

Mayra Monteiro Pires¹
 Mailce Borges Mota²
 Maria Madalena Canina Pinheiro³

Os sistemas de memória de crianças portadoras do distúrbio do processamento auditivo (central)

The memory systems of children with (central) auditory disorder

Descritores

Percepção Auditiva
 Memória
 Criança

Keywords

Auditory Perception
 Memory
 Child

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi investigar os sistemas de memória de trabalho, memória declarativa e memória procedural em crianças portadoras de distúrbio do processamento auditivo (central) que apresentam baixo desempenho na avaliação da consciência fonológica. A amostra foi constituída de 30 crianças, na faixa etária entre 9 e 10 anos, que foram distribuídas em 2 grupos: um grupo controle, constituído de 15 crianças com desenvolvimento normal e um grupo experimental, constituído de 15 crianças com distúrbio do processamento auditivo (central), que foram classificadas de acordo com 3 testes comportamentais e com baixo desempenho na avaliação da consciência fonológica por intermédio da bateria de testes CONFIAS. Os sistemas de memória foram avaliados por meio de testes adaptados no programa E-Prime 2.0. A memória de trabalho foi avaliada com base na *Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C)*, enquanto a memória declarativa foi avaliada por meio de um teste de nomeação de figuras, e a memória procedural, por meio de um teste de processamento morfossintático. Os resultados revelaram que, quando comparadas ao grupo controle, as crianças do grupo experimental apresentaram desempenho inferior na avaliação dos sistemas de memória de trabalho, declarativa e procedural. O presente estudo sugere que, em crianças com distúrbio do processamento auditivo (central), o processamento fonológico está relacionado com os sistemas de memória em estudo.

ABSTRACT

This study aims to investigate working, declarative, and procedural memory in children with (central) auditory processing disorder who showed poor phonological awareness. Thirty 9- and 10-year-old children participated in the study and were distributed into two groups: a control group consisting of 15 children with typical development, and an experimental group consisting of 15 children with (central) auditory processing disorder who were classified according to three behavioral tests and who showed poor phonological awareness in the CONFIAS test battery. The memory systems were assessed through the adapted tests in the program E-PRIME 2.0. The working memory was assessed by the Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C), whereas the declarative memory was assessed by a picture-naming test and the procedural memory was assessed by means of a morphosyntactic processing test. The results showed that, when compared to the control group, children with poor phonological awareness scored lower in the working, declarative, and procedural memory tasks. The results of this study suggest that in children with (central) auditory processing disorder, phonological awareness is associated with the analyzed memory systems.

Endereço para correspondência:

Mayra Monteiro Pires
 Laboratório de Investigação
 Fonoaudiológica em
 Processamento Auditivo
 Rua Cipotânea, 51, Cidade
 Universitária, São Paulo (SP), Brasil,
 CEP: 05360-000.
 E-mail: may_pires@hotmail.com

Recebido em: 02/02/2015

Aceito em: 31/03/2015

CoDAS 2015;27(4):326-32

Trabalho realizado no Programa de Pós-graduação em Linguística, Departamento de Língua e Literatura Estrangeiras, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Florianópolis (SC), Brasil.

(1) Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

(2) Programa de Pós-graduação em Linguística, Departamento de Língua e Literatura Estrangeiras, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Florianópolis (SC), Brasil.

(3) Programa de Pós-graduação em Distúrbios da Comunicação Humana pela Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP – São Paulo (SP); Curso de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Florianópolis (SC), Brasil.

Fonte de financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES; e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. (Processo 307540/2010-3 e 306090/2013-3).

Conflito de interesses: nada a declarar.

INTRODUÇÃO

O distúrbio do processamento auditivo (central), DPA (C), é definido como a incapacidade das vias auditivas centrais de focar, discriminar, reconhecer ou compreender informações apresentadas por meio da audição. Esse distúrbio, apesar de relacionado ao déficit do processamento da informação sonora, não gera perda auditiva, nem dificuldades intelectuais, caracterizando-se como um distúrbio de modalidade auditiva⁽¹⁾. Primeiramente, o DPA (C) pode se manifestar somente no sistema auditivo; entretanto, devido à mesma divisão de substratos neurais e do processamento em paralelo e em sequência de algumas regiões cerebrais, esse distúrbio pode estar vinculado a prejuízos relacionados à linguagem e aos aspectos cognitivos, como a atenção e a memória⁽²⁾.

Alguns estudos^(3,4) têm demonstrado a relação existente entre o processamento auditivo (central) e a consciência fonológica, sendo esta definida como a habilidade de manipular a estrutura sonora das palavras desde a substituição de um determinado som até a segmentação deste em unidades menores⁽⁵⁾. A consciência fonológica envolve aspectos cognitivos dependentes da memória de trabalho, como a retenção da informação verbal necessária durante a realização de testes que envolvem a capacidade de refletir sobre a estrutura da linguagem⁽⁶⁾. A partir de tal constatação, alguns estudos^(7,8) têm mostrado que crianças com dificuldades na avaliação da consciência fonológica apresentam, também, baixo desempenho em avaliações referentes ao sistema de memória de trabalho. Esse sistema de memória, de capacidade limitada, permite o armazenamento temporário e a manipulação de informação necessária para o desempenho de tarefas complexas como a compreensão da linguagem, a aprendizagem e o raciocínio⁽⁹⁾. Como uma tentativa de explicar a representação mental do sistema de memória de trabalho, foi proposto um modelo que envolve um componente principal denominado executivo central⁽⁹⁾. Esse componente realiza o controle da atenção, sendo capaz de gerenciar simultaneamente o armazenamento e o processamento de informações, além de supervisionar três subcomponentes: a alça fonológica, responsável pelo armazenamento da informação verbal, o subcomponente visual-espacial, responsável pela retenção da informação visual e espacial⁽⁹⁾ e o *buffer* episódico, subcomponente que gerencia a recuperação de informação da memória de longo prazo⁽¹⁰⁾. Cabe perguntar, entretanto, se a relação entre consciência fonológica e memória se estende para sistemas de memória de longo prazo. Ao tratar da memória de longo prazo, o presente estudo adota um modelo específico, o Modelo Declarativo/Procedural. Esse modelo parte do pressuposto de que a linguagem depende de duas capacidades mentais distintas: um léxico mental memorizado e uma gramática mental que opera por meio de regras computacionais⁽¹¹⁾. O modelo declarativo/procedural apresenta como premissa a distinção de processamento de modalidade dual, em que o sistema de memória declarativa subjaz ao léxico mental, ao passo que o sistema de memória procedural subjaz a aspectos da gramática mental⁽¹¹⁾.

Com base nos pressupostos teóricos apresentados, o presente estudo teve como objetivo investigar os sistemas de memória de trabalho, memória declarativa e memória procedural em crianças com DPA (C) que apresentam baixo desempenho na avaliação da consciência fonológica.

MÉTODO

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina, sob o número de registro 02077612.4.0000.0121. Todos os responsáveis das crianças participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido de pesquisa.

Fizeram parte da amostra 30 crianças na faixa etária de 9 e 10 anos, que foram distribuídas em 2 grupos: o grupo controle, com 15 crianças com desenvolvimento normal, sendo 8 do sexo feminino e 7 do sexo masculino e o grupo experimental, que foi constituído por 15 crianças com DPA (C) que apresentavam baixo desempenho na avaliação da consciência fonológica, sendo 9 do sexo feminino e 6 do sexo masculino. As crianças de ambos os grupos eram alunos da 4ª série do ensino fundamental de um colégio público situado na cidade de Florianópolis, Santa Catarina.

Para o grupo controle foram seguidos os seguintes critérios: as crianças deveriam ser alfabetizadas, não apresentar evidências de alterações neurológicas e psiquiátricas, dificuldades de atenção, fala e aprendizagem. Também não foram incluídas nesse grupo crianças que apresentavam perdas auditivas ou queixas relacionadas ao ensino escolar. As crianças do grupo controle apresentaram desempenho normal (acima de 68 pontos) na bateria de testes CONFIAS⁽¹²⁾, que avalia a consciência fonológica.

Para o grupo experimental foram seguidos os mesmos critérios de inclusão do grupo controle, a diferença é que as crianças desse grupo apresentavam queixas referentes a dificuldades de aprendizagem escolar, trocas ortográficas e dificuldades de compreensão de leitura de texto. Esse grupo foi constituído por crianças com DPA (C) conforme resultado dos testes específicos que diagnosticam esse distúrbio, realizados no presente estudo. É importante salientar que as crianças do grupo experimental não estavam em processo de terapia fonoaudiológica e apresentaram, na bateria de testes CONFIAS⁽¹²⁾, desempenho inferior a 50 pontos.

Para atender aos objetivos propostos na presente pesquisa, foi realizada avaliação audiológica e comportamental do processamento auditivo (central), avaliação da consciência fonológica, leitura e escrita e dos sistemas de memória de trabalho, declarativa e procedural.

A avaliação audiológica foi composta por: meatoscopia, audiometria tonal liminar, logaudiometria e imitancimetria. Na meatoscopia foi utilizado o otoscópio da marca Welch Allyn, modelo 22840. Na avaliação audiológica e na avaliação comportamental do processamento auditivo, um audiômetro de dois canais modelo AC40, marca *Interacoustics*, com fones TDH-39; e na imitancimetria, um imitânciômetro modelo AT235, marca *Interacoustics*.

Em função dos vários testes que as crianças deveriam realizar no dia da avaliação, foram selecionados para avaliar o processamento auditivo (central) apenas três testes comportamentais: *pediatric speech intelligibility* (PSI) com sentenças em escuta monótica⁽¹³⁾, que avalia a habilidade auditiva de figura-fundo com análise na relação sinal/ruído -10; teste dicótico de dígitos (TDD)⁽¹⁴⁾, que avalia a habilidade auditiva de figura-fundo para sons verbais em escuta dicótica e foi utilizada nesse teste a etapa de integração binaural. Para analisar os aspectos temporais foi aplicado o teste *gaps in noise* (GIN)⁽¹⁵⁾, que avalia a habilidade auditiva de resolução temporal com análise do limiar de acuidade temporal. O critério abaixo da normalidade

em um ou mais testes propostos no presente estudo classificava a criança que apresentava o DPA (C) para a sua inclusão no grupo experimental.

A avaliação da consciência fonológica foi realizada por meio do instrumento de avaliação sequencial CONFIAS⁽¹²⁾, que consiste em 16 tarefas com escalas de dificuldades, sendo 9 distribuídas ao nível da sílaba e 7 ao nível do fonema. Para garantir que as crianças estavam alfabetizadas foram utilizados testes de fluência de leitura e escrita dos testes de recepção e produção da linguagem oral⁽¹⁶⁾.

Os testes comportamentais de memória de trabalho, declarativa e procedural foram elaborados no Laboratório de Linguagem e Processos Cognitivos, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Linguística da UFSC. Todos os testes foram desenvolvidos no programa *E-Prime 2.0*⁽¹⁷⁾, que consiste em um programa computacional utilizado para elaboração de testes cognitivos comportamentais. Os testes que serão descritos a seguir foram aplicados em um computador da marca *Samsung*, modelo notebook 305E4A-BD1, com caixas de som da marca *Philips*, modelo SPA5210, e foram compostos por duas fases, sendo a primeira fase relacionada à aprendizagem e prática para familiarização com o teste e a segunda fase à testagem para responder aos objetivos propostos.

A avaliação do sistema de memória de trabalho foi realizada por meio de testes adaptados para o português brasileiro conforme a *working memory test battery for children*⁽¹⁸⁾. A seguir, serão descritos os testes que foram adaptados para o presente estudo.

Frases lembradas

Esse teste teve como objetivo avaliar o armazenamento e processamento da informação linguística de forma simultânea. A tarefa da criança era identificar se as sentenças escutadas eram verdadeiras ou falsas, de acordo com o contexto de realidade no mundo, e em seguida armazenar e verbalizar a última palavra da sentença apresentada. As sentenças foram organizadas em grupos de duas a seis sentenças. O critério de pontuação estabelecido foi de acordo com o número de acertos de palavras armazenadas corretamente.

Recuperação da lista de palavras

Esse teste tem como objetivo avaliar o armazenamento da informação fonológica de palavras reais. A tarefa da criança era repetir as palavras corretamente na ordem em que foram apresentadas. O critério de pontuação estabelecido foi de acordo com o número de palavras corretas verbalizadas na sequência apresentada.

Palavras inexistentes

Esse teste tem como objetivo avaliar o armazenamento da informação fonológica de palavras não reais. O teste foi composto por um grupo de pseudopalavras que visava a avaliação da memória fonológica de trabalho fazendo um paralelo com a alça fonológica. A tarefa da criança era repetir as pseudopalavras da forma como escutou. O critério de pontuação estabelecido foi de acordo com o número de palavras corretas verbalizadas.

Memória declarativa

O objetivo do teste de memória declarativa foi avaliar o acesso ao léxico mental pela tarefa de nomeação de cem figuras, que foram apresentadas de forma individual na tela do computador. As crianças verbalizaram a resposta no microfone da marca TSI, modelo 58B.

O teste de memória declarativa teve dois parâmetros para pontuação: acurácia de resposta e tempo de reação (TR). A acurácia de resposta está relacionada ao número de acertos de figuras realizado pela criança participante e o tempo de reação está relacionado ao tempo, expresso em milissegundos (ms), que a criança levou para nomear a figura. Essa análise foi realizada de forma automática por um recurso disponível no programa *E-Prime 2.0*⁽¹⁷⁾.

Memória procedural

O objetivo do teste de memória procedural foi avaliar o processamento das regras da morfossintaxe dos verbos regulares da língua portuguesa flexionados no pretérito perfeito. Esse teste foi constituído de verbos regulares e pseudoverbos baseados na estrutura fonológica do Português Brasileiro. A tarefa da criança era conjugar os verbos e pseudoverbos que apareciam na tela do computador concomitantemente com uma frase de acordo com a disposição em nossa língua conforme a pessoa e o tempo verbal. O critério de pontuação estabelecido foi o número de acertos das respostas esperadas tanto para verbos quanto para pseudoverbos fornecidas pelas crianças participantes.

Para a presente pesquisa, adotou-se o nível de significância das análises estatísticas de 0,05 (5%). Como o objetivo do estudo foi comparar o grupo controle e o grupo experimental para todas as variáveis analisadas, foi utilizado no na presente pesquisa o teste estatístico ANOVA.

RESULTADOS

Para revelar a diferença entre os grupos em relação à avaliação do processamento auditivo (central) e à avaliação da consciência fonológica, apresentamos as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Comparação entre os grupos nos testes de processamento auditivo (central)

Testes de processamento auditivo (central)	TDD		Limiar de acuidade temporal GIN (ms)		PSI (relação -10)	
	Controle	Experimental	Controle	Experimental	Controle	Experimental
Média (orelha direita)	98,3%	82,4%	4	6	100%	70%
Média (orelha esquerda)	92,3%	74,4%	4	6	90%	70%
Desvio padrão (orelha direita)	0,56	0,75	0,62	0,77	0,68	0,61
Desvio padrão (orelha esquerda)	0,53	0,71	0,63	0,74	0,58	0,60
Valor de p	<0,001*		<0,001*		<0,001*	

*Valores significativos (p≤0,05) – Teste ANOVA

Legenda: TDD = teste dicótico de dígitos; GIN = *gaps in noise*; PSI = *pediatric speech intelligibility*; ms = milissegundos

A Tabela 1 apresenta o desempenho entre o grupo experimental e o grupo controle para a avaliação do processamento auditivo (central). Ao analisar a Tabela 1 foi verificado que o desempenho entre os grupos foi distinto para a avaliação do processamento auditivo (central). Os dados apresentados na Tabela 1 constataram que houve diferença significativa no TDD, GIN e PSI com sentenças em ambas as orelhas entre grupo controle e experimental, categorizando o grupo experimental como crianças com DPA (C), além da análise dos valores de normalidade para cada teste. O único teste considerado dentro dos padrões da normalidade de acordo com a média de desempenho do grupo experimental foi o teste PSI com sentenças.

A Tabela 2 apresenta o desempenho do grupo controle e do grupo experimental para a avaliação da consciência fonológica por meio da bateria de testes CONFIAS⁽¹²⁾. Verifica-se na Tabela 2 que o desempenho entre os dois grupos para a avaliação da consciência fonológica é diferente e que houve diferença significativa entre os resultados dos grupos. Sendo assim, categoriza-se o grupo experimental como crianças com DPA (C) que apresentam baixo desempenho na avaliação da consciência fonológica.

A Tabela 3 apresenta a comparação de desempenho entre o grupo controle e o grupo experimental em relação aos testes de memória de trabalho. É possível observar na Tabela 3, de acordo com a análise comparativa, que o grupo experimental apresentou desempenho inferior em todos os testes que avaliaram a memória de trabalho com diferença significativa. Em toda a avaliação de memória de trabalho, as crianças do grupo experimental apresentaram melhor desempenho no teste “palavras inexistentes” com estímulos não linguísticos e pior desempenho no teste “lista de palavras” com estímulos linguísticos na avaliação da alça fonológica.

A Tabela 4 apresenta a comparação de desempenho entre o grupo controle e o grupo experimental em relação ao teste de memória declarativa. Nessa tabela, além da acurácia de respostas, também encontra-se descrito o tempo de reação, em milissegundos, para a nomeação das figuras do teste, que está representado pela sigla TR (ms).

Tabela 2. Comparação entre o grupo controle e experimental em relação ao teste CONFIAS

CONFIAS	Controle	Experimental
Média	69,27	45,93
Desvio padrão	1,03	3,71
Valor de p	<0,001*	

*Valor significativo ($p \leq 0,05$) – Teste ANOVA

Tabela 3. Comparação do grupo controle e grupo experimental para os testes de memória de trabalho

Memória de trabalho	Frases lembradas		Recuperação lista de palavras		Palavras inexistentes	
	Controle	Experimental	Controle	Experimental	Controle	Experimental
Média	4,60	3,67	3,53	2,47	5,60	4,47
Mediana	5	4	4	3	6	4
Desvio padrão	0,63	0,72	0,52	0,64	0,63	0,52
CV	14%	20%	15%	26%	11%	12%
Min	4	2	3	1	4	4
Max	6	5	4	3	6	5
IC	0,32	0,37	0,26	0,32	0,32	0,26
Valor de p	<0,001*		<0,001*		<0,001*	

*Valores significativos ($p \leq 0,05$) – Teste ANOVA

Legenda: CV = coeficiente de variação; Min = mínimo; Max = máximo; IC = intervalo de confiança

Na avaliação da memória declarativa, a Tabela 4 mostra que os grupos são diferentes para a acurácia de respostas e para o tempo de reação, e que essas diferenças são significativas. O grupo experimental apresenta pior desempenho nessa avaliação, e dessa forma infere-se que as crianças com DPA (C) que apresentam baixo desempenho na avaliação da consciência fonológica também apresentam desempenho inferior no acesso ao léxico mental. Na Tabela 4 pode-se observar que a diferença entre os dois grupos foi maior para o tempo de reação do que para a acurácia de respostas.

A Tabela 5 apresenta a comparação de desempenho entre o grupo controle e o grupo experimental em relação ao teste de memória procedural.

Tabela 4. Comparação entre o grupo controle e experimental no teste de memória declarativa

Memória declarativa	Acertos		TR (ms)	
	Controle	Experimental	Controle	Experimental
Média	94,87	86,53	431,15	877,32
Mediana	96	87	425	863
Desvio padrão	3,23	3,31	58,5	185,9
CV	3%	4%	14%	21%
Min	88	81	331	642
Max	99	92	541	1.321
n	15	15	15	15
IC	1,63	1,68	29,6	94,1
Valor de p	<0,001*		<0,001*	

*Valores significativos ($p \leq 0,05$) – Teste ANOVA

Legenda: TR = tempo de reação; ms: milissegundos; CV = coeficiente de variação; Min = mínimo; Max = máximo; IC = intervalo de confiança

Tabela 5. Comparação entre os grupos para o teste de memória procedural

Memória procedural	Controle	Experimental
Média	23,80	15,07
Mediana	24	14
Desvio padrão	1,32	2,91
CV	6%	19%
Min	22	11
Max	26	19
n	15	15
IC	0,67	1,47
Valor de p	<0,001*	

*Valor significativo ($p \leq 0,05$) – Teste ANOVA

Legenda: CV = coeficiente de variação; Min = mínimo; Max = máximo; IC = intervalo de confiança

Os dados distribuídos na Tabela 5 mostram que o grupo experimental apresentou desempenho inferior, quando comparado ao grupo controle, no teste de memória procedural, com resultado significativo.

DISCUSSÃO

A literatura descreve que crianças com DPA (C) podem apresentar dificuldades de processamento nos sistemas cognitivos⁽²⁾, sendo assim, é importante investigar os sistemas de memória de trabalho, declarativa e procedural nessa população para tentar compreender as manifestações cognitivas desse distúrbio, as extensões linguísticas que podem estar presentes e assim estabelecer processos de intervenção, quando necessário.

Na avaliação do processamento auditivo (central) verificou-se que o grupo experimental apresentou resultados abaixo do padrão de normalidade no TDD com vantagem da orelha direita nos dois grupos e no GIN em que foi utilizado critério de normalidade para adultos⁽¹⁹⁾, já que a idade mínima para inclusão em ambos os grupos era nove anos. Esses resultados diferentes, concomitantemente com os critérios de normalidade para cada teste, mostram que as crianças do grupo experimental apresentam DPA (C).

O desempenho do grupo experimental foi inferior com resultados significantes quando comparado ao desempenho do grupo controle para a avaliação da consciência fonológica (Tabela 2). A literatura já descreve que crianças com DPA (C) podem apresentar dificuldades em tarefas relacionadas à consciência fonológica^(3,4), sendo assim, a presente pesquisa se deterá a discutir os resultados encontrados na avaliação dos sistemas de memória em estudo nas crianças com DPA (C) que apresentam baixo desempenho na avaliação da consciência fonológica. Ressaltamos que não foram encontrados estudos experimentais que relacionassem a consciência fonológica com os sistemas de memória de trabalho, declarativa e procedural em crianças com DPA (C).

Os resultados distribuídos na Tabela 3 referentes ao grupo controle e grupo experimental, nos testes de memória de trabalho, mostram que as crianças do grupo experimental apresentam dificuldades relacionadas a esse sistema de memória. Os resultados sugerem que as crianças do grupo experimental apresentam dificuldades em relação à armazenagem e ao processamento da informação linguística de forma simultânea e na armazenagem da informação verbal. Esses resultados podem ter implicações para a capacidade de armazenamento e processamento da informação que se estendem para aspectos da aprendizagem escolar, como compreensão de texto, dificuldades de reconhecimento de palavras, lentidão para aprender o mapeamento entre os sons e dificuldades para aprendizagem de novas palavras⁽¹⁹⁾, que podem se agravar por dificuldades no processamento fonológico que aparentemente também está prejudicado, de acordo com a avaliação da consciência fonológica.

O componente executivo central da memória de trabalho regula o mecanismo cognitivo de atenção seletiva e integra as informações⁽⁹⁾. No presente estudo, foram aplicados os testes PSI com sentenças⁽¹⁴⁾ e TDD⁽¹⁵⁾, e segundo os resultados informados na Tabela 1, o grupo experimental apresenta desempenho inferior no TDD⁽¹⁵⁾. Com base nesse resultado, infere-se que

pode existir uma relação entre a regulação da atenção seletiva coordenada pelo componente executivo central e a capacidade auditiva de focar a atenção em um estímulo apresentado auditivamente, ignorando os demais. O teste PSI com sentenças encontra-se dentro dos critérios de normalidade em ambos os grupos e acredita-se que, por ser um teste monótono e que demanda a tarefa de apontar um estímulo de cada vez, talvez a relação com o sistema de memória de trabalho seja menor.

O TDD⁽¹⁵⁾, por ser apresentado de forma dicótica, necessita que o indivíduo avaliado divida a atenção entre as duas orelhas, o que provavelmente recruta a participação ativa do componente executivo central, que é descrito como a base da memória de trabalho⁽⁹⁾, além do fato do indivíduo ter que discriminar os pares de dígitos apresentados e armazená-los na alça fonológica para a informação não entrar em declínio. Com base nessa descrição do TDD⁽¹⁴⁾, os resultados presentes na Tabela 1 para esse teste e na Tabela 3 para os testes de memória de trabalho vão ao encontro de um estudo realizado utilizando a técnica de neuroimagem funcional, o qual revelou uma forte ativação no córtex pré-frontal durante a realização de testes de escuta dicótica, sendo que essa área corresponde a funções cognitivas superiores, como a memória de trabalho⁽²⁰⁾. Os resultados comportamentais da presente pesquisa relacionados ao desempenho inferior da avaliação de memória de trabalho e consciência fonológica em crianças com DPA (C) sugerem que a armazenagem e o processamento da informação linguística podem estar atrelados ao processamento da informação auditiva e que o sistema auditivo nervoso central pode realizar uma possível interação com outros módulos mentais, produzindo um “efeito cascata” nos outros sistemas superiores.

Um dado relevante, que fortalece a inferência da relação do sistema nervoso auditivo central com outros módulos mentais, é o resultado do GIN⁽¹⁵⁾ (Tabela 1) no grupo experimental, que pode estar relacionado com os resultados inferiores desse grupo na avaliação da consciência fonológica e no teste de memória de trabalho “palavras inexistentes” (Tabela 3), em que o grupo experimental também apresentou desempenho inferior. Inferimos que a alteração no teste GIN⁽¹⁵⁾, ou seja, a habilidade de resolução temporal prejudicada, pode ter influenciado na baixa capacidade de decodificação de palavras sem significado, como as pseudopalavras do teste de memória de trabalho “palavras inexistentes”. A decodificação fonológica imprecisa pode ter influenciado nos resultados desse teste, embora o teste com palavras reais “recuperação da lista de palavras” também apresente um resultado inferior, o que nos leva a acreditar que o componente alça fonológica da memória de trabalho foi menos preciso no grupo experimental. Como esse grupo também apresenta baixo desempenho na consciência fonológica, talvez haja uma representação fonológica mental inadequada dos fonemas por conta dos resultados do GIN⁽¹⁵⁾ alterado no grupo experimental, além da baixa capacidade de processamento da informação fonológica no componente alça fonológica da memória de trabalho.

Outra questão importante nos resultados do GIN e dos testes de memória de trabalho no grupo experimental é a questão da atenção, sendo o componente executivo central um regulador do fluxo de atenção⁽¹⁰⁾ que foi avaliado no teste “frases

relembradas” e obteve-se resultado distinto. Para um resultado fidedigno do limiar de acuidade temporal do GIN, a atenção é de extrema importância. Acredita-se que o teste GIN apresenta mais questões atencionais envolvidas do que o sistema de memória de trabalho, já que o indivíduo avaliado não precisa organizar respostas com uma certa quantidade de elementos, como o TDD, em que são necessários quatro números de dígitos como resposta, e por ser o teste que apresentou maior alteração do grupo experimental. A partir dessas constatações, inferimos que o sistema auditivo central, sendo esse um sistema sensorial (*bottom-up*), pode estar interligado aos processos mentais superiores como memória e linguagem (*top-down*). Na literatura ainda não existe um consenso de como os testes que avaliam o processamento auditivo (central) podem estar relacionados com os processos superiores como atenção, memória e linguagem⁽²¹⁾ e as pesquisas ainda buscam compreender a interação dos processos *bottom-up* e *top-down* nos testes comportamentais que avaliam o processamento auditivo (central)^(21,22).

Na Tabela 4 é possível observar o desempenho inferior do grupo experimental em relação ao grupo controle para acurácia de respostas e tempo de reação no teste de memória declarativa. Os resultados do presente estudo podem ser interpretados como evidências de que crianças com DPA (C) que apresentam baixo desempenho na consciência fonológica, de certa forma também apresentam dificuldades para ativar e recuperar a informação na memória declarativa, sendo possível inferir que o grupo experimental acessa de forma menos precisa as informações lexicais na memória de longo prazo.

Os achados da presente pesquisa que estão descritos na Tabela 4 em relação ao grupo experimental podem ser explicados devido à ineficiência do sistema auditivo nervoso central em analisar a informação sonora e assim prejudicar a extração dos traços acústicos dos fonemas, sendo que tais prejuízos podem ocasionar dificuldades de representação fonológica na memória de longo prazo, dificuldades de compreensão e de aprendizagem para a manipulação de sons, como nos testes de consciência fonológica⁽²³⁾ e, de certa forma, inferimos que essa representação fonológica inadequada pode aparentemente estar relacionada aos resultados do GIN (Tabela 1), gerando possíveis dificuldades no processamento da informação sonora e comprometimento na acurácia de respostas do grupo experimental.

As crianças do grupo experimental acessam a informação de forma mais lenta quando comparadas às crianças do grupo controle (Tabela 4). Esses resultados podem ser justificados segundo o déficit da decodificação lexical rápida, que pode ser encontrado em indivíduos que não analisam os traços acústicos dos fonemas de forma adequada, como em crianças com DPA (C)⁽²³⁾. Esses indivíduos podem apresentar incapacidade para realizar disparos neurais precisos quando se procede a comparação das representações fonológicas na memória de longo prazo. Tal dificuldade pode resultar em uma percepção auditiva inadequada e na prolongação do tempo de processamento da informação, enquanto o indivíduo tenta compreender a informação sonora⁽²³⁾. Outra explicação para os resultados das Tabelas 2 e 4 nas crianças com DPA (C) da presente pesquisa é que o nível de consciência fonológica da criança não gerou apenas consequências no desempenho das tarefas metafonológicas,

mas também na efetividade e acurácia de processos fonológicos básicos, como o acesso lexical⁽²⁴⁾.

Os resultados da Tabela 5 mostram o desempenho inferior do grupo experimental em relação ao grupo controle para o teste de memória procedural. Os resultados do presente estudo podem ser interpretados como indícios de que crianças do grupo experimental apresentaram dificuldades para realizar operações relacionadas à automatização mental das regras da língua, como a flexão morfológica dos verbos regulares no passado. Para explicar esses resultados, partimos da hipótese do déficit procedural⁽²⁵⁾. Algumas desordens do desenvolvimento, como o distúrbio específico de linguagem, estão associadas a dificuldades no processamento da memória procedural, acompanhadas de anormalidades gramaticais nesses indivíduos. A hipótese do déficit procedural apresenta como premissa a possível presença de anormalidades funcionais nas estruturas cerebrais que subjazem a memória procedural, como porções do circuito gânglio basal/frontal e cerebelo em transtorno do desenvolvimento⁽²⁵⁾.

Talvez, algumas estruturas que subjazem à memória procedural possam estar em disfunção no DPA (C), já que na literatura existem algumas evidências de que o cerebelo esteja relacionado a algumas habilidades auditivas, como a figura-fundo e a discriminação sonora^(26,27). Partindo dessa visão da participação do cerebelo no processamento da informação auditiva e da memória procedural, na presente pesquisa aplicamos dois testes que avaliam a habilidade auditiva de figura-fundo apresentados de forma monóptica e dicótica e encontramos resultados diferentes entre os grupos (Tabela 1), assim como os resultados do teste de memória procedural (Tabela 5), e talvez esses resultados estejam relacionados. Estudos futuros com neuroimagem funcional poderão fornecer mais evidências sobre a interferência da disfunção cerebelar nas habilidades do processamento auditivo (central) e no comprometimento da memória procedural no DPA (C), já que os resultados da avaliação comportamental apontam para uma possível relação.

Outra forma de justificar os resultados encontrados referentes à Tabela 5 para o grupo experimental é que aparentemente o baixo desempenho da avaliação da consciência fonológica parece comprometer a operação de regras computacionais implícitas da sintaxe, pois o processamento fonológico alterado pode impactar negativamente o desenvolvimento do conhecimento da própria língua. Dificuldades para alcançar níveis mais elevados de abstração da linguagem foram atribuídas a dificuldades relacionadas à análise da informação auditiva. Alcançar níveis mais elevados de abstração da linguagem está relacionado à aquisição de competências básicas para a linguagem na fonologia, morfologia e sintaxe⁽²⁸⁾.

Para concluir a discussão dos resultados, nas Tabelas 3 a 5 encontramos resultados inferiores nos testes que avaliam a memória de trabalho, a memória declarativa e a memória procedural no grupo experimental. Os resultados do presente estudo contribuem com a visão de que tais sistemas de memória podem estar relacionados, apesar de serem sistemas distintos. Sugere-se, portanto, que a deficiência em um dos três sistemas pode interferir nos outros sistemas sucessivamente⁽²⁹⁾.

Em virtude do desempenho das crianças do grupo experimental ter sido inferior ao do grupo controle, tanto nos

testes de sistemas de memória de curto prazo quanto nos testes de sistemas de memória de longo prazo, este estudo figura como uma primeira tentativa de abordar a relação entre a consciência fonológica e os sistemas de memória em estudo e de propor que tais aspectos sejam considerados na clínica fonoaudiológica. Sendo assim, levar em conta a interação dos sistemas de memória de trabalho, declarativa e procedural com o processamento fonológico pode contribuir com melhores resultados na intervenção de indivíduos com DPA (C).

CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, constatamos que as crianças com DPA (C) que apresentam dificuldades na avaliação da consciência fonológica também apresentam dificuldades em certos aspectos cognitivos, como os sistemas de memória de trabalho, declarativa e procedural.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de auxílio à pesquisa de mestrado, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa para a segunda autora, ao Laboratório da Linguagem e Processos Cognitivos e ao Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Santa Catarina pela colaboração na coleta de dados.

**MMP escreveu a dissertação, adaptou os testes, coletou os dados e escreveu o artigo; MBM orientou a pesquisa, concedeu material para sua realização e revisou o artigo; MMCP co-orientou a pesquisa, selecionou os participantes por meio de um projeto, contribuiu na coleta de dados e revisou o artigo.*

REFERÊNCIAS

- Pereira LD. Introdução ao processamento auditivo. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, Pupo AC, Reis ACMB, Frota S. Tratado de Audiologia. São Paulo: Santos; 2011. p. 700-720.
- American Speech-Language-Hearing Association. Working group on auditory processing disorders. Central auditory disorders. Rockville, MD: ASHA; 2005.
- Murphy CFB, Schochat E. Correlações entre leitura, consciência fonológica e processamento temporal auditivo. *Pró-Fono R Atual Cient.* 2009;2(1):13-8.
- Frota S, Pereira LD. Processos temporais em crianças com déficit de consciência fonológica. *Rev Iberoam Educ.* 2004;33(9):1-8.
- Ellis AW. Leitura, escrita e dislexia: uma análise cognitiva. 2ª edição. Porto Alegre: Artes Médicas; 1995.
- Bear MF, Connors BW, Paradiso MA. Neurociências: desvendando o sistema nervoso. Porto Alegre: Artmed; 2002.
- Capellini SA, Padula NAMR, Santos LCA, Lourenceti MD, Carrenho EH, Ribeiro LA. Desempenho em consciência fonológica, memória operacional, leitura e escrita na dislexia familiar. *Pró-Fono R Atual Cient.* 2007;19(4):374-80.
- Mainela-Arnold E, Misra M, Miller C, Poll GH, Park S. Investing sentence processing and language segmentation in explaining children's performance on a sentence-span task. *Int J Lang Commun Disord.* 2012;47(2):166-75.
- Baddeley AD, Hitch GJ. Working memory. In: Bower GH. The psychology of learning and motivation: advances in research and theory. New York: Ademic Press; 1974. p. 47-89.
- Baddeley A. The episodic buffer: a new component in working memory? *Trends Cogn Sci.* 2000;4(11):417-23.
- Ullman MT. The declarative/procedural model of lexicon and grammar. *J Psycholinguist Res.* 2001;30(1):37-69.
- Moojen S, Lamprecht R, Santos RM, Freitas GM, Brodacz R, Siqueira M, et al. CONFIAS: consciência fonológica: Instrumento de Avaliação Sequencial. São Paulo: Casa do Psicólogo; 2011.
- Zilliotto KN, Kalil DM, Almeida CIR. PSI em português. In: Pereira LD, Schochat E. Processamento auditivo central: manual de avaliação. São Paulo: Lovise; 1997. p. 113-28.
- Santos MFC, Pereira LD. Escuta com dígitos. In: Pereira LD, Schochat E. Processamento auditivo central: manual de avaliação. São Paulo: Lovise; 1997. p. 147-50
- Musiek FE, Shinn JB, Jirsa R, Bamiou DE, Baran JA, Zaida E. GIN (Gaps-In-Noise) test performance in subjects with confirmed central auditory nervous system involvement. *Ear Hear.* 2005;26(6):608-18.
- Scliar-Cabral L. Guia Prático de Alfabetização. São Paulo: Contexto; 2003.
- Schneider W, Eschman A, Zuccolotto A. E-Prime. Psychology Software Tools, Inc. Learning Research and Development Center. Pittsburg: University of Pittsburgh; 2007.
- Pickering SJ, Gathercole SE. Working Memory Test Battery for Children. London, UK: Psychological Corporation; 2001.
- Samelli AG. O teste GIN (*Gaps in Noise*): limiares de detecção de gap em adultos com audição normal [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2005.
- Cabreza R, Nyberg L. Imaging cognition II: an empirical review of 275 PET and fMRI studies. *J Cogn Neurosci.* 2000;12(1):1-47.
- Murphy CF, La Torre R, Schochat E. Association between top-down skills and auditory processing tests. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2013;79(6):753-9.
- Moore DR, Ferguson MA, Edmondson-Jones AM, Ratib S, Riley A. Nature of auditory processing disorder in children. *Pediatrics.* 2010;126(2):e382-90.
- Medwetsky L. Mechanisms underlying central auditory processing. In: Katz J. Handbook of Clinical Audiology. San Diego: The Point; 2009.
- Fowler A. How early phonological development might set the stage for phoneme awareness. In: Brady SA, Shankweiler DP. Phonological process in literacy. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates; 1991. p. 97-117.
- Ullman MT, Pierpont EI. Specific language impairment is not specific to language: the procedural deficit hypothesis. *Cortex.* 2005;41(3):399-433.
- Middleton FA, Strick PL. Anatomical evidence for cerebellar and basal ganglia involvement in higher cognitive function. *Science.* 1994;266(5184):458-61.
- Mathiak K, Hertrich I, Grodd W, Ackermann H. Discrimination of temporal information at the cerebellum: functional magnetic resonance imaging of nonverbal auditory memory. *Neuroimage.* 2004;21(1):154-62.
- Leonard LB. Children with specific language impairment. Cambridge: MIT press; 1998.
- Lum JA, Conti-Ramsden G, Page D, Ullman MT. Working, declarative and procedural memory in specific language impairment. *Cortex.* 2012;48(9):1138-54.