

COMPETÊNCIAS AUDITIVAS EM ESCOLARES E SEU IMPACTO NA APRENDIZAGEM

AUDITORY SKILLS IN SCHOOLCHILDREN AND THEIR IMPACT ON LEARNING

HABILIDADES AUDITIVAS EN ESCOLARES Y SU IMPACTO EN EL APRENDIZAJE

 <https://doi.org/10.56238/arev8n3-052>

Data de submissão: 12/02/2026

Data de publicação: 12/03/2026

Sandra Nunes Alves Viacelli

Doutora em Ciências

Instituição: Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

E-mail: dra.svsandraviacelli@gmail.com

Liliane Desgualdo Pereira

Doutora em Distúrbios da Comunicação Humana

Instituição: Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

E-mail: liliane.desgualdo@unifesp.br

RESUMO

Considerando a importância de avaliar intervenções auditivas para a melhoria da aprendizagem, objetivou-se investigar a eficácia de dois procedimentos terapêuticos, o Treinamento Auditivo Acusticamente Controlado (TAAC) e o Sistema de Estimulação NeuroAuditiva (SENA), analisados individualmente e combinados, a fim de verificar a influência da ordem de aplicação sobre os efeitos da estimulação. Para tanto, procedeu-se à avaliação de 30 crianças de 8 a 11 anos, igualmente distribuídas por sexo e idade, por meio de audiometria tonal, testes comportamentais de processamento auditivo (escuta dicótica TDD, escuta monótica PSI, resolução temporal GIN e ordenação temporal TPD), potenciais evocados auditivos de curta (FFR) e longa latência (P300), além da Avaliação da Percepção Visual (DTVP-2) e da Escala SAB, antes e após as intervenções. Desse modo, observou-se que, na intervenção isolada, o TAAC foi eficaz nos procedimentos eletrofisiológicos (FFR e P300), nos testes comportamentais auditivos (PSI e TPD) e na Escala SAB; enquanto o SENA apresentou efeito positivo no FFR, no teste PSI e no item 4 da Escala SAB. As intervenções combinadas evidenciaram maior eficácia, especialmente quando o TAAC foi aplicado antes do SENA, sugerindo que o SENA potencializa os efeitos do TAAC. Foi possível concluir que o uso combinado de ambos os protocolos constitui uma abordagem promissora para a reabilitação auditiva e cognitiva, ao promover avanços comportamentais e neurofisiológicos e ampliar a compreensão sobre os mecanismos de plasticidade neural e suas implicações no processo de aprendizagem.

Palavras-chave: Potenciais Evocados Auditivos. Processamento Espacial Visual. Percepção Auditiva. Estimulação Acústica. Reabilitação.

ABSTRACT

Considering the importance of evaluating auditory interventions to improve learning, the objective was to investigate the efficacy of two therapeutic procedures, Acoustically Controlled Auditory Training (ACAT) and the NeuroAuditory Stimulation System (NASS), analyzed individually and in combination, to verify the influence of the order of application on the effects of stimulation. To this

end, 30 children aged 8 to 11 years, equally distributed by sex and age, were assessed using pure-tone audiometry, behavioral auditory processing tests (dichotic listening TDD, monotic listening PSI, temporal resolution GIN, and temporal ordering TPD), short (FFR) and long-latency auditory evoked potentials (P300), as well as the Visual Perception Assessment (DTVP-2) and the SAB Scale, before and after the interventions. Thus, it was observed that, in the isolated intervention, ACAT was effective in the electrophysiological procedures (FFR and P300), in the behavioral auditory tests (PSI and TPD) and in the SAB Scale;. At the same time, NASS showed a positive effect on FFR, the PSI test and item 4 of the SAB Scale. The combined interventions showed greater efficacy, especially when ACAT was applied before NASS, suggesting that NASS potentiates the effects of ACAT. This allowed us to conclude that the combined use of both protocols constitutes a promising approach for auditory and cognitive rehabilitation, by promoting behavioral and neurophysiological advances, and broadening the understanding of neural plasticity mechanisms and their implications for the learning process.

Keywords: Auditory Evoked Potentials. Spatial Processing. Auditory Perception. Acoustic Stimulation. Rehabilitation.

RESUMEN

Considerando la importancia de evaluar intervenciones auditivas para mejorar el aprendizaje, se objetivó investigar la eficacia de dos procedimientos terapéuticos, el Entrenamiento Auditivo Acústicamente Controlado (TAAC) y el Sistema de Estimulación NeuroAuditiva (SENA), analizados individualmente y en combinación, con el fin de verificar la influencia del orden de aplicación en los efectos de la estimulación. Para ello, se procedió a evaluar a 30 niños de 8 a 11 años, igualmente distribuidos por sexo y edad, mediante audiometría tonal, pruebas conductuales de procesamiento auditivo (escucha dicótica TDD, escucha monótica PSI, resolución temporal GIN y ordenación temporal TPD), potenciales evocados auditivos de corta (FFR) y larga latencia (P300), así como la Evaluación de la Percepción Visual (DTVP-2) y la Escala SAB, antes y después de las intervenciones. De este modo, se observó que, en la intervención aislada, el TAAC resultó eficaz en los procedimientos electrofisiológicos (FFR y P300), en las pruebas conductuales auditivas (PSI y TPD) y en la Escala SAB; mientras que el SENA mostró un efecto positivo en el FFR, en la prueba PSI y en el ítem 4 de la Escala SAB. Las intervenciones combinadas evidenciaron una mayor eficacia, especialmente cuando el TAAC se aplicó antes que el SENA, lo que sugiere que el SENA potencia los efectos del TAAC. Lo que permitió concluir que el uso combinado de ambos protocolos constituye un abordaje prometedor para la rehabilitación auditiva y cognitiva, al promover avances conductuales y neurofisiológicos, y ampliar la comprensión sobre los mecanismos de plasticidad neural y sus implicaciones en el proceso de aprendizaje.

Palabras clave: Potenciales Evocados Auditivos. Procesamiento Espacial Visual. Percepción Auditiva. Estimulación Acústica. Rehabilitación.

1 INTRODUÇÃO

A presença de limiares auditivos dentro da normalidade não garante a capacidade de processar e interpretar adequadamente sons verbais e não verbais. Muitas crianças diagnosticadas com transtorno do processamento auditivo central (TPAC) apresentam alterações nos testes comportamentais auditivos, além de dificuldades na linguagem e em processos cognitivos, levantando questionamentos sobre a validade clínica do diagnóstico (Bellis; Jorgensen, 2014; Neijenhuis *et al.*, 2019).

O Processamento Auditivo Central (PAC) refere-se ao “Processamento perceptual da informação auditiva no sistema nervoso central e à atividade neurobiológica responsável pela geração dos potenciais eletrofisiológicos auditivos” (ASHA, 2005). A British Society of Audiology (BSA), acrescenta a participação de outros sistemas de processamento neural que contribuem para a modulação do processamento *bottom-up* (BSA, 2018). Esta definição evidencia a participação de estruturas subcorticais e corticais na decodificação e no processo de interpretação dos elementos acústicos rápidos e transitórios da fala e na construção de aprendizagens, indicando a interferência do PAC no desenvolvimento da linguagem (Martzog *et al.*, 2019).

Indivíduos com TPAC apresentam baixo desempenho em duas ou mais habilidades auditivas: localização e lateralização sonora, discriminação auditiva, reconhecimento de padrão auditivo, aspectos temporais da audição, figura-fundo, fechamento auditivo, aspectos binaurais da audição (ASHA, 2005; Geffner, 2019). Estima-se que 2% a 5% das crianças em idade escolar com queixas de aprendizado apresentam TPAC primário, enquanto em adultos a prevalência pode atingir até 17% entre 50–54 anos e superar 70% após 60 anos (Bellis; Jorgensen, 2014). Entre os fatores de risco estão os fatores pré-natais/neonatais, otite média recorrente, fatores genéticos e distúrbios neurológicos (Chermak *et al.*, 2014; Geffner, 2019).

O impacto do TPAC sobre a audição, comunicação e desempenho acadêmico reforça a necessidade de intervenções baseadas na neurociência cognitiva, explorando a plasticidade do sistema nervoso central (SNC) e promovendo reorganização cortical, uma vez que as melhorias refletem no aprendizado (De Wit *et al.*, 2018). Treinamentos auditivos e cognitivos demonstram efeitos positivos sobre memória de trabalho e cognição geral, embora se recomende avaliação de acompanhamento para verificar a eficácia a longo prazo (Lawrence *et al.*, 2018; Stropahl *et al.*, 2020).

Vários estudos sugerem que as respostas do tronco encefálico geram informações diretas sobre como a estrutura sonora de uma sílaba falada é decodificada pelo sistema auditivo, destacando a importância do tronco encefálico na decodificação de sons de fala (Skoe; Kraus, 2010).

As alterações no PAC podem ser avaliadas por testes comportamentais e eletrofisiológicos. A bateria comportamental investiga atenção, organização, memória e percepção de detalhes auditivos, com estímulos verbais e não verbais, monoaurais ou binaurais. Exames eletrofisiológicos complementam a avaliação, permitindo mensurar a atividade neuroelétrica e diferenciando TPAC de outros transtornos, especialmente em crianças menores de sete anos (ABA, 2016).

De acordo com recomendações internacionais e nacionais, a avaliação do PAC deve ser composta por um conjunto de testes que avalie a escuta monoaural, escuta dicótica, ordenação temporal, resolução temporal e interação binaural, considerando-se a idade, desenvolvimento cognitivo e linguístico do indivíduo. No que se refere ao diagnóstico da doença, não há unanimidade quanto à caracterização do indivíduo com TPAC (De Wit *et al.*, 2018).

Protocolos de treinamento auditivo, especialmente combinados com tarefas cognitivas, demonstram melhora na comunicação auditiva e nas habilidades funcionais, com maior benefício quando associados a reabilitação sensorial ou aparelhos auditivos. Contudo, os efeitos a longo prazo ainda necessitam de investigação (Stropahl *et al.*, 2020). Estudos como o de Sharma *et al.* (2019) reforçam a importância de avaliar tarefas específicas do PAC, como o teste de padrão de frequência, em crianças com distúrbios de leitura ou ortografia.

O Sistema de Estimulação NeuroAuditiva (SENA) é uma tecnologia desenvolvida por Jordi Gazeran Expósito, pela empresa espanhola Sena System S.L.U. O projeto iniciou-se em 2000, focando na relação entre audição e dificuldades de aprendizagem. Seu software proprietário foi lançado em 2005, evoluindo para uma plataforma web em 2022, que integra ferramentas de avaliação, estimulação e treinamento de habilidades auditivas, com presença internacional em diversos países, incluindo o Brasil. O SENA surge como um recurso para auxiliar os tratamentos já existentes, incorporando a tecnologia digital à estimulação NeuroAuditiva (SENA, 2022). Por ser um procedimento relativamente novo, estudos estão sendo realizados para reforçar os achados clínicos, na busca de mais um recurso baseado em evidências científicas.

Diante desse contexto, o objetivo do presente estudo foi testar a eficácia do TAAC e do SENA, isoladamente e combinados entre si, em escolares com dificuldades de aprendizagem, analisando se a ordem de aplicação influencia os resultados clínicos.

2 METODOLOGIA

2.1 PARTICIPANTES

Participaram da pesquisa 30 crianças de oito a onze anos de idade, que preencheram os critérios de inclusão propostos para o estudo e foram pareadas por idade na constituição dos grupos.

A amostra foi selecionada dentre os pacientes atendidos em um serviço de terapia fonoaudiológica em um hospital público, na cidade de São Paulo. Os indivíduos apresentaram características decorrentes de fatores de risco (quadro 2) importantes para alterações no aprendizado, sendo observado mais de um fator de risco por participante: fatores genéticos (73,3%), pré-natais (26,6%), perinatais (26,6%), uso de drogas na gestação (6,6%), distúrbios neurológicos (13,3%), distúrbios metabólicos (6,6%) e fatores emocionais (86,6%).

A triagem inicial constituiu-se de uma breve anamnese sobre o paciente, para o levantamento do histórico audiológico, saúde em geral, uso de medicamentos, distúrbios neurológicos e/ou cognitivos. Ainda, foi realizada uma avaliação audiológica básica (audiometria tonal limiar, audiometria vocal e imitanciometria).

2.2 PROGRAMAS DE INTERVENÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS

O programa de intervenção foi realizado com três grupos de pacientes: CONTROLE (n=10), SENA (n=10) e TAAC (n=10), os quais foram submetidos ao Sistema de Estimulação NeuroAuditiva (SENA) e ao Tratamento Auditivo Acusticamente Controlado (TAAC). O grupo controle não realizou tratamentos durante o estudo, porém, após a sua conclusão, todos os indivíduos receberam tratamento adequado, de acordo com princípios éticos e científicos. Nos grupos SENA e TAAC foram realizadas duas estimulações sequenciais, avaliadas em dois momentos diferentes.

O TAAC foi adaptado a partir da metodologia proposta por Ziliotto; Gil (2011). As tarefas de cada sessão do treinamento auditivo foram organizadas com complexidade progressiva, iniciando com estímulos mais simples e avançando para os mais difíceis conforme o desempenho do indivíduo melhorava. A relação sinal-ruído seguiu o mesmo princípio, passando de mais favorável (positiva) para menos favorável (negativa). O uso de fones auriculares permitiu o treinamento separado das orelhas direita e esquerda. Nas atividades de escuta dicótica manteve-se a intensidade do estímulo principal e variando a do estímulo competitivo, que deveria ser ignorado. As tarefas com estímulos verbais começaram pela orelha direita, e as não verbais, pela esquerda. Durante as sessões, foi permitida a repetição de itens quando solicitada ou indicada pela fonoaudióloga. O critério para aumento da dificuldade foi atingir 70% ou mais de acertos, e atividades com menos de 30% indicavam a necessidade de retroceder um nível (Musiek; Schochat, 1998). O treinamento auditivo acusticamente controlado foi realizado em dez sessões semanais de 45 minutos, totalizando cerca de oito horas de estimulação sensorial, em cabina acústica.

O SENA utilizou estímulos musicais e de fala, compostos por trechos de música clássica (Mozart) e por uma narrativa em português brasileiro contada por um locutor masculino. Esses

estímulos foram modificados por um modulador de frequência que reduz sons graves e intensifica sons agudos, alternando com um sistema passa-baixo que regula a velocidade de troca entre ambos, tornando a estimulação intermitente e evitando a habituação. O software conta com um equalizador que foi acionado na estimulação de cada indivíduo nas frequências de 125 a 8000 Hz, tendo como referência o padrão de audição normal (0 dBNA). A intensidade máxima não ultrapassou 90 dBNPS, com volume médio de 60 dBNS por orelha. Os estímulos de música e fala foram misturados, sendo apresentados nas duas orelhas o mesmo estímulo via fones de ouvido (Sennheiser HD 559), cuja distorção harmônica foi de $<0.2\%$ (1kHz, 100dbspl) e curva de resposta de frequência de 14 a 26KHz acoplada a um conversor digital analógico (DAC) TRAKTOR AUDIO 6. A estimulação ocorreu com o indivíduo sentado, realizando uma atividade motora (uso de celular ou tablet com o volume no zero), sem leitura ou escrita. A estimulação foi realizada em um local calmo, sem interferência de barulhos externos. O protocolo compreendeu 10 sessões de 45 min, com reprogramação após cinco sessões a partir dos limiares audiológicos obtidos através de nova audiometria e dos ajustes de equalização e intensidade, levando em consideração, além dos limiares audiológicos, a sensibilidade individual de cada indivíduo (SENA, 2022).

2.3 PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO

Como procedimentos do estudo foram utilizados os testes de avaliação eletrofisiológica: Potencial evocado auditivo de tronco encefálico - PEATE P300 (Schochat, 2004) e *Frequency-Following Response* - FFR (Skoe; Kraus, 2010); de avaliação comportamental: *Gaps-in-noise* - GIN (Musiek *et al.*, 2005), Teste Pediátrico de Inteligibilidade de Fala - PSI(MCI) (Ziliotto *et al.*, 1997), Teste padrão de duração - TPD (Musiek *et al.*, 1990), Teste dicótico de dígitos - TDD (Collela-Santos; Pereira, 1997); de avaliação da percepção visual: Teste Evolutivo de Percepção Visual, segunda edição - DTVP-2 (Brown, 2002) e a Escala SAB - *Scale of Auditory Behavior* (Domitz; Schow, 2000). Conforme descreve o Quadro 1, os grupos do estudo passaram por uma avaliação inicial e por avaliações com os procedimentos do estudo em três tempos diferentes: ao início do programa de intervenção, após cada tipo de estimulação (SENA ou TAAC) e ao final do programa de intervenção.

Quadro 1 - Cronograma de atividades desenvolvidas nos programas de intervenção

PROGRAMA DE INTERVENÇÃO					
Avaliação Inicial	Tempo 1	Estimulação	Tempo 2	Estimulação	Tempo 3
Termo de consentimento, Anamnese, Avaliação diagnóstica	Limiares audiométricos; Avaliação comportamental do processamento auditivo: GIN, PSI-MCI, TPD, TDD; Avaliação comportamental da percepção visual: DTVP - 2; Escala SAB; Avaliação do potencial evocado de curta latência (FFR) e de longa latência (P300)	Grupo SENA Grupo TAAC 10 sessões	Limiares audiométricos; Avaliação comportamental do processamento auditivo: GIN, PSI-MCI, TPD, TDD; Avaliação comportamental da percepção visual: DTVP - 2; Escala SAB; Avaliação do potencial evocado de curta latência (FFR) e de longa latência (P300)	Grupo TAAC Grupo SENA 10 sessões	Limiares audiométricos; Avaliação comportamental do processamento auditivo: GIN, PSI-MCI, TPD, TDD; Avaliação comportamental da percepção visual: DTVP - 2; Escala SAB; Avaliação do potencial evocado de curta latência (FFR) e de longa latência (P300)

Fonte: Elaborado pela autora

2.4 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

O termo "dificuldades de aprendizagem" envolve múltiplos fatores: cognitivos, sociais, econômicos, físicos e mentais, que têm relação direta com a aprendizagem. As dimensões emocional e cognitiva são profundamente afetadas por todos esses fatores e exercem influência sobre a aprendizagem do aluno (Konstantinidis, 2024).

Dessa forma, para a composição da amostra deste estudo estabeleceram-se os seguintes critérios de inclusão: presença de dificuldades de aprendizagem; limiares auditivos de até 15 dB NA; idade entre 8 e 11 anos; e alterações na avaliação do processamento auditivo e da percepção visual. Foram excluídos os indivíduos que apresentassem evidências de condições neuropsiquiátricas que pudessem impedir a realização dos procedimentos previstos, bem como aqueles com indisponibilidade para comparecer às sessões de intervenção.

2.5 APROVAÇÃO ÉTICA E CONSENTIMENTO

O estudo foi aprovado pelo comitê de ética institucional sob o parecer número 2.521.264 e está registrado na Plataforma Brasil sob o número de CAAE 81971418.0.0000.5505. Cumpriu-se a lei nacional e tomados os cuidados éticos cabíveis. Os voluntários ou seus responsáveis assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, bem como um termo de assentimento.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados contínuos e semicontínuos foram inicialmente comparados com a curva de Gauss, determinando-se a normalidade para cada variável. Como o tamanho da amostra em cada grupo foi considerado pequeno ($n=10$), optou-se pela análise paramétrica. Quando os dados possuíram comportamento paramétrico, foram utilizados média e desvio padrão, comparados transversalmente pelo teste de T de Student não pareado. Dados categóricos foram representados por frequência absoluta (n) e relativa (%) e comparados pelo teste de Qui-quadrado de Pearson. A correlação entre as variáveis e dados contínuos e semicontínuos foi realizada pelo teste de Correlação de Pearson. Considerou-se para todo estudo risco $\alpha \leq 0,05$ de cometer erro tipo I ou de 1ª espécie e risco $\beta \leq 0,20$ de cometer erro tipo II ou de 2ª espécie. Utilizou-se o programa de Estatística SPSS 23.0 (IBM®) e o Programa GraphPad Prism 9.5 (GraphPad Software, LLC).

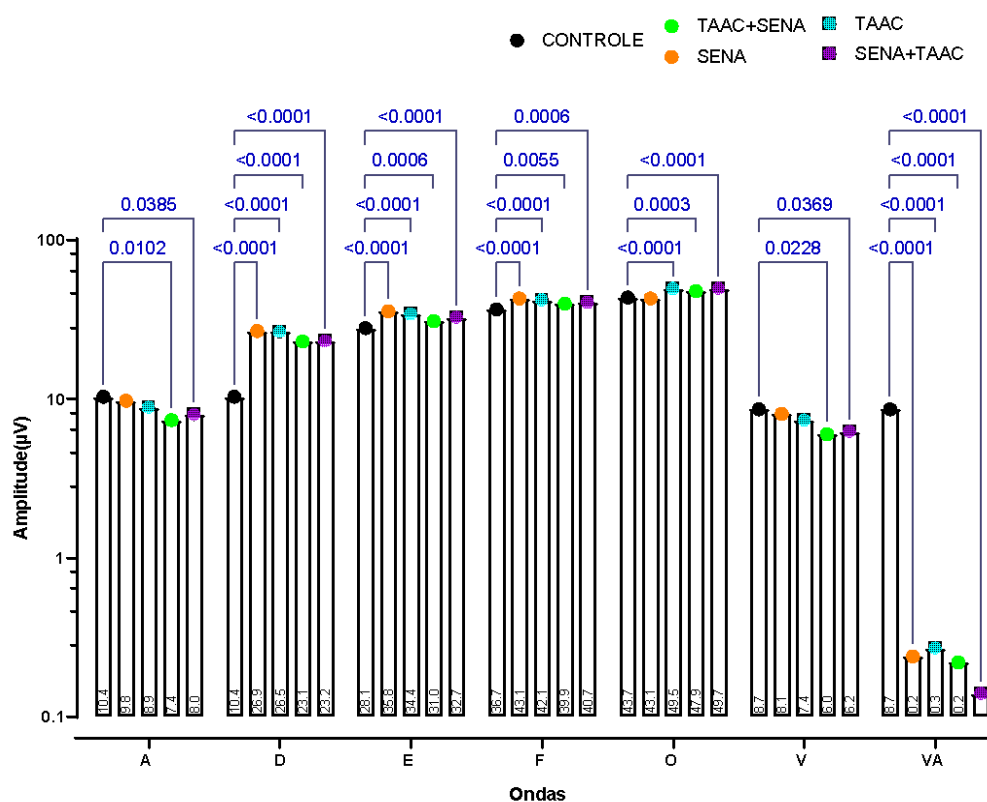
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PLASTICIDADE AUDITIVA: RESULTADOS DO FFR

O Frequency Following Response (FFR) é um potencial evocado auditivo que reflete a codificação de traços acústicos do estímulo, especialmente os sons da fala, nos núcleos do tronco encefálico auditivo (Skoe; Kraus, 2010). O FFR apresenta origem predominantemente subcortical e sua expressão pode ser modulada por fatores cognitivos e atencionais, especialmente em contextos de aprendizagem auditiva (White-Schwoch *et al.*, 2019).

Conforme mostra o Gráfico 1, os protocolos combinados (TAAC + SENA e SENA + TAAC) apresentaram reduções significativas nas latências das ondas V, A, D, E, F, O e VA, com destaque para o grupo SENA + TAAC no complexo VA (0,14 ms). Esses achados sugerem que a combinação dos protocolos promove reorganização funcional mais eficiente, possivelmente por ativação sinérgica de mecanismos subcorticais e corticais, com o SENA atuando como intensificador do efeito do TAAC. Os achados relacionados ao complexo VA, marcador de precisão temporal e integridade da resposta auditiva, reforçam a eficácia da combinação dos protocolos. Os grupos combinados, especialmente SENA + TAAC, apresentaram desempenho otimizado, o que sugere que a ordem de aplicação pode influenciar a eficiência da reorganização neural, embora ambas as combinações tenham sido eficazes.

Gráfico 1 - Comparação entre os grupos Controle, TAAC, SENA e combinações (TAAC+SENA; SENA+TAAC) quanto às ondas A, D, E, F, O, V e VA do teste FFR.



Legenda: TAAC - Treinamento auditivo acusticamente controlado; SENA – Sistema de Estimulação NeuroAuditiva; FFR - *Frequency Following Response* (Potencial auditivo de curta latência). Dados expressos em média aritmética assinalados com a diferença estatística entre grupos através da Análise de Variância de Duas Vias com pós-teste de Fisher (LSD). Foi considerado $p \leq 0,05$ como significativo.

Fonte: Autores.

Os grupos TAAC e SENA isolados não apresentaram efeitos significativos nas ondas V e A, que compõem a porção *onset* e correspondem à consoante plosiva /d/ (Kraus *et al.*, 2017), indicando que a estimulação isolada pode não ser suficiente para produzir efeitos duradouros no nível subcortical, reforçando o conceito de que a densidade e complexidade do estímulo auditivo são determinantes para indução de plasticidade neural (White-Schwoch; Kraus, 2017). A combinação de estímulos, com diferentes características rítmicas, frequenciais e atencionais, parece ampliar a capacidade de resposta do sistema auditivo, promovendo reorganizações funcionais mais evidentes.

Nas ondas D, E e F, todos os grupos experimentais apresentaram diferenças significativas em relação ao grupo controle. A porção sustentada (FFR) que ocorre em torno de 18 a 40 ms, composta pelas ondas D, E e F, indica a codificação da estrutura sonora periódica e harmoniosa da vogal. As vogais são caracterizadas por um estímulo sonoro de longa duração, sendo processadas em um período maior. As ondas D, E e F representam o estímulo da frequência fundamental (F0), ao passo que os picos entre as ondas D e E representam o bloqueio da fase nas frequências do primeiro

formante (F1) e os picos entre as ondas E e F representam as frequências do segundo formante (F2). As ondas D, E e F fornecem informações sobre o phase-locking neural da frequência fundamental e dos componentes harmônicos do estímulo (Skoe; Kraus, 2010). Segundo White-Schwoch; Kraus (2017), o FFR possui uma “dupla face”: ele revela tanto os efeitos de experiências auditivas passadas como também o potencial de desenvolvimento comunicativo futuro. Os autores argumentam que o FFR é um reflexo das adaptações do sistema auditivo à exposição sonora significativa, sustentando que experiências auditivas ricas, repetidas e envolventes são cruciais para moldar a fisiologia do tronco encefálico.

Para a onda O, que representa a codificação do *offset* (encerramento) do estímulo sonoro, sendo uma das últimas ondas a surgir no registro, geralmente entre 40 e 50 ms. Ela reflete a atividade neural associada ao final da vogal da sílaba, indicando a sincronia neural tardia na via auditiva. A onda O é relevante por fornecer informações sobre a precisão temporal no encerramento do estímulo acústico (Skoe; Kraus, 2010; White-Schwoch *et al.*, 2019). Neste estudo na intervenção isolada, somente o grupo TAAC apresentou resultados estatisticamente significantes. O efeito do TAAC sobre a onda O pode estar relacionado à ênfase do protocolo em tarefas de precisão temporal, ritmo e discriminação acústica fina, que estimulam diretamente a codificação do offset do estímulo. Diferentemente do SENA, que promove uma estimulação auditiva alternada e difusa. O TAAC exige resposta ativa e foco sustentado, favorecendo a sincronização neural tardia, explicando sua eficácia na modulação dessa componente do FFR (Skoe; Kraus, 2010; Kraus; White-Schwoch, 2015).

Esses achados indicam melhora na sincronização neural e na precisão temporal do processamento auditivo subcortical, sugerindo que as intervenções propostas são capazes de induzir plasticidade funcional no tronco encefálico auditivo. Essa interpretação é sustentada pela literatura que reconhece o FFR como um marcador sensível da experiência auditiva e da eficiência neural (Skoe; Kraus, 2010; White-Schwoch; Kraus, 2017).

Os resultados confirmam que as intervenções auditivas combinadas são mais eficazes do que as isoladas na modulação do FFR e que o uso complementar do SENA pode potencializar os efeitos do TAAC. Os dados reforçam os modelos atuais de plasticidade auditiva, que consideram o sistema auditivo como dinâmico, distribuído e altamente responsivo à experiência sonora significativa (White-Schwoch; Kraus, 2017; White-Schwoch *et al.*, 2019; Ross *et al.*, 2020).

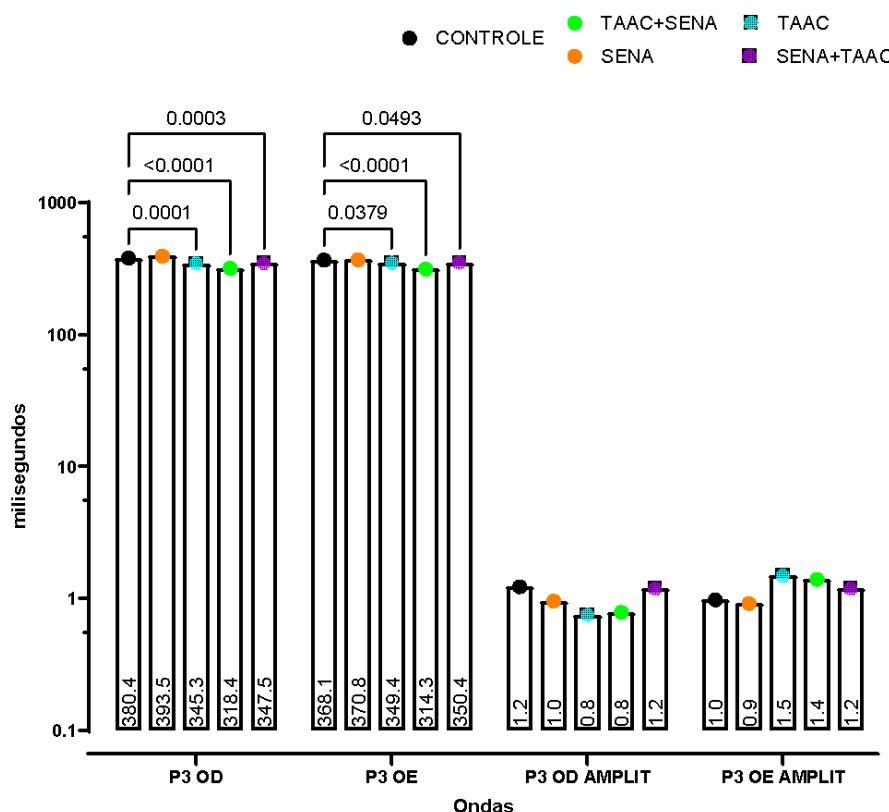
3.2 PROCESSOS CORTICAIS: RESULTADOS DO P300

O PEALL P300 é um potencial evocado auditivo de longa latência relacionado a atividades cognitivas como atenção, discriminação, reconhecimento, nomeação e memorização de informações

auditivas (Riggins; Scott, 2020). A sua elicitação exige a realização de uma tarefa ativa por parte do indivíduo, refletindo o uso funcional do estímulo, por isso, é considerado um potencial endógeno. Seus geradores envolvem estruturas como o córtex auditivo, pré-frontal, centroparietal e hipocampo, além de regiões associativas como o tálamo e o córtex temporoparietal, interligadas ao tronco encefálico e à formação reticular (Sowndhararajan *et al.*, 2018).

O P300 tem sido amplamente utilizado como marcador complementar no diagnóstico e acompanhamento de alterações cognitivas e atencionais, bem como no monitoramento da eficácia de intervenções como o treinamento auditivo (De Medeiros *et al.*, 2020). No presente estudo, os resultados do P300 (Gráfico 2) mostraram que o protocolo SENA, quando aplicado isoladamente, não produziu alterações estatisticamente significativas na latência em nenhuma das orelhas. Por outro lado, o TAAC isolado gerou melhora significativa bilateral, demonstrando sua efetividade em modular a atividade cortical.

Gráfico 2 – Comparação dos grupos Controle, TAAC, SENA e combinações (TAAC+SENA; SENA+TAAC) quanto à onda P3 do teste PEALL P300



Legenda: TAAC - Treinamento auditivo acusticamente controlado; SENA – Sistema de Estimulação NeuroAuditiva; PEATE P300 - Potencial evocado auditivo de longa latência; OD - Orelha direita; OE - orelha esquerda. Dados expressos em média aritmética assinalados com a diferença estatística entre grupos através da Análise de Variância de Duas Vias com pós-teste de Fisher (LSD). Foi considerado $p \leq 0,05$ como significativo.

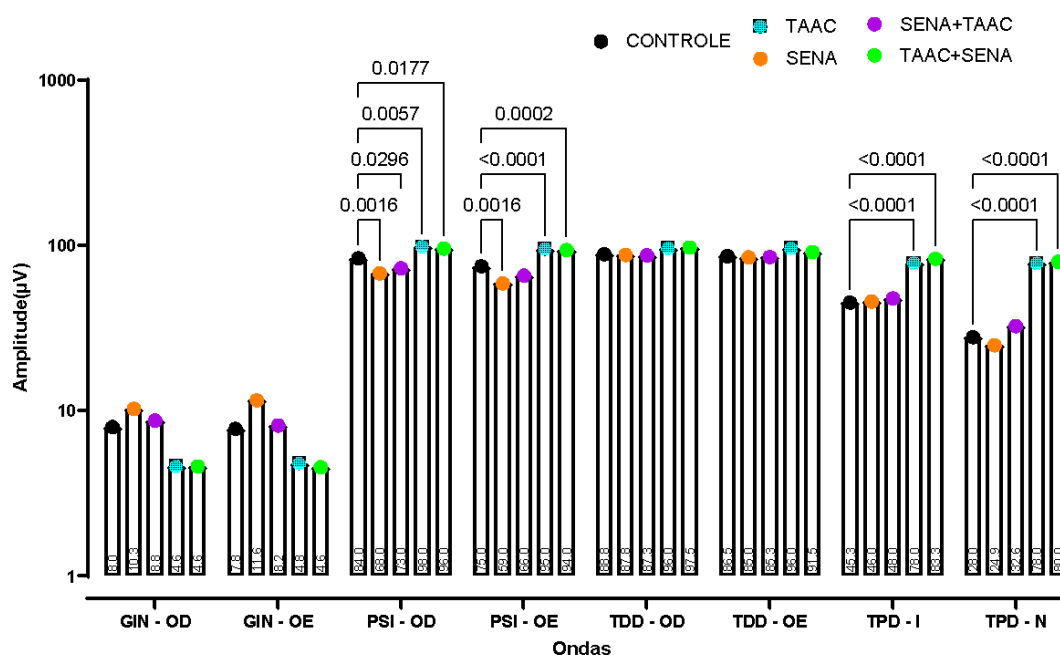
Fonte: Autores.

Os protocolos combinados (TAAC + SENA e SENA + TAAC) também apresentaram reduções significativas na latência do P300, indicando uma resposta cortical mais rápida e eficiente. Esses achados sugerem que, embora o SENA isoladamente não tenha promovido alterações mensuráveis nesse marcador eletrofisiológico, a sua associação com o TAAC potencializou os efeitos da estimulação auditiva, especialmente no que se refere ao engajamento de mecanismos corticais superiores. Isso corrobora a ideia de que intervenções auditivas que envolvem tarefas estruturadas e controle temporal, como o TAAC, são mais eficazes para promover a plasticidade neural em regiões associadas à atenção e à integração auditiva (Riggins; Scott, 2020; De Medeiros *et al.*, 2020). Tal resultado é particularmente relevante no contexto de crianças com dificuldades de aprendizagem, nas quais são frequentemente observados déficits no processamento temporal e baixa eficiência na identificação de estímulos acústicos breves e sucessivos (Riggins; Scott, 2020).

3.3 PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL (PAC)

O processamento auditivo central (PAC) tem sido amplamente estudado e refere-se à capacidade do indivíduo de analisar e interpretar a informação auditiva de forma eficaz e eficiente. Esse processo envolve um conjunto de habilidades auditivas fundamentais, como detecção, localização e discriminação sonora, reconhecimento, ordenação temporal, figura-fundo para sons verbais e não verbais, síntese auditiva, integração, interação e separação binaurais, fechamento auditivo e reconhecimento de padrões temporais. Essas habilidades são essenciais para a compreensão dos estímulos acústicos captados pelo sistema auditivo periférico (Avanzi; Cardoso, 2023). Nos testes de PAC (Gráfico 3), diferenças significativas foram observadas em PSI, TPD e TPD-N para grupos com TAAC isolado ou combinado. Os testes GIN e TDD não apresentaram alterações significativas, indicando ausência de efeito mensurável das intervenções nesses aspectos.

Gráfico 3 - Comparação entre grupos Controle, TAAC, SENA e combinações (TAAC+SENA; SENA+TAAC) nos testes GIN, PSI, TDD, TPD-I e TPD-N.



Legenda: TAAC - Treinamento auditivo acusticamente controlado; SENA – Sistema de Estimulação NeuroAuditiva; GIN – *Gaps-in-noise*; PSI - Teste Pediátrico de Inteligibilidade de Fala, TDD - Teste dicótico de dígitos; Teste padrão de duração - TPD-I e TPD-N; OD - Orelha direita; OE - orelha esquerda. Dados expressos em média aritmética, assinalados com a diferença estatística entre grupos através da Análise de Variância de Duas Vias com pós-teste de Fisher (LSD). Foi considerado $p \leq 0,05$ como significativo.

Fonte: Autores.

O teste PSI avalia a habilidade figura-fundo para estímulos verbais (Chermak *et al.*, 2014), evidenciando que desempenhos insatisfatórios podem indicar dificuldades na discriminação da fala em ambientes ruidosos (Jerger *et al.*, 1983). Estudos eletrofisiológicos demonstram que essa habilidade depende do processamento eficiente das informações acústicas no tronco encefálico (Jerger; Jerger, 1982; Skoe; Kraus, 2010). No presente estudo, os grupos SENA, TAAC e TAAC+SENA apresentaram resultados estatisticamente significativos no desempenho dessa habilidade, sugerindo melhora na segregação auditiva após as intervenções. Esse achado pode ser justificado pelo fato de que, em crianças, o sistema auditivo ainda está em processo de maturação, o que torna o PSI especialmente sensível para detectar alterações em populações com dificuldades de aprendizagem ou transtornos de linguagem (Schochat *et al.*, 2010). De forma complementar, Vellozo *et al.* (2015) demonstraram que o PSI é aplicável e eficaz em diferentes faixas etárias, com desempenho crescente conforme o desenvolvimento da via auditiva central. O estudo também destaca seu valor clínico em contextos escolares e terapêuticos. Nos testes dicótico de dígitos (TDD) e GIN não foram identificadas diferenças significativas entre os grupos.

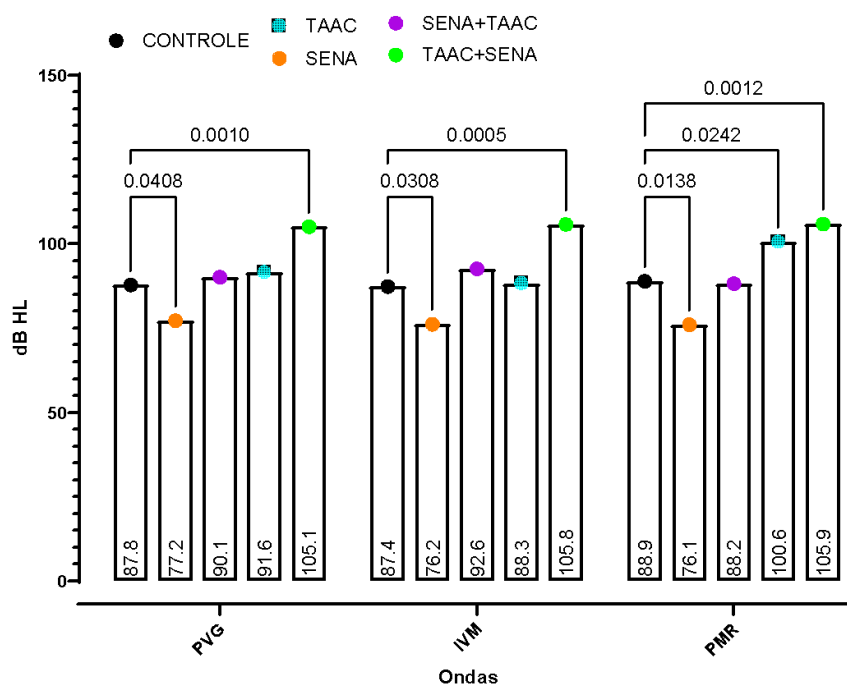
O teste Duration Pattern Test (DPT), que avalia a habilidade de ordenação temporal (Musiek *et al.*, 1990), pode auxiliar na avaliação da percepção e do processamento das características temporais rápidas, inclusive em crianças que já apresentam um diagnóstico de alteração de linguagem (Balén *et al.*, 2019; Pires; Schochat, 2019). Neste estudo, observaram-se diferenças estatisticamente significativas, com melhores desempenhos nos grupos que incluíram o TAAC, especialmente quando a intervenção foi iniciada por ele. O grupo SENA, isoladamente, e a combinação SENA + TAAC não apresentaram melhora significativa. Os achados sugerem que os protocolos combinados, principalmente com início pelo TAAC, promovem ganhos mais expressivos em habilidades de processamento auditivo.

3.4 HABILIDADES VISUOMOTORAS: DTVP-2

O *Developmental Test of Visual Perception – Second Edition* (DTVP-2) avalia habilidades percepto-visuomotoras fundamentais para o desempenho escolar e cotidiano. É composto por funções de base visual, posição no espaço, figura-fundo, closure visual e constância da forma, e funções que exigem componentes motores integrados, como coordenação visuomotora, cópia, relação espacial e velocidade visuomotora (Brown, 2002). Conforme o Gráfico 4, os melhores resultados nos quocientes percepção visual geral, integração visuomotora e percepção de motricidade reduzida (PVG, IVM e PMR) foram observados no protocolo combinado TAAC + SENA, com significância estatística em todas as medidas. O grupo TAAC isolado apresentou desempenho intermediário, superior ao controle em alguns domínios, mas sem diferenças robustas. Já o SENA, quando aplicado de forma isolada, mostrou resultados inferiores ao grupo controle.

Além disso, verificou-se que a ordem de aplicação influenciou os escores: quando o SENA foi realizado após o TAAC (TAAC + SENA), os resultados foram mais elevados do que com o SENA isolado, sugerindo um possível efeito sinérgico ou dependente da sequência. Apesar de todos os grupos experimentais superarem o controle, apenas a combinação TAAC + SENA promoveu ganhos consistentes e estatisticamente significativos.

Gráfico 4 - Comparação entre grupos Controle, TAAC, SENA e combinações (TAAC+SENA; SENA+TAAC) nos subtestes PVG, IVM e PMR da avaliação de percepção visual.



Legenda: TAAC - Treinamento auditivo acusticamente controlado; SENA – Sistema de Estimulação NeuroAuditiva; PVG - percepção visual geral; IVM - integração visuomotora; PMR - percepção de motricidade reduzida. Dados expressos em média aritmética, assinalados com a diferença estatística entre grupos através da Análise de Variância de Duas Vias com pós-teste de Fisher (LSD). Foi considerado $p \leq 0,05$ como significativo.

Fonte: Autores.

Os resultados obtidos reforçam a influência da integração auditiva e visual na aprendizagem. Em ambientes naturais, os sinais auditivos raramente são processados de forma isolada, sendo com frequência acompanhados por informações visuais redundantes ou complementares (Opoku-Baah, 2021). Do ponto de vista neurofisiológico, sabe-se que o colículo inferior (CI) recebe entradas visuais, com estudos recentes em animais sugerindo que essas entradas aumentam a sensibilidade no processamento auditivo (Chen et al., 2019). Além disso, a visão desempenha papel dominante na plasticidade espacial auditiva, guiando a maturação das propriedades de resposta dos neurônios auditivos e assegurando o alinhamento dos mapas espaciais no colículo superior (Opoku-Baah, 2021).

No contexto escolar, a integração visuomotora é igualmente decisiva, já que a eficiência da aprendizagem depende em grande parte da proficiência dessa habilidade, construída sobre bases posturais e corporais desde os primeiros anos de vida. A percepção de motricidade reduzida, avaliada pelo DTVP-2, reflete justamente a soma dos escores obtidos entre percepção visual e componente visuomotor, apontando para a relevância dessa integração na aprendizagem (Opoku-Baah, 2021).

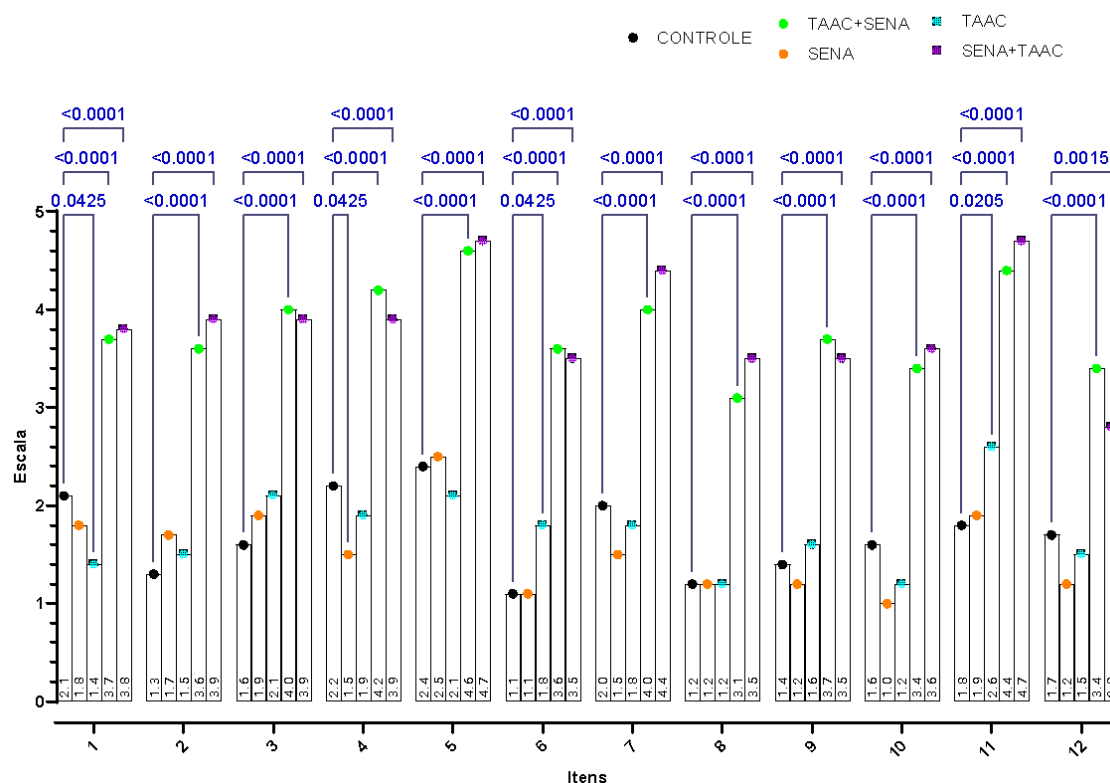
Dessa forma, a superioridade do protocolo TAAC + SENA pode estar relacionada à combinação de estímulos auditivos e visuais que fortalece a conectividade entre áreas cerebrais e

recruta redes mais amplas, resultando em percepções mais acuradas e estáveis (Opoku-Baah, 2021). Utilizar métodos de treinamento baseados em estímulos complementares pode potencializar tanto a aprendizagem perceptiva auditiva quanto o desenvolvimento visuomotor, o que justifica os ganhos mais expressivos no grupo combinado.

3.5 COMPORTAMENTO AUDITIVO FUNCIONAL: ESCALA SAB

A Escala SAB é um questionário que permite quantificar, na percepção de pais e/ou responsáveis, o comportamento auditivo da criança nas demandas do dia a dia, considerando as informações recebidas por meio da audição (Viacelli *et al.*, 2018). Neste estudo, observou-se melhora significativa em todos os 12 itens avaliados nos grupos submetidos às intervenções auditivas, com destaque para os protocolos combinados, que promoveram benefícios mais amplos no comportamento auditivo percebido ou relatado por cuidadores, em comparação às intervenções isoladas (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Comparação entre grupos Controle, TAAC, SENA e combinações (TAAC+SENA; SENA+TAAC) nos 12 itens da Escala SAB.



Legenda: TAAC - Treinamento auditivo acusticamente controlado; SENA – Sistema de Estimulação NeuroAuditiva; Escala SAB - Scale of Auditory Behavior. Dados expressos em média aritmética assinalados com a diferença estatística entre grupos através da Análise de Variância de Duas Vias com pós-teste de Fisher (LSD). Foi considerado $p \leq 0,05$ como significativo.

Fonte: Autores.

Estudos recentes reforçam a sensibilidade da Escala SAB para detectar mudanças funcionais após intervenção. Em pesquisa com crianças com transtorno do processamento auditivo, os responsáveis relataram evolução significativa nos domínios de audição e atenção após treinamento com o TAAC, evidenciando a capacidade da escala de refletir ganhos percebidos no cotidiano (Viacelli *et al.*, 2018). Além disso, investigação com adolescentes indicou boa concordância entre a autopercepção e a avaliação dos pais por meio da SAB e correlação com resultados obtidos em testes formais de processamento auditivo, validando o uso do instrumento como apoio diagnóstico (Nardez *et al.*, 2022). A consistência dos escores ao longo dos diferentes domínios da escala neste estudo reforça a eficácia dos protocolos integrados na promoção de habilidades auditivas funcionais no ambiente familiar e educacional.

3.6 INTEGRAÇÃO NEUROFUNCIONAL: TEORIA DE LURIA

Segundo Luria (1981), o funcionamento cerebral consciente resulta da integração de três unidades funcionais, compreendidas como sistemas complexos que articulam diversas áreas cerebrais de forma dinâmica (Mikadze *et al.*, 2019; Peña-Casanova, 2018). A primeira unidade, responsável pela regulação do tônus cortical, vigília e atenção, é sustentada por estruturas subcorticais como tronco encefálico, formação reticular e regiões mesiais do córtex, com conexões ao sistema límbico (Peña-Casanova; Sigg-Alonso, 2020). A segunda unidade, dedicada ao recebimento, processamento e armazenamento de informações sensoriais, envolve os lóbulos temporal, parietal e occipital (Peña-Casanova; Sigg-Alonso, 2020; Sugahara *et al.*, 2021), onde os estímulos são organizados e posteriormente convertidos em pensamento e memória no córtex terciário (Sugahara *et al.*, 2021). Por fim, a terceira unidade, que não será discutida no contexto deste estudo, está relacionada aos lóbulos frontais e refere-se à programação, regulação e verificação da atividade consciente, incluindo funções como inibição de impulsos, planejamento e monitoramento de ações (Ramos-Galarza *et al.*, 2019).

Nesse sentido, a hipótese levantada no presente estudo sobre a eficácia do SENA está apoiada na primeira unidade funcional descrita por Luria, que desempenha papel fundamental na regulação do estado de atividade cortical e do nível de vigília. Essa estimulação favoreceria a ativação de circuitos subcorticais responsáveis pela prontidão neural, estabelecendo um estado de maior organização cortical necessário ao processamento de informações auditivas (Peña-Casanova; Sigg-Alonso, 2020). Assim, o SENA atuaria como um preparador neurosensorial, contribuindo para a modulação da excitação cortical e da atenção básica. Os resultados obtidos nos testes PSI ipsilaterais em ambas as orelhas, no complexo VA no FFR e no item 4 da escala SAB após a aplicação do SENA

corroboram as afirmações de Luria quanto à importância da regulação subcortical para a atenção e o processamento sensorial.

Por sua vez, o protocolo TAAC (Treinamento Auditivo Acusticamente Controlado) estabelece uma relação direta com a segunda unidade funcional. Sua estrutura requer a execução ativa de tarefas auditivas com elevado grau de controle temporal e acústico, estimulando regiões corticais envolvidas na análise, discriminação e interpretação dos sons, especialmente os lóbulos temporal e parietal (Peña-Casanova; Sigg-Alonso, 2020; Sugahara *et al.*, 2021). Ao reforçar o processamento sequencial e a codificação auditiva, o TAAC contribui para o aprimoramento de habilidades perceptivas e cognitivas relacionadas à linguagem e ao processamento auditivo central, fortalecendo os sistemas sensoriais que sustentam a aprendizagem. Evidências clínicas demonstram que o protocolo promove melhora significativa em crianças com transtorno do processamento auditivo central, especialmente nas áreas de atenção, escuta e comportamento comunicativo (Viacelli *et al.*, 2018).

4 CONCLUSÃO

O estudo avaliou a eficácia dos protocolos TAAC e SENA em crianças com dificuldades de aprendizagem. Aplicado isoladamente, o TAAC demonstrou efeitos significativos no processamento auditivo central e P300, enquanto o SENA apresentou ganhos mais restritos, porém relevantes, nos marcadores do FFR e no teste PSI, sugerindo atuação inicial na prontidão neural e atenção básica. Esses resultados reforçam a complementaridade dos protocolos, com o TAAC ativando tarefas estruturadas de alta demanda temporal e o SENA modulando a atividade subcortical e aumentando a responsividade neural.

As intervenções combinadas promoveram efeitos superiores e consistentes em múltiplos domínios, incluindo sincronização neural subcortical, plasticidade cortical, habilidades percepto-visuomotoras e comportamento auditivo funcional, evidenciados em testes eletrofisiológicos, perceptuais e na escala SAB. Embora a ordem de aplicação não tenha impactado todos os marcadores eletrofisiológicos, observou-se melhor desempenho nos testes de processamento auditivo quando o TAAC antecedeu o SENA, indicando que a sequência pode potencializar determinados ganhos.

Os resultados destacam o uso combinado dos protocolos como abordagem promissora para a reabilitação auditiva e cognitiva, ampliando a compreensão sobre os mecanismos de plasticidade neural e suas implicações no aprendizado.

REFERÊNCIAS

- ACADEMIA BRASILEIRA DE AUDIOLOGIA. Encontro Internacional de Audiologia, 31., 2016, São Paulo. Recomendações e valores de referência para o protocolo de avaliação do PAC: comportamental e eletrofisiológica. São Paulo: Academia Brasileira de Audiologia, 2016.
- AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION. (Central) auditory processing disorders: the role of the audiologist. Rockville: American Speech-Language-Hearing Association, 2005. Disponível em: www.asha.org/policy. Acesso em: 26 fev. 2026.
- AVANZI, A. M. F.; CARDOSO, A. C. V. Behavioral tests used to assess central auditory processing in children: an integrative literature review. *Revista CEFAC*, São Paulo, v. 25, n. 5, e5623, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-0216/20232555623>.
- BALEN, S. A.; MOORE, D. R.; SAMESHIMA, K. Pitch and duration pattern sequence tests in 7-to 11-year-old children: results depend on response mode. *Journal of the American Academy of Audiology*, Reston, v. 30, n. 1, p. 6-15, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3766/jaaa.16132>.
- BELLIS, T. J.; JORGENSEN, L. E. Aging of the auditory system and differential diagnosis of central auditory processing disorder in older listeners. In: MUSIEK, F. E.; CHERMAK, G. D. (ed.). *Handbook of central auditory processing disorder: auditory neuroscience and diagnosis*. 2. ed. San Diego: Plural Publishing, 2014. v. 1.
- BRITISH SOCIETY OF AUDIOLOGY. Position statement and practice guidance. Bathgate: British Society of Audiology, 2018. Disponível em: <http://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2018/02/Position-Statement-and-Practice-Guidance-APD-2018.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2026.
- BROWN, T. *Developmental Test of Visual Perception*. 2nd ed. Austin: Pro-Ed, 2002.
- CHEN, F. et al. Development and evaluation of a 3-D virtual pronunciation tutor for children with autism spectrum disorders. *PLoS One*, San Francisco, v. 14, n. 1, e0210858, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210858>.
- CHERMAK, G. D.; BELLIS, T. J.; MUSIEK, F. E. Neurobiology, cognitive science, and intervention. In: CHERMAK, G. D.; MUSIEK, F. E. (ed.). *Handbook of central auditory processing disorder: comprehensive intervention*. 2. ed. San Diego: Plural Publishing, 2014. p. 3-38.
- COLELLA-SANTOS, M. F.; PEREIRA, L. D. Escuta com Dígitos. In: PEREIRA, L. D.; SCHOCHAT, E. (ed.). *Processamento Auditivo Central: manual de avaliação*. São Paulo: Lovise, 1997. p. 147-150.
- DE WIT, E. et al. Same or different: the overlap between children with auditory processing disorders and children with other developmental disorders: a systematic review. *Ear and Hearing*, Philadelphia, v. 39, n. 1, p. 1-19, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000479>.
- DOMITZ, D. M.; SCHOW, R. L. A new CAPD battery: multiple auditory processing assessment: factor analysis and comparisons with SCAN. *American Journal of Audiology*, Rockville, v. 9, n. 2, p. 101-111, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1044/1059-0889\(2000/012\)](https://doi.org/10.1044/1059-0889(2000/012)).

GEFFNER, D. Central auditory processing disorders: definition, description, and behaviors. In: GEFFNER, D.; ROSS-SWAIN, D. (ed.). Auditory processing disorders: assessment, management, and treatment. 3rd ed. San Diego: Plural Publishing, 2019.

JERGER, S.; JERGER, J. Pediatric Speech Intelligibility test: performance-intensity characteristics. *Ear and Hearing*, Philadelphia, v. 3, n. 6, p. 325-334, 1982.

JERGER, S.; JERGER, J.; ABRAMS, S. Speech audiometry in the young child. *Ear and Hearing*, Philadelphia, v. 4, n. 1, p. 56-66, 1983.

KONSTANTINIDIS, A. An integrative review of the literature on factors influencing student well-being in the learning environment. *International Journal of Educational Research Open*, [Amsterdam], v. 7, 100384, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2024.100384>.

KRAUS, N.; ANDERSON, S.; WHITE-SCHWOCH, T. The frequency-following response: a window into human communication. In: KRAUS, N. et al. (ed.). *The Frequency-Following Response: a window into human communication*. Cham: Springer, 2017. p. 1-15.

KRAUS, N.; WHITE-SCHWOCH, T. Unraveling the biology of auditory learning: a cognitive–sensorimotor–reward framework. *Trends in Cognitive Sciences*, Cambridge, v. 19, n. 11, p. 642-654, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.08.017>.

LAWRENCE, B. J. et al. Auditory and cognitive training for cognition in adults with hearing loss: a systematic review and meta-analysis. *Trends in Hearing*, London, v. 22, 2331216518792096, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1177/2331216518792096>.

LURIA, A. R. *Fundamentos de Neuropsicologia*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; São Paulo: EDUSP, 1981.

MARTZOG, P.; STOEGER, H.; SUGGATE, S. Relations between preschool children's fine motor skills and general cognitive abilities. *Journal of Cognition and Development*, Philadelphia, v. 20, n. 4, p. 443-465, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/15248372.2019.1607862>.

MEDEIROS, G. M.; SILVA, D. P. C.; PINHEIRO, M. M. C. Estudo do potencial evocado auditivo P300 antes e após o treinamento auditivo acusticamente controlado. *Research, Society and Development*, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 10, e449108102, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8102>.

MIKADZE, Y. V.; ARDILA, A.; AKHUTINA, T. V. AR Luria's approach to neuropsychological assessment and rehabilitation. *Archives of Clinical Neuropsychology*, Oxford, v. 34, n. 6, p. 795-802, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/arclin/acy095>.

MUSIEK, F. E. et al. GIN (Gaps-In-Noise) test performance in subjects with confirmed central auditory nervous system involvement. *Ear and Hearing*, Philadelphia, v. 26, n. 6, p. 608-618, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000188069.80699.41>.

MUSIEK, F. E.; BARAN, J. A.; PINHEIRO, M. L. Duration pattern recognition in normal subjects and patients with cerebral and cochlear lesions. *Audiology*, Basel, v. 29, n. 6, p. 304-313, 1990. DOI: <https://doi.org/10.3109/00206099009072861>.

MUSIEK, F. E.; SCHOCHAT, E. Auditory training and central auditory processing disorders. *Seminars in Hearing*, New York, v. 19, n. 4, p. 357-366, 1998.

NARDEZ, T. M. B. et al. Adolescents' self-perception about auditory behavior: agreement with parents and central auditory processing evaluation. *International Archives of Otorhinolaryngology*, São Paulo, v. 26, n. 1, e38-e45, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1718966>.

NEIJENHUIS, K. et al. An evidence-based perspective on "misconceptions" regarding pediatric auditory processing disorder. *Frontiers in Neurology*, Lausanne, v. 10, 287, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00287>.

OPOKU-BAAH, C. et al. Visual influences on auditory behavioral, neural, and perceptual processes: a review. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, New York, v. 22, n. 4, p. 365-386, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10162-021-00789-0>.

PEÑA-CASANOVA, J. Functional organization of the brain and psychic activity: a view beyond Luria (with Luria). *KnE Life Sciences*, Dubai, v. 4, n. 8, p. 711-725, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18502/cls.v4i8.3329>.

PEÑA-CASANOVA, J.; SIGG-ALONSO, J. Functional systems and brain units beyond Luria: anatomical aspects. *Lurian Journal*, Ekaterinburg, v. 1, n. 1, p. 49-53, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15826/Lurian.2020.1.1.6>.

PIRES, M. M.; SCHOCHAT, E. The effectiveness of an auditory temporal training program in children who present voiceless/voiced-based orthographic errors. *PLoS One*, San Francisco, v. 14, n. 5, e0216782, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216782>.

RAMOS-GALARZA, C. et al. Escala de observação clínica para valorar a terceira unidade funcional da teoria de Luria: EOCL-1. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, Guayaquil, v. 28, n. 2, p. 83-85, 2019.

RIGGINS, T.; SCOTT, L. S. P300 development from infancy to adolescence. *Psychophysiology*, Malden, v. 57, n. 7, e13346, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/psyp.13346>.

ROSS, B.; TREMBLAY, K. L.; ALAIN, C. Simultaneous EEG and MEG recordings reveal vocal pitch elicited cortical gamma oscillations in young and older adults. *NeuroImage*, Orlando, v. 204, 116253, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116253>.

SCHOCHAT, E. Avaliação Eletrofisiológica da Audição. In: FERREIRA, L. P.; BEFI-LOPES, D. M.; LIMONGI, S. O. (ed.). *Tratado de Fonoaudiologia*. São Paulo: Roca, 2004. p. 656-669.

SCHOCHAT, E. et al. Effect of auditory training on the middle latency response in children with (central) auditory processing disorder. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, Ribeirão Preto, v. 43, n. 8, p. 777-785, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2010007500069>.

SENA SYSTEM. Sistema de Estimulação Neuroauditiva. Brasil: SENA, c2022. Disponível em: <https://www.senasystem.com/>. Acesso em: 28 nov. 2025.

SHARMA, M.; CUPPLES, L.; PURDY, S. C. Predictors of reading skills in children with listening concerns. *Ear and Hearing*, Philadelphia, v. 40, n. 2, p. 243-252, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000608>.

SKOE, E.; KRAUS, N. Auditory brain stem response to complex sounds: a tutorial. *Ear and Hearing*, Philadelphia, v. 31, n. 3, p. 302-324, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181cdb272>.

SOWNDHARARAJAN, K. et al. Application of the P300 event-related potential in the diagnosis of epilepsy disorder: a review. *Scientia Pharmaceutica*, Basel, v. 86, n. 2, 10, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.3390/scipharm86020010>.

STROPAHL, M.; BESSER, J.; LAUNER, S. Auditory training supports auditory rehabilitation: a state-of-the-art review. *Ear and Hearing*, Philadelphia, v. 41, n. 4, p. 697-704, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000806>.

SUGAHARA, C. et al. The role of the second brain functional unit II on the memory's process: a neuropsychological Luria's perspective. *Research, Society and Development*, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 9, e27010917957, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.17957>.

VELLOZO, F. F. et al. Pediatric test of speech intelligibility with ipsilateral competitive message: narrative review about its applicability. *Revista CEFAC*, São Paulo, v. 17, n. 5, p. 1604-1609, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-021620151752315>.

VIACELLI, S. N. A. et al. Percepção dos pais sobre os efeitos do treinamento auditivo acusticamente controlado em crianças. *Distúrbios da Comunicação*, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 542-550, 2018. DOI: <https://doi.org/10.23925/2176-2724.2018v30i3p-542-550>.

WHITE-SCHWOCH, T. et al. Case studies in neuroscience: subcortical origins of the frequency-following response. *Journal of Neurophysiology*, Bethesda, v. 122, n. 2, p. 844-848, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1152/jn.00112.2019>.

WHITE-SCHWOCH, T.; KRAUS, N. The Janus face of auditory learning: how life in sound shapes everyday communication. In: KRAUS, N. et al. (ed.). *The Frequency-Following Response: a window into human communication*. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 121-158.

ZILIOTTO, K. N.; GIL, D. *Treinamento Auditivo Acusticamente Controlado (TAAC): princípios e prática*. São Paulo: BookToy, 2011.

ZILIOTTO, K. N.; KALIL, D. M.; ALMEIDA, C. I. R. PSI em Português. In: PEREIRA, L. D.; SCHOCHAT, E. (ed.). *Processamento Auditivo Central: manual de avaliação*. São Paulo: Lovise, 1997. p. 113-128.