

## Artigos de revisão

# Esforço auditivo e capacidade de memória operacional em deficientes auditivos: revisão integrativa de literatura

*Listening effort and working memory capacity in hearing impaired individuals: an integrative literature review*

Laura Mochiatti Guijo<sup>(1)</sup>

Mirella Boaglio Horiuti<sup>(2)</sup>

Taina Maiza Bilinski Nardez<sup>(1)</sup>

Ana Cláudia Vieira Cardoso<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP – Marília, São Paulo, Brasil.

<sup>(2)</sup> Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Medicina – UNIFESP – EPM, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Trabalho realizado no Curso de Fonoaudiologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Marília, São Paulo, Brasil.

Conflito de interesses: Inexistente



Recebido em: 19/04/2018

Aceito em: 26/09/2018

### Endereço para correspondência:

Laura Mochiatti Guijo  
Rua Guiro Shimabukuro, 106,  
Parque das Acácias  
CEP: 17510-050 - São Paulo, São Paulo,  
Brasil  
E-mail: lauramochiatti@gmail.com

## RESUMO

**Objetivo:** revisar a literatura sobre os métodos comportamentais de avaliação do esforço auditivo e a capacidade de memória operacional recomendados para deficientes auditivos.

**Métodos:** foi desenvolvida por meio da busca de artigos em periódicos nacionais e internacionais, em inglês e português, disponíveis na *Pubmed/Medline*, biblioteca *Cochrane*, Biblioteca Virtual em Saúde - Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde e *Scientific Electronic Library Online*, entre 2007 e 2017. Os artigos foram selecionados a partir do cumprimento dos critérios de inclusão: artigos que empregassem métodos comportamentais, para a avaliação do esforço auditivo em adultos deficientes auditivos, que envolvesse a mensuração da memória operacional e sua relação com o esforço auditivo, publicados nos últimos 10 anos.

**Resultados:** foram revisados 12 artigos no qual as medidas comportamentais foram empregadas para a mensuração do esforço auditivo e da capacidade de memória operacional em deficientes auditivos. Os principais achados dos artigos revisados se referem ao objetivo(s) da pesquisa, participantes, método comportamental empregado constituído por uma tarefa primária (percepção de fala) e uma tarefa secundária (memorização) e, resultados.

**Conclusão:** os achados permitem inferir que este paradigma é sensível para mensurar o esforço auditivo, considerando os diferentes instrumentos empregados e população avaliada.

**Descritores:** Perda Auditiva; Memória; Percepção Auditiva; Cognição

## ABSTRACT

**Purpose:** to review the literature on the behavioral methods of listening effort assessment and the working memory capacity recommended for the hearing impaired.

**Methods:** this review was developed through the search of articles in national and international journals, in English and Portuguese, available in *Pubmed/Medline*, *Cochrane Library*, *Biblioteca Virtual em Saúde – Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS)* and *Scientific Electronic Library Online*, between 2007 and 2017. The articles were selected based on the inclusion criteria: articles that used behavioral methods to assess listening effort in hearing-impaired adults, involving the measurement of working memory and its relationship with the listening effort, published in the last 10 years.

**Results:** Twelve articles in which behavioral measures were used to measure listening effort and working memory capacity in the hearing-impaired individuals were reviewed. Their main findings refer to the purpose(s) of the research, participants, behavioral method composed of a primary task (speech perception) and a secondary task (memorization) and results of the studies.

**Conclusion:** the findings of this review allow us to infer that this paradigm is sensitive to measure the listening effort, considering the different instruments used and the population assessed.

**Keywords:** Hearing Loss; Memory; Hearing Perception; Cognition

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem sido crescente o número de pesquisas, na área de audiologia, que abordam o tema esforço auditivo. Autores relatam que ainda não existe um consenso quanto à definição de esforço auditivo, embora seja frequentemente descrito como “a atenção e os recursos cognitivos necessários para compreender a fala”, ou seja, refere-se à quantidade de recursos de processamento perceptivo, atencional e cognitivo empregados na execução de uma determinada tarefa auditiva<sup>1-4</sup>.

Devido a este interesse, muitos estudos têm sido conduzidos com o intuito de melhorar a caracterização do esforço auditivo e sua avaliação, principalmente na população de deficientes auditivos. A utilização de uma medida confiável para avaliar este parâmetro teria um valor inestimável para complementar a avaliação audiológica básica, bem como os testes de percepção de fala realizados em diferentes condições de escuta, silêncio e ruído.

Autores afirmam que ao longo das últimas duas décadas, o interesse acerca das interações auditivo-cognitivas é de extrema relevância para a audição em geral e, especialmente para a compreensão de fala no ruído<sup>5-7</sup>. Alguns autores utilizaram em seu estudo testes para a avaliação do processamento auditivo central, que de certa forma avaliam as interações auditivo-cognitivas, como o Teste Dicótico de Dígitos, como material de fala para a mensuração objetiva do esforço auditivo, com o registro da frequência cardíaca, temperatura e condutância da pele e atividade eletromiográfica de indivíduos normo-ouvintes<sup>8</sup>.

Embora a produção de pesquisas relacionadas ao esforço auditivo tenha aumentado, o progresso nesta área tem sido difícil devido à falta de consenso entre os pesquisadores quanto aos métodos de mensuração do esforço auditivo e sua validade como uma construção mensurável. Os fundamentos teóricos e a aplicabilidade clínica a respeito do esforço auditivo ainda não são claros devido à imaturidade do campo de pesquisa e ao fato de que os estudos que o investigam utilizam uma variedade de procedimentos metodológicos, incluindo medidas de autorrelato, comportamentais e fisiológicas<sup>3,4,9</sup>.

As medidas comportamentais, também intituladas como paradigma de tarefa dupla, têm sido amplamente utilizadas para mensurar o esforço auditivo<sup>10,11</sup>. Essas medidas de avaliação do esforço auditivo referem-se à realização de uma tarefa de reconhecimento de fala primária que ocorre simultaneamente

com uma tarefa secundária. As tarefas secundárias referem-se ao tempo de reação visual (por exemplo, observando um estímulo visual e empurrando um botão) ou recordação (por exemplo, memorizando a fala ouvida). A dificuldade da tarefa primária é sistematicamente variada (por exemplo, reconhecimento da frase em diferentes níveis de ruído ou reconhecimento de pseudopalavras/logatomas).

A alteração no desempenho da tarefa secundária, nos diferentes níveis de dificuldade da tarefa primária, reflete uma mudança nos recursos cognitivos para o processamento da fala, isto é, o esforço auditivo. Esta interpretação pressupõe que o desempenho tanto na tarefa primária quanto na secundária requer a alocação de alguns recursos cognitivos comuns para cada tarefa. Como os recursos cognitivos são limitados, então será necessário um maior esforço auditivo e mais recursos cognitivos para a execução da tarefa primária.

Para os indivíduos deficientes auditivos, tanto as diferenças nos escores obtidos nos testes de percepção de fala no ruído quanto as diferenças em identificar o esforço auditivo em tipos e níveis de ruído distintos, têm sido associados com os níveis de memória operacional dos mesmos<sup>12,13</sup>.

Os paradigmas de tarefa dupla têm sido utilizados não apenas para a investigação do esforço auditivo propriamente dito, mas também para investigar o efeito da idade, ou seja, a comparação do desempenho auditivo e do esforço dispensado por indivíduos jovens e idosos, ao realizar uma tarefa auditiva com diferentes níveis de demanda cognitiva e relações sinal/ruído distintas; o efeito da perda auditiva, ou seja, a comparação do desempenho auditivo e do esforço dispensado por indivíduos normo-ouvintes e com perda de audição, geralmente de grau leve a moderado, ao serem submetidos a paradigmas de tarefa dupla também com manipulação das relações sinal/ruído e quantidade de demanda cognitiva empregada; o efeito das pistas visuais, onde os autores investigaram a quantidade de esforço auditivo empregada em tarefas de percepção auditiva e de percepção auditiva e visual<sup>14,15</sup> e; o efeito amplificação da prótese auditiva<sup>15-19</sup>, no qual os algoritmos de redução de ruído<sup>20-23</sup> têm possibilitado reduzir o esforço auditivo realizado na tentativa de compreender a fala em situações cotidianas e de avaliação. No entanto, na literatura nacional, não foram encontrados estudos que abordaram esta temática.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi revisar a literatura científica que trata de métodos

comportamentais de avaliação do esforço auditivo e a capacidade de memória operacional recomendados para deficientes auditivos. Visto que, a compreensão mais acurada de como os diferentes fatores, tais como a presença de perda auditiva, o decréscimo da funcionalidade ocasionado pelo processo de envelhecimento, os diferentes estímulos de fala utilizados para mensurar o esforço auditivo, em relação a familiaridade do paciente/participante com o estímulo de fala no momento da avaliação, o uso de aparelhos auditivos com algoritmos para redução de ruído ativados, que interagem para a mensuração deste esforço, por meio de métodos comportamentais, pode fornecer subsídios aos processos de intervenção de pacientes deficientes auditivos com o intuito de proporcionar uma melhora na qualidade de vida, especialmente naqueles que apresentam declínio cognitivo decorrente do processo de envelhecimento.

## MÉTODOS

Esta revisão de literatura foi desenvolvida por meio da busca de artigos em periódicos especializados, nacionais e internacionais, tanto no idioma inglês quanto no português, disponíveis nas seguintes bases

de dados: *US National Library of Medicine National Institutes of Health* (PUBMED/MEDLINE), biblioteca *Cochrane*, Biblioteca Virtual em Saúde - Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (BVS - LILACS) e *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO).

A questão norteadora da revisão foi: “Quais instrumentos são utilizados para avaliar o esforço auditivo e a capacidade de memória operacional em um paradigma de tarefa dupla?”. A fim de obter respostas para este questionamento, a pesquisa foi feita em etapas, sendo que a primeira foi o levantamento de artigos, nas referidas bases de dados, de forma específica em cada base.

Para o levantamento dos artigos foram determinados termos relacionados ao tema “esforço auditivo”, encontrados nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), no *Medical Subject Headings* (MeSH) e, palavras-chave relacionadas ao tema, combinados entre si com a utilização dos operadores booleanos *AND* e *OR*. Os termos escolhidos para a busca foram utilizados de forma isolada e cruzada (Figura 1). Em todas as buscas foi utilizado o filtro “ano de publicação” e “palavra”.

Número da busca	Palavras e descritores cruzados
01	Hearing loss
02	Perda auditiva
03	Listening effort
04	Esforço auditivo
05	Ease of listening
06	Facilidade em ouvir
07	Cognitive load
08	Carga cognitiva
09	Processing load
10	Carga de processamento
11	Speech perception
12	Percepção de fala
13	Behavioral Assessment
14	Avaliação comportamental
15	Dual-task
16	Tarefa dupla

**Figura 1.** Relação das palavras e descritores de assuntos utilizados na busca da literatura

Inicialmente, a inclusão ou exclusão dos artigos se baseou na informação contida no título e no resumo, porém se estas informações não fossem conclusivas, o artigo foi lido para o cumprimento dos seguintes critérios de inclusão: artigos que empregassem métodos comportamentais, também denominados paradigma de tarefa dupla, para a avaliação do esforço auditivo em adultos deficientes auditivos, que envolvesse a mensuração da memória operacional e sua relação com o esforço auditivo, publicados nos últimos 10 anos, de 2007 a 2017. Como critério de exclusão, foram descartados artigos sobre esforço auditivo que incluíam investigações com métodos de autorrelato e psicofisiológicos, estudos sobre avaliação do esforço auditivo em populações sem perda de audição, trabalhos que estivessem associados à perda auditiva em crianças, artigos aos quais apenas o resumo e/ou "abstract" estivessem disponíveis e, artigos de revisão de literatura.

A análise dos estudos foi realizada, inicialmente, pela leitura dos títulos e resumos, seguida por leitura integral dos artigos que se enquadraram nos critérios de seleção. Cada artigo foi avaliado por um dos autores e, em caso de incerteza, houve um consenso entre todos os autores quanto à inclusão do artigo.

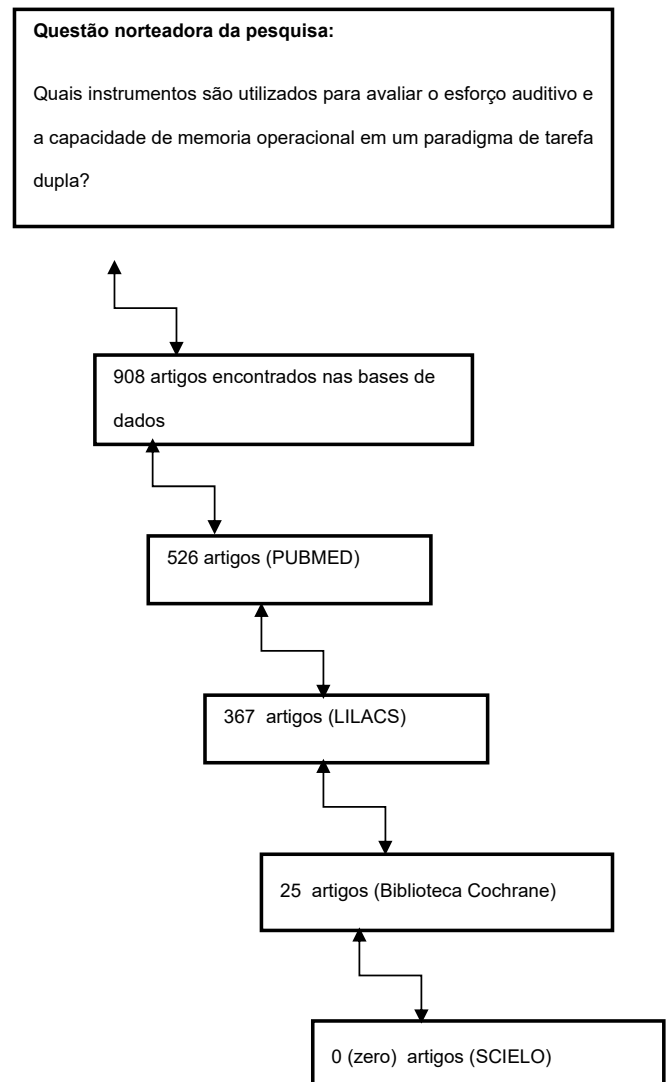
As publicações que foram classificadas como elegíveis, para esta revisão, foram lidas por pelo menos um dos autores com o intuito de extrair as seguintes informações: autores e objetivo(s) da pesquisa, participantes, método comportamental empregado para avaliar tarefa primária; método comportamental empregado para avaliar tarefa secundária e, resultados dos estudos. As referidas características dos estudos selecionados foram organizadas em uma figura.

Para a organização dos dados, foram computados os artigos que resultaram de cada termo cruzado, que se repetiram em relação à busca anterior e que estavam relacionados ao presente estudo.

## REVISÃO DA LITERATURA

A partir da busca realizada nas bases de dados PUBMED/MEDLINE, biblioteca *Chrocane*, LILACS e SCIELO, foram encontrados 908 artigos, sendo que cada artigo foi apresentado em uma ou mais bases de dados. O processo de seleção dos estudos incluídos nesta revisão de literatura está explicitado na Figura 2.

Na leitura dos resumos desses artigos, foram excluídos aqueles que haviam sido previamente



**Figura 2.** Processo de seleção dos artigos selecionados para a revisão de literatura

selecionados em outras bases de dados, aqueles que não se enquadravam nos critérios de inclusão e, ainda, os periódicos aos quais os artigos completos não se encontravam disponíveis durante o período da busca. Desse total, procedeu-se à leitura dos resumos e foram selecionados 101 artigos. Destes, descartaram-se 29 artigos por não contemplarem os critérios de inclusão, 14 pela indisponibilidade dos textos completos e, 44 pela duplicidade nas bases de dados consultadas. Após esta análise detalhada, foram selecionados 12 artigos que atendiam aos critérios estabelecidos para esta revisão.

A síntese dos artigos, no que concerne a avaliação do esforço auditivo e da capacidade de memória operacional, está apresentada na Figura 3.

Autores (ano) e objetivo (s) da pesquisa	Participantes	Método comportamental empregado (primeira tarefa – percepção de fala)	Método comportamental empregado (segunda tarefa – capacidade de memória operacional)	Tipo de estímulo auditivo empregado na tarefa dupla	Resultados
<b>(Tun; McCoy; Wingfield, 2009)<sup>24</sup></b> Investigar o efeito do esforço auditivo sobre a recordação das listas de palavras faladas por adultos mais jovens e mais velhos com boa audição e com perda auditiva leve a moderada.	Participaram 48 indivíduos, subdivididos em quatro grupos iguais. Cada grupo foi composto por 12 indivíduos segundo os seguintes critérios: idade (adultos jovens e idosos) e acuidade auditiva (ouvintes normais e com perda auditiva de grau leve a moderado).	<sup>1</sup> <i>Kent-Rosanoff Word Association Test</i> : 24, listas de 15 palavras tiradas de palavras que compartilham associações semânticas.	<sup>1</sup> Recordar das listas de palavras do <i>Kent-Rosanoff Word Association Test</i> . <sup>2</sup> Rastreamento de busca computadorizado ( <i>Visual tracking trials</i> ).	As listas de palavras foram registradas por uma mulher falante do inglês americano a uma taxa de uma palavra a cada 3 segundos nos arquivos de som do computador a uma taxa de amostragem de 44.000 Hz.	Os achados sustentam a hipótese de que o esforço extra no nível sensorial-perceptivo que acompanha a perda de audição tem consequências negativas para a recordação, um efeito que pode ser agravado com o envelhecimento.
<b>(Humes; Coughlin, 2009)<sup>25</sup></b> Examinar os efeitos do aumento da carga de processamento no desempenho de identificação/compreensão de fala em conjunto fechado de adultos e idosos como ruído de fundo de um falante.	<sup>1</sup> 19 idosos com idade de 65 a 86 anos, com perda auditiva sensorioneural em frequências altas; <sup>2</sup> 10 adultos com audição normal, de 18 a 28 anos, avaliados com os mesmos estímulos de forma espectral que os adultos mais velhos; <sup>3</sup> Nove adultos com audição normal, de 18 a 28 anos que foram avaliados sem modelagem espectral.	<sup>1</sup> The Coordinate Response Measure (CRM) corpus.	<sup>1</sup> Working Memory Test (WMT).	<i>Six talker babble</i> (a fala de seis pessoas, sendo três homens e três mulheres).	Os adultos mais velhos/idosos tiveram pior desempenho do que os adultos jovens, mas também apresentaram diminuição da melhoria relativa à medida que a carga de processamento diminuiu.
<b>(Stewart; Wingfield, 2009)<sup>26</sup></b> Examinar as funções de inteligibilidade/nível de audibilidade para três tipos de materiais de fala, comparando funções psicofísicas de idosos com audição relativamente boa com um grupo de indivíduos da mesma idade com perda auditiva de grau leve a moderado.	Participaram do estudo 48 indivíduos, subdivididos em três grupos: <sup>1</sup> 16 alunos de graduação e pós-graduação, de ambos os gêneros, com idade de 18 a 23 anos e, limiares audiométricos normais. <sup>2</sup> 16 idosos, de ambos os gêneros, com idade de 65 a 73 anos e, limiares audiométricos normais. <sup>3</sup> 16 idosos, de ambos os gêneros, com idade de 65 a 76 anos e, com perda auditiva sensorioneural de grau leve a moderado.	<sup>1</sup> Northwestern University Auditory Test No. 6. (NU-6). - <i>Sentence Stimuli and Syntactic Complexity</i> .	<sup>1</sup> Forward and backward digit span. <sup>2</sup> Digit symbols substitutions. <sup>3</sup> Trail Making Test Parts A and B. <sup>4</sup> Shiplely vocabulary test.	As palavras e sentenças foram apresentados inicialmente em nível subliminar e, em seguida, a intensidade foi aumentada em incrementos de 2 dB até que os estímulos pudessem ser relatados corretamente.	Os recursos de memória operacional foram impactados pelas demandas de recursos cognitivos exigidos para a compreensão de frases sintaticamente complexas e pelo esforço ocasionado pela perda auditiva.
<b>(Piquado; Benichov; Brownell; Wingfield, 2012)<sup>27</sup></b> Determinar se os efeitos negativos da perda de audição sobre a precisão da habilidade de recordar as narrativas faladas podem ser minimizados.	Participaram 24 adultos, com idade entre 21 e 33 anos, subdivididos em dois grupos segundo a acuidade auditiva. <sup>1</sup> 12 adultos com acuidade auditiva normal e, <sup>2</sup> 12 adultos com perda auditiva de grau leve a moderado.	<sup>1</sup> Narrativas com um parágrafo de extensão, que deveriam ser recordadas, apresentadas em duas condições de escuta: com e sem interrupção.	<sup>1</sup> Os participantes foram informados de que eles deveriam se lembrar em voz alta a maior parte possível da narrativa e, com a maior precisão possível.	Todas as narrativas foram apresentadas por meio de um arquivo gravado em computador ( taxa de amostragem de 44,100 Hz) , por uma falante de inglês americano, com taxa de elocução de 150 palavras por minuto.	Os resultados sustentam a hipótese de que o esforço auditivo associado à reduzida acuidade auditiva pode delongar as operações de processamento e aumentar a demanda de memória operacional.



Autores (ano) e objetivo (s) da pesquisa	Participantes	Método comportamental empregado (primeira tarefa – percepção de fala)	Método comportamental empregado (segunda tarefa – capacidade de memória operacional)	Tipo de estímulo auditivo empregado na tarefa dupla	Resultados
<b>(Benichov; Cox; Tun; Wingfield, 2012)<sup>28</sup></b> Examinar os efeitos da idade, acuidade auditiva, habilidade verbal e função cognitiva sobre o uso do contexto linguístico no reconhecimento de palavras.	Participaram 53 adultos, de ambos os gêneros, com idade entre 19 e 89 anos. Os participantes apresentaram acuidade auditiva compatível com normalidade, perda auditiva de grau leve e de grau moderado. *O inglês foi primeiro idioma falado por todos e os mesmos apresentavam boa saúde, sem histórico de acometimento neurológico ou vascular.	<sup>1</sup> Frases curtas em que a última palavra era mascarada pelo balbucio <i>multitalker</i> . * O nível de balbucio foi progressivamente reduzido de 2 em 2 dB até que a última palavra da sentença pudesse ser identificada.	<sup>1</sup> “ <i>Backward digit span</i> ” da <i>Wechsler Adult Intelligence Scale -III (WAIS)</i> .	Voz de Falante de inglês americano, gravada em arquivos de som do computador a uma taxa de amostragem de 44.000 Hz.	Os resultados mostraram que a capacidade de usar o contexto linguístico para auxiliar o reconhecimento de palavras é suficientemente robusto.
<b>(Rudner; Lunner; Behrens; Thore n; Ronnberg, 2012)<sup>3</sup></b> Avaliar a relação entre classificações subjetivas do esforço envolvido em ouvir a fala no ruído, desempenho de reconhecimento de fala e capacidade de memória operacional de usuários de aparelhos auditivos com deficiência auditiva.	Participaram 46 idosos com perda auditiva bilateral, de grau leve a moderado. No primeiro experimento, participaram 16 idosos dinamarqueses com média de idade de 63,5 anos. No segundo experimento participaram 30 idosos suecos com média de idade de 70 anos.	Primeiro experimento: <sup>1</sup> <i>Dantale II sentences</i> . “O esforço auditivo foi avaliado em diferentes relações sinal/ruído”. Segundo experimento: <sup>2</sup> <i>Hagerman sentences</i> . “O esforço auditivo foi avaliado com um nível fixo de ruído”.	Experimento 1: - A Capacidade memória operacional: <sup>1</sup> tarefa de monitoramento de letras. Experimento 2: A capacidade de memória operacional: <sup>2</sup> <i>Reading Span Task</i> . * Uma escala analógica visual foi usada para classificação de esforço.	Ruído modulado em forma de fala baseado em um padrão de modulação de dois interlocutores ( <i>two talker</i> ). -Ruído em forma de discurso em estado estacionário.	As classificações subjetivas do esforço auditivo envolvido no reconhecimento de fala no ruído são influenciadas nas diferentes relações sinal-ruído e a capacidade cognitiva individual parece influenciar a classificação relativa ao tipo de ruído.
<b>(Desjardins; Doherty, 2013)<sup>29</sup></b> Avaliar o relacionamento entre a função cognitiva, o esforço auditivo e o reconhecimento de fala em diferentes situações de escuta em indivíduos com audição normal e com perda auditiva.	Participaram 46 indivíduos sendo: <sup>1</sup> 15 jovens (de 18 a 25 anos) com limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade; <sup>2</sup> 15 adultos e idosos (de 55 a 77 anos) com limiares auditivos iguais ou inferiores a 25 dB NA nas frequências de 250 a 4000 Hz, bilateralmente; <sup>3</sup> 16 adultos (de 59 a 76 anos) com perda auditiva sensorineural bilateral, sendo que os limiares eram inferiores a 75 dB NA, usuários de aparelhos auditivos, bilateralmente, por um período de pelo menos seis meses.	<sup>1</sup> Revised Speech Perception in Noise Test (R-SPIN).	<sup>1</sup> The Digital Pursuit Rotor Tracking (DPRT) program. <sup>2</sup> Reading Span test. <sup>3</sup> Digit Symbol Substitution Test (DSST).	<sup>1</sup> <i>Two-talker</i> (dois falantes); <sup>2</sup> <i>Six-talker</i> (seis-falantes), <sup>3</sup> Ruído em forma de fala ( <i>Speech-Shaped Noise – (SSN)</i> ).	Os adultos mais velhos necessitam de mais recursos cognitivos do que os adultos mais jovens para entender a fala com ruído de fundo.
<b>(Picou; Ricketts; Hornsby, 2013)<sup>15</sup></b> Avaliar fatores que influenciam o esforço auditivo de pessoas com perda de audição ao processar o discurso.	Participaram 27 adultos, com idade de 49 a 80 anos, com perda auditiva do tipo sensorineural e de grau leve a moderado, bilateral e, usuários de aparelho auditivo há pelo menos seis meses.	<sup>1</sup> Palavras monossilábicas faladas por um falante feminino. <sup>2</sup> Pressionar um botão em resposta a uma tarefa visual.	<sup>1</sup> <i>Automated Operation Span Task (AOSPAN)</i> .	Four talker-babble.	Os resultados deste estudo sugerem que, em média, os aparelhos auditivos podem reduzir o esforço auditivo mensurados com o uso de paradigmas de tarefa dupla.

Autores (ano) e objetivo (s) da pesquisa	Participantes	Método comportamental empregado (primeira tarefa – percepção de fala)	Método comportamental empregado (segunda tarefa – capacidade de memória operacional)	Tipo de estímulo auditivo empregado na tarefa dupla	Resultados
<b>(Desjardins; Doherty, 2014)<sup>23</sup></b> Avaliar o efeito de um algoritmo de redução de ruído no esforço auditivo em pacientes com perda auditiva em uma tarefa de fala no ruído.	Participaram 12 idosos deficientes auditivos, com idades de 50 a 74 anos, usuários de aparelhos auditivos bilaterais, com um algoritmo de modulação de ação rápida baseado em redução do ruído.	<sup>1</sup> Revised Speech Perception in Noise Test (R-SPIN).	<sup>1</sup> The Digital Pursuit Rotor Tracking (DPRT). <sup>2</sup> Reading Span test. <sup>3</sup> Digit Symbol Substitution Test (DSST).	<i>Two-talker babble (TTB)</i> .	O algoritmo redução de ruído reduziu o esforço auditivo em adultos com perda auditiva e deve ser usado para melhorar a compreensão da fala no ruído.
<b>(Heinrich; Henshaw; Ferguson, 2016)<sup>30</sup></b> Investigar a relação entre o autorrelato e a medida comportamental de percepção de fala em um grupo de indivíduos com perda auditiva, usuários de AASI	Participaram 30 indivíduos, com idade entre 50 e 74 anos, com perda auditiva bilateral, do tipo sensorioneural, de grau leve a moderado, usuários de AASI há pelo menos 3 meses.	<sup>1</sup> Phoneme Discrimination (PD) test. <sup>2</sup> The Four Alternative Auditory Feature (FAAF) test.	<sup>1</sup> Letter Number Sequencing (LNS) task. <sup>2</sup> Size Comparison Span (SIC span). <sup>3</sup> Dual Task of Listening and Memory.	Os estímulos de fala foram apresentados em uma intensidade de 65 dB NPS, no silêncio ou com ruído de fundo (20 <i>talker babble</i> ), em duas relações sinal/ruído: 0 dB e -4 dB.	A associação entre a percepção da fala e a cognição variou de acordo com os testes utilizados. A tarefa de percepção de fala associada a uma tarefa de memória aumenta o esforço auditivo.
<b>(Bieber; Gordon-salant, 2017)<sup>31</sup></b> <sup>1</sup> Determinar se um paradigma de treinamento sem <i>feedback</i> , incluindo múltiplos falantes com vários sotaques estrangeiros, pode facilitar a adaptação a um novo sotaque para adultos normo-ouvintes e idosos com e sem perda auditiva. <sup>2</sup> Determinar se existe a retenção do benefício do treinamento no desempenho de tarefas de reconhecimento de fala e esforço auditivo.	A amostra foi composta por três grupos de indivíduos <sup>1</sup> 15 adultos, de 18 a 28 anos, com audição normal. <sup>2</sup> 13 idosos, de 65 a 76 anos, com audição normal. <sup>3</sup> 15 idosos, de 70 a 82 anos, com perda auditiva do tipo sensorioneural, de grau leve a moderado.	<sup>1</sup> <i>Hearing in Noise Test (HINT)</i> .	<sup>1</sup> Listening Span Test (L-SPAN).	<i>Six talker babble</i> - falantes nativos e masculinos de Inglês.	Embora este paradigma de treinamento sem <i>feedback</i> para inglês com sotaque estrangeiro promoveu boa adaptação a curto prazo para os ouvintes, este não é suficiente para facilitar a aprendizagem perceptual duradoura para os participantes.
<b>(Shehorn; Marrone; Muller, 2018)<sup>32</sup></b> Comparar a eficácia de duas adaptações (regras de prescrição) de aparelhos auditivos, com e sem compressão de frequência não linear, comercializados.	Participaram 17 adultos, de 57 a 85 anos de idade, com perda auditiva do tipo sensorioneural simétrica. * Os testes foram aplicados com os participantes usando aparelhos auditivos adaptados com a regra de prescrição (NAL-NL2).	<sup>1</sup> Revised Speech in Noise Test (R-SPIN).	<sup>1</sup> <i>Reading Span Test de Daneman e Carpenter</i> .	Sentenças apresentadas com ruído do tipo <i>babble</i> noise simultâneo. As sentenças foram apresentadas em uma intensidade de 70 dB(A) e, o nível de ruído foi variável.	Foi constatado que os indivíduos podem se beneficiar da compressão de frequência não linear em tarefas de reconhecimento de fala no ruído e redução do esforço auditivo.

**Legenda:** Hz = Hertz; AASI = Aparelho de Amplificação Sonora Individual; dB NA = Decibéis Nível de Audição; dB NPS = Decibéis Nível de Pressão Sonora.

**Figura 3.** Síntese dos artigos publicados nos quais o método comportamental foi utilizado para medir o esforço auditivo e a memória operacional de indivíduos deficientes auditivos (n=12)

O artigo atual apresenta uma visão geral de estudos que usaram paradigmas de tarefa dupla para avaliar o esforço auditivo e a capacidade de memória operacional.

O objetivo deste estudo foi descrever as publicações anteriores para fornecer uma visão geral das pesquisas desenvolvidas até o momento, uma vez que os métodos comportamentais utilizados para medir o esforço auditivo ainda são pouco estudados na área de pesquisas audiológicas, devido à viabilidade e confiabilidade deste método quando comparado aos métodos de avaliação por meio do autorrelato dos pacientes e, também, ao custo-benefício, quando comparado aos métodos de avaliação psicofisiológicos.

Especificamente, esta revisão visou descrever a grande variedade de abordagens metodológicas que foram aplicadas, especialmente a abundância de tarefas secundárias que utilizam a capacidade de memória operacional para mensurar o esforço auditivo e; fornecer um amplo resumo dos resultados obtidos.

Com base nos estudos analisados foi possível inferir que indivíduos que apresentam algum grau de perda auditiva dispensarão maior esforço auditivo durante a realização dos paradigmas de tarefa dupla<sup>24</sup>, devido à redução da audibilidade e, possível dificuldade de compreensão de fala decorrentes da lesão do sistema auditivo periférico e/ou central. A relevância da investigação do esforço auditivo está intrinsecamente relacionada às queixas apresentadas por pacientes deficientes auditivos, usuários ou não de Aparelho de Amplificação Sonora Individual (AASI), associadas a relatos de fadiga em situações de compreensão de fala, principalmente no ruído, ou quando a mensagem não é familiar. Uma vez que somente a mensuração do limiar auditivo não é um bom preditor nos casos nos quais os pacientes apresentam dificuldade de compreensão de fala, pois retrata a sensibilidade auditiva e, não o esforço auditivo<sup>24,28</sup>.

Nos artigos revisados fica evidente que o declínio da idade está relacionado com a redução da capacidade de memória operacional, desta forma, quanto mais longo o indivíduo, tanto ouvinte quanto com perda de audição, menor será sua capacidade de memória operacional, e conseqüentemente, maior será o esforço auditivo dispensado em tarefas de compreensão da fala<sup>25-29</sup>. A hipótese é que os ouvintes com menor capacidade de memória operacional são mais suscetíveis aos efeitos do ruído de fundo aplicados em testes que avaliam o esforço auditivo<sup>3,26,27</sup>.

Em contextos clínicos, a compreensão da fala é tipicamente medida por meio da aplicação de testes de percepção de fala, calculando-se a proporção de palavras identificadas corretamente sob uma determinada condição de escuta como, por exemplo, em silêncio ou em ruído, sendo o esforço auditivo um aspecto subavaliado de forma indireta. Todavia, alguns autores<sup>33</sup> comprovaram que nos indivíduos com perda auditiva, usuários ou não de dispositivos auditivos eletrônicos, a tarefa de reconhecimento e compreensão dos sinais acústicos geralmente é exaustiva, o que justifica a avaliação deste esforço para a adequação do processo de seleção e adaptação de AASIs.

Outro aspecto significativo é a influência da complexidade do estímulo de fala empregado na tarefa dupla e as diferentes relações sinal-ruído, tanto na quantidade de esforço auditivo quanto na capacidade cognitiva individual, ou seja, na memória operacional dispensados para a execução da tarefa dupla<sup>3,26,27</sup> e para os testes de percepção de fala<sup>28</sup>.

Autores também demonstraram que no processo de adaptação de AASIs os algoritmos de redução de ruído e de compressão de frequência não linear podem reduzir o esforço auditivo empregado tanto para a execução da tarefa dupla quanto para a compreensão de mensagem falada<sup>15,23,32</sup>. Apesar destes aspectos serem empregados para reduzir o esforço auditivo durante a percepção de fala cotidiana, pouco se conhece a respeito de técnicas ou abordagens terapêuticas para o favorecimento da redução deste esforço em deficientes auditivos.

Esta revisão de literatura permite destacar que o paradigma de tarefa dupla é um procedimento experimental que parece ser sensível a uma série de diferenças em condições experimentais, tanto nos diversos grupos de participantes quanto intra-grupos, e por este motivo, são necessárias avaliações sistemáticas dos paradigmas existentes para tomar decisões quanto ao delineamento dos estudos.

Esta análise também revelou a inexistência de estudos nacionais que mensurem o esforço auditivo, principalmente com o uso de paradigmas de tarefa dupla. Dada a importância dos processos cognitivos envolvidos no processo de percepção da fala, seria de grande relevância a continuidade das investigações que contribuam para o desenvolvimento de um procedimento clínico que permita quantificar o esforço auditivo a fim de beneficiar os deficientes auditivos no processo de compreensão de fala em situações de escuta diária.



Em suma, a presente revisão poderá fomentar o interesse de pesquisadores no que tange a mensuração do esforço auditivo, por meio de medidas comportamentais, em especial, os paradigmas experimentais de tarefa dupla.

## CONCLUSÃO

Este estudo apresenta uma revisão de literatura sobre os métodos comportamentais de avaliação do esforço auditivo, intitulados paradigmas de tarefa dupla e, sua relação com a capacidade de memória operacional em deficientes auditivos, no período entre 2007 e 2017. Os achados desta revisão permitem inferir que os diferentes métodos comportamentais empregados parecem ser sensíveis a uma série de condições experimentais, tais como: idade dos participantes, grau da perda auditiva, tipo de ruído empregado, tipo de estímulo de fala utilizado, capacidade de memória e algoritmos do AASI.

## REFERÊNCIAS

- Fraser S, Gagné JP, Alenpis M, Dubois P. Evaluating the effort expended to understand speech in noise using a dual-task paradigm: the effects of providing visual speech cues. *J Speech Lang Hear Res.* 2010;53(1):18-33.
- Picou EM, Ricketts TA, Hornsby BWY. Visual cues and listening effort: Individual variability. *J Speech Lang Hear Res.* 2011;54(5):1416-30.
- Rudner M, Lunner T, Behrens T, Thorén ES, Ronnberg J. Working memory capacity may influence perceived effort during aided speech recognition in noise. *J Am Acad Audiol.* 2012;23(8):577-89.
- McGarrigle R, Munro KJ, Dawes P, Stewart AJ, Moore DR, Barry JG et al. Listening effort and fatigue: what exactly are we measuring? A British Society of Audiology Cognition in Hearing Special Interest Group 'white paper'. *Int J Audiol.* 2014;53(7):433-40.
- Bregman AS. Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound. MIT press, 1990.
- McAdams S, Bigand E. Introduction to auditory cognition. In: Mcadams S, Bigand E (orgs). *Thinking in sound: the cognitive psychology of human audition.* Clarendon Press/Oxford University Press, 1993. p. 1-9.
- Neuhoff JG. Introduction and History. In: Neuhoff JG. *Ecological psychoacoustics.* Elsevier Academic Press, 2004. p. 1-13.
- Mackersie CL, Cones H. Subjective and psychophysiological indexes of listening effort in a competing-talker task. *J Am Acad Audiol.* 2011;22(2):113-22.
- Lemke U, Besser J. Cognitive load and listening effort: concepts and age-related considerations. *Ear Hear.* 2016;37(1):77-84.
- Wu YH, Aksan N, Rizzo M, Stangl E, Zhang X, Bentler R. Measuring listening effort: Driving simulator vs. simple dual-task paradigm. *Ear Hear.* 2014;35(6):623-32.
- Gosselin PA, Gagné JP. Use of a dual-task paradigm to measure listening effort. *Can. J. Speech Lang. Pathol. Audiol.* 2010;34(1):43-51.
- Rudner M, Lunner T. Cognitive spare capacity as a window on hearing aid benefit. *Semin Hear.* 2013;34(4):298-307.
- Rudner M, Lunner T. Cognitive spare capacity and speech communication: a narrative overview. *BioMed Research Internacional.* vol. 2014, Article ID 869726, 10 pages, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/869726>.
- Larsby B, Hallgren M, Lyxell B, Arlinger S. Cognitive performance and perceived effort in speech processing tasks: effects of different noise backgrounds in normal-hearing and hearing-impaired subjects. *Int J Audiol.* 2005;44(3):131-43.
- Picou EM, Ricketts TA, Hornsby BW. How hearing AIDS, background noise, and visual cues influence objective listening effort. *Ear Hear.* 2013;34(5):52-64.
- Downs DW. Effects of hearing aid use on speech discrimination and listening effort. *J. Speech Hear Disord.* 1982;47(2):189-93.
- Gatehouse S, Gordon J. Response times to speech stimuli as measures of benefit from amplification. *Brit. J. Aud.* 1990;24(1):63-8.
- Hällgren M, Larsby B, Lyxell B, Arlinger S. Speech understanding in quiet and noise, with and without hearing aids: Comprensión del lenguaje en silencio y con ruido, con y sin auxiliaries auditivos. *Int J. Aud.* 2005;44(10):574-83.
- Hornsby BWY. The effects of hearing aid use on listening effort and mental fatigue associated with sustained speech processing demands. *Ear Hear.* 2013;34(5):523-34.

20. Sarampalis A, Kalluri S, Edwards B. Objective measures of listening effort: effects of background noise and noise reduction. *J. Speech Lang Hear Res.* 2009;52(5):1230-40.
21. Pittman A. Children's performance in complex listening conditions: effects of hearing loss and digital noise reduction. *J. Speech Lang Hear Res.* 2011;54(4):1224-39.
22. Ng EH, Rudner M, Lunner T, Pedersen MS, Ronnberg J. Effects of noise and working memory capacity on memory processing of speech for hearing-aid users. *Int J Aud.* 2013;52(7):433-41.
23. Desjardins JL, Doherty KA. The effect of hearing aid noise reduction on listening effort in hearing-impaired adults. *Ear Hear.* 2014;35(6):600-10.
24. Tun PA, McCoy S, Wingfield A. Aging, hearing acuity, and the attentional costs of effortful listening. *Psychol Aging.* 2009;24(3):761-6.
25. Humes LE, Coughlin M. Aided speech-identification performance in single-talker competition by older adults with impaired hearing. *Scand J Psychol.* 2009;50(5):485-94.
26. Stewart R, Wingfield A. Hearing loss and cognitive effort in older adults' report accuracy for verbal materials. *J. Am Acad of Aud.* 2009;20(2):147-54.
27. Piquado T, Benichov JI, Brownell H, Wingfield A. The hidden effect of hearing acuity on speech recall, and compensatory effects of self-paced listening. *Int J. Aud.* 2012;51(8):576-83.
28. Benichov J, Cox LC, Tun PA, Wingfield A. Word recognition within a linguistic context: Effects of age, hearing acuity, verbal ability and cognitive function. *Ear Hear.* 2012;32(2):250-6.
29. Desjardins JL, Doherty KA. Age-related changes in listening effort for various types of masker noises. *Ear Hear.* 2013;34(3):261-72.
30. Heinrich A, Henshaw H, Ferguson MA. Only behavioral but not self-report measures of speech perception correlate with cognitive abilities. *Front Psychol.* 2016;7:576.
31. Bieber RE, Gordon-Salant S. Adaptation to novel foreign-accented speech and retention of benefit following training: Influence of aging and hearing loss. *J. Acoust. Soc Am.* 2017;141(4):2800-11.
32. Shehorn J, Marrone N, Muller T. Speech perception in noise and listening effort of older adults with non-linear frequency compression hearing aids. *Ear Hear.* 2018;39(2):215-25.
33. Kramer SE, Kapteyn TS, Houtgast T. Occupational performance: comparing normally-hearing and hearing-impaired employees using the Amsterdam checklist for hearing and work. *Int J Audiol.* 2006;45(9):503-12.