os participantes receberam um voucher pela sua participação. O estudo cumpriu as regras éticas e deontológicas internacionais e nacionais de investigação em Psicologia e recebeu parecer favorável pela Comissão de Ética e Deontologia da faculdade.

A amostra foi dividida em dois grupos: grupo disléxico e o grupo controlo. Para a caracterização cognitiva foram usados o teste de blocos de Corsi (memória operacional visuoespacial; Corsi, 1972), a tarefa de deleção de fonemas (consciência fonológica; Araújo et al., 2011), teste de matrizes progressivas de Raven (QI não-verbal; Raven et al., 2009) e as tarefas de leitura, 1-minTIL (teste de rastreio de dificuldades de leitura em estudantes universitários: Fernandes et al., 2017) e 3DM¹ (teste de fluência de leitura: Reis et al., 2013).

O *grupo controlo* foi constituído por 24 indivíduos neurotípicos que realizaram todas as tarefas, incluindo as tarefas de leitura, de modo a garantir que estes participantes apresentaram valores normativos de fluência de leitura na 3DM (Reis et al., 2013) e de compreensão escrita no 1-min TIL (Fernandes et al., 2017).

¹ A 3DM é uma bateria de provas de leitura que inclui um teste de fluência de leitura composto por três listas: palavras de alta frequência (AF), baixa frequência (BF) e pseudopalavras (PP). O participante deve ler o máximo de itens possível de cada lista em voz alta num período de tempo limitado a 30s. A dificuldade dos itens aumenta gradualmente (Pacheco et al., 2014).

Tabela 1

Desempenho (Média e Desvio Padrão) de adultos do grupo com dislexia de desenvolvimento e do grupo controlo nas Provas Neuropsicológicas.

Variável	Dislexia	Controlo	t(41)	F(2)	Intervalo de Confiança a 95 %	
					Lim. Inferior	Lim. Superior
TIL	10.0 (2.63)	16.2 (3.05)	-6.777***	—	-8.103	-4.37
QI não-verbal	11.2 (2.55)	11.6 (2.22)	-.592	—	-2.001	1.10
Corsi	17.1 (3.68)	15.5 (3.35)	1.424	—	-.692	3.96
DF	15.3 (2.68)	16.0 (3.35)	-.629	—	-2.612	1.37
3DM ^a			—	40.1***		
AF	46.4 (9.46)	62.0 (6.90)			-20.882	-10.24
BF	38.7 (9.82)	56.4 (9.25)			-23.908	-11.52
PP	28.7 (8.44)	44.1 (7.94)			-20.750	-10.11

Nota. DP em parêntesis; Dislexia = Grupo com dislexia (n=18); Controlo = Grupo controlo com idade emparelhada (n=21); TIL = Teste de idade de leitura; DF= Teste de deleção de fonemas; 3DM = Teste de fluência na leitura; AF = Palavras de alta frequência. BF = palavras de baixa frequência. PP = pseudo-palavras.

*** p = <.001

O grupo com dislexia foi constituído por 19 indivíduos (13 mulheres; M idade: 24.2, SD = 2.78) com diagnóstico prévio de dislexia de desenvolvimento, sem outras perturbações neuropsicológicas ou outros défices cognitivos e um desempenho indicativo de perturbação específica de leitura no 1-min TIL (Fernandes et al., 2017) e significativamente abaixo do grupo controlo nas tarefas de leitura utilizadas (vide Tabela 1).

Dois participantes neurotípicos foram excluídos porque apresentaram desempenhos sugestivos de dificuldades de leitura (TIL > 13; Fernandes et al., 2017). Um participante do grupo disléxico e um participante do grupo controlo foram excluídos por apresentarem um desempenho ao nível do acaso (exatidão < 50%) na tarefa de decisão lexical.

Segundo estes critérios, foram incluídos no grupo disléxico, 18 participantes (12 mulheres; 6 homens; M idade=24.3, DP = 2.85) e no grupo controlo, 21 participantes (12 mulheres; 8 homens, M idade = 23.5, SD = 2.68). Os dois grupos estavam emparelhados em idade, $t(37) = -.906, p$

=.371, escolaridade, $t(36) = -.619, p = .540$, e memória de trabalho visuoespacial, $t(76) = 1.424, p = .163$ (i.e., Teste de Cubos de Corsi; Corsi, 1972).

Como esperado, os grupos diferiam significativamente no desempenho nas tarefas de leitura: 1-min TIL, $t(37) = -6.777, p < .001$, 3DM, $F(1, 37) = 40.1, p < .001$. Especificamente na 3DM, o grupo disléxico apresentou globalmente menor fluência na leitura do que o grupo controlo (Tabela 1), entretanto a diferença não foi significativa, $F(2, 74) = .960, p = .338$. Ambos os grupos apresentaram melhores resultados para palavras de alta frequência, seguido por baixa frequência e por fim, pseudo-palavras, $F(2, 74) = 188.611, p < .001$. Estes resultados vão de acordo com o previsto por Pacheco et al. (2014), uma vez que disléxicos apresentam dificuldades na nomeação automática de palavras, assim como, a frequência das palavras é um fator moderador do seu processamento.

Materiais

Foram usados os mesmos itens na tarefa experimental que em Fernandes et al. (2022, Exp. 1), i.e., tarefa de decisão lexical com priming mascarado. O conjunto de estímulos consistiu em 384 palavras frequentes de língua portuguesa (192 com a letra crítica reversível e 192 não-reversível) e 384 pseudopalavras (192 com a letra crítica reversível e 192 não-reversível), todas compostas por 4 a 9 letras (2 a 4 sílabas). Foi assegurado que as letras críticas a manipular eram consoantes assimétricas e que o conjunto de letras reversíveis, "b", "d" e "p", e de letras não-reversíveis, "f", "r" e "t" tinham confusabilidade intra-conjunto semelhante (vide Fernandes et al., 2022).

Procedimento

O procedimento experimental foi semelhante ao utilizado por Fernandes et al. (2022, Experimento 1). Em cada ensaio era apresentada uma sequência de cardinais no centro do ecrã durante 500 ms, seguida do prime por 50 ms, ao qual se seguia o alvo apresentado em maiúsculas por um máximo de 2.5 s ou até o participante dar uma resposta, i.e., decidir se o alvo era uma

palavra da língua portuguesa (sim: botão direito e dedo indicador direito) ou não (não: botão esquerdo e dedo indicador esquerdo). O estímulo-alvo era precedido por quatro tipos de prime mascarado correspondentes ao alvo, mas em letras minúsculas e que apenas diferiam na letra crítica: (i) idêntico ao alvo; (ii) letra crítica espelhada; (iii) letra crítica rodada 180°; (iv) letra crítica substituída por um padrão de pontos (condição controlo). A letra crítica poderia ser reversível (mesma forma mas diferente orientação) ou não reversível (forma e orientação diferente das outras letras do código).

Cada participante foi testado individualmente numa sala do laboratório de psicologia experimental da faculdade. Os participantes sentaram-se a uma distância de ~ 60 cm do monitor CRT de 17" (resolução: 1024 × 768 pixels; taxa de atualização: 60 Hz; ciclo de atualização de 16,67 ms). Para se ambientarem à tarefa, antes dos ensaios experimentais, os participantes realizaram uma lista de prática composta por 16 itens (8 palavras e 8 pseudopalavras que não faziam parte da lista experimental) e receberam feedback sobre a exatidão da sua resposta em cada ensaio. Em seguida, os participantes realizavam a lista experimental sem feedback, dividida em dois blocos de 384 itens experimentais (384 palavras e 384 pseudopalavras; 48 itens por condição), aleatoriamente apresentados. Foram criadas quatro listas, de modo a garantir que cada participante realizava a tarefa sobre cada item uma única vez, e que inter-participante cada item era apresentado nas quatro condições de prime. Cada participante realizava apenas uma das listas experimentais.

Resultados

Foram realizadas análises de variância, ANOVAs mistas com os fatores Grupo (Controlo vs. Disléxico: inter-participantes), Letra (reversível vs. não-reversível), Prime (idêntico, controlo, espelhado, rodado) através do software Jamovi (Versão 2.3). ANOVAs foram conduzidas para tempos de resposta (*RTs*) médio nos ensaios “palavra” com resposta correta (após eliminação de *RT* < 200 ms e outliers 2.5 *DP* acima da média geral de cada participante; 2.6% dos dados excluídos) e

para a exatidão (i.e., proporção de acertos) nos ensaios “palavra”. Os ensaios “não-palavra” eram ensaios *filler* uma vez que normalmente não são observados efeitos de priming (Forster & Davis, 1984).

Tabela 2

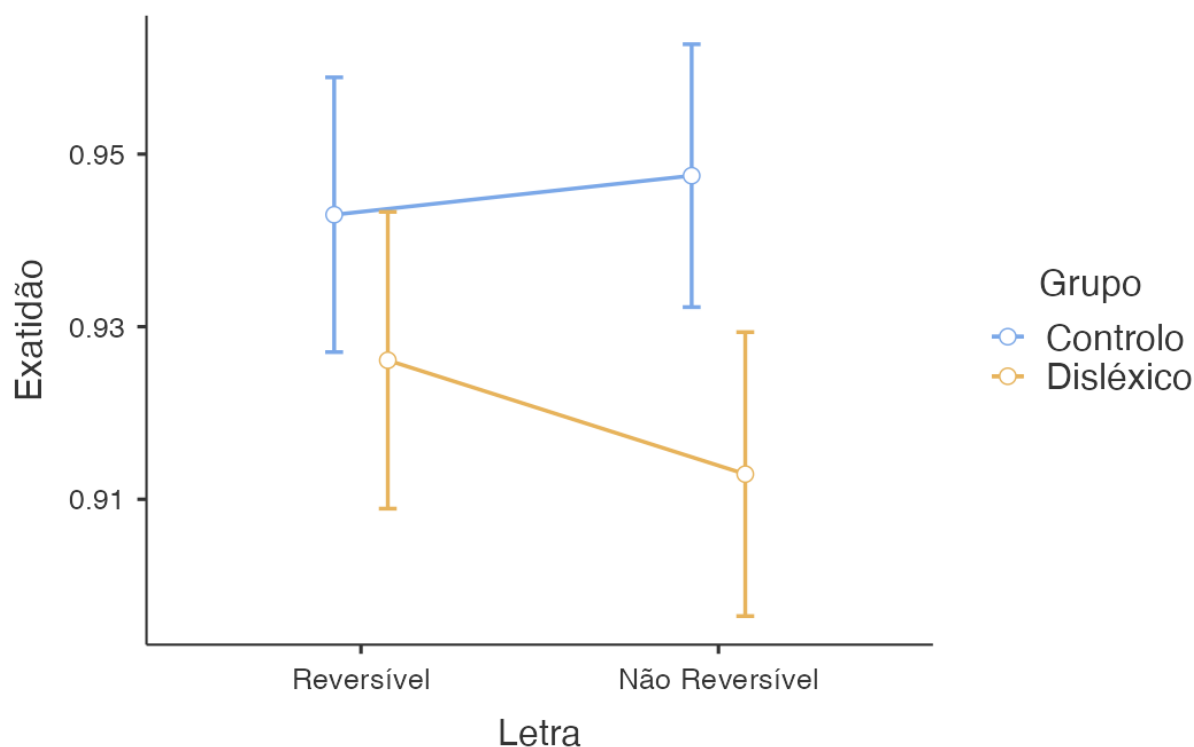
Desempenho (exatidão, ACC, e tempo de reação, RT) de adultos do grupo com dislexia de desenvolvimento e do grupo controlo em função do tipo de item, letra, e condição de prime.

		letra			
		não-reversível		reversível	
	prime	RT	ACC	RT	ACC
Dislexia					
palavras	controlo	709 (141.1)	.919 (.0991)	716 (131.7)	.934 (.0967)
	idêntico	692 (128.8)	.918 (.0891)	659 (111.5)	.933 (.1022)
	espelhado	701 (126.7)	.922 (.0967)	708 (127.9)	.913 (.0972)
	rodado	719 (138.7)	.893 (.1093)	725 (130.0)	.923 (.0959)
pseudo-palavras	controlo	835 (141)	.880 (.1028)	853 (153)	.869 (.0997)
	idêntico	833 (159)	.863 (.1069)	851 (146)	.832 (.1195)
	espelhado	845 (146)	.871 (.1073)	851 (140)	.873 (.1247)
	rodado	845 (149)	.864 (.1002)	851 (157)	.844 (.1209)
Controlo					
palavras	controlo	594 (83.3)	.950 (.0463)	591 (90.9)	.953 (.0384)
	idêntico	568 (89.3)	.960 (.0408)	580 (87.6)	.960 (.0422)
	espelhado	594 (92.2)	.953 (.0433)	600 (83.4)	.940 (.0664)
	rodado	605 (83.1)	.927 (.0637)	599 (88.9)	.919 (.0608)
pseudo-palavras	controlo	663 (120)	.948 (.0533)	662 (110)	.925 (.0649)
	idêntico	662 (120)	.943 (.0550)	659 (113)	.936 (.0726)
	espelhado	661 (120)	.939 (.0522)	661 (113)	.936 (.0572)
	rodado	655 (118)	.943 (.0575)	662 (111)	.940 (.0614)

Nota. SD em parênteses. Média de valores do TR em ms.

Figura 2

Exatidão de adultos do grupo com dislexia e do grupo controlo em função do tipo de letra.



Nota. RT = tempo de reação; ctrl = controlo; ident = idêntico; esp = espelhado; rod = rodado.

Exatidão

A exatidão foi alta para ambos os grupos, com desempenho médio acima de 90% (Tabela 2) e sem diferença global entre os dois grupos, $F(1, 37) = 1.29, p = .264, \eta^2 = .034$. Os dois grupos diferiram no padrão de desempenho para as palavras dos dois conjuntos de letra, $F(3, 111) = 6.445, p = .015, \eta^2 = .148$ (efeito principal de tipo de letra: $F(1, 37) = 1.543, p = .222, \eta^2 = .040$). A interação tripla Letra x Prime x Grupo ($F(3, 111) = .988, p = .401, \eta^2 = .026$) não foi significativa. Enquanto que o grupo controlo não apresentou diferenças de exatidão para as palavras-alvo do conjunto de letras reversíveis e não-reversíveis, $t(37) = -0.954, p = .346$, o grupo disléxico teve piores desempenhos para as palavras-alvo do conjunto não-reversível do que do conjunto reversível, $t(37) = 2.576, p < .001$.

O efeito principal de tipo de prime foi significativo, $F(3, 111) = 10.767, p < .001, \eta^2 = .225$, e o padrão de efeito de prime não diferiu significativamente entre os dois grupos, $F(3, 111) = 1.292, p = .281, \eta^2 = .034$. Globalmente os participantes apresentaram pior desempenho quando a palavra alvo foi precedida de um prime espelhado em comparação ao idêntico, $t(37) = 2.416, p = .021$, e quando precedido por um prime rodado em comparação ao idêntico, $t(37) = 5.022, p < .001$, mas não foram observadas diferenças significativas na exatidão para palavras alvo precedidas por prime idêntico ou controlo, $t(37) = -0.789, p = .435$. Note-se que, a exatidão é menos sensível aos efeitos de priming mascarado do que os TR, pelo que o tempo de reação é a variável dependente principal.

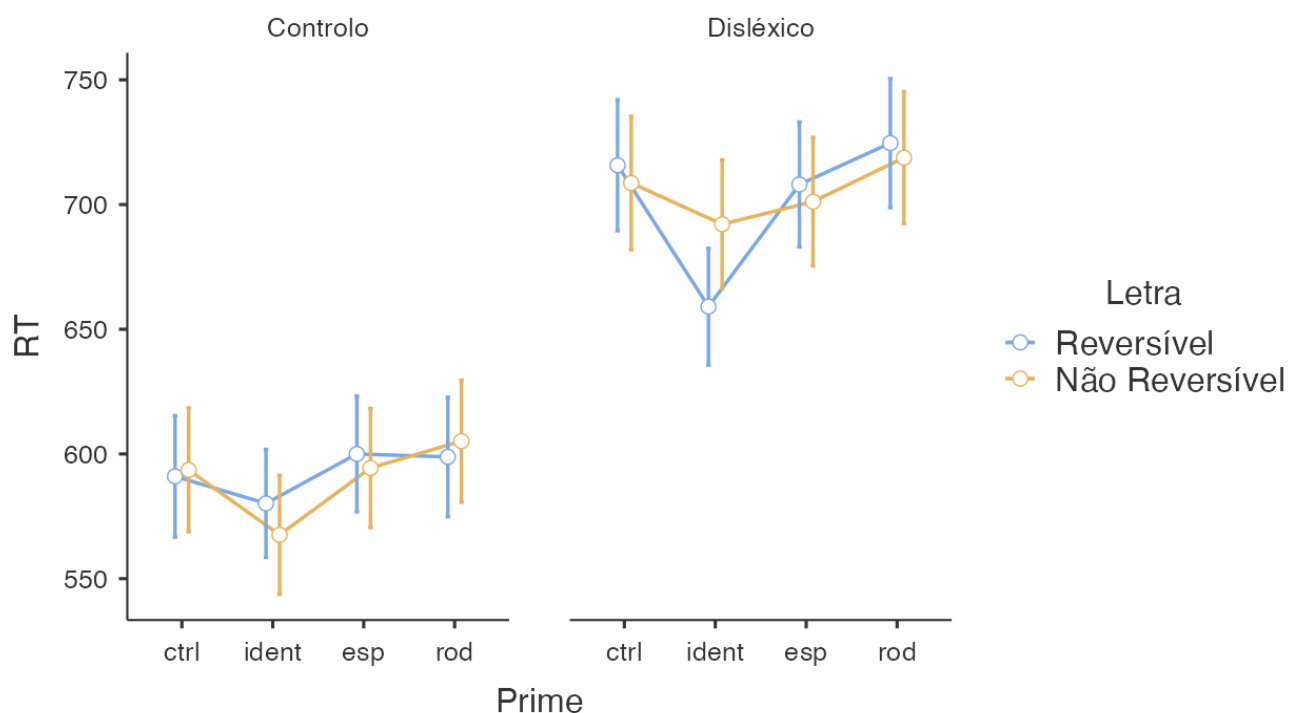
Tempos de Reação

Leitores disléxicos foram globalmente mais lentos do que o grupo controlo na tarefa de decisão lexical, $F(1, 37) = 10.9, p = .002, \eta^2 = .228$. O grupo disléxico apresentou uma média de tempo de reação de 704 ms ($SD = 24.9$) e o grupo controlo 591 ms ($SD = 23.1$). Estes resultados estão de acordo com os estudos anteriores, uma vez que leitores disléxicos têm dificuldades no reconhecimento visual rápido de palavras, mesmo na idade adulta (Mahé et al., 2018).

O efeito principal do Prime foi altamente significativo, $F(3, 111) = 24.8700, p < .001, \eta^2 = .402$, bem como a interação tripla Grupo x Letra x Prime, $F(3, 111) = 4.5139, p = .005, \eta^2 = .109$. Não foi encontrado nenhum outro efeito significativo: Grupo x Prime, $F(3, 111) = 2.0362, p = .113, \eta^2 = .052$; Letra, $F(1, 37) = .0223, p = .882, \eta^2 = .001$, Grupo x Letra, $F(1, 37) = .7614, p = .389, \eta^2 = .020$, Letra x Prime ($F(3, 111) = 1.2151, p = .308, \eta^2 = .032$). De modo a examinar como o tipo de letra e a condição de prime causam impacto na velocidade de reconhecimento visual de palavras em leitores disléxicos e neurotípicos, o efeito triplo foi decomposto para cada grupo separadamente.

Figura 3

Tempo de reação de adultos do grupo com dislexia de desenvolvimento e do grupo controle em função do tipo de letra e condição de prime.



Nota. RT = tempo de reação; ctrl = controle; ident = idêntico; esp = espelhado; rod = rodado.

Grupo Disléxico

No grupo disléxico, o efeito principal de prime, $F(3, 51) = 13.993, p < .001, \eta^2 = .451$, foi modelado pelo tipo de letra, $F(3, 51) = 2.924, p = .043, \eta^2 = .147$. O efeito de priming de identidade apenas foi observado para palavras do conjunto de letras reversíveis, $t(17) = 5.0681, p < .001$, mas não para o conjunto de letras não-reversíveis, $t(17) = 1.2815, p = .217$. Os disléxicos apresentaram desempenhos mais lentos para palavras precedidas de um prime com letra em espelho do que idêntica para letras reversíveis, $t(17) = -4.64, p < .001$, pelo que foi observada discriminação automática de imagens em espelho para as letras reversíveis. Contudo, para letras não-reversíveis os disléxicos não mostraram discriminação de letras espelhadas: primes com letras não reversíveis espelhadas produziram o mesmo efeito que primes idênticos ao alvo em leitores disléxicos adultos,

$t(17) = 0.84, p > .413$. Para rotações planares, o reconhecimento foi significativamente mais lento do que o prime idêntico quer para letras reversíveis, $t(17) = -7.4258, p < .001$, quer para não reversíveis rodadas, $t(17) = -2.7763, p = .013$. Este resultado sugere que a discriminação de rotações planares ocorre de forma automática durante o processamento de palavras escritas, tal como observado em crianças neurotípicas (Fernandes et al., 2022). Contudo, no caso da discriminação de imagens em espelho, e ao contrário do observado em leitores neurotípicos no 6º ano escolar, disléxicos adultos continuam a apresentar invariância ao espelho para letras não reversíveis.

Grupo Controlo

Em leitores adultos neurotípicos o efeito de priming não foi modulado pelo tipo de letra, $F(3, 60) = 1.763, p = .164, \eta^2 = .081$ (efeito de Letra: $F(1, 20) = .743, p = .399; \eta^2 = .036$). O único efeito significativo foi o efeito principal do Prime, $F(3, 60) = 10.716, p < .001, \eta^2 = .349$. O padrão de resultados dos adultos neurotípicos replicam o observado em estudos anteriores (e.g., Fernandes et al., 2022, 2023): O efeito de priming de identidade (i.e., quando o reconhecimento é facilitado quando precedido por um prime idêntico ao alvo do que por um prime controlo) demonstrou-se altamente significativo, $t(20) = 3.038, p = .006$. Leitores fluentes adultos apresentaram discriminação automática de rotações planares e de imagens em espelho: em comparação ao prime idêntico, o reconhecimento foi significativamente mais lento quando o alvo foi precedido por um prime espelhado, $t(37) = -4.220, p < .001$, e por um prime rodado, $t(37) = -6.617, p < .001$.

Discussão

Na presente pesquisa, conduzimos uma comparação entre leitores adultos com dislexia do desenvolvimento e leitores neurotípicos no processamento de letras reversíveis e não reversíveis. O principal objetivo deste estudo foi analisar como leitores com dislexia do desenvolvimento lidam com contrastes de orientação na idade adulta, uma vez que é profundamente teorizado que a falta de

supressão da generalização de espelhamento pode ser uma causa subjacente da dislexia do desenvolvimento (Lachmann & Van Leeuwen, 2007; Fernandes & Leite, 2017). Para alcançar esse objetivo, utilizamos a tarefa de decisão lexical com o paradigma de priming mascarado e manipulamos as transformações de orientação das letras críticas nos prime, criando assim quatro versões de prime: a versão idêntica ao alvo (i.e., prime idêntico; e.g., ideia), um padrão de pontos (i.e., prime controlo), a versão espelhada (i.e., prime espelhado: e.g., ibeia) ou rodada da letra crítica (i.e., prime rodado: e.g., ipea). É importante observar que estas últimas versões de prime (i.e., espelhado e rodado) são cruciais para este estudo, uma vez que a sensibilidade à rotações planas e a invariância de espelho estão presentes antes do contato inicial com a leitura e são originais do sistema de reconhecimento de objetos e herdado da seleção natural (Fernandes et al., 2016; Fernandes e Leite, 2017).

Na nossa primeira hipótese, consideramos que a maioria dos participantes deste estudo são estudantes universitários e, portanto, têm uma vasta experiência na leitura. Desta forma, estes leitores adultos com dislexia de desenvolvimento apresentam um léxico ortográfico maior, o qual permite representações lexicais mais precisas (Castles, 2007). De fato, por um lado, globalmente os grupos não diferiram na exatidão (i.e., média de acertos entre os grupos foram próximas, sem diferenças significativas). Entretanto, o grupo disléxico foi o único grupo com diferenças significativas na exatidão quando analisamos as diferenças entre o processamento de letras reversíveis e não reversíveis. Designadamente, leitores disléxicos apresentaram piores desempenhos para as palavras do conjunto de letras não-reversíveis do que de letras reversíveis e foi para as primeiras que não se observaram nestes participantes efeitos de priming mesmo na análise dos TR. Mais especificamente, a facilitação prevista pelo efeito priming de identidade foi observada exclusivamente para letras reversíveis, i.e., prime idêntico e controlo não se diferenciam significativamente quando a letra crítica era não-reversível (e.g., r, t). Pelo contrário, o grupo controlo apresentou o mesmo padrão de desempenho para os dois tipos de letras com efeito de facilitação na condição de prime idêntico em comparação com a condição controlo, i.e., priming de

identidade, e diferenças significativas entre os dois contrastes de orientação e o prime idêntico, quer para imagens em espelho quer para rotações planares, demonstrando automaticidade na discriminação de imagens em espelho dos dois tipos de letras em leitores fluentes, como observado por Fernandes et al., (2022).

Os resultados do presente estudo fornecem novas evidências sobre a natureza do processamento de letras e o reconhecimento visual de palavras em adultos neurotípicos e disléxicos. As principais conclusões acerca de leitores adultos com dislexia de desenvolvimento podem ser resumidas a seguir: (i) o desenvolvimento da discriminação de contrastes de orientação para o conjunto de letras reversíveis; (ii) a persistência da invariância de contrastes de orientação para o conjunto de letras não reversíveis.

1. Discriminação de contrastes de orientação para o conjunto de letras reversíveis

No presente estudo, apesar do tempo de reação global mais lento, os leitores disléxicos parecem conseguir compensar seus défices e apresentaram um padrão semelhante aos leitores neurotípicos exclusivamente no conjunto de letras reversíveis. Mais especificamente, apresentaram o efeito prime de identidade significativo, o desenvolvimento da capacidade de discriminação de letras espelhadas e a discriminação inata de letras rodadas.

Este resultado vai de acordo com o padrão de resultados encontrado por Fernandes et al., (2022) em crianças do sexto ano escolar e adultos fluentes neurotípicos: a discriminação de espelho emerge mais cedo para letras reversíveis do que para não reversíveis. Especificamente, Fernandes et al. (2022) define o desenvolvimento da leitura em crianças neurotípicas como processo gradual e complexo que envolve mudanças significativas no processamento de letras e palavras. Em leitores aprendizes (do 2º-4º ano escolar) não há diferença significativa no processamento de letras reversíveis e não reversíveis espelhadas em relação à condição de prime idêntico (i.e., sinais de invariância de espelho durante o processamento ortográfico). No quinto ano, as decisões são mais lentas para palavras alvo precedidas de letras reversíveis espelhadas do que de prime idêntico (i.e.,

discriminação apenas para letras reversíveis). A partir do sexto ano, decisões mais lentas para letras reversíveis e não reversíveis espelhadas em relação ao prime idêntico ao alvo. Desta forma, no presente estudo, tanto leitores neurotípicos quanto disléxicos apresentaram os padrões esperados pela literacia do processamento ortográfico de letras reversíveis.

Além disso, os resultados do presente estudo indicam que com a idade e alta experiência na leitura (e.g. estudantes universitários), os disléxicos parecem resolver a dificuldade para letras reversíveis evidenciada em crianças por Fernandes e Leite (2017). Estes resultados estão alinhados com as evidências apresentadas por Lété e Fayol (2013), no qual crianças neurotípicas no quinto ano e aquelas com dislexia demonstraram efeitos de priming tanto para letras substituídas quanto para letras transpostas. O efeito de priming com letras transpostas indica ajuste flexível e deve persistir em leitores experientes, enquanto o efeito de priming com letras substituídas indica uma ativação inadequada de um alvo ortográfico no entorno lexical. Em leitores neurotípicos, espera-se um desenvolvimento gradual da precisão na ativação lexical até o sexto ano (Fernandes, 2022), portanto, no quinto ano, é esperado esta ativação para letras substituídas. Em outras palavras, segundo Lété e Fayol (2013) às crianças com dislexia podem alcançar um nível de desempenho semelhante ao de seus pares neurotípicos no processamento ortográfico. O presente estudo demonstrou que de fato a capacidade de aceder ao conhecimento ortográfico não está necessariamente comprometida em leitores com dislexia de desenvolvimento. Entretanto, esta compensação do déficit prevista por Lété e Fayol (2013) com base na evidência de crianças, foi evidente em leitores adultos exclusivamente para o conjunto de letras reversíveis.

2. A persistência da invariância de contrastes de orientação para o conjunto de letras não reversíveis.

Apesar do padrão de resultados do conjunto de letras reversíveis semelhante em leitores neurotípicos e com dislexia de desenvolvimento, os resultados do presente estudo parecem sugerir que as letras não reversíveis são uma fragilidade em leitores disléxicos. Especificamente, na análise

da exatidão, apresentaram um desempenho pior para este conjunto do que para letras reversíveis, e foi apenas para letras não-reversíveis que os disléxicos foram globalmente piores do que o grupo de controlo. Na análise do tempo de reação, não foram encontrados efeitos significativos no prime idêntico em comparação à condição de prime controlo. Quando uma palavra idêntica à palavra-alvo é rapidamente apresentada, o processamento ortográfico ativa automaticamente a representação abstrata desta palavra-alvo. Esta ativação é expressa por meio do reconhecimento facilitado, na qual leitores reconhecem e processam a palavra-alvo mais rapidamente em comparação à condição de prime controlo. A ausência de efeito de priming de identidade no conjunto de letras não reversíveis, evidenciada no presente estudo, pode sugerir alguma dificuldade no processamento automático em leitores adultos com dislexia de desenvolvimento, i.e., parecem enfrentar desafios específicos ao aceder e reconhecer palavras de forma automática, o que é uma característica importante do processamento eficiente da leitura.

Leitores com dislexia de desenvolvimento tampouco apresentaram diferenças entre o prime idêntico e espelhado, mas foram capazes de discriminar letras rodadas. Segundo a Hipótese da Reciclagem Neuronal, a *Visual Word Form Area* (VWFA) é originalmente capaz de discriminar imagens em rotação plana e apresenta invariância de imagens espelhadas (Daheane & Cohen, 2011; Dehaene et al., 2015). A ausência de diferenças entre o prime idêntico e espelhado, em conjunto com a discriminação inata de letras rodadas, indica que não foi observado o desenvolvimento da discriminação de imagens em espelho em leitores adultos com dislexia de desenvolvimento, especificamente no conjunto de letras não reversíveis. A discriminação de letras rodadas indica também que não há uma generalização integral do conjunto não reversível, fortalecendo a validade e a confiabilidade dos resultados obtidos. Estes resultados estão de acordo com o esperado, uma vez que é consistentemente observado, na infância, falhas na automatização da discriminação de imagens em espelho visíveis durante mais tempo em disléxicos em comparação com leitores neurotípicos, ou mesmo não resolvidas e observáveis em condições mais sofisticadas de avaliação (Fernandes & Leite, 2017). Assim como, Mahé et al. (2018) observou que estudantes universitários

com dislexia de desenvolvimento foram mais lentos em relação aos leitores neurotípicos experientes, na tarefa de decisão lexical. Estas diferenças encontradas por Mahé et al. (2018) restringem-se à amplitude e não à distribuição global, indicando o uso das mesmas redes neurais que leitores neurotípicos com uma menor eficiência em leitores disléxicos. Este pressuposto está alinhado com os resultados encontrados na presente tese.

Uma possível interpretação da diferença no desempenho para o conjunto reversível e não reversível é a ideia da aprendizagem em leitores disléxicos. Especificamente, o efeito priming consiste na pré-ativação da representação lexical da palavra-alvo que resulta no reconhecimento mais rápido e preciso (Castles, 2007). Estas representações lexicais constituem o conhecimento ortográfico do leitor que é modulador do desenvolvimento da codificação da identidade e da posição da letra (Hasenäcker & Schroeder, 2022). Na análise do desenvolvimento da codificação das letras, a Hipótese do Ajuste Lexical sugere que as representações devem ser mais precisas quanto maior for o vocabulário (Castles, 1999; 2007). Castles (2007) evidenciou que um sistema imaturo de leitura parece tolerar um grau de incompatibilidade da identidade da palavra ou erro na posição da letra, mas à medida em que o vocabulário aumenta, deve-se minimizar a confusão entre palavras similares, i.e., o sistema torna-se mais criterioso na ativação de representações lexicais.

Nesse sentido, no presente estudo, a amostra é majoritariamente composta por estudantes universitários, o que implica uma alta exposição à leitura e um vocabulário mais extenso. Assim, no caso do conjunto de letras reversíveis, apesar do desenvolvimento tardio da discriminação de imagens em espelho em crianças disléxicas (Fernandes et al., 2017), a exposição massiva parece auxiliar na aprendizagem desta capacidade, i.e. diferenciar "b" e "d" de modo automático. No caso do conjunto de letras não reversíveis, a letra "r" espelhada não é uma letra, portanto, não é um código, i.e., não apresentam uma representação ortográfica, deste modo, não exigem a aprendizagem da sua discriminação, ao contrário de letras reversíveis, que exigem a discriminação de palavras como "boa" e "doa". Em outras palavras, as evidências do processamento de letras reversíveis e não reversíveis em leitores disléxicos pode ser explicada à luz da Hipótese do Ajuste

Lexical (Castles, 1999; 2007), uma vez que leitores disléxicos parecem desenvolver um sistema de discriminação da identidade da letra fino e criterioso para o conjunto de letras reversíveis, também presente em leitores neurotípicos. Assim como, o conjunto de letras não reversíveis parece ser codificado por um sistema mais flexível e menos criterioso (imaturo)

Conclusão

Os leitores adultos com dislexia de desenvolvimento parecem apresentar representações finas para letras reversíveis e mais grosseiras para letras não reversíveis. Bem como, apresentaram a capacidade de discriminação de rotações planas para ambos os conjuntos de letras, mas invariância de espelho para letras não reversíveis. Estes resultados sob a óptica dos mecanismos cognitivos envolvidos sugerem que leitores disléxicos não apresentam dificuldades gerais na construção de representações lexicais, mas um déficit específico para letras não reversíveis, i.e. não é um déficit global porque existem diferenças significativas entre letras reversíveis e não reversíveis. Em suma, os resultados deste estudo apontam para uma compensação nos défices para códigos de leitura, porque há uma discriminação de exclusiva para letras reversíveis. O fato da variação espelhada de letras não reversíveis não ser um código, o sistema de leitura de leitores disléxicos adultos não parece compensar. A capacidade de discriminação de letras em rotação plana observada é considerada inata do sistema de reconhecimento visual de objetos herdado pela seleção natural (Fernandes et al., 2017; Velasco, 2022). Em conjunto, estes dados parecem sugerir que leitores adultos com dislexia de desenvolvimento apresentam um funcionamento próximo do saudável para o conjunto de letras reversíveis e um funcionamento próximo do sistema original de reconhecimento de objetos para letras não reversíveis.

Referências

- Araújo, S., Inácio, F., Francisco, A., Faisca, L., Petersson, K. M., & Reis, A. (2011). Component processes subserving rapid automatized naming in dyslexic and non-dyslexic readers. *Dyslexia*, 17(3), 242-255.
- Bornstein, M. H., Gross, C. G., & Wolf, J. Z. (1978). Perceptual similarity of mirror images in infancy. *Cognition*, 6(2), 89-116.
- Castles, A., Davis, C., Cavalot, P., & Forster, K. (2007). Tracking the acquisition of orthographic skills in developing readers: Masked priming effects. *Journal of experimental child psychology*, 97(3), 165-182.
- Cohen, L. et al. (2000) The visual word form area: spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain* 123, 291–307
- Corsi, P. M. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain.
- Dehaene, S. et al. (2002) The visual word form area: a prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus. *Neuroreport* 13, 321–325.
- Dehaene, S., Nakamura, K., Jobert, A., Kuroki, C., Ogawa, S., & Cohen, L. (2010). Why do children make mirror errors in reading? Neural correlates of mirror invariance in the visual word form area. *Neuroimage*, 49(2), 1837-1848.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (2011). The unique role of the visual word form area in reading. *Trends in cognitive sciences*, 15(6), 254-262.
- Dehaene, S., Cohen, L., Morais, J., & Kolinsky, R. (2015). Illiterate to literate: behavioural and cerebral changes induced by reading acquisition. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(4), 234-244.
- Duñabeitia, J. A., Molinaro, N., & Carreiras, M. (2011). Through the looking-glass: Mirror reading. *Neuroimage*, 54(4), 3004-3009.

- Duñabeitia, J. A., Dimitropoulou, M., Estévez, A., & Carreiras, M. (2013). The influence of reading expertise in mirror-letter perception: Evidence from beginning and expert readers. *Mind, Brain, and Education*, 7(2), 124-135.
- Fernandes, T., Leite, I., & Kolinsky, R. (2016). Into the looking glass: Literacy acquisition and mirror invariance in preschool and first-grade children. *Child Development*, 87(6), 2008 - 2025. <https://doi.org/10.1111/cdev.12550>
- Fernandes, T., Araújo, S., Sucena, A., Reis, A., & Castro, S. L. (2017). The 1-min Screening Test for reading problems in college students: Psychometric properties of the 1-min TIL. *Dyslexia*, 23(1), 66-87.
- Fernandes, T., & Leite, I. (2017). Mirrors are hard to break: A critical review and behavioral evidence on mirror-image processing in developmental dyslexia. *Journal of experimental child psychology*, 159, 66-82.
- Fernandes, T., Xavier, E., Domingues, M., & Araújo, S. (2022). Where is mirror invariance? Masked priming effects by mirrored and rotated transformations of reversible and nonreversible letters. *Journal of Memory and Language*, 127, 104375.
- Fernandes, T., Arunkumar, M., & Huettig, F. (2021). The role of the written script in shaping mirror-image discrimination: Evidence from illiterate, Tamil literate, and Tamil-Latin-alphabet bi-literate adults. *Cognition*, 206, 104493. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2020.104493>
- Fernandes, T., Velasco, S., & Leite, I. (2023). Letters away from the looking glass: Developmental trajectory of mirrored and rotated letter processing within words. *Developmental Science*, e13447.
- Forster, K. I., & Davis, C. (1984). Repetition priming and frequency attenuation in lexical access. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10(4), 680.

- Grainger, J., & Ziegler, J. C. (2011). A dual-route approach to orthographic processing. *Frontiers in psychology*, 2, 54.
- Hasenäcker, J., & Schroeder, S. (2021). Transposed and substituted letter effects across reading development: A longitudinal study. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*.
- Jones, M. W., Ashby, J., & Branigan, H. P. (2013). Dyslexia and fluency: parafoveal and foveal influences on rapid automatized naming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39(2), 554.
- Jones, M. W., Kuipers, J. R., & Thierry, G. (2016). ERPs reveal the time-course of aberrant visual-phonological binding in developmental dyslexia. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 71.
- Jones, M. W., Snowling, M. J., & Moll, K. (2016). What automaticity deficit? Activation of lexical information by readers with dyslexia in a rapid automatized naming Stroop-switch task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 42(3), 465.
- Kolinsky, R., Verhaeghe, A., Fernandes, T., Mengarda, E. J., Grimm-Cabral, L., & Morais, J. (2011). Enantiomorphy through the looking glass: literacy effects on mirror-image discrimination. *Journal of Experimental Psychology: General*, 140, 210-238.
<https://doi.org/10.1037/A0022168>
- Lété, B., & Fayol, M. (2013). Substituted-letter and transposed-letter effects in a masked priming paradigm with French developing readers and dyslexics. *Journal of experimental child psychology*, 114(1), 47-62.
- Mahé, G., Pont, C., Zesiger, P., & Laganaro, M. (2018). The electrophysiological correlates of developmental dyslexia: New insights from lexical decision and reading aloud in adults. *Neuropsychologia*, 121, 19-27.

- Pacheco, A., Reis, A., Araújo, S., Inácio, F., Petersson, K. M., & Faisca, L. (2014). Dyslexia heterogeneity: cognitive profiling of Portuguese children with dyslexia. *Reading and Writing, 27*(9), 1529-1545.
- Perea, M., Moret-Tatay, C., & Panadero, V. (2011). Suppression of mirror generalization for reversible letters: Evidence from masked priming. *Journal of Memory and Language, 65*(3), 237-246.
- Perea, M., & Panadero, V. (2014). Does violin activate violin more than violcin? On the use of visual cues during visual-word recognition. *Experimental psychology, 61*(1), 23.
- Raven, J., Raven, J. C., & de Raven, A. M. P. C. (2009). CPM-P–Matrizes Progressivas Coloridas (Forma Paralela).
- Reis, A., Faisca, L., Castro, S. L., & Petersson, K. M. (2013). Reading predictors across schooling. *Desenvolvimento e Educaç~ao, 31*17-3132.
- Sucena, A., & Castro, S. L. (2008). Aprender a ler e Avaliar a Leitura. [Learning how to read and the assessment of reading]. Coimbra: Almedina.