

# Processamento auditivo central e processos de leitura em crianças e adolescentes: revisão integrativa

## Central auditory processing and reading processes in children and adolescents: integrative review

Cintia Alves de Souza<sup>1</sup> , Danielle Cristine Marques<sup>1</sup> , Andrezza Gonzalez Escarce<sup>2</sup> , Stela Maris Aguiar Lemos<sup>3</sup> 

### RESUMO

**Objetivos:** Revisar estudos que investigaram a interface existente entre processamento auditivo central e processos de leitura em crianças e adolescentes. **Estratégia de pesquisa:** Foram selecionados estudos publicados no período de 2008 a 2019, por meio de levantamento bibliográfico nas bases de dados eletrônicas BVS - Lilacs (Biblioteca Virtual em Saúde) e PubMed (US National Library of Medicine). **Crterios de seleço:** Estudos disponveis na integra; publicados em portugus, ingls ou espanhol; realizados com crianas ou adolescentes e que abordaram as interfaces de processamento auditivo central e processos de leitura. Foram excluidos artigos de revises de literatura e artigos com menor nvel de evidncia cientfica. **Resultados:** Foram encontrados 1124 estudos nas bases de dados pesquisadas. Destes, 19 foram excluidos, pois estavam em mais de uma base. Analisaram-se os ttulos e resumos de 1105 artigos, sendo que 92 foram escolhidos para a leitura na integra e, ao final, 46 artigos foram selecionados. Na reviso, observou-se que a maior parte dos estudos era de delineamento transversal, avaliava habilidades do processamento temporal e realizava comparao entre grupos de escolares com e sem dificuldades em relao a leitura. **Concluso:** Os estudos revelaram que existe associao entre leitura e habilidades auditivas, a medida que a dificuldade em tarefas de habilidades auditivas e comum em participantes com dificuldades de leitura.

**Palavras-chave:** Percepo auditiva; Testes auditivos; Leitura; Crianas; Desenvolvimento do adolescente

### ABSTRACT

**Purpose:** To review studies investigating the existing interface between central auditory processing and reading processes in children and adolescents. **Research strategy:** Studies published from 2008 to 2019 were selected through a bibliographic survey in the following electronic databases: BVS - Lilacs (Virtual Health Library) and PubMed (US National Library of Medicine). **Selection criteria:** Studies available in full; published in Portuguese, English or Spanish; performed with children or adolescents; and that addressed the central auditory processing interfaces and reading processes. Literature review articles and articles with a lower level of scientific evidence were excluded. **Results:** A total of 1124 studies were found in the databases searched. Of these, 19 were excluded as they were on more than one base. The titles and abstracts of 1105 articles were analyzed, of which 92 were selected for full reading and, at the end, 46 articles were selected. In the review, it was observed that most studies were cross-sectional, evaluated temporal processing skills and compared groups of students with and without reading difficulties. **Conclusion:** Studies have shown that there is an association between reading and listening skills, as difficulty in listening skills tasks is common in participants with reading skills difficulties.

**Keywords:** Auditory perception; Hearing tests; Reading; Child; Adolescent development

Trabalho realizado no Programa de Pós-graduação em Ciências Fonoaudiológicas, Departamento de Fonoaudiologia, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

<sup>1</sup>Programa de Ciências Fonoaudiológicas, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

<sup>2</sup>Programa de Neurociências, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

<sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Fonoaudiológicas, Departamento de Fonoaudiologia, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

**Conflito de interesses:** Não.

**Contribuição dos autores:** CAS foi responsável pela coleta e análise dos dados, redação do manuscrito e aprovação da versão final; DCM foi responsável pela análise dos dados; AGE participou da orientação do trabalho, coleta e análise dos dados, redação do manuscrito, aprovação da versão final; SMAL foi responsável pela concepção do estudo e orientação de todas as etapas do trabalho, análise dos dados, redação do manuscrito e aprovação da versão final.

**Financiamento:** Edital - Chamada MCTIC/CNPq N° 28/2018 - Universal Processo: 422625/2018; Edital - Chamada 01/2018 - Demanda Universal/FAPEMIG - Processo: APQ-01354-18; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Bolsa do Programa de Demanda Social; Bolsas de Produtividade em Pesquisa - PQ Processo: 308647/2018-1. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

**Autor correspondente:** Cintia Alves de Souza. E-mail: [cintiasouzafono@gmail.com](mailto:cintiasouzafono@gmail.com)

**Recebido:** Junho 12, 2020; **Aceito:** Outubro 13, 2020

## INTRODUÇÃO

O processamento auditivo central é um conjunto de habilidades que permite ao ouvinte interpretar a mensagem ouvida de forma eficiente e efetiva<sup>(1,2)</sup>. Dentre as habilidades que o compõe, estão as de processamento temporal, essenciais para a compreensão da linguagem e desenvolvimento da fala<sup>(3)</sup>.

Distúrbios no processamento auditivo central são, frequentemente, relacionados às dificuldades de aprendizagem e aos transtornos da linguagem<sup>(1,4-7)</sup>. Como a leitura é um importante meio de aquisição de novos conhecimentos, o estudo da relação entre os processos de leitura e as habilidades auditivas é justificado, visto que ambos são essenciais para a aprendizagem<sup>(8,9)</sup>. Além disso, a avaliação do processamento auditivo central em escolares com dificuldades de aprendizagem é importante por contribuir para um diagnóstico preciso e, conseqüentemente, para o melhor processo terapêutico<sup>(1)</sup>.

Nesse contexto, ressalta-se que a leitura se refere a uma maneira de aquisição de informações, com o objetivo final de compreender o texto escrito<sup>(10)</sup>. Para tanto, um aspecto fundamental é a compreensão leitora, considerada um processo de reconhecimento, integração e construção de ideias<sup>(11)</sup>. Além disso, a compreensão leitora desempenha importante papel no processo de alfabetização e abrange diversos processos cognitivos que estão inter-relacionados, a saber: capacidade de processar, armazenar e recuperar informações; habilidade de memória, de atenção, de raciocínio, de lógica, de processamento auditivo central e visual. Dentre esses, encontram-se, conjuntamente, os processos básicos de leitura, como o reconhecimento, isto é, a decodificação de palavras e a extração do seu significado na forma impressa que, embora sejam requisitos necessários, não são suficientes para que a compreensão ocorra<sup>(12-14)</sup>.

Entre as habilidades necessárias para a aquisição de leitura e escrita, está a consciência fonológica, caracterizada como a capacidade de segmentar palavras, sílabas e fonemas<sup>(10)</sup> e que está intimamente relacionada à rota fonológica de leitura<sup>(11)</sup>. Vale ressaltar que a competência leitora se desenvolve em estágios - logográfico, alfabético e ortográfico - e com a utilização de diferentes estratégias - logográfica, fonológica e lexical<sup>(11)</sup>.

Dificuldades na consciência fonológica são, frequentemente, associadas a distúrbios de processamento auditivo central<sup>(10)</sup>. Os mecanismos fisiológicos da audição, por sua vez, desempenham importante função no processamento acústico rápido, na percepção da fala, no aprendizado e na compreensão da linguagem, sendo, desse modo, um pré-requisito na aquisição da leitura e da escrita<sup>(10)</sup>.

Diante do exposto, verifica-se que, embora a literatura apresente pesquisas que incluem o processamento auditivo central e a leitura, não há o mapeamento dos principais desfechos estudados e, sendo assim, é oportuna a construção de uma síntese para o avanço da pesquisa na área.

### Objetivo

Revisar estudos que investigaram a interface existente entre processamento auditivo central e processos de leitura em crianças e adolescentes.

## ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Trata-se de revisão integrativa da literatura, baseada em recomendações nacionais<sup>(15,16)</sup>, que buscou responder à seguinte pergunta: “Qual a relação entre o processamento auditivo central e os processos de leitura em crianças e adolescentes?”

A primeira fase desta pesquisa consistiu na elaboração da pergunta norteadora da investigação. Para obtenção de respostas sobre esse questionamento, foi realizada pesquisa bibliográfica nas plataformas de busca Medline, por meio da PubMed (US National Library of Medicine), e BVS - Lilacs (Biblioteca Virtual em Saúde - Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde). Os dados foram coletados no período compreendido entre junho e setembro de 2018 e janeiro e dezembro de 2019.

Foram utilizados os descritores (MeSH - Medical Subject Headings - e DeCS - Descritores em Ciências da Saúde), bem como as palavras-chave “aspectos temporais auditivos” e “compreensão de leitura”, para recuperação dos assuntos na literatura. Os descritores e as palavras-chaves foram combinados entre si com a utilização dos operadores booleanos AND e OR. Assim sendo, a equação de busca utilizada foi: (tw:(("Percepção Auditiva" OR "Testes Auditivos" OR "Transtornos da Percepção Auditiva" OR "Aspectos temporais auditivos" OR "Auditory Perception" OR "Hearing Tests" OR "Auditory perceptual Disorders" OR "Temporal aspects of auditory"))) AND (tw:(leitura OR compreensão OR "Compreensão de Leitura" OR "Escrita Manual" OR escrita OR redação OR "Reading competence" OR reading OR comprehension OR handwriting OR writing))) AND (instance:"regional") AND (db:(("LILACS" OR "IBICS" OR "INDEXPSI" OR "BINACIS" OR "LIS" OR "BBO" OR "CUMED" OR "DECS")) AND la:(("en" OR "pt" OR "es"))).

### CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Para inclusão dos artigos, foram adotados os seguintes critérios: estudos disponíveis na íntegra; publicados no período de 2008 a 2019; nos idiomas português, inglês ou espanhol; realizados com crianças ou adolescentes e que estudaram as interfaces de processamento auditivo central e processos de leitura. Foram adotados como critérios de exclusão artigos de revisões de literatura e artigos com menor nível de evidência científica, conforme proposto pela literatura<sup>(17)</sup>, ou seja, artigos de opinião de especialistas, relatos de casos ou séries de casos.

### Análise dos dados

A princípio, os estudos foram selecionados com base na leitura dos títulos e resumos. Posteriormente, os artigos foram lidos na íntegra e as informações foram analisadas segundo o *checklist* do *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* – STROBE<sup>(18)</sup>. O objetivo da iniciativa STROBE é auxiliar no relato de estudos observacionais, por meio do seu *checklist*<sup>(18)</sup>.

O protocolo de análise dos estudos foi constituído dos seguintes itens: objetivo da pesquisa, delineamento, métodos, variáveis analisadas e resultados. Para tanto, duas autoras realizaram a leitura e análise dos estudos e, nos casos em que

houve divergências em relação à inclusão ou não do estudo, os resultados das análises foram discutidos com uma terceira autora.

## RESULTADOS

Foram encontrados 383 artigos na base de dados BVS – Lilacs e 741 artigos na PubMed, totalizando 1124 artigos. Destes estudos, 19 foram excluídos porque estavam presentes em mais de uma base. Por meio da análise do título e resumo, 1013 artigos foram excluídos por não responderem à pergunta norteadora do estudo. Assim, 92 estudos foram escolhidos para leitura na íntegra. Destes, 46 foram excluídos por não responderem à pergunta norteadora do estudo. Ao final, 46 artigos foram selecionados para a revisão (Figura 1). Embora a pergunta norteadora desta revisão tenha sido referente ao processamento auditivo central, os artigos apontaram, em sua maioria, para os aspectos temporais do processamento auditivo central. Além disso, a presente pesquisa revelou que a maior parte dos autores dos estudos selecionados optou por delineamentos mais simples (estudos transversais).

Dos 46 estudos selecionados para esta revisão, 58,6% eram estudos internacionais, 17 correspondem a estudos observacionais transversais, 4 experimentais, 7 longitudinais, 2 exploratórios, 14 casos controle e 2 coorte. Outro dado relevante é que apenas 6 estudos<sup>(19-24)</sup> não realizaram comparações entre grupos (Quadro 1). Ou seja, tais estudos foram realizados com crianças regularmente matriculadas em instituições de ensino<sup>(19-21,23,24)</sup>, ou com crianças com suspeita de distúrbio do processamento auditivo central<sup>(22)</sup>. Os demais estudos realizaram comparação entre 2<sup>(26-32,34,36-43,45,49,51,54-58,61)</sup>, 3<sup>(25,33,44,46-48,50,52,53,59,60)</sup> ou 5<sup>(62)</sup> grupos de estudo. Observou-se, também, que em 4 estudos<sup>(26,35,62,63)</sup> foi realizado treinamento auditivo em grupos com alterações:

participantes com dificuldade de leitura<sup>(26)</sup> e com distúrbio de aprendizagem<sup>(35,63)</sup>. Em um único estudo<sup>(62)</sup>, a comparação foi feita entre 5 grupos de estudo, realizando, além do treinamento auditivo, treinamento das habilidades de memória e atenção.

Os resultados da presente revisão indicaram que somente 11 estudos<sup>(23,32,42,43,45,46,51,54,60,62,63)</sup> não utilizaram testes que avaliam os aspectos temporais do processamento auditivo central. Entre os testes mais utilizados para avaliar os aspectos temporais estão o *Gaps in Noise* (GIN), o Teste de Padrão de Frequência (TPF) e o Teste de Padrão de Duração (TPD).

Quanto ao delineamento dos estudos, foi observado que a maioria apresentou delineamento transversal<sup>(10,19,20,22,24,25,27-34,37,38,49)</sup>, seguido por estudos com delineamento caso controle<sup>(39,43-45,50,51,53-56,58-61)</sup>.

Dentre os estudos selecionados para a presente revisão integrativa, grande parte possuía como cenário a clínica ou ambulatório da própria instituição de ensino. Diversos estudos<sup>(19-21,23,24,31,36,39,40,45,49-55,57,60)</sup> tiveram, pelo menos, parte da coleta de dados realizada na escola em que os participantes estavam matriculados. Nove estudos<sup>(22,32,41-43,48,58,59,61)</sup> não citaram o local de realização da coleta de dados.

## DISCUSSÃO

De acordo com a literatura<sup>(9,64)</sup>, testes de processamento auditivo central têm sido frequentemente utilizados para verificar a associação entre dificuldades escolares e alterações no desenvolvimento de habilidades auditivas. Assim sendo, crianças com queixas de dificuldades escolares normalmente apresentam resultados piores na avaliação do processamento auditivo central<sup>(64)</sup>. Na presente revisão de literatura, a maioria dos estudos<sup>(10,25-35,37-40,44,45,47,48,50,51,53-58,60,63)</sup> avaliou habilidades do processamento auditivo central em crianças e adolescentes com

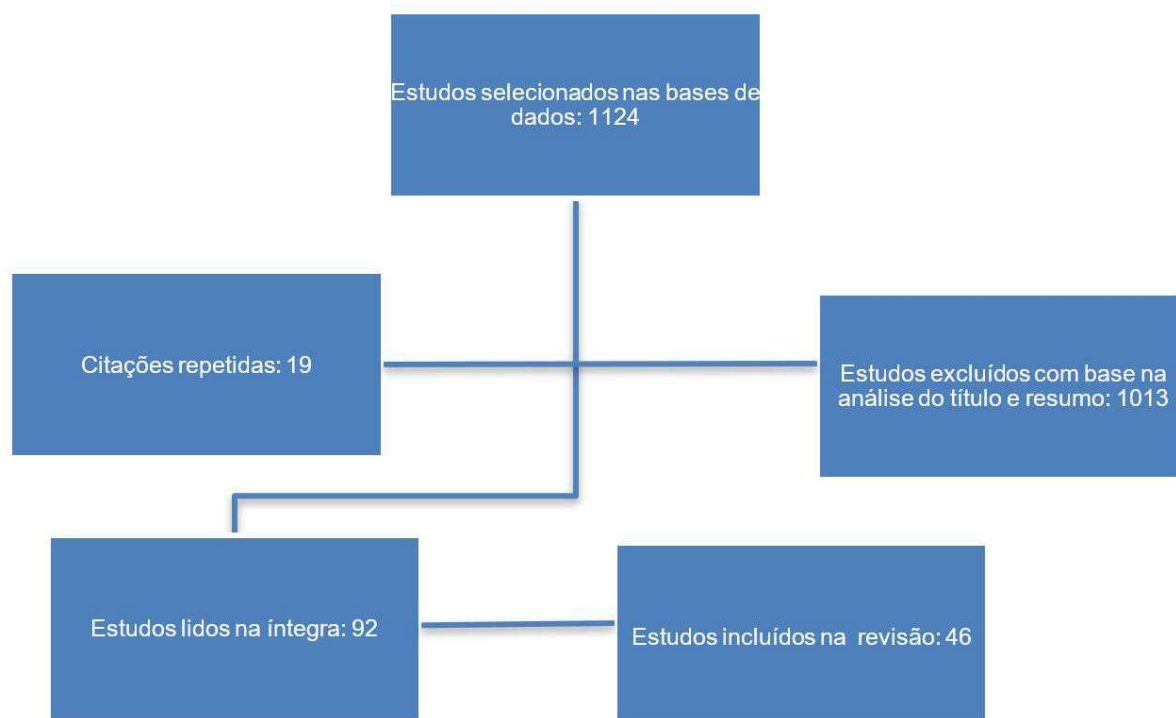


Figura 1. Fluxograma do critério de seleção dos estudos

**Quadro 1.** Descrição dos resultados dos estudos selecionados

Autor	País	Delineamento	Casuística	Instrumentos	Principais achados do estudo
Chaubet et al. <sup>(25)</sup>	Brasil	Transversal	56 participantes: 11 com dislexia, 15 com transtornos de leitura e escrita e 30 do grupo sem alteração.  Faixa etária: 10-15 anos	Avaliação audiológica e GIN.	O teste GIN identificou, de forma semelhante, dificuldade em indivíduos com distúrbios de leitura e escrita e em indivíduos com dislexia. O desempenho do grupo típico foi melhor que o dos outros dois.
Vatanabe et al. <sup>(26)</sup>	Brasil	Experimental	20 participantes: 10 com dificuldades de leitura e 10 sem dificuldades escolares.  Faixa etária: 8 anos	Avaliação inicial e após o treinamento auditivo do TPF, TPD, GIN, Protocolo de Leitura Clínica e CONFIAS.	O treino auditivo foi efetivo para a melhora de desempenho nas habilidades auditivas temporais e de leitura em crianças que apresentavam dificuldades de leitura.
Murphy-Ruiz et al. <sup>(27)</sup>	México	Transversal	40 participantes: 20 com dislexia e 20 do grupo sem alteração.  Faixa etária: 7-11 anos	Avaliação da escrita e da compreensão e precisão da leitura; TPF e TPD, reconhecimento do tom musical e identificação de sons ambientais.	Crianças com dislexia apresentaram pior desempenho em todos os testes de PAC, quando comparadas ao grupo típico, incluindo aqueles que envolvem preferencialmente o hemisfério cerebral direito.
Oliveira et al. <sup>(28)</sup>	Brasil	Transversal	38 participantes: 22 com dislexia e 16 do grupo sem alteração.  Faixa etária: 9-12 anos	Avaliação audiológica completa, PEATE, teste de leitura de palavras isoladas/versão reduzida, teste de leitura de texto/adaptação, testes FR, TDD, TPF, P300.	Os resultados sugeriram alteração nas habilidades de processamento temporal e figura-fundo em crianças com dislexia.
Simões et al. <sup>(29)</sup>	Brasil	Transversal	40 participantes: 20 com dislexia e 20 com TPAC.  Faixa etária: 7-12 anos	Avaliação audiológica, testes FR, TDD e TPF.	A probabilidade de alteração nos testes de FR e TDD foi maior no grupo TPAC do que no grupo com dislexia. O TPF apresentou a mesma probabilidade de alteração nos dois grupos.
Boscariol et al. <sup>(30)</sup>	Brasil	Transversal	20 participantes: 11 com dislexia e 9 do grupo sem alteração.  Faixa etária: 8-14 anos	ABFW (fonologia), avaliação da leitura e da escrita (escrita espontânea, prova Perfil de Habilidades Fonológicas, PCS), TDE, velocidade de leitura oral; avaliação audiológica periférica, RGDT e/ou RGDT Expanded.	Verificou-se que escolares com dislexia do desenvolvimento podem apresentar alterações no processamento temporal auditivo, com prejuízo no processamento fonológico.
Pelitero et al. <sup>(31)</sup>	Brasil	Transversal	28 participantes: 13 com alteração de aprendizagem da leitura e escrita e 15 do grupo sem alteração.  Faixa etária: 8-12 anos	Otoscopia, avaliação audiológica, TDE, ASPA e o Teste PSI.	Observou-se a presença de mais alterações nos testes de PA no grupo com alteração de aprendizagem. Contudo, não houve associação com significância.

**Legenda:** ABR = audiometria de respostas evocadas; ASPA = avaliação simplificada do processamento auditivo; BioMARK = *biological marker of auditory processing*; CONFIAS = Teste de Consciência Fonológica – Instrumento de Avaliação Sequencial; DEL = distúrbio específico de linguagem; DEST = *dyslexia early screening test*; DFBP = discurso filtrado de baixa passagem; DI = discriminação de intensidade; DPA = distúrbio do processamento auditivo; DPAC = distúrbio do processamento auditivo central; EEG = eletroencefalograma; EOG = eletro-oculograma; EOAPD = emissões otoacústicas por produto de distorção; EOAT = emissão otoacústica transiente; EOG = eletro-oculograma; FC = Teste de Frases Concorrentes; FM = detecção de modulação de frequência; FR = Teste de Fala com Ruído; GAP = intervalo; GIN = *Gaps in Noise*; LDN = *late discriminative negativity*; LiSN-S = Teste de Sentenças em Ruído Espacializado; MLD = diferenças de nível de mascaramento; MMN = *Mismatch Negativity*; MSNV = Teste de Memória para Sons Não Verbais em Sequência; MSV = Teste de Memória para Sons Verbais em Sequência; OSCCI = teste de ortografia; PA = processamento auditivo; PCS = Prova de Consciência Sintática; PEATE = potencial evocado auditivo de tronco encefálico; PPS = *Pitch Pattern Sequence*; PSI = Teste de Logaudiometria Pediátrica ou Teste de Inteligibilidade de Fala; QI = quociente de inteligência; RAN = Teste de Nomeação Automática Rápida; RGDT = *Random Gap Detection Test*; RT = discriminação de tempo de ascensão do som; SCAN = teste padronizado de processamento auditivo; SSW = Teste de Dissílabos Alternados; TCLPP = Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras; TDD = Teste Dicótico de Dígitos; TDE = Teste de Desempenho Escolar; TFR = Teste de Figura com Ruído; TOWRE = *test of word reading efficiency*; TPD = Testes de Padrão de Duração; TPF = Testes de Padrão de Frequência; VCV = vogal-consoante-vogal, PAC = processamento auditivo central; TPAC = transtorno do processamento auditivo central; ABFW = teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática; IMAP = bateria de testes denominada *IHR Multi-center Auditory Processing*; TPA = transtorno do processamento auditivo, VOT = tempo de início da voz; P300 = potencial evocado auditivo de longa latência.

Quadro 1. Continuação...

Autor	País	Delineamento	Casuística	Instrumentos	Principais achados do estudo
Pinheiro et al. <sup>(32)</sup>	Brasil	Transversal	40 participantes: 20 com distúrbio de aprendizagem e 20 com bom desempenho escolar.  Faixa etária: 8-12 anos	Avaliação audiológica básica e Testes TDD, SSW e FR.	O grupo de escolares com distúrbio de aprendizagem apresentou desempenho inferior, em relação ao grupo sem dificuldades, refletindo dificuldades no processamento das informações auditivas.
Abdo et al. <sup>(33)</sup>	Brasil	Transversal	30 participantes: 10 com dislexia, 10 com TDAH e 10 do grupo sem alteração.  Faixa etária: 7-12 anos	Avaliação audiológica completa, testes FR, TDD e TPF.	No TPF, crianças com dislexia apresentaram desempenho estatisticamente pior do que o grupo típico, sugerindo a existência de uma relação entre as habilidades temporais e o transtorno de leitura.
Pinheiro et al. <sup>(32)</sup>	Brasil	Experimental	40 participantes: 20 com distúrbio de aprendizagem e 20 sem dificuldades de aprendizagem. Cada grupo foi subdividido em dois e apenas metade dos participantes receberam o treinamento auditivo.  Faixa etária: 8-14 anos	Exame audiológico; TDD e SSW; CONFIAS.  Foi realizado o programa de Treinamento Auditivo Audio Training®.	O desempenho em habilidades auditivas após a aplicação do programa de treinamento auditivo melhorou nos participantes com e sem dificuldades de aprendizagem.
Frota et al. <sup>(10)</sup>	Brasil	Transversal	60 participantes: 30 com prejuízo em, pelo menos, um dos testes de leitura e escrita e 30 do grupo sem alteração.  Faixa etária: 9-12 anos	Avaliação audiológica básica; Prova de Consciência Fonológica; avaliação da velocidade de leitura; prova de leitura em voz alta; avaliação da escrita com ditado de palavras reais e inventadas; avaliação da compreensão de narrativas por meio da noção linguística de figura-fundo; Teste SSW; Teste Dicótico; Teste de Sequencialização Sonora; e de Localização para Sons Não Verbais.	Na maior parte dos testes de processamento auditivo central, o desempenho das crianças sem distúrbios na leitura e escrita foi melhor do que o desempenho do grupo com o deficit.
Murphy et al. <sup>(34)</sup>	Brasil	Transversal	60 participantes: 33 com dislexia e 27 do grupo sem alteração.  Faixa etária: 9-12 anos	Otoscopia, imitancimetria e audiometria tonal e de fala; testes de discriminação de frequência e de duração, ordenação de frequência e de duração.	O grupo com dislexia demonstrou desempenho significativamente menor em todas as situações.

**Legenda:** ABR = audiometria de respostas evocadas; ASPA = avaliação simplificada do processamento auditivo; BioMARK = *biological marker of auditory processing*; CONFIAS = Teste de Consciência Fonológica – Instrumento de Avaliação Sequencial; DEL = distúrbio específico de linguagem; DEST = *dyslexia early screening test*; DFBP = discurso filtrado de baixa passagem; DI = discriminação de intensidade; DPA = distúrbio do processamento auditivo; DPAC = distúrbio do processamento auditivo central; EEG = eletroencefalograma; EOG = eletro-oculograma; EOAPD = emissões otoacústicas por produto de distorção; EOAT = emissão otoacústica transiente; EOG = eletro-oculograma; FC = Teste de Frases Concorrentes; FM = detecção de modulação de frequência; FR = Teste de Fala com Ruído; GAP = intervalo; GIN = *Gaps in Noise*; LDN = *late discriminative negativity*; LiSN-S = Teste de Sentenças em Ruído Espacializado; MLD = diferenças de nível de mascaramento; MMN = *Mismatch Negativity*; MSNV = Teste de Memória para Sons Não Verbais em Sequência; MSV = Teste de Memória para Sons Verbais em Sequência; OSCCI = teste de ortografia; PA = processamento auditivo; PCS = Prova de Consciência Sintática; PEATE = potencial evocado auditivo de tronco encefálico; PPS = *Pitch Pattern Sequence*; PSI = Teste de Logaudiometria Pediátrica ou Teste de Inteligibilidade de Fala; QI = quociente de inteligência; RAN = Teste de Nomeação Automática Rápida; RGDT = *Random Gap Detection Test*; RT = discriminação de tempo de ascensão do som; SCAN = teste padronizado de processamento auditivo; SSW = Teste de Dissílabos Alternados; TCLPP = Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras; TDD = Teste Dicótico de Dígitos; TDE = Teste de Desempenho Escolar; TFR = Teste de Figura com Ruído; TOWRE = *test of word reading efficiency*; TPD = Testes de Padrão de Duração; TPF = Testes de Padrão de Frequência; VCV = vogal-consoante-vogal, PAC = processamento auditivo central; TPAC = transtorno do processamento auditivo central; ABFW = teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática; IMAP = bateria de testes denominada *IHR Multi-center Auditory Processing*; TPA = transtorno do processamento auditivo, VOT = tempo de início da voz; P300 = potencial evocado auditivo de longa latência.

Quadro 1. Continuação...

Autor	País	Delineamento	Casuística	Instrumentos	Principais achados do estudo
Pinheiro et al. <sup>(35)</sup>	Brasil	Experimental	40 participantes: 20 com distúrbio de aprendizagem e 20 sem dificuldades de aprendizagem. Cada grupo foi subdividido em dois e apenas metade dos participantes receberam o treinamento auditivo.	Avaliação audiológica; testes PSI, TDD e SSW em situação de pré e pós-testagem.	Os escolares com distúrbio de aprendizagem apresentaram alterações estatisticamente significativas. O desempenho de ambos os grupos, após o treinamento auditivo, foi estatisticamente superior.
			Faixa etária: 8-14 anos	Programa de Treinamento Auditivo Audio Training®.	As alterações no PA interferem diretamente na recepção e na decodificação da informação, refletindo em atrasos no desenvolvimento da linguagem e da aprendizagem da leitura e da escrita em sala de aula.
Engelmann et al. <sup>(36)</sup>	Brasil	Exploratório transversal	21 participantes: 9 com maior fluência em leitura e 12 com menor fluência em leitura.  Faixa etária: 7-11 anos	Avaliação audiológica básica; avaliação da escrita; avaliação da leitura silenciosa; avaliação da fluência e da compreensão leitora; ASPA; TDD e SSW; PPS.	O estudo identificou a memória sequencial verbal como um aspecto relevante, ao relacionar os escores dos testes de processamento auditivo central com as dificuldades de aprendizagem evidenciadas pela menor fluência em leitura.
Germano et al. <sup>(37)</sup>	Brasil	Transversal	20 participantes: 10 com dislexia e 10 com bom desempenho acadêmico.  Faixa etária: 10 anos e 4 meses (média de idade)	Exame audiológico básico, ASPA, testes PSI, TDD e SSW, Prova de Consciência Fonológica.	O desempenho do grupo com bom desempenho acadêmico foi melhor do que do grupo com dislexia.
Capellini et al. <sup>(38)</sup>	Brasil	Transversal	20 participantes: 10 com dislexia e 10 com bom desempenho acadêmico.  Faixa etária: 10 anos e 4 meses (média de idade)	Exame audiológico básico; ASPA, testes PSI, TDD e SSW, Prova de Consciência Fonológica.	Escolares com dislexia apresentaram dificuldades em habilidades auditivas de atenção, codificação, organização e integração de informações auditivas que comprometeram o uso de habilidades fonológicas, como a atenção, análise, síntese e memória de trabalho.

**Legenda:** ABR = audiometria de respostas evocadas; ASPA = avaliação simplificada do processamento auditivo; BioMARK = *biological marker of auditory processing*; CONFIAS = Teste de Consciência Fonológica – Instrumento de Avaliação Sequencial; DEL = distúrbio específico de linguagem; DEST = *dyslexia early screening test*; DFBP = discurso filtrado de baixa passagem; DI = discriminação de intensidade; DPA = distúrbio do processamento auditivo; DPAC = distúrbio do processamento auditivo central; EEG = eletroencefalograma; EOG = eletro-oculograma; EOAPD = emissões otoacústicas por produto de distorção; EOAT = emissão otoacústica transiente; EOG = eletro-oculograma; FC = Teste de Frases Concorrentes; FM = detecção de modulação de frequência; FR = Teste de Fala com Ruído; GAP = intervalo; GIN = *Gaps in Noise*; LDN = *late discriminative negativity*; LiSN-S = Teste de Sentenças em Ruído Espacializado; MLD = diferenças de nível de mascaramento; MMN = *Mismatch Negativity*; MSNV = Teste de Memória para Sons Não Verbais em Sequência; MSV = Teste de Memória para Sons Verbais em Sequência; OSCCI = teste de ortografia; PA = processamento auditivo; PCS = Prova de Consciência Sintática; PEATE = potencial evocado auditivo de tronco encefálico; PPS = *Pitch Pattern Sequence*; PSI = Teste de Logaudiometria Pediátrica ou Teste de Inteligibilidade de Fala; QI = quociente de inteligência; RAN = Teste de Nomeação Automática Rápida; RGDT = *Random Gap Detection Test*; RT = discriminação de tempo de ascensão do som; SCAN = teste padronizado de processamento auditivo; SSW = Teste de Dissílabos Alternados; TCLPP = Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras; TDD = Teste Dicótico de Dígitos; TDE = Teste de Desempenho Escolar; TFR = Teste de Figura com Ruído; TOWRE = *test of word reading efficiency*; TPD = Testes de Padrão de Duração; TPF = Testes de Padrão de Frequência; VCV = vogal-consoante-vogal, PAC = processamento auditivo central; TPAC = transtorno do processamento auditivo central; ABFW = teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática; IMAP = bateria de testes denominada *IHR Multi-center Auditory Processing*; TPA = transtorno do processamento auditivo, VOT = tempo de início da voz; P300 = potencial evocado auditivo de longa latência.

Quadro 1. Continuação...

Autor	País	Delineamento	Casuística	Instrumentos	Principais achados do estudo
Steinbrink et al. <sup>(19)</sup>	Alemanha	Transversal	Estudo 1: 54 participantes	Cinco tarefas musicais (habilidades musicais temporais e tonais); avaliação do processamento fonológico (consciência fonológica, memória fonológica de curto prazo e de trabalho, velocidade de nomeação).	Em ambos os estudos, a reprodução do ritmo e a percepção do <i>pitch</i> revelaram-se preditores significativos da consciência fonológica.
			Estudo 2: 96 participantes Faixa etária: 8 anos e 9 meses (média de idade)		Os resultados indicaram que as habilidades de processamento musical ainda contribuíram, expressivamente, para a previsão do número de grafemas corretamente escritos, já que a reprodução do ritmo previu, significativamente, o número de grafemas escritos corretamente, bem como o uso de ortografia alfabética.
Wang et al. <sup>(39)</sup>	Taiwan	Caso-controle	55 participantes: 28 com dislexia e 27 do grupo controle.  Faixa etária: 9 anos (média de idade)	Reconhecimento de caracteres chineses, percepção do tom lexical, discriminação de frequência e identificação de direção de varredura de FM.	As crianças com dislexia de desenvolvimento, que usam o idioma chinês, apresentaram desempenho significativamente pior em todas as tarefas.  O processamento deficiente da frequência auditiva pode se associar à dislexia do desenvolvimento chinesa com deficit fonológicos.
Souza et al. <sup>(20)</sup>	Brasil	Etapla piloto de estudo transversal	22 participantes  Faixa etária: 8-10 anos	Avaliação auditiva: meatoscopia, EOAT e, no caso de resultado “falha,” timpanometria; TCLPP, Testes MSV e MSNV, TPF e TPD.	As habilidades auditivas de ordenação temporal simples, assim como os resultados do TCLPP, apresentaram resultado normal na maioria dos participantes.  A associação da competência leitora com o processamento temporal não demonstrou significância estatística.
Vanvooren et al. <sup>(40)</sup>	Bélgica	Longitudinal	87 participantes: 44 com risco aumentado de dislexia e 43 de famílias com leitura normal.  Faixa etária: 5 anos	Tarefas de processamento temporal auditivo: FM, RT e DI; tarefa de percepção de fala no ruído; consciência fonológica; RAN; conhecimento de letras; testes de leitura padronizados.	A percepção da fala no ruído demonstrou ser o fator que mais contribuiu para a consciência fonológica posterior e um preditor de leitura mediado pela associação com a fonologia.

**Legenda:** ABR = audiometria de respostas evocadas; ASPA = avaliação simplificada do processamento auditivo; BioMARK = *biological marker of auditory processing*; CONFIAS = Teste de Consciência Fonológica – Instrumento de Avaliação Sequencial; DEL = distúrbio específico de linguagem; DEST = *dyslexia early screening test*; DFBP = discurso filtrado de baixa passagem; DI = discriminação de intensidade; DPA = distúrbio do processamento auditivo; DPAC = distúrbio do processamento auditivo central; EEG = eletroencefalograma; EOG = eletro-oculograma; EOAPD = emissões otoacústicas por produto de distorção; EOAT = emissão otoacústica transiente; EOG = eletro-oculograma; FC = Teste de Frases Concorrentes; FM = detecção de modulação de frequência; FR = Teste de Fala com Ruído; GAP = intervalo; GIN = *Gaps in Noise*; LDN = *late discriminative negativity*; LiSN-S = Teste de Sentenças em Ruído Espacializado; MLD = diferenças de nível de mascaramento; MMN = *Mismatch Negativity*; MSNV = Teste de Memória para Sons Não Verbais em Sequência; MSV = Teste de Memória para Sons Verbais em Sequência; OSCCI = teste de ortografia; PA = processamento auditivo; PCS = Prova de Consciência Sintática; PEATE = potencial evocado auditivo de tronco encefálico; PPS = *Pitch Pattern Sequence*; PSI = Teste de Logaudiometria Pediátrica ou Teste de Inteligibilidade de Fala; QI = quociente de inteligência; RAN = Teste de Nomeação Automática Rápida; RGDT = *Random Gap Detection Test*; RT = discriminação de tempo de ascensão do som; SCAN = teste padronizado de processamento auditivo; SSW = Teste de Dissílabos Alternados; TCLPP = Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras; TDD = Teste Dicotico de Dígitos; TDE = Teste de Desempenho Escolar; TFR = Teste de Figura com Ruído; TOWRE = *test of word reading efficiency*; TPD = Testes de Padrão de Duração; TPF = Testes de Padrão de Frequência; VCV = vogal-consoante-vogal, PAC = processamento auditivo central; TPAC = transtorno do processamento auditivo central; ABFW = teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática; IMAP = bateria de testes denominada *IHR Multi-center Auditory Processing*; TPA = transtorno do processamento auditivo, VOT = tempo de início da voz; P300 = potencial evocado auditivo de longa latência.

Quadro 1. Continuação...

Autor	País	Delineamento	Casuística	Instrumentos	Principais achados do estudo
Barker et al. <sup>(41)</sup>	Nova Zelândia	Longitudinal	32 participantes: 15 bons leitores e 17 leitores com desempenho ruim.  Faixa etária: 9-11 anos	Sistema <i>Feather Squadron</i> : avaliação das medidas comportamentais do PA; registro dos potenciais evocados auditivos corticais (CAEPs) pela fala.	O estudo encontrou processamento auditivo central alterado em leitores com desempenho ruim, usando medidas comportamentais do <i>Feather Squadron</i> e potenciais corticais evocados pela fala.
Johnson et al. <sup>(42)</sup>	Estados Unidos	Longitudinal	108 participantes, testados em dois momentos diferentes: 75 com distúrbio do som da fala e 33 do grupo controle.  Faixa etária: média de idade de 5 anos e 6 meses (tempo 1) e 8 anos e 3 meses (tempo 2)	Teste Oral de Leitura Cinzenta; subtestes Leitura Básica, Ortografia e Compreensão de Leitura do Teste Wechsler; consciência fonológica; avaliação do PA rápido, por meio de uma tarefa de mascaramento auditivo com três condições.	A análise indicou um efeito de cima para baixo, de tal forma que a consciência fonológica teve um impacto maior ao longo do tempo, do que o inverso. Regressões indicaram ausência de impacto direto do processamento auditivo central rápido na capacidade de leitura.  Regressões hierárquicas adicionais examinaram quão bem o processamento auditivo central rápido previu a capacidade de leitura, quando contabilizou a consciência fonológica e o vocabulário.
Yalçinkaya et al. <sup>(43)</sup>	Turquia	Caso-controle	67 participantes: 26 com TPAC e 41 do grupo controle.  Faixa etária: 7-8 anos	Escala de Avaliação Observacional (ORS), composta de quatro categorias: audição, fala, leitura e escrita.	Concluiu-se que, para crianças em idade escolar, o TPAC pode levar ou estar associado a dificuldades na linguagem escrita.
Dawes et al. <sup>(44)</sup>	Reino Unido	Caso-controle	139 participantes: 22 com DPAC, 19 com dislexia e 98 do grupo controle.  Faixa etária: 6-13 anos	Teste padronizado de PA (SCAN-C ou SCAN-A); TOWRE (avalia leitura); teste de ortografia do OSCCI; bateria de tarefas auditivas temporais.	O desempenho psicofísico auditivo correlacionou-se positivamente com o desempenho no SCAN-C, mas não com capacidade de leitura. Não houve diferenças significativas entre o desempenho do grupo DPAC e dislexia e nenhuma evidência de comprometimento auditivo temporal específico.
Dawes et al. <sup>(45)</sup>	Reino Unido	Caso-controle	44 participantes: 25 com DPAC e 19 com dislexia.  Faixa etária: 10 anos e 4 meses (média de idade)	TOWRE (avalia leitura); teste de ortografia do OSCCI; teste padronizado de PA (SCAN-C e SCAN-A).	Houve níveis igualmente altos de problemas de atenção, leitura e linguagem, em ambos os grupos. A avaliação de acompanhamento sugeriu altos níveis de características autistas, anteriormente não reconhecidas dentro do grupo DPAC.

**Legenda:** ABR = audiometria de respostas evocadas; ASPA = avaliação simplificada do processamento auditivo; BioMARK = *biological marker of auditory processing*; CONFIAS = Teste de Consciência Fonológica – Instrumento de Avaliação Sequencial; DEL = distúrbio específico de linguagem; DEST = *dyslexia early screening test*; DFBP = discurso filtrado de baixa passagem; DI = discriminação de intensidade; DPA = distúrbio do processamento auditivo; DPAC = distúrbio do processamento auditivo central; EEG = eletroencefalograma; EOG = eletro-oculograma; EOAPD = emissões otoacústicas por produto de distorção; EOAT = emissão otoacústica transiente; EOG = eletro-oculograma; FC = Teste de Frases Concorrentes; FM = detecção de modulação de frequência; FR = Teste de Fala com Ruído; GAP = intervalo; GIN = *Gaps in Noise*; LDN = *late discriminative negativity*; LISN-S = Teste de Sentenças em Ruído Especializado; MLD = diferenças de nível de mascaramento; MMN = *Mismatch Negativity*; MSNV = Teste de Memória para Sons Não Verbais em Sequência; MSV = Teste de Memória para Sons Verbais em Sequência; OSCCI = teste de ortografia; PA = processamento auditivo; PCS = Prova de Consciência Sintática; PEATE = potencial evocado auditivo de tronco encefálico; PPS = *Pitch Pattern Sequence*; PSI = Teste de Logaudiometria Pediátrica ou Teste de Inteligibilidade de Fala; QI = quociente de inteligência; RAN = Teste de Nomeação Automática Rápida; RGDT = *Random Gap Detection Test*; RT = discriminação de tempo de ascensão do som; SCAN = teste padronizado de processamento auditivo; SSW = Teste de Dissílabos Alternados; TCLPP = Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras; TDD = Teste Dicotico de Dígitos; TDE = Teste de Desempenho Escolar; TFR = Teste de Figura com Ruído; TOWRE = *test of word reading efficiency*; TPD = Testes de Padrão de Duração; TPF = Testes de Padrão de Frequência; VCV = vogal-consoante-vogal, PAC = processamento auditivo central; TPAC = transtorno do processamento auditivo central; ABFW = teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática; IMAP = bateria de testes denominada *IHR Multi-center Auditory Processing*; TPA = transtorno do processamento auditivo, VOT = tempo de início da voz; P300 = potencial evocado auditivo de longa latência.

Quadro 1. Continuação...

Autor	País	Delineamento	Casuística	Instrumentos	Principais achados do estudo
Ferguson et al. <sup>(46)</sup>	Reino Unido	Coorte	88 participantes: 22 com DEL, 19 com DPA e 47 do grupo controle.  Faixa etária: 6-13 anos	QI, amplitude de dígitos, repetição de palavras sem sentido, avaliação fonológica, leitura, gramática, sentença e inteligibilidade não verbal de VCV.	Não houve diferença entre o desempenho das crianças com DEL e com DPA, e ambos os grupos tiveram desempenho consistente e significativamente inferior, em comparação com as crianças do grupo controle. A inteligibilidade de fala, tanto no ruído, quanto no silêncio, não foi prejudicada nos grupos DEL e DPA.
Billiet et al. <sup>(47)</sup>	Estados Unidos	Coorte	30 participantes: 10 com dislexia e tempo anormal do tronco encefálico (G1), 10 com dislexia e tempo normal do tronco encefálico (G2) e 10 controles típicos.  Faixa etária: 8-12 anos.	Audiometria tonal e timpanometria, teste de ABR por clique e testes com BioMARK; testes TDD, TPF, FC e DFBP.	Todos os participantes do G2 preencheram os critérios diagnósticos para distúrbio do processamento auditivo central, enquanto apenas 4 participantes do G1 preencheram os critérios.
Boets et al. <sup>(48)</sup>	Bélgica	Longitudinal	62 participantes: 16 disléxicos, 20 não disléxicos com alto risco familiar de dislexia e 26 não disléxicos com baixo risco familiar.  Faixa etária (1 <sup>o</sup> , 2 <sup>o</sup> e 3 <sup>o</sup> momentos): 5 anos e 6 meses, 6 anos e 10 meses, 8 anos e 4 meses (média de idade).	Teste de detecção de FM, GIN, testes de percepção de fala no ruído e percepção de fala categórica; testes de consciência fonológica; testes de alfabetização, teste de ortografia padronizado e seis testes de leitura.	Esses dados longitudinais indicaram que alterações no processamento auditivo central de FM, na percepção da fala e na consciência fonológica, estavam presentes em conjunto nas crianças do jardim de infância que mais tarde desenvolveram dislexia.
Miller et al. <sup>(49)</sup>	Estados Unidos	Observacional transversal	64 participantes: 35 participantes com DPA e 29 em terapia para deficiência de linguagem.  Faixa etária: 10 anos e 1 mês (média de idade).	Avaliação audiológica (audiometria tonal, timpanometria e EOAPD); TPF; TPD; TDD e SSW; memória fonológica; fluência de leitura; memória operacional verbal.	Não houve diferenças das médias entre as crianças com e sem diagnóstico clínico de DPA. Diferenças de médias do grupo em fluência de leitura foram observadas para crianças classificadas como DPA/não DPA e diferenças de médias de grupo em repetição de não palavras, memória de trabalho espacial e dois testes de PA foram observadas para crianças classificadas com DEL/não DEL.

**Legenda:** ABR = audiometria de respostas evocadas; ASPA = avaliação simplificada do processamento auditivo; BioMARK = *biological marker of auditory processing*; CONFIAS = Teste de Consciência Fonológica – Instrumento de Avaliação Sequencial; DEL = distúrbio específico de linguagem; DEST = *dyslexia early screening test*; DFBP = discurso filtrado de baixa passagem; DI = discriminação de intensidade; DPA = distúrbio do processamento auditivo; DPAC = distúrbio do processamento auditivo central; EEG = eletroencefalograma; EOG = eletro-oculograma; EOAPD = emissões otoacústicas por produto de distorção; EOAT = emissão otoacústica transiente; EOG = eletro-oculograma; FC = Teste de Frases Concorrentes; FM = detecção de modulação de frequência; FR = Teste de Fala com Ruído; GAP = intervalo; GIN = *Gaps in Noise*; LDN = *late discriminative negativity*; LiSN-S = Teste de Sentenças em Ruído Espacializado; MLD = diferenças de nível de mascaramento; MMN = *Mismatch Negativity*; MSNV = Teste de Memória para Sons Não Verbais em Sequência; MSV = Teste de Memória para Sons Verbais em Sequência; OSCCI = teste de ortografia; PA = processamento auditivo; PCS = Prova de Consciência Sintática; PEATE = potencial evocado auditivo de tronco encefálico; PPS = *Pitch Pattern Sequence*; PSI = Teste de Logodaudiometria Pediátrica ou Teste de Inteligibilidade de Fala; QI = quociente de inteligência; RAN = Teste de Nomeação Automática Rápida; RGDT = *Random Gap Detection Test*; RT = discriminação de tempo de ascensão do som; SCAN = teste padronizado de processamento auditivo; SSW = Teste de Dissílabos Alternados; TCLPP = Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras; TDD = Teste Dicotico de Dígitos; TDE = Teste de Desempenho Escolar; TFR = Teste de Figura com Ruído; TOWRE = *test of word reading efficiency*; TPD = Testes de Padrão de Duração; TPF = Testes de Padrão de Frequência; VCV = vogal-consoante-vogal, PAC = processamento auditivo central; TPAC = transtorno do processamento auditivo central; ABFW = teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática; IMAP = bateria de testes denominada *IHR Multi-center Auditory Processing*; TPA = transtorno do processamento auditivo, VOT = tempo de início da voz; P300 = potencial evocado auditivo de longa latência.

Quadro 1. Continuação...

Autor	País	Delineamento	Casuística	Instrumentos	Principais achados do estudo
Poelmans et al. <sup>(50)</sup>	Bélgica	Caso-controle	58 participantes: 13 com dislexia, 25 com baixo risco com leitura normal e 20 com alto risco com leitura normal.  Faixa etária: 11 anos	FM, RT, DI; testes Percepção de Palavras no Ruído e Percepção de Sentenças no Ruído; Consciência fonológica.	As crianças com dislexia tiveram dificuldades com o processamento auditivo central dinâmico de taxa lenta e a percepção de fala no ruído. Esses problemas persistiram até o sexto ano.
Messaoud-Galusi et al. <sup>(51)</sup>	Reino Unido	Caso-controle	113 participantes: 62 com dislexia e 51 leitores médios.  Faixa etária: 6 anos e 6 meses – 13 anos e 7 meses	Bateria de Avaliação Fonológica; Teste Infantil de Repetição Não Espectral; Teste de Eficiência de Leitura de Palavras TOWRE; testes experimentais, utilizados para avaliar a percepção de fala no ruído e no silêncio (Continuum sintético, Tarefas de Identificação, Tarefas de Discriminação, Palavras no Ruído, Palavras no Ruído no Discurso Conectado).	Crianças com dislexia, em média, tiveram desempenho pior do que os leitores médios na tarefa de identificação de sílabas sintéticas na discriminação silenciosa e na categoria intermediária (mas não quando testadas usando um procedimento adaptativo). A percepção de fala não se correlacionou com a leitura de pseudopalavras ou com o processamento fonológico - as principais habilidades relacionadas à dislexia.
Vandewalle et al. <sup>(52)</sup>	Bélgica	Longitudinal	32 participantes: 8 com distúrbio específico de linguagem (DEL) e atraso na alfabetização, 10 com DEL e alfabetização normal e 14 com desenvolvimento típico.  Faixa etária: 6 anos e 3 meses – 6 anos e 8 meses	FM e detecção de gap entre canais; percepção fala no ruído e percepção categórica; consciência fonológica, memória de curto prazo verbal, RAN; testes padronizados de leitura e ortografia.	Ambos os grupos de leitura normal não diferiram em termos de percepção de fala ou processamento auditivo central. A percepção da fala foi significativamente relacionada à leitura e à escrita nos graus 1 e 3 e teve contribuição preditiva única para o crescimento da leitura no 3º ano, mesmo após o controle do nível de leitura, habilidade fonológica, processamento auditivo central e habilidades de linguagem oral no 1º ano.
Georgiou et al. <sup>(53)</sup>	Canadá	Caso-controle	62 participantes: 21 com dislexia, 21 do grupo controle (idade cronológica) e 20 do grupo controle (capacidade de leitura).  Faixa etária: 8-11 anos	Discriminação do Tempo de Elevação da Amplitude e Tempo Simples de Reação Auditiva; Processamento Fonológico; Velocidade de Nomeação Rápida (Dígitos e Objetos); Memória Fonológica; Escolha Ortográfica e Teste Rápido de Soletração; Fluência de Leitura.	As crianças com dislexia não apresentaram déficit no processamento auditivo central e não tiveram desempenho pior do que seus controles, de capacidade de leitura em qualquer uma das medidas de processamento cognitivo usadas no estudo.

**Legenda:** ABR = audiometria de respostas evocadas; ASPA = avaliação simplificada do processamento auditivo; BioMARK = *biological marker of auditory processing*; CONFAS = Teste de Consciência Fonológica – Instrumento de Avaliação Sequencial; DEL = distúrbio específico de linguagem; DEST = *dyslexia early screening test*; DFBP = discurso filtrado de baixa passagem; DI = discriminação de intensidade; DPA = distúrbio do processamento auditivo; DPAC = distúrbio do processamento auditivo central; EEG = eletroencefalograma; EOG = eletro-oculograma; EOAPD = emissões otoacústicas por produto de distorção; EOAT = emissão otoacústica transiente; EOG = eletro-oculograma; FC = Teste de Frases Concorrentes; FM = detecção de modulação de frequência; FR = Teste de Fala com Ruído; GAP = intervalo; GIN = *Gaps in Noise*; LDN = *late discriminative negativity*; LISN-S = Teste de Sentenças em Ruído Espacializado; MLD = diferenças de nível de mascaramento; MMN = *Mismatch Negativity*; MSNV = Teste de Memória para Sons Não Verbais em Sequência; MSV = Teste de Memória para Sons Verbais em Sequência; OSCCI = teste de ortografia; PA = processamento auditivo; PCS = Prova de Consciência Sintática; PEATE = potencial evocado auditivo de tronco encefálico; PPS = *Pitch Pattern Sequence*; PSI = Teste de Logaudiometria Pediátrica ou Teste de Inteligibilidade de Fala; QI = quociente de inteligência; RAN = Teste de Nomeação Automática Rápida; RGDT = *Random Gap Detection Test*; RT = discriminação de tempo de ascensão do som; SCAN = teste padronizado de processamento auditivo; SSW = Teste de Dissílabos Alternados; TCLPP = Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras; TDD = Teste Dicotico de Dígitos; TDE = Teste de Desempenho Escolar; TFR = Teste de Figura com Ruído; TOWRE = *test of word reading efficiency*; TPD = Testes de Padrão de Duração; TPF = Testes de Padrão de Frequência; VCV = vogal-consoante-vogal, PAC = processamento auditivo central; TPAC = transtorno do processamento auditivo central; ABFW = teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática; IMAP = bateria de testes denominada *IHR Multi-center Auditory Processing*; TPA = transtorno do processamento auditivo, VOT = tempo de início da voz; P300 = potencial evocado auditivo de longa latência.

Quadro 1. Continuação...

Autor	País	Delineamento	Casuística	Instrumentos	Principais achados do estudo
Chobert et al. <sup>(54)</sup>	França	Caso-controle	48 participantes: 24 com leitura normal e 24 com dislexia.  Faixa etária: 9-11 anos	Teste de leitura de Alouette, testes de estratégia de leitura e consciência fonológica, registro eletrofisiológico (EEG e EOG); processamento pré-atencional de sons de fala usando o MMN. As crianças foram apresentadas a uma sequência de sílabas que incluiu padrões (a sílaba “ba”) e desvios na frequência vocálica, duração da vogal e tempo de início da voz (VOT), que estavam próximos ou distantes do padrão (desvios pequenos e grandes).	Não foram encontradas diferenças entre os grupos para os desvios de frequência. Enquanto as crianças com leitura normal mostraram maiores MMNs para grandes desviantes na duração da vogal e VOT, do que para pequenos desviantes, nenhum efeito de desvio de tamanho foi encontrado em crianças com dislexia.
Zaidan et al. <sup>(55)</sup>	Estados Unidos	Prospectivo caso-controle	61 participantes: 31 com dislexia e déficit de consciência fonológica (G1) e 30 com habilidades normais de leitura (G2).  Faixa etária: 8-9 anos	Audiometria tonal e imitanciometria, teste Perfil de Habilidades Fonológicas e GIN.	As crianças do G1 apresentaram limiares de detecção de <i>gap</i> mais longos e menores escores de identificação de <i>gap</i> , do que as crianças do G2, com diferenças significativas entre os grupos.
Johnson et al. <sup>(56)</sup>	Austrália	Caso-controle	32 participantes: 16 com dislexia e 16 com leitura normal.  Faixa etária: 8-12 anos	Testes de proficiência em leitura e consciência fonológica; leitura de palavras regulares, irregulares e pseudopalavras; audiometria tonal. As respostas auditivas foram elicitadas, usando dois tipos de ruído de banda larga com duração de 500 ms, que resultaram na percepção de um ruído central e um tom lateralizado. Os estímulos de <i>pitch</i> dicótico foram incluídos para avaliar a possibilidade de déficit auditivos binaurais nas crianças com dislexia.	As respostas foram fortemente lateralizadas em crianças do grupo controle.  Crianças com dislexia mostraram significativamente menos lateralização do funcionamento auditivo cortical e um padrão diferente de desenvolvimento de lateralização auditiva, com a idade.
Grube et al. <sup>(57)</sup>	Reino Unido	Exploratório	201 participantes: 28 com dislexia e 173 com desenvolvimento típico.  Faixa etária: 11 anos (média de idade)	Decisão de rima escrita, ortografia, leitura de palavras, leitura de pseudopalavras; repetição de não palavras (da bateria de Teste de Memória de Trabalho para Crianças); recordação de dígitos invertidos; teste auditivo (4 tarefas de percepção de <i>pitch</i> , 4 tarefas de ritmo e tempo e 4 testes de percepção de timbre baseados em modulação).	O grupo disléxico apresentou desempenho significativamente pior na linguagem, mas não nas medidas auditivas. Houve uma tendência a diminuir as correlações entre o processamento de sequências curtas e as habilidades de linguagem, contrastadas por aumento significativo na correlação para o processamento básico de um único som, em particular, no domínio da modulação.

**Legenda:** ABR = audiometria de respostas evocadas; ASPA = avaliação simplificada do processamento auditivo; BioMARK = *biological marker of auditory processing*; CONFIAS = Teste de Consciência Fonológica – Instrumento de Avaliação Sequencial; DEL = distúrbio específico de linguagem; DEST = *dyslexia early screening test*; DFBP = discurso filtrado de baixa passagem; DI = discriminação de intensidade; DPA = distúrbio do processamento auditivo; DPAC = distúrbio do processamento auditivo central; EEG = eletroencefalograma; EOG = eletro-oculograma; EOAPD = emissões otoacústicas por produto de distorção; EOAT = emissão otoacústica transiente; EOG = eletro-oculograma; FC = Teste de Frases Concorrentes; FM = detecção de modulação de frequência; FR = Teste de Fala com Ruído; GAP = intervalo; GIN = *Gaps in Noise*; LDN = *late discriminative negativity*; LISN-S = Teste de Sentenças em Ruído Espacializado; MLD = diferenças de nível de mascaramento; MMN = *Mismatch Negativity*; MSNV = Teste de Memória para Sons Não Verbais em Sequência; MSV = Teste de Memória para Sons Verbais em Sequência; OSCCI = teste de ortografia; PA = processamento auditivo; PCS = Prova de Consciência Sintática; PEATE = potencial evocado auditivo de tronco encefálico; PPS = *Pitch Pattern Sequence*; PSI = Teste de Logoaudiometria Pediátrica ou Teste de Inteligibilidade de Fala; QI = quociente de inteligência; RAN = Teste de Nomeação Automática Rápida; RGDT = *Random Gap Detection Test*; RT = discriminação de tempo de ascensão do som; SCAN = teste padronizado de processamento auditivo; SSW = Teste de Dissílabos Alternados; TCLPP = Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras; TDD = Teste Dicótico de Dígitos; TDE = Teste de Desempenho Escolar; TFR = Teste de Figura com Ruído; TOWRE = *test of word reading efficiency*; TPD = Testes de Padrão de Duração; TPF = Testes de Padrão de Frequência; VCV = vogal-consoante-vogal; PAC = processamento auditivo central; TPAC = transtorno do processamento auditivo central; ABFW = teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática; IMAP = bateria de testes denominada *IHR Multi-center Auditory Processing*; TPA = transtorno do processamento auditivo, VOT = tempo de início da voz; P300 = potencial evocado auditivo de longa latência.

Quadro 1. Continuação...

Autor	País	Delineamento	Casuística	Instrumentos	Principais achados do estudo
Steinbrink et al. <sup>(21)</sup>	Alemanha	Longitudinal	236 participantes Faixa etária: 5-7 anos	Audiometria tonal liminar; Processamento Rápido Auditivo e Visual Temporal; testes padronizados de leitura e escrita.	Sugeriu-se que as habilidades de processamento auditivo central rápido têm influência causal no desenvolvimento da alfabetização.
Ahmed et al. <sup>(22)</sup>	Reino Unido	Transversal	110 participantes Faixa etária: 6-11 anos	SCAN-C (testes de fala monoaural de baixa redundância e escuta dicótica); processamento auditivo central multicêntrico IMAP (mascaramento retrógrado, mascaramento simultâneo, discriminação de frequência, inteligência não verbal, memória de trabalho, leitura, alerta de atenção e tempo de reação motora para estímulos auditivos e visuais).	O estudo identificou um fator geral de processamento auditivo central, além de dois outros fatores cognitivos, “memória operacional e atenção executiva” e “velocidade de processamento e atenção alerta” para fundamentar os deficit em crianças com suspeita de DPAC. Indivíduos com deficiências nos testes de processamento auditivo central, juntamente com testes dos outros dois fatores cognitivos, podem explicar a coocorrência de DPA e outros distúrbios.
Hämäläinen et al. <sup>(58)</sup>	Finlândia	Caso-controle	37 participantes: 11 com história familiar de dislexia e 26 do grupo controle. Faixa etária: 5-6 anos.	Conhecimento das letras do alfabeto finlandês; identificação fonológica, (tarefa de processamento fonológico); RAN. Experimento de EEG excêntrico passivo com sons sinusoidais com alterações na frequência, duração ou intensidade do som.	As respostas aos estímulos padrão mostraram um deslocamento de voltagem negativo em crianças com risco de problemas de leitura, em comparação com crianças do grupo controle. Além disso, as crianças com risco de problemas de leitura tiveram maior negatividade discriminativa tardia (LDN) na amplitude da alteração da frequência sonora, do que as crianças controle.
Rocha-Muniz et al. <sup>(59)</sup>	Brasil	Prospectivo de caso-controle	75 participantes: 25 com DEL, 25 com TPA e 25 do grupo controle. Faixa etária: 6-12 anos	TFR, TDD e TPF.	A análise intergrupos mostrou que, em todos os testes, as crianças dos grupos TPA e DEL tiveram um desempenho significativamente pior, em comparação ao grupo controle. Além disso, o grupo DEL apresentou resultados piores do que o grupo TPA.
Calcus et al. <sup>(60)</sup>	Bélgica	Caso-controle	60 participantes: 20 com dislexia fonológica, 20 do grupo controle por nível de leitura e 20 do grupo controle por idade. Faixa etária: 7-11 anos	Avaliação do mascaramento informacional (IM) de seqüências complexas.	O desempenho do controle de leitura normal de crianças aumentou ao longo do experimento, atingindo um nível significativamente melhor do que os disléxicos, nos últimos blocos.

**Legenda:** ABR = audiometria de respostas evocadas; ASPA = avaliação simplificada do processamento auditivo; BioMARK = *biological marker of auditory processing*; CONFIAS = Teste de Consciência Fonológica – Instrumento de Avaliação Sequencial; DEL = distúrbio específico de linguagem; DEST = *dyslexia early screening test*; DFBP = discurso filtrado de baixa passagem; DI = discriminação de intensidade; DPA = distúrbio do processamento auditivo; DPAC = distúrbio do processamento auditivo central; EEG = eletroencefalograma; EOG = eletro-oculograma; EOAPD = emissões otoacústicas por produto de distorção; EOAT = emissão otoacústica transiente; EOG = eletro-oculograma; FC = Teste de Frases Concorrentes; FM = detecção de modulação de frequência; FR = Teste de Fala com Ruído; GAP = intervalo; GIN = *Gaps in Noise*; LDN = *late discriminative negativity*; LISN-S = Teste de Sentenças em Ruído Espacializado; MLD = diferenças de nível de mascaramento; MMN = *Mismatch Negativity*; MSNV = Teste de Memória para Sons Não Verbais em Sequência; MSV = Teste de Memória para Sons Verbais em Sequência; OSCCI = teste de ortografia; PA = processamento auditivo; PCS = Prova de Consciência Sintática; PEATE = potencial evocado auditivo de tronco encefálico; PPS = *Pitch Pattern Sequence*; PSI = Teste de Logoaudiometria Pediátrica ou Teste de Inteligibilidade de Fala; QI = quociente de inteligência; RAN = Teste de Nomeação Automática Rápida; RGDT = *Random Gap Detection Test*; RT = discriminação de tempo de ascensão do som; SCAN = teste padronizado de processamento auditivo; SSW = Teste de Dissílabos Alternados; TCLPP = Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras; TDD = Teste Dicotico de Dígitos; TDE = Teste de Desempenho Escolar; TFR = Teste de Figura com Ruído; TOWRE = *test of word reading efficiency*; TPD = Testes de Padrão de Duração; TPF = Testes de Padrão de Frequência; VCV = vogal-consoante-vogal, PAC = processamento auditivo central; TPAC = transtorno do processamento auditivo central; ABFW = teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática; IMAP = bateria de testes denominada *IHR Multi-center Auditory Processing*; TPA = transtorno do processamento auditivo, VOT = tempo de início da voz; P300 = potencial evocado auditivo de longa latência.

Quadro 1. Continuação...

Autor	País	Delineamento	Casuística	Instrumentos	Principais achados do estudo
Tomlin et al. <sup>(61)</sup>	Austrália	Caso-controle	155 participantes: 50 do grupo controle e 105 do grupo encaminhado para avaliação de PA.  Faixa etária: 7-12 anos	TPF, TDD, GIN, MLD e LiSN-S; Fluência de Leitura (Avaliação de Leitura de Passagens Wheldall).	Nas pontuações do grupo encaminhado para avaliação do PA nos testes TDD, TPF, os resultados mostraram habilidades cognitivas significativamente mais baixas, em geral, nas crianças encaminhadas para avaliação da PA, em comparação com o grupo controle.
Murphy et al. <sup>(62)</sup>	Brasil	Experimental	58 participantes, distribuídos em cinco grupos: 11 (atenção), 13 (memória), 12 (sensorial), 13 (placebo) e 9 (controle).  Faixa etária: 5-8 anos	Os testes foram aplicados nos cinco grupos, antes e após o período de treinamento com o <i>software</i> Escuta Ativa.  Tarefas de <i>spam</i> de dígito visual, atenção sustentada auditiva, Teste Brasileiro de Fala Comprimida; Teste de Consciência Fonológica, Teste de Leitura de Palavras Isoladas.	Todos os grupos treinados, especialmente crianças mais velhas, exibiram aprendizado significativo na tarefa treinada. Nas medidas pré e pós-treinamento, a maioria dos grupos apresentou melhorias no maior número de tarefas.
Carroll et al. <sup>(23)</sup>	Reino Unido	Longitudinal	267 participantes  Faixa etária: 6-8 anos	Som das letras; leitura de palavras frequentes; Consciência Fonológica; RAN; Memória de Curto Prazo Verbal; processamento auditivo central (Teste DEST <i>Sound Order</i> ); precisão de leitura de palavras (Teste de Leitura de Palavras Únicas da Escala de Habilidades Britânica).	A memória verbal de curto prazo, a consciência fonológica e a nomeação rápida foram bons preditores de má leitura posterior. Deficit na busca visual e no processamento auditivo central também estavam presentes em minoria dos leitores pobres.
Souza et al. <sup>(24)</sup>	Brasil	Transversal	109 participantes  Faixa etária: 7-10 anos	TCLPP, TDE e ASPA.	Houve associação com significância estatística entre a competência leitora em palavras/pseudopalavras e o desempenho escolar das crianças. Contudo, não houve evidência de associação, com significância estatística, entre a competência leitora em palavras/ pseudopalavras, as variáveis sociodemográficas e as habilidades auditivas.

**Legenda:** ABR = audiometria de respostas evocadas; ASPA = avaliação simplificada do processamento auditivo; BioMARK = *biological marker of auditory processing*; CONFIAS = Teste de Consciência Fonológica – Instrumento de Avaliação Sequencial; DEL = distúrbio específico de linguagem; DEST = *dyslexia early screening test*; DFBP = discurso filtrado de baixa passagem; DI = discriminação de intensidade; DPA = distúrbio do processamento auditivo; DPAC = distúrbio do processamento auditivo central; EEG = eletroencefalograma; EOG = eletro-oculograma; EOAPD = emissões otoacústicas por produto de distorção; EOAT = emissão otoacústica transiente; EOG = eletro-oculograma; FC = Teste de Frases Concorrentes; FM = detecção de modulação de frequência; FR = Teste de Fala com Ruído; GAP = intervalo; GIN = *Gaps in Noise*; LDN = *late discriminative negativity*; LiSN-S = Teste de Sentenças em Ruído Especializado; MLD = diferenças de nível de mascaramento; MMN = *Mismatch Negativity*; MSNV = Teste de Memória para Sons Não Verbais em Sequência; MSV = Teste de Memória para Sons Verbais em Sequência; OSSCI = teste de ortografia; PA = processamento auditivo; PCS = Prova de Consciência Sintática; PEATE = potencial evocado auditivo de tronco encefálico; PPS = *Pitch Pattern Sequence*; PSI = Teste de Logaudiometria Pediátrica ou Teste de Inteligibilidade de Fala; QI = quociente de inteligência; RAN = Teste de Nomeação Automática Rápida; RGDT = *Random Gap Detection Test*; RT = discriminação de tempo de ascensão do som; SCAN = teste padronizado de processamento auditivo; SSW = Teste de Dissílabos Alternados; TCLPP = Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras; TDD = Teste Dicotico de Dígitos; TDE = Teste de Desempenho Escolar; TFR = Teste de Figura com Ruído; TOWRE = *test of word reading efficiency*; TPD = Testes de Padrão de Duração; TPF = Testes de Padrão de Frequência; VCV = vogal-consoante-vogal, PAC = processamento auditivo central; TPAC = transtorno do processamento auditivo central; ABFW = teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática; IMAP = bateria de testes denominada *IHR Multi-center Auditory Processing*; TPA = transtorno do processamento auditivo, VOT = tempo de início da voz; P300 = potencial evocado auditivo de longa latência.

dificuldade de aprendizagem ou com dislexia. A maioria dos autores concluiu que há alteração de processamento auditivo central nos participantes com dislexia e com distúrbio de leitura e escrita. Contudo, não houve grandes diferenças entre o desempenho de ambos os grupos, sendo sempre pior do que o do grupo controle.

Vale considerar que o processamento auditivo central abrange diversas habilidades e, dentre elas, as habilidades do processamento temporal<sup>(3)</sup>. Os aspectos temporais da audição são essenciais para a fala e a compreensão da linguagem e sua inadequação pode refletir em dificuldades ortográficas e na codificação/decodificação, tanto de palavras como de frases<sup>(3)</sup>.

A maioria dos estudos<sup>(23,32,42,43,45,46,51,54,60,62,63)</sup> utilizou testes que avaliam os aspectos temporais do processamento auditivo central. Deste modo, fica explícita a importância da inclusão de testes que avaliem o processamento temporal, ou seja, a ordenação e a resolução temporal, em protocolos de pesquisa e diagnóstico de crianças e adolescentes com queixas ou evidências de alterações de leitura e escrita.

Contudo, alguns estudos<sup>(10,28)</sup> evidenciaram que participantes com dificuldade na leitura e escrita<sup>(10)</sup> e dislexia<sup>(28)</sup> também apresentaram pior desempenho na habilidade auditiva de figura-fundo. Outro estudo<sup>(22)</sup> indicou que a habilidade de fechamento auditivo está comumente alterada em crianças com suspeita de distúrbio do processamento auditivo central e que esse distúrbio, frequentemente, coexiste com outros, relacionados a fatores cognitivos.

Os delineamentos transversal e caso-controle foram os mais utilizados nos estudos da presente revisão. Vale ressaltar, no entanto, que, embora os estudos com ambos os tipos de delineamento sejam importantes, eles apresentam diferenças significativas. Os estudos transversais objetivam abordar a associação entre os fatores de risco e a doença (desfecho), envolvendo amostra aleatória de uma população de interesse. São mais frágeis, já que as variáveis são avaliadas simultaneamente, revelando um “retrato” da situação no momento, e não permitem inferir sobre a causalidade dos aspectos estudados. Os estudos caso-controle, por sua vez, pretendem comparar um grupo de casos (doentes) com um grupo controle (sem a doença), em relação à presença ou ausência de um fator de exposição no passado. A limitação desse tipo de estudo é que a necessidade do levantamento da história pregressa dos participantes pode apresentar vieses de seleção e de informação<sup>(65,66)</sup>.

Quatro estudos experimentais<sup>(26,35,62,63)</sup> realizaram treinamento auditivo no grupo de estudo e foi verificada significativa melhora no resultado das reavaliações.

Em um dos estudos<sup>(26)</sup>, os autores utilizaram o *software* “Treinamento temporal auditivo com estímulos não verbais e verbais com fala expandida®”, que contém jogos verbais e não verbais, baseados no programa de treinamento auditivo *Fast Forward Language*. O objetivo da pesquisa foi verificar o desempenho de leitura e dos aspectos temporais da audição em crianças com dificuldades de leitura, após o treino auditivo. Para tal, foram realizados, além da avaliação audiológica básica, os testes de processamento auditivo central (Padrão de Frequência - Auditec, Padrão de Duração - Auditec e *Gaps in Noise* - GIN), a Avaliação de Habilidades de Leitura (Protocolo de Leitura e Escrita) e o Teste de Consciência Fonológica (CONFIAS)<sup>(26)</sup>. No estudo, foram utilizados dois jogos para o treinamento: “Jogo do Caco” (não verbal) e “Jogo do Papagaio” (verbal)<sup>(26)</sup>. Os autores desse artigo<sup>(26)</sup> concluíram que o treinamento auditivo foi

efetivo para melhorar o desempenho nas habilidades auditivas temporais e de leitura em crianças com dificuldade de leitura.

Outros dois estudos experimentais<sup>(35,63)</sup> indicaram que, após o treinamento auditivo, o desempenho em habilidades auditivas melhorou, tanto no grupo com distúrbio de aprendizagem, quanto no grupo de escolares sem dificuldade de aprendizagem.

Estudo experimental<sup>(62)</sup> realizou treinamento que incluiu tarefas de atenção, memória e sensoriais auditivas. Os autores verificaram que em todos os grupos (grupo de atenção, grupo de memória, grupo sensorial, grupo placebo e grupo controle) os participantes demonstraram aprendizado nas tarefas treinadas. Contudo, o aprendizado não foi transferido para medidas de linguagem (leitura e consciência fonológica), já que tanto o grupo placebo, como o grupo controle melhoraram da mesma forma que os demais grupos treinados.

## CONCLUSÃO

Com base nos artigos analisados na presente revisão, sobre a interface entre processamento auditivo central e processos de leitura em crianças e adolescentes, é possível concluir que há associação entre leitura e habilidades auditivas, já que a maioria dos participantes com dificuldades em habilidades de leitura também apresentam desempenho prejudicado em tarefas de habilidades auditivas. Os estudos revelaram que as habilidades auditivas que mais se encontravam alteradas eram a ordenação e a resolução temporal. Contudo, alguns estudos também revelaram alteração nas habilidades auditivas de figura-fundo para sons verbais e fechamento auditivo. Além disso, verificou-se que o treinamento auditivo é efetivo para a melhora no desempenho das habilidades auditivas e também pode ser efetivo para melhora no desempenho em tarefas de leitura.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), pelo financiamento para a execução da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

1. Machado CSS, Valle HLBS, Paula KM, Lima SS. Caracterização do processamento auditivo das crianças com distúrbio de leitura e escrita de 8 a 12 anos em tratamento no Centro Clínico de Fonoaudiologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. *Rev CEFAC*. 2011;13(3):504-12. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462010005000119>.
2. Prando ML, Pawlowski J, Fachel JMG, Misorelli MIL, Fonseca RP. Relação entre habilidades de processamento auditivo e funções neuropsicológicas em adolescentes. *Rev CEFAC*. 2010;12(4):646-61. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462010005000027>.
3. Mourão AM, Esteves CC, Labanca L, Lemos SMA. Desempenho de crianças e adolescentes em tarefas envolvendo habilidade auditiva de ordenação temporal simples. *Ver CEFAC*. 2012;14(4):659-68. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462011005000141>.
4. Teixeira JKM, Parreiras DF, Mariz VF, Alves LM. Caracterização das habilidades do processamento auditivo de crianças atendidas no ambulatório

- de transtorno de aprendizagem de uma clínica escola de Belo Horizonte. *Revista NBC*. 2017;7(13):35-48.
5. Signor RCF, Vieira SK, Berberian AP, Santana AP. Distúrbio de processamento auditivo x dificuldade de leitura e escrita: há uma relação? *Rev Bras Lingüíst Apl*. 2018;18(3):581-607. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-6398201813079>.
  6. Souza MA, Passaglio NJS, Lemos SMA. Alterações de linguagem e processamento auditivo: revisão de literatura. *Rev CEFAC*. 2016;18(2):513-9. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0216201618216215>.
  7. Santos TSL, Câmara CC, Moreira DR, Borges LL. Processamento auditivo central em crianças com dificuldades acadêmicas: revisão bibliográfica. *Estudos*. 2015;42(3):327-43.
  8. Gabriel R, Morais J, Kolinsky R. A aprendizagem da leitura e suas implicações sobre a memória e a cognição. *Ilha Desterro*. 2016;69(1):61-78. <http://dx.doi.org/10.5007/2175-8026.2016v69n1p61>.
  9. Uvo MFC, Germano GD, Capellini AS. Desempenho de escolares com transtorno do déficit de atenção com hiperatividade em habilidades metalingüísticas, leitura e compreensão leitora. *Rev CEFAC*. 2017;19(1):7-19. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0216201719115815>.
  10. Frota S, Pereira LD. Processamento auditivo: estudo em crianças com distúrbios da leitura e da escrita. *Rev Psicopedag*. 2010;27(83):214-22.
  11. Capovilla F, Capovilla AGS, Viggiano K, Mauricio A, Bidá M. Processos logográficos, alfabéticos e lexicais na leitura silenciosa por surdos e ouvintes. *Estud Psicol*. 2005;10(1):15-23. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-294X2005000100003>.
  12. Machado AC, Capellini AS. Caracterização do desempenho de crianças com distúrbio de aprendizagem em estratégias de compreensão leitora. *Rev Psicop*. 2011;28(86):126-32.
  13. Carrilho APN. Relação entre compreensão leitora e habilidades cognitivas e linguísticas em escolares com Distúrbio de Aprendizagem [tese]. Bauru: Universidade de São Paulo; 2016. <http://dx.doi.org/10.11606/T.25.2016.tde-08082016-220203>.
  14. Bovo EBP, Lima RF, Silva FCP, Ciasca SM. Relações entre as funções executivas, fluência e compreensão leitora em escolares com dificuldades de aprendizagem. *Rev Psicopedagogia*. 2016;33(102):272-82.
  15. Souza MT, Silva MD, Carvalho R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein*. 2010;8(1):102-6. <http://dx.doi.org/10.1590/s1679-45082010rw1134>. PMID:26761761.
  16. Mendes KDS, Silveira RCCP, Galvão CM. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto Contexto Enferm*. 2008;17(4):758-64. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-07072008000400018>.
  17. Phillips B, Ball C, Sackett D, Badenoch D, Straus S, Haynes B, et al. Centre for Evidence-Based Medicine [Internet]. 2018 [citado em 2018 Nov 18]. Disponível em: <http://www.cebm.net/index.aspx?o=1025>
  18. Malta M, Cardoso LO, Bastos FI, Magnanini MMF, Silva CMF. Passos da Iniciativa STROBE: subsídios para a comunicação de estudos observacionais. *Rev Saude Publica*. 2010;44(3):559-65. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102010000300021>. PMID:20549022.
  19. Steinbrink C, Knigge J, Mannhaupt G, Sallat S, Werkle A. Are temporal and tonal musical skills related to phonological awareness and literacy skills? Evidence from two cross-sectional studies with children from different age groups. *Front Psychol*. 2019;10(16):805. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00805>. PMID:31040806.
  20. Souza CA, Escarce AG, Lemos SMA. Ordenação temporal e competência leitora de palavras e pseudopalavras: estudo preliminar. *CoDAS*. 2018;30(2):e20170102. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/20182017102>. PMID:29791619.
  21. Steinbrink C, Zimmer K, Lachmann T, Dirichs M, Kammer T. Development of rapid temporal processing and its impact on literacy skills in primary school children. *Child Dev*. 2014;85(4):1711-26. <http://dx.doi.org/10.1111/cdev.12208>. PMID:24359600.
  22. Ahmmed AU, Ahmmed AA, Bath JR, Ferguson MA, Plack CJ, Moore DR. Assessment of children with suspected auditory processing disorder: a factor analysis study. *Ear Hear*. 2014;35(3):295-305. <http://dx.doi.org/10.1097/01.aud.0000441034.02052.0a>. PMID:24496289.
  23. Carroll JM, Solity J, Shapiro LR. Predicting dyslexia using prereading skills: the role of sensorimotor and cognitive abilities. *J Child Psychol Psychiatry*. 2016;57(6):750-8. <http://dx.doi.org/10.1111/jcpp.12488>. PMID:26662375.
  24. Souza CA, Escarce AG, Lemos SMA. Competência leitora de palavras e pseudopalavras, desempenho escolar e habilidades auditivas em escolares do ensino fundamental. *Audiol Commun Res*. 2019;24:1-8. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-6431-2018-2018>.
  25. Chaubet J, Pereira L, Perez AP. Temporal resolution ability in students with dyslexia and reading and writing disorders. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2014;18(2):146-9. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1363465>. PMID:25992081.
  26. Vatanabe TY, Navas ALGP, Mariano SPB, Murphy CB, Durante AS. Desempenho de crianças com distúrbio de leitura após o treino auditivo. *Audiol Commun Res*. 2014;19(1):7-12. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-64312014000100003>.
  27. Murphy-Ruiz PC, Penaloza-Lopez YR, Garcia-Pedroza F, Poblano A. Right cerebral hemisphere and central auditory processing in children with developmental dyslexia. *Arq Neuropsiquiatr*. 2013;71(11):883-9. <http://dx.doi.org/10.1590/0004-282X20130172>. PMID:24394876.
  28. Oliveira JC, Murphy CFB, Schochat E. Processamento auditivo (central) em crianças com dislexia: avaliação comportamental e eletrofisiológica. *CoDAS*. 2013;25(1):39-44. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-17822013000100008>. PMID:24408169.
  29. Simões MB, Schochat E. Transtorno do processamento auditivo (central) em indivíduos com e sem dislexia. *Pró-Fono Rev Atual Cient*. 2010;22(4):521-4. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-56872010000400027>. PMID:21271110.
  30. Boscarol M, Guimarães CA, Hage SRDV, Cendes F, Guerreiro MM. Processamento temporal auditivo: relação com dislexia do desenvolvimento e malformação cortical. *Pró-Fono Rev Atual Cient*. 2010;22(4):537-42. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-56872010000400030>.
  31. Pelitero TM, Manfredi AKDS, Schneck APC. Avaliação das habilidades auditivas em crianças com alterações de aprendizagem. *Rev CEFAC*. 2010;12(4):662-70. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462010005000062>.
  32. Pinheiro FH, Oliveira AMD, Cardoso ACV, Capellini SA. Testes de escuta dicótica em escolares com distúrbio de aprendizagem. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2010;76(2):257-62.
  33. Abdo AGR, Murphy CFB, Schochat E. Habilidades auditivas em crianças com dislexia e transtorno do déficit de atenção e hiperatividade. *Pró-Fono Rev Atual Cient*. 2010;22(1):25-30. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-56872010000100006>.
  34. Murphy CFB, Schochat E. How auditory temporal processing deficits relate to dyslexia. *Braz J Med Biol Res*. 2009;42(7):647-54. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-879X2009000700009>. PMID:19578644.
  35. Pinheiro FH, Capellini SA. Desenvolvimento das habilidades auditivas de escolares com distúrbio de aprendizagem, antes e após treinamento auditivo, e suas implicações educacionais. *Rev Psicopedag*. 2009;26(80):231-41.
  36. Engelmann L, Ferreira MIDC. Avaliação do processamento auditivo em crianças com dificuldades de aprendizagem. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2009;14(1):69-74. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342009000100012>.

37. Germano GD, Pinheiro FH, Cardoso ACV, Santos LCA, Padula NAMR, Capellini SA. Relação entre achados em neuroimagem, habilidades auditivas e metafonológicas em escolares com dislexia do desenvolvimento. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2009;14(3):315-22. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342009000300006>.
38. Capellini SA, Germano GD, Cardoso ACV. Relação entre habilidades auditivas e fonológicas em crianças com dislexia do desenvolvimento. *Rev Sem Assoc Bras Psicol Escol Educ.* 2008;12(1):235-53. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-85572008000100016>.
39. Wang HS, Wang NY, Chen IC, Tsao Y. Auditory identification of frequency-modulated sweeps and reading difficulties in Chinese. *Res Dev Disabil.* 2019;86:53-61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2019.01.006>. PMID:30660853.
40. Vanvooren S, Poelmans H, De Vos A, Ghesquière P, Wouters J. Do prereaders' auditory processing and speech perception predict later literacy? *Res Dev Disabil.* 2017;70:138-51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2017.09.005>. PMID:28938227.
41. Barker MD, Kuruvilla-Mathew A, Purdy SC. Cortical auditory-evoked potential and behavioral evidence for differences in auditory processing between good and poor readers. *J Am Acad Audiol.* 2017;28(6):534-45. <http://dx.doi.org/10.3766/jaaa.16054>. PMID:28590897.
42. Johnson EP, Pennington BF, Lee NR, Boada R. Directional effects between rapid auditory processing and phonological awareness in children. *J Child Psychol Psychiatry.* 2009;50(8):902-10. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.2009.02064.x>. PMID:19298469.
43. Yalçinkaya F, Muluk NB, Sahin S. Effects of listening ability on speaking, writing and reading skills of children who were suspected of auditory processing difficulty. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2009;73(8):1137-42. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijporl.2009.04.022>. PMID:19477531.
44. Dawes P, Sirimanna T, Burton M, Vanniasagaram I, Tweedy F, Bishop DV. Temporal auditory and visual motion processing of children diagnosed with auditory processing disorder and dyslexia. *Ear Hear.* 2009;30(6):675-86. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181b34cc5>. PMID:19672194.
45. Dawes P, Bishop DV. Psychometric profile of children with auditory processing disorder and children with dyslexia. *Arch Dis Child.* 2010;95(6):432-6. <http://dx.doi.org/10.1136/adc.2009.170118>. PMID:20501538.
46. Ferguson MA, Hall RL, Riley A, Moore DR. Communication, listening, cognitive and speech perception skills in children with auditory processing disorder (APD) or Specific Language Impairment (SLI). *J Speech Lang Hear Res.* 2011;54(1):211-27. [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2010/09-0167\)](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2010/09-0167)). PMID:20689032.
47. Billiet CR, Bellis TJ. The relationship between brainstem temporal processing and performance on tests of central auditory function in children with reading disorders. *J Speech Lang Hear Res.* 2011;54(1):228-42. [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2010/09-0239\)](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2010/09-0239)). PMID:20689038.
48. Boets B, Vandermosten M, Poelmans H, Luts H, Wouters J, Ghesquière P. Preschool impairments in auditory processing and speech perception uniquely predict future reading problems. *Res Dev Disabil.* 2011;32(2):560-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2010.12.020>. PMID:21236633.
49. Miller CA, Wagstaff DA. Behavioral profiles associated with auditory processing disorder and specific language impairment. *J Commun Disord.* 2011;44(6):745-63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcomdis.2011.04.001>. PMID:21636094.
50. Poelmans H, Luts H, Vandermosten M, Boets B, Ghesquière P, Wouters J. Reduced sensitivity to slow-rate dynamic auditory information in children with dyslexia. *Res Dev Disabil.* 2011;32(6):2810-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2011.05.025>. PMID:21645986.
51. Messaoud-Galusi S, Hazan V, Rosen S. Investigating speech perception in children with dyslexia: is there evidence of a consistent deficit in individuals? *J Speech Lang Hear Res.* 2011;54(6):1682-701. [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/09-0261\)](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2011/09-0261)). PMID:21930615.
52. Vandewalle E, Boets B, Ghesquière P, Zink I. Auditory processing and speech perception in children with specific language impairment: relations with oral language and literacy skills. *Res Dev Disabil.* 2012;33(2):635-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2011.11.005>. PMID:22155538.
53. Georgiou GK, Papadopoulos TC, Zarouna E, Parrila R. Are auditory and visual processing deficits related to developmental dyslexia? *Dyslexia.* 2012;18(2):110-29. <http://dx.doi.org/10.1002/dys.1439>. PMID:22419585.
54. Chobert J, François C, Habib M, Besson M. Deficit in the preattentive processing of syllabic duration and VOT in children with dyslexia. *Neuropsychologia.* 2012;50(8):2044-55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.05.004>. PMID:22595658.
55. Zaidan E, Baran JA. Gaps-in-noise (GIN©) test results in children with and without reading disabilities and phonological processing deficits. *Int J Audiol.* 2013;52(2):113-23. <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2012.733421>. PMID:23167240.
56. Johnson BW, McArthur G, Hautus M, Reid M, Brock J, Castles A, et al. Lateralized auditory brain function in children with normal reading ability and in children with dyslexia. *Neuropsychologia.* 2013;51(4):633-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.12.015>. PMID:2333528.
57. Grube M, Cooper FE, Kumar S, Kelly T, Griffiths TD. Exploring the role of auditory analysis in atypical compared to typical language development. *Hear Res.* 2014;308:129-40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heares.2013.09.015>. PMID:24112877.
58. Hämäläinen JA, Lohvansuu K, Ervast L, Leppänen PH. Event-related potentials to tones show differences between children with multiple risk factors for dyslexia and control children before the onset of formal reading instruction. *Int J Psychophysiol.* 2015;95(2):101-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.04.004>. PMID:24746550.
59. Rocha-Muniz CN, Zachi EC, Teixeira RA, Ventura DF, Befi-Lopes DM, Schochat E. Association between language development and auditory processing disorders. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2014;80(3):231-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.01.002>. PMID:25153108.
60. Calcus A, Colin C, Deltenre P, Kolinsky R. Informational masking of complex tones in dyslexic children. *Neurosci Lett.* 2015;584(1):71-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2014.10.026>. PMID:25459281.
61. Tomlin D, Dillon H, Sharma M, Rance G. The Impact of Auditory Processing and Cognitive Abilities in Children. *Ear Hear.* 2015;36(5):527-42. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.000000000000172>. PMID:25951047.
62. Murphy CF, Moore DR, Schochat E. Generalization of auditory sensory and cognitive learning in typically developing children. *PLoS One.* 2015;10(8):e0135422. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0135422>. PMID:26267275.
63. Pinheiro FH, Capellini SA. Treinamento auditivo em escolares com distúrbio de aprendizagem. *Pró-Fono Rev Atual Cient.* 2010;22(1):49-54. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-56872010000100010>.
64. Gonçalves-Guedim TF, Capelatto IV, Salgado-Azoni CA, Ciasca SM, Crenitte PAP. Desempenho do processamento fonológico, leitura e escrita em escolares com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade. *Rev CEFAC.* 2017;19(2):242-52. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0216201719220815>.
65. Soares JF, Siqueira AL. Introdução à estatística médica. Belo Horizonte: Departamento de Estatística, UFMG; 1999. Organização da pesquisa médica; cap. 2.
66. Souza TT, Correr CJ. Tipos de estudos epidemiológicos [Internet]. SlideShare; 2013 [citado em 2019 Dez 21]. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/FClinico/tipos-de-estudos-epidemiologicos-26672507>