

PERCEPÇÃO VISUAL EM CRIANÇAS COM TRANSTORNO DE PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL: UM ESTUDO OBSERVACIONAL

NATÁLIA CAMILY DE OLIVEIRA MELO¹

MARINE RAQUEL DINIZ DA ROSA²

AMANDA CÂMARA MIRANDA³

Objetivo: Investigar a relação entre os subtestes de constância de forma, closura visual, posição no espaço, figura fundo visual, coordenação visuomotora, cópia, relações espaciais e velocidade visuomotora que compõem o Teste de Desenvolvimento da Percepção Visual - 2 (DTVP-2) e as habilidades do processamento auditivo em crianças com Transtorno do Processamento Auditivo Central (TPAC). **Metodologia:** Trata-se de um estudo observacional e quantitativo de caráter transversal. A amostra foi composta por 43 crianças, de 7 a 10 anos, com queixas de dificuldade de compreensão auditiva e aprendizagem, bem como, diagnóstico de Transtorno de Processamento Auditivo Central (TPAC). As crianças passaram por avaliação audiológica básica (meatoscopia, imitanciometria, reflexos acústicos e audiometria tonal liminar) e por uma bateria de testes comportamentais do PAC, incluindo o Teste de Padrão de Frequência (PPS), Teste de Inteligibilidade de Fala Pediátrica (PSI), Dígitos Dicóticos (DD), Limiar Diferencial de Mascaramento (MLD), Fala no Ruído (FR), Gap in Noise (GIN). Além disso, foi aplicada a bateria DTVP-2, com oito subtestes voltados à avaliação da percepção visual e viso-motora, como cópia, coordenação viso-motora, figura-fundo, relações espaciais, posição no espaço, velocidade viso-motora, constância da forma e fechamento visual. **Conclusão:** Os resultados revelaram correlações significativas entre os sistemas perceptuais, destacando a interdependência entre eles. Isso reforça a necessidade de avaliações e intervenções fonoaudiológicas integradas, considerando o perfil perceptual global da criança.

Descritores: Percepção auditiva. Percepção Visual. Transtorno da percepção auditiva. Audição. Aprendizagem. Criança.

**JOÃO PESSOA
2025**

INTRODUÇÃO

A informação auditiva percorre o sistema auditivo periférico, seguindo pelas vias neurológicas do sistema auditivo central até chegar ao córtex auditivo. Para uma análise efetiva do que foi transmitido, é necessário que a via auditiva seja capaz de interpretar o que se ouve^(1,2). Isso requer a transformação, organização, codificação e recodificação pelas estruturas auditivas⁽³⁾.

O processamento desses estímulos resulta da habilidade de percepção auditiva, também denominada Processamento Auditivo Central (PAC), que é um conjunto de habilidades do sistema auditivo responsável pela interpretação de um sinal acústico audível. Esta percepção envolve funções que, em conjunto, são capazes de detectar e discriminar o som, separar o estímulo do ruído de fundo, compreender o que foi detectado e reconhecê-lo como som habitual⁽⁴⁾. De maneira simplificada, o processamento auditivo, segundo Katz & Wilde (1999), “é aquilo que fazemos com o que ouvimos.”

Déficits nesta percepção ou análise completa da informação auditiva podem ser caracterizados como Transtorno de processamento auditivo central (TPAC) que se refere a qualquer dificuldade no processamento de informações auditivas no sistema nervoso central⁽⁵⁾. Esse transtorno pode manifestar-se de forma variável, incluindo um baixo desempenho em uma ou mais das seguintes habilidades: localização e lateralização sonora; discriminação auditiva; reconhecimento de padrões auditivos; aspectos temporais da audição, desempenho auditivo em sinais acústicos concorrentes e com sinais acústicos degradados⁽⁶⁾.

De maneira análoga, a visão é responsável por grande parte do fornecimento de informações que o ser humano recebe do ambiente à sua volta. Conhecer e interagir com o meio são capacidades que o sentido da visão permite ao indivíduo. Dessa forma, a visão apresenta papel fundamental nos primeiros anos de vida e também nos anos escolares, em que os processos de aprendizagem são condicionados por meio das habilidades perceptivo visuais. Fonseca (1995) define o processamento da informação visual como a capacidade do cérebro de perceber, interpretar e armazenar dados visuais.

Qualquer anormalidade na percepção visual pode levar à dificuldade no aprendizado, manifestando-se por meio de uma diminuição no rendimento das atividades escolares, como a leitura e escrita. Nessa perspectiva, as habilidades visuais de análise e síntese, figura fundo, fechamento visual, memória visual, sequenciação visual, discriminação visual, constância da forma, relações espaciais e funções visuomotoras estão inteiramente ligada ao processo de aprendizagem⁽⁷⁻⁹⁾.

A aprendizagem depende da integridade funcional do cérebro e suas múltiplas atividades complexas, tais como: audição e visão. Esta habilidade desenvolve-se por meio do uso intensivo da percepção visual, memória visual, processamento auditivo, memória e reconhecimento auditivo, processamento fonológico, expressão oral, e processos verbais, isto é, associação visuo-auditiva⁽¹⁰⁾. Os estímulos sensoriais proporcionados pela visão e audição são cruciais para o desenvolvimento e a capacidade de aprendizagem das crianças em idade escolar. Deste modo, a percepção auditiva e a percepção visual contribuem para o reconhecimento rápido e preciso de cada letra no sequenciamento das palavras⁽¹¹⁾.

Assim, visto que ambos os processos sensoriais são importantes para o desenvolvimento da aprendizagem infantil, esta pesquisa tem como objetivo investigar relação entre os subtestes de constância de forma, closura visual, posição no espaço, figura fundo visual, coordenação visuomotora, cópia, relações espaciais e velocidade visuomotora que compõem o Teste de Desenvolvimento da Percepção Visual - 2 (DTVP-2) e as habilidades do processamento auditivo em crianças com Transtorno do Processamento Auditivo Central (TPAC)

MÉTODOS

Trata-se de um estudo observacional e quantitativo de caráter transversal, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFPB (parecer nº 6.196.845), realizado na Clínica Escola de Fonoaudiologia entre outubro de 2024 e abril de 2025. A amostra foi composta por 43 crianças, de 7 a 10 anos, com queixas de dificuldade de compreensão e aprendizagem que procuraram o serviço de atendimento em audiologia na Clínica Escola de Fonoaudiologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), caracterizando como uma amostra de conveniência.

Os critérios de inclusão exigiram audição dentro dos padrões de normalidade, presença de reflexos acústicos, curva timpanométrica tipo A e diagnóstico de Transtorno do Processamento Auditivo Central (TPAC). Foram excluídas crianças com alterações neurológicas, síndromes genéticas ou que não compreendessem as tarefas propostas.

Após assinatura dos termos de consentimento e assentimento, os responsáveis responderam a uma anamnese. Em seguida, as crianças passaram por avaliação audiológica básica (meatoscopia, imitanciometria, reflexos acústicos e audiometria tonal liminar). Foram considerados como indicativos de normalidade os limiares auditivos iguais ou inferiores a 15 dB⁽¹²⁾, na imitanciometria, a presença de curva timpanométrica do tipo “A”⁽¹³⁾ e presença de reflexos nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz⁽¹⁴⁾.

Após a verificação da normalidade dos limiares auditivos por meio da avaliação audiológica básica, procedeu-se à avaliação comportamental do Processamento Auditivo

Central (PAC), com o objetivo de investigar a percepção auditiva por meio das habilidades auditivas.

Foi aplicado um teste específico para cada habilidade auditiva, completando assim a avaliação comportamental do Processamento Auditivo Central. As habilidades auditivas avaliadas foram: ordenação temporal, interação binaural, figura-fundo, integração e separação binaural, fechamento auditivo e resolução temporal⁽⁶⁾, por meio dos seguintes testes, respectivamente: Teste de Padrões de Frequência (PPS)⁽¹⁵⁾, Teste de Limiar Diferencial de Mascaramento (MLD)⁽¹⁶⁾, Teste Pediátrico de Inteligibilidade de Fala (PSI)⁽¹⁷⁾, Teste Dicótico de Dígitos (DD)⁽¹⁷⁾, Teste de Fala no Ruído (FR)⁽¹⁷⁾ e Teste Gap-in-Noise (GIN)⁽¹⁸⁾.

O PPS⁽¹⁵⁾ avaliou a ordenação temporal por meio da identificação de sequências de tons agudos e graves. No PSI⁽¹⁷⁾ foi avaliado a habilidade de figura-fundo auditiva com sentenças acompanhadas de mensagem competitiva.

Para avaliar as habilidades de integração e separação binaural, foi utilizado o Teste DD⁽¹⁷⁾. Na etapa de integração, solicitou-se que o participante repetisse verbalmente todos os dígitos ouvidos, independentemente da ordem. Já na etapa de separação, foi orientado a repetir, de forma separada, os dígitos apresentados em cada orelha.

O Teste MLD⁽¹⁶⁾ investigou a interação binaural com estímulos tonais e ruído competitivo. No Teste FR⁽¹⁷⁾ avaliou o fechamento auditivo, apresentando palavras com ruído de fundo.

Por fim, o Teste Gap-in-Noise (GIN)⁽¹⁸⁾ analisou a resolução temporal por meio da detecção de intervalos de silêncio em segmentos de ruído contínuo.

O diagnóstico de Transtorno do Processamento Auditivo Central foi caracterizado por desempenho $\geq 2DP$ em relação à média para pelo menos uma das orelhas em dois ou mais testes aplicados da avaliação comportamental do PAC⁽¹⁾.

Além disso, foi aplicada a bateria Teste de Desenvolvimento da Percepção Visual - DTVP-2⁽¹⁹⁾, com objetivo de identificar indivíduos com necessidade de encaminhamentos, bem como, registrar a presença de dificuldades na percepção visual. A avaliação foi composta por oito subtestes, considerados os escores padrão do protocolo, cujos nomes correspondem diretamente às habilidades avaliadas: cópia, coordenação visomotora, figura-fundo, relações espaciais, posição no espaço, velocidade visomotora, constância da forma e fechamento visual⁽¹⁹⁾.

Para complementar a avaliação da percepção visual, foram utilizados os escores compostos do DTVP-2. A soma dos escores dos oito subtestes foi empregada para representar a percepção visual global, resultando no Quociente de Percepção Visual Geral (QPVG)⁽¹⁹⁾. Já o Quociente de Integração Visomotora (QIVM) foi calculado a partir da soma dos subtestes

de coordenação visomotora, cópia, relações espaciais e velocidade visomotora, refletindo o desempenho em tarefas que envolvem a coordenação motora fina associada à percepção visual⁽¹⁹⁾. Ademais, o Quociente de Motricidade Reduzida (QPMR) foi obtido a partir da soma dos escores dos subtestes restantes — posição no espaço, figura-fundo, fechamento visual e constância da forma — os quais são considerados medidas mais “puras” e diretas da percepção visual, por exigirem um envolvimento mínimo de habilidades motoras⁽¹⁹⁾.

As avaliações foram realizadas em um ambiente controlado, com mínima presença de estímulos e distrações, na presença exclusiva do pesquisador responsável, que seguiu o protocolo específico para registrar as respostas.

A análise estatística foi realizada no software SPSS (versão 2.6, trial), com criação de banco de dados e aplicação de estatística descritiva (média e desvio padrão). A normalidade dos dados foi verificada pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, revelando distribuição não normal. Assim, utilizou-se o teste de Kendall para análise de correlação, considerando significância para $p < 0,05$.

RESULTADOS

A amostra contou com a participação de 43 voluntários, com a média de idade de 8,63 anos (DP = 1,155). Em relação ao sexo, observou-se um equilíbrio entre as variáveis, com média de 1,53 (DP = 0,505), indicando uma leve predominância de voluntárias do sexo feminino.

Os resultados obtidos na avaliação da percepção auditiva indicam que, ao serem submetidos à avaliação da habilidade de figura-fundo, realizada por meio do PSI, os voluntários apresentaram bom desempenho em ambas as orelhas na condição 0/MCI (OD: 74,42; OE: 79,07) (ver tabela 1). Contudo, quando a relação sinal-ruído foi alterada para -15/MCI, observou-se uma redução considerável na média de desempenho em ambas as orelhas (OD: 54,42; OE: 55,81) (Tabela 1).

Em relação ao teste de FR, não foram observadas diferenças significativas entre as médias das orelhas (OD: 55,53; OE: 53,12) (Tabela 1). Também se verificou uma pequena variação entre os desvios-padrão (DP OD: 19,503; DP OE: 19,641) (Tabela 1), o que indica uma constância nas respostas obtidas em ambas as orelhas.

Na avaliação do processamento temporal, utilizou-se o teste PPS, o qual é composto por duas etapas: nomeação e imitação. Na etapa de nomeação de sequências temporais, as crianças avaliadas apresentaram desempenho reduzido (30,23) (Tabela 1) quando comparado ao desempenho na tarefa de imitação (54,47) (Tabela 1).

Complementando a avaliação do processamento temporal, desta vez com ênfase na habilidade de resolução temporal através da aplicação do Teste GIN, os voluntários apresentaram um desempenho médio (65.68) (Tabela 1).

Com o objetivo de avaliar a escuta dicótica dos voluntários, foi aplicado o Teste DD. Na análise da habilidade de integração binaural, observou-se um bom desempenho em ambas as orelhas (OD: 70,52; OE: 67,50) (Tabela 1). Já na avaliação da habilidade de separação binaural, as médias demonstraram um desempenho superior em comparação à habilidade anterior (OD: 74,79; OE: 70,58) (Tabela 1). Além disso, foi possível identificar uma predominância de melhores resultados na orelha direita.

Por fim, foi avaliada a habilidade de interação binaural por meio do teste MLD. A média obtida na análise foi de 7,49, com desvio padrão de 3,680 (Tabela 1)

Tabela 1 - Análise dos resultados dos testes da Avaliação do Processamento Auditivo

Testes	N	Média	Desvio Padrão
PSI 0/MCI - OD	43	74.42	19.433
PSI -15/MCI - OD	43	54.42	27.019
PSI 0/MCI - OE	43	79.07	17.837
PSI -15/MCI - OE	43	55.81	27.965
FR - OD	43	55.53	19.503
FR - OE	43	53.12	19.641
PPS - NOM	43	30.23	20.968
PPS - IMIT	43	54.47	29.119
GIN	43	65.68	19.535
DD INT - OD	43	70.52	20.977
DD INT - OE	43	67.50	21.630
DD SEP - OD	43	74.79	18.014
DD SEP - OE	43	70.58	17.645
MLD	43	7.49	3.680

Legenda: OD - orelha direita; OE - orelha esquerda; MCI - Mensagem Competitiva Ipsilateral; PSI - Teste de Inteligibilidade de Fala Pediátrica; FR - Fala no Ruído; PPS (NOM) - Teste de Padrão de Frequência (Nomeação); PPS (IMIT) - Teste de Padrão de Frequência (Imitação); GIN - Gap in Noise; DD INT - Teste Dicótico de Dígitos (Integração); DD SEP - Teste Dicótico de Dígitos (Separação); MLD - *Masking Level Difference*;

Na avaliação da percepção visual, cada teste representa uma habilidade presente neste processo sensorial, as habilidades de CO e VVM apresentaram as maiores médias (CO: 11.98; VVM: 11.88) (Tabela 2), com desvios padrões relativamente baixos (DP CO: 3.262; DP VVM: 4.126), indicando uma menor variabilidade entre os participantes nessas tarefas (Tabela 2).

As habilidades de CVM, CV e CF apresentaram desempenho médios (CVM: 9.86; CV: 9.02; CF: 8.07) (Tabela 2). Quanto às habilidades de PS, FF e RE apresentaram menores desempenhos (PS: 7.56; FF: 7.44; RE: 7.72) (Tabela 2)

Quanto à análise dos escores compostos, os resultados do QPVG sugerem um desempenho médio das crianças voluntárias (QVPVG: 97.16) (Tabela 2). O desvio padrão (DP: 17.546) aponta para uma variabilidade considerável entre os participantes, sugerindo que algumas crianças podem apresentar dificuldades pontuais em aspectos específicos da percepção visual (Tabela 2)

No QPMR a média desse escore composto mostrou que os voluntários obtiveram um resultado predominantemente bom (QPMR: 86.81) (Tabela 2). O desvio padrão (DP: 18.472) sugere novamente uma variabilidade entre os participantes, o que significa que algumas crianças apresentaram melhores desempenhos, enquanto outras demonstraram comprometimento mais significativo nessas habilidades. Adicionalmente, a análise do QIVM apresentou um desempenho muito bom (QIVM: 102.95) (Tabela 2)

Tabela 2 - Análise dos escores padrões e compostos da avaliação da percepção visual

Testes	N	Média	Desvio Padrão
CVM	43	9.86	4.12
PS	43	7.56	3.35
CO	43	11.98	3.26
FF	43	7.44	3.01
RE	43	7.72	4.19
CV	43	9.02	4.13
VVM	43	11.88	3.54
CF	43	8.07	3.5
QPVG	43	97.16	17.54

QPMR	43	86.81	18.47
QIVM	43	102.95	20.03

Legenda: CVM - Coordenação Visomotora; PS - Posição no Espaço; CO - Cópia; FF - Figura Fundo; RE - Relações Espaciais; CV - Closures Visual; VVM - Velocidade Viso Motora; CF - Constância de forma; QPVG = Quociente de Percepção Visual Geral; QPMR = Quociente de Percepção Visual de Motricidade Reduzida; QIVM = Quociente de Integração Viso Motora;

Ao analisar os resultados da correlação entre as habilidades da percepção visual e auditiva, observa-se que a habilidade de visual CVM apresentou correlação positiva com as habilidades auditivas de Integração e Separação Binaural, ambas na orelha direita ($r = .218$; $p < 0,01$; $r = .191$; $p < 0,05$, respectivamente) (Tabela 3).

A habilidade de CO apresentou correlação positiva significativa com as habilidades auditivas de Integração Binaural na orelha direita e Separação binaural na orelha esquerda ($r = .200$ e $p < 0,05$; $r = .235$ e $p < 0,05$, respectivamente) (Tabela 3).

Além disso, encontra-se correlações positivas da habilidade visual de FF com a habilidade de Separação Binaural, na orelha esquerda ($r = .202$; $p < 0,05$) (Tabela 3)

A habilidade de RE também demonstrou uma correlação positiva com a habilidade de Integração Binaural, porém, nesse caso, a associação foi observada em ambas as orelhas (OD: $r = .359$; $p < 0,01$ e OE: $r = .236$; $p < 0,05$) (Tabela 3). Além disso, essa mesma habilidade visual correlacionou-se positivamente com a Ordenação Temporal, especificamente na etapa de nomeação ($r = 0,213$; $p < 0,05$). (Tabela 3)

Também foi possível notar que a habilidade de visual de VVM apresentou correlação positiva significativa a habilidade de Fechamento Auditivo, especificamente na orelha direita ($r = .230$; $p < 0,05$).

As demais habilidades visuais não apresentaram correlações significativas positivas com as habilidades do Processamento Auditivo Central. No entanto, foi identificada uma correlação negativa entre a habilidade de CV e a Separação Binaural na orelha esquerda ($r = -0,251$; $p < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3: Correlação de Kendall entre as Habilidades Visuais e as Habilidades do Processamento Auditivo Central

Habilidades Auditivas		Habilidades visuais							
		Coord. Visuo Motora	Posição no Espaço	Cópia	Figura Fundo	Relações Espaciais	Closures Visual	Velocidade Viso Motora	Constância de Forma
Fechamento Auditivo	OD	.065	.122	.059	-.001	-.060	-.109	.230*	-.117

	OE	0.98	.074	.004	.101	.102	.020	.062	-.064
Figura Fundo -15/MCI	OD	-.077	-.109	-.160	-.085	-.104	-.004	.062	.032
	OE	0.64	.042	-.071	-.012	.013	.037	.031	-.047
Integração Binaural	OD	.218**	.128	.200*	.161	.359**	.041	-.111	.094
	OE	.070	.058	.079	.130	.236*	-.120	-.076	.041
Separação Binaural	OD	.191*	.008	.094	.125	.164	-.063	-.033	.079
	OE	.118	.124	.235*	.202*	.125	-.251*	.108	.173
Ordenação Temporal (Imit.)		.007	.136	-.079	-.021	.090	-.028	-.053	.110
Ordenação Temporal (Nom.)		.031	.080	.048	.095	.213*	.005	-.172	0.52
Interação Binaural		-.038	.076	.033	.019	-.063	.122	.156	.029
Resolução Temporal		.126	.111	-.021	.051	.027	.066	.062	.032

Legenda: * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; OD = Orelha Direita; OE = Orelha Esquerda; R = Valor da Correlação; MCI - Mensagem Competitiva Ipsilateral;

Além da análise das correlações entre os escores padrões do teste DTVP-2 e as habilidades do Processamento Auditivo Central, também foi realizada uma análise correlacional entre os escores compostos das habilidades visuais e as habilidades auditivas.

O QIVM apresentou correlação significativa positiva com a habilidade de Integração Binaural, na orelha direita ($r = .246$; $p < 0,05$) (Tabela 4).

Outro escore composto que apresentou correlação significativa positiva foi o QPVG com a habilidade de Separação Binaural, orelha esquerda ($r = .218$; $p < 0,05$) (Tabela 4). Por fim, o QPMR não apresentou correlação estatisticamente significativa com nenhuma das habilidades auditivas investigadas.

Tabela 4: Correlação de Kendall entre os Quocientes Compostos do DTVP-2 e as habilidades do Processamento Auditivo

Habilidades Auditivas		Habilidades visuais		
		QPVG	QPMR	QIVM
Fechamento Auditivo	OD	0.66	-.054	.019
	OE	0.46	-.014	.033
Figura Fundo -15/MCI	OD	-.078	-.094	-.071
	OE	.009	-.040	.083
Integração Binaural	OD	.113	.131	.246*
	OE	0.78	.082	.102
Separação Binaural	OD	.124	.079	.088
	OE	.218*	.152	.153
Ordenação Temporal (Imit.)		.016	.107	-.059
Ordenação Temporal (Nom.)		.006	.065	.136
Interação Binaural		-.029	.240	.066
Resolução Temporal		.142	.101	.032

Legenda: * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; OD = Orelha Direita; OE = Orelha Esquerda; R = Valor da Correlação; MCI - Mensagem Competitiva Ipsilateral; QPVG = Quociente de Percepção Visual Geral; QPMR = Quociente de Percepção Visual de Motricidade Reduzida; QIVM = Quociente de Integração Viso Motora;

DISCUSSÃO

Considerando a importância de se compreender a relação entre os processos envolvidos na percepção visual e auditiva, torna-se necessário investigar os mecanismos fisiológicos que sustentam essas funções sensoriais. Tal compreensão é essencial para promover avanços científicos na área, por meio de uma investigação detalhada que contribua para o aprimoramento das práticas clínicas e educacionais.

Ao comparar os resultados da análise descritiva deste estudo, percebe-se que corroboram com estudos semelhantes existentes. Os resultados deste estudo encontrados no teste PSI reforçam as dificuldades enfrentadas pelas crianças em ambientes ruidosos, como, por exemplo, em salas de aula⁽²⁰⁾.

Foi identificado um melhor desempenho na condição 0/MCI evidenciando que, as crianças expostas a um ambiente auditivo mais favorável demonstram melhor desempenho na compreensão das informações⁽²¹⁾. Enquanto, à medida que o ruído competitivo é apresentado na relação sinal/ruído -15/MCI, é observado uma queda no desempenho, comprovando maiores dificuldades dessas crianças diante de estímulos competitivos desfavoráveis⁽²²⁾.

A habilidade de fechamento auditivo apresentou desempenhos favoráveis e semelhantes entre as orelhas. Além disso, não há lateralização significativa nos resultados encontrados dessa habilidade, evidenciando um processamento auditivo eficiente e equilibrado entre os hemisférios⁽²²⁾.

Quanto à habilidade de ordenação temporal, os resultados coincidiram com os encontrados na literatura, os quais sugerem que as crianças apresentam maior dificuldade na nomeação de padrões tonais⁽²³⁾. De acordo com Hair (1977), as tarefas verbais tendem a obter pontuações mais baixas, evidenciando que a percepção das diferenças tonais podem ser observadas mesmo não sendo verbalizadas.

Na habilidade de resolução temporal, foi possível observar um desempenho moderado das crianças quando submetidas a identificação de intervalos silenciosos na presença de ruído contínuo⁽²⁴⁾. Essa condição demanda do ouvinte a integração de múltiplas funções cognitivas, como atenção auditiva sustentada, memória de trabalho e percepção auditiva refinada⁽²⁵⁾. Crianças com TPAC tendem a apresentar dificuldades nessas tarefas, sobretudo quando expostas a ruído de fundo contínuo⁽²⁶⁾.

As crianças avaliadas apresentaram desempenho satisfatório tanto na habilidade de integração quanto na de separação binaural, sendo esta última superior. Essa predominância pode ser atribuída às dificuldades atencionais exigida pela tarefa de separação binaural, na qual é necessária a atenção seletiva direcionada a apenas uma das orelhas⁽²⁷⁾. Em contraste, a integração binaural demanda um processamento simultâneo das informações recebidas em ambas as orelhas, o que envolve maior esforço cognitivo e pode justificar o desempenho ligeiramente inferior⁽²⁸⁾.

Além disso, a orelha direita apresentou desempenho superior em ambas as tarefas, o que pode ser explicado pela imaturidade do corpo caloso, ainda em desenvolvimento na infância⁽²⁹⁾. Essa condição pode comprometer a eficiência da transmissão inter-hemisférica, especialmente da informação que chega pela orelha esquerda e precisa ser processada no hemisfério dominante para a linguagem⁽²⁵⁾.

Por fim, a habilidade de interação binaural indicou um desempenho dentro do esperado nesta habilidade. Esse resultado indica que os voluntários apresentaram sensibilidade à diferença de mascaramento, habilidade fundamental para a localização sonora e a escuta em ambientes ruidosos⁽³⁰⁾.

Nos resultados da avaliação visual, as habilidades de CO e VVM apresentaram desempenho acima da média. A tarefa de cópia desempenha um papel essencial no desenvolvimento cognitivo das crianças⁽³¹⁾, enquanto a velocidade visomotora exige uma integração eficiente entre percepção visual e coordenação motora⁽³²⁾. Esses achados indicam que as crianças demonstraram bom desempenho nessas tarefas mais simples e rápidas, que envolvem habilidades automatizadas e menos complexas⁽³³⁾.

As habilidades de CVM, CV e CF apresentaram desempenhos médios, indicando que essas tarefas podem ser mais desafiadoras para as crianças. Estudos apontam que essas habilidades requerem funções cognitivas mais desenvolvidas, envolvendo a integração entre percepção visual e coordenação motora, além da capacidade de reconhecer, completar e organizar estímulos visuais mais complexos⁽³⁴⁾.

No entanto, os voluntários ao serem submetidos às tarefas de PS, FF e RE, que envolvem percepções mais complexas, como identificar a posição de objetos em relação ao próprio corpo e ao ambiente, distinguir elementos relevantes do fundo visual e compreender sua organização e inter-relações no espaço⁽¹⁹⁾, apresentaram maior dificuldade. Isso reflete a exigência de um desenvolvimento cognitivo e perceptivo mais avançado, sendo mais desafiadoras para crianças com dificuldades de aprendizagem⁽³⁴⁾.

Observou-se também que os escores compostos, especificamente o QPVG, indicaram um desempenho médio das crianças. Segundo estudos, esses achados corroboram com possíveis dificuldades no domínio das habilidades de coordenação visomotora e na eficácia da percepção visual necessária para a realização dessas tarefas⁽¹⁹⁾.

O resultado do QPMR, que avalia a capacidade da criança em processar e interpretar estímulos visuais sem a participação direta da coordenação motora fina⁽¹⁹⁾, revelou um desempenho dentro da média. Esses dados indicam que as crianças possuem uma percepção visual funcional, capaz de interpretar adequadamente os estímulos visuais, sendo essa habilidade possivelmente influenciada por aspectos como atenção visual sustentada e memória visual⁽³⁵⁾.

Por fim, o QIVM mostra que, de maneira geral, os participantes apresentaram um desempenho acima da média nas habilidades que envolvem a integração entre percepção visual e controle motor fino⁽¹⁹⁾. Estudos corroboram esses achados, demonstrando que

crianças com desempenho dentro da média no DTVP-2 tendem a apresentar habilidades adequadas de percepção visual e integração visomotora⁽³⁶⁾.

A correlação entre as habilidades perceptuais visuais e auditivas têm sido amplamente investigada devido à sua importância no processamento eficiente das informações sensoriais, especialmente em contextos escolares. Ambas as percepções são fundamentais para o desenvolvimento da linguagem, da leitura, da escrita e da aprendizagem de modo geral^(4,37).

Neste estudo, foi possível observar a correlação da habilidade visual de CVM com a habilidade auditiva de Integração e Separação Binaural. Fisiologicamente, isso significa que as habilidades dependem da integração de informações sensoriais distintas, envolvendo áreas corticais e subcorticais, especialmente o córtex parietal posterior que é responsável pelas convergências sensoriais⁽³⁸⁾.

Além disso, ambas as habilidades dependem da comunicação inter-hemisférica, uma vez que, na integração e separação binaural, requerem o cruzamento de informações entre os hemisférios para comparar e distinguir os estímulos auditivos recebidos por cada orelha⁽³⁹⁾, enquanto na coordenação visomotora ocorre a integração entre informações visuais e comandos motores⁽⁴⁰⁾. Em ambos os casos, destaca-se o papel do corpo caloso como estrutura fundamental para essa troca eficiente de informações entre os hemisférios cerebrais⁽⁴¹⁾.

Adicionalmente, às informações visuais e auditivas são processadas inicialmente no tronco encefálico, onde estruturas como o colículo superior responsável pela orientação visual e motora e o colículo inferior envolvido no processamento auditivo desempenham papéis fundamentais na interpretação dos estímulos sensoriais e na mediação das respostas motoras apropriadas⁽⁴²⁾.

A habilidade de CO também se correlacionou com as habilidades de integração e separação binaural. A tarefa de cópia exige percepção e execução mantendo sempre a atenção visual sustentada para a informação visual desejada⁽¹⁹⁾. Por outro lado, as habilidades auditivas necessitam de foco e alternância de atenção, visto o input de diferentes estímulos auditivos simultaneamente⁽²⁵⁾. Tanto na tarefa de cópia, quanto nas tarefas auditivas binaurais, o tempo de resposta, sequencialidade e o foco atencional são cruciais⁽⁴³⁾.

Essa correlação pode ser compreendida através da entrada de informações visuais e auditivas que ativam circuitos neurais das áreas parietal posterior, córtex pré-motor e os colículos superior e inferior⁽⁴⁴⁾. Essas estruturas atuam de forma conjunta na decodificação e interpretação de estímulos visuais e auditivos, favorecendo respostas comportamentais rápidas e coordenadas diante de demandas perceptuais complexas⁽⁴⁵⁾.

A tarefa de RE demonstrou correlação com as habilidades auditivas de Integração Binaural e Ordenação Temporal, especificamente na etapa de nomeação. Enquanto a habilidade visual envolve a localização e organização visual de elementos no espaço⁽⁴⁰⁾, as habilidades auditivas requerem a integração e ordenação precisa de estímulos sonoros⁽²⁵⁾. Todas essas habilidades dependem da atenção sustentada, memória de trabalho e processamento sequencial, indicando que há uma possível sobreposição funcional⁽⁴⁶⁾.

As regiões cerebrais responsáveis pela maior parte da integração sensorial são as parietais, temporais e córtex pré-frontal, permitindo que o cérebro una estímulos de diferentes modalidades para gerar respostas rápidas e coordenadas, favorecendo respostas organizadas a estímulos visuais e auditivos⁽⁴⁷⁾.

Observa-se, ainda, uma correlação positiva estatisticamente significativa entre a habilidade de VVM e a habilidade de fechamento auditivo. A VVM envolve a captação visual rápida e a execução de uma resposta motora coordenada⁽¹⁹⁾, enquanto o fechamento auditivo exige o preenchimento mental de partes ausentes de um estímulo sonoro com base no contexto⁽²⁰⁾. Ambas as habilidades demandam a capacidade de antecipar, planejar e organizar respostas rápidas, o que pode justificar a relação observada entre elas⁽²⁵⁾.

Estudos indicam que essas habilidades compartilham áreas cerebrais envolvidas na integração sensorial, como o córtex pré-frontal, que regula a atenção e as funções executivas, e o córtex parietal, responsável pela integração das informações sensoriais⁽⁴⁸⁾.

Além disso, o escore padrão revelou outra habilidade visual correlacionada: a habilidade de FF apresentou correlação com a habilidade de separação binaural. Ambas as habilidades envolvem a atenção seletiva, exigindo que o cérebro filtre os estímulos recebidos e permita a percepção do que é relevante, tanto no contexto visual quanto auditivo⁽⁴⁹⁾.

Nesse processo, o córtex parietal desempenha um papel fundamental na integração das informações sensoriais, evidenciando a necessidade de discriminar estímulos visuais e auditivos. Essa interdependência sensorial é crucial para o processamento eficiente das informações em um ambiente complexo⁽⁵⁰⁾.

Por fim, a habilidade de CV se correlacionou negativamente com a habilidade de separação binaural. Isso sugere que, à medida que uma habilidade se aprimora, a outra tende a ser menos eficiente, indicando uma possível interação inversa entre esses dois processos perceptivos. Kinsbourne (1974) sugere que pode haver uma interação inversa entre diferentes processos perceptivos, indicando que uma habilidade perceptiva pode interferir no desenvolvimento de outra quando os recursos cognitivos são limitados.

De modo geral, os escores compostos representados pelo quocientes apresentaram apenas duas correlações com as habilidades auditivas. O QPVG correlacionou-se com a habilidade de separação binaural, o que pode ser explicado pela atuação do córtex pré-frontal. Essa região cerebral é responsável por regular a atenção seletiva, sendo essencial tanto para o processamento simultâneo de estímulos auditivos, como na separação binaural, quanto para a integração de múltiplas demandas visuais envolvidas na percepção visual global⁽⁵¹⁾.

Além disso, o tálamo desempenha um papel fundamental como estação de retransmissão e filtro sensorial, sendo responsável por receber as informações captadas pelos sentidos, selecionar os estímulos mais relevantes e direcioná-los aos respectivos córtices — visual e auditivo — para que sejam processados e interpretados de forma adequada⁽⁵²⁾.

Por outro lado, o QIVM apresentou correlação com a habilidade de integração binaural, o que pode ser explicado pela atuação conjunta do corpo caloso principal via de comunicação entre os hemisférios cerebrais⁽⁴¹⁾ e do cerebelo, estrutura envolvida no controle motor fino, no tempo de resposta e na coordenação de movimentos⁽⁵³⁾.

O corpo caloso desempenha um papel fundamental tanto na integração visomotora quanto na auditiva, ao possibilitar a comunicação entre os hemisférios cerebrais⁽⁴¹⁾. Essa associação evidencia a importância da integração inter-hemisférica e da precisão temporal para o desempenho eficiente tanto em tarefas visomotoras quanto auditivas⁽⁵⁴⁾.

Sendo assim, observando a existência de correlações significativas e processos fisiológicos que envolvem as percepções auditiva e visual especialmente no contexto de crianças com TPAC. A compreensão detalhada das bases neurofisiológicas que sustentam essas correlações pode proporcionar insights valiosos sobre as interações entre os sistemas sensoriais e suas implicações no processo de aprendizagem.

CONCLUSÃO

A análise dos dados revelou que algumas habilidades perceptuais visuais apresentam correlações significativas com determinadas habilidades auditivas, sugerindo a existência de uma interdependência funcional entre os dois sistemas perceptuais.

Dessa forma, o estudo indica a importância de uma abordagem multidimensional na avaliação e intervenção fonoaudiológica de crianças com TPAC. A identificação dessas correlações pode contribuir para o delineamento de programas terapêuticos mais integrados e personalizados, considerando o perfil perceptual global de cada criança.

REFERÊNCIAS

1. AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY. Editor Clinical Practice Guidelines. Diagnosis, Treatment Management of Children Adults with Central Auditory Processing Disorder; EUA, 2010. Disponível em: <https://www.audiology.org/publications-resources/document-library/central-auditory-processing-disorder>.
2. MOORE, D. R.; HUNTER, L. L. Auditory processing disorder (APD) in children: A marker of neurodevelopmental syndrome. *Hearing, Balance and Communication*, v. 11, n. 3, p. 160-167, 2013. doi: <https://doi.org/10.3109/21695717.2013.82175>.
3. BELLIS, T. J. Understanding Auditory Processing Disorders in children. ASHA - American Speech-Language-Hearing Association [artigo online]. Disponível em: <https://www.asha.org/public/hearing/understanding-auditory-processing-disorders-in-children/>.
4. SCHOCHAT, E. et al. Tratado de audiologia. 3. ed. Santana de Parnaíba, SP: Manole, 2022.
5. CIVITELLA, MM. et al (2020). Guia de Orientação. Avaliação e Intervenção do Processamento Auditivo Central.
6. AMERICAN SPEECH LANGUAGE HEARING ASSOCIATION (ASHA). Auditory processing disorders. Technical report, 2005. Disponível em: <http://www.asha.org/members/deskrefjournals/deskref/default>.
7. FONSECA, V. Introdução às dificuldades de aprendizagem. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
8. GIMÉNEZ, P. V. Tanta inteligência, tão pouco rendimento: poderia ser a visão a chave para desbloquear sua aprendizagem? São Paulo: Conceito Editorial, 2011. p. 16.
9. SOUZA, A. V. de; CAPELLINI, S. A. Percepção visual de escolares com distúrbios de aprendizagem. *Revista Psicopedagogia*, v. 28, n. 87, p. 256-261, 2011.
10. CARVALHO, N. G. de; NOVELLI, C. V. L.; COLELLA-SANTOS, M. F. Factors in childhood and adolescence that may influence the auditory processing: A systematic review. *Revista CEFAC*, v. 17, n. 5, p. 1590-1603, 2015. doi: 10.1590/1982-0216201517519014.

11. VIDYASAGAR, T. R.; PAMMER, K. Dyslexia: A deficit in visuo-spatial attention, not in phonological processing. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 14, n. 2, p. 57-63, 2010. doi: 10.1016/j.tics.2009.12.003.
12. NORTHERN, Jerry L.; DOWNS, Marion P. *Audição na infância*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. ISBN 8527709503.
13. JERGER, J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol.* v. 92, n. 4, p. 311-24, out, 1970.
14. JERGER, S.; JERGER, J. *Alterações auditivas: um manual para avaliação clínica*. São Paulo: Atheneu. 1989.
15. AUDITEC. *Evaluation manual of pitch pattern sequence and duration pattern sequence*. St. Louis. 1997.
16. AUDITEC. *Masking Level Difference: evaluation manual*. St. Louis: Auditec, Inc.
17. Pereira LD, Schochat E. *Testes auditivos comportamentais para avaliação do Processamento Auditivo Central*. São Paulo: Pró-Fono. 2011.
18. MUSIEK, F. E; SHINN, J. B; JIRSA, R; BAMIOU J. A. GIN (Gaps in Noise) Test Performance in Subjects with confirmed Central Auditory Nervous System Involvement. *Ear hear.* 2005. 26(6):608-18. <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000188069.80699.41> PMID: 16377996
19. HAMMIL, D. D.; PEARSON, N. A.; VORESS, J. K. *Teste evolutivo de percepção visual*. 2. ed. Ferreira, M. C., tradutora. Rio de Janeiro: Entreletras, 2001.
20. PEREIRA, Kátia Helena. *Manual de orientação: transtorno do processamento auditivo – TPA*. Florianópolis: DIOESC, 2014. 62 p.: il. color.
21. PEREIRA, Liliane Desgualdo; SCHOCHAT, Eliane. *Processamento auditivo central: manual de avaliação*. *Acta AWHO*, v. 16, n. 2, p. 92, 1997. Acesso em: 16 abr. 2025.
22. BRECHMANN, André; ANGENSTEIN, Nicole. The impact of task difficulty on the lateralization of processing in the human auditory cortex. *Human Brain Mapping*, [S.L.], v. 40, n. 18, p. 5341-5353, 28 ago. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/hbm.24776>.
23. BALEN, Sheila Andreoli; MOORE, David R.; SAMESHIMA, Koichi. 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*, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 6-15, 1 jan. 2019. American Academy of Audiology. <http://dx.doi.org/10.3766/jaaa.16132>.

24. CHERMAK G. D; HALL, J. W; MUSIEK, F. E. Differential diagnosis and management of central auditory processing disorder and attention deficit hyperactivity disorder. *J Am Acad Audiol*. 1999 Jun;10(6):289-303. PMID: 10385872.
25. MUSIEK, F. E; CHERMAK, G. D. Handbook of (Central) Auditory Processing Disorder: Auditory Neuroscience and Diagnosis. San Diego, CA: Plural Publishing, 2007. v. 1, p. 397-416.
26. PEREIRA, L. D; SCHOCHAT, E. Processamento auditivo central: manual de avaliação. *Acta AWHO*, v. 16, n. 2, p. 92, 1997Tradução . . Acesso em: 16 abr. 2025.
27. FELS, J; MASIERO, B; OBEREM, J; LAWO, V; KOCH, I. Performance of binaural technology for auditory selective attention. *The Journal Of The Acoustical Society Of America*, [S.L.], v. 131, n. 4, p. 3317-3317, 1 abr. 2012. Acoustical Society of America (ASA). <http://dx.doi.org/10.1121/1.4708412>.
28. CONSELHO FEDERAL DE FONOAUDIOLOGIA. Guia de Orientação – Avaliação e Intervenção no Processamento Auditivo Central. Brasília: Conselho Federal de Fonoaudiologia, 2020. Disponível em: https://www.fonoaudiologia.org.br/wp-content/uploads/2020/10/CFFa_Guia_Orientacao_Avaliacao_Intervencao_PAC.pdf. Acesso em: 16 abr. 2025.
29. PAYNE, L.; ROGERS, C. S.; WINGFIELD, A.; SEKULER, R. A right-ear bias of auditory selective attention is evident in alpha oscillations. *Psychophysiology*, v. 54, n. 4, p. 528-535, abr. 2017. DOI: 10.1111/psyp.12815. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28039860/>. Acesso em: 17 abr. 2025.
30. FROTA, S. M. M. C. et al.. Masking Level Difference: avaliação da confiabilidade teste-reteste em estudantes universitárias normo-ouvintes. *CoDAS*, v. 34, n. 3, p. e20200207, 2022.
31. DICKERSON, K.; GERHARDSTEIN, P.; ZACK, E.; BARR, R. Mudanças na aprendizagem relacionadas à idade na primeira infância: uma nova tarefa de imitação. *Psicobiologia do Desenvolvimento*, v. 55, n. 7, p. 719-732, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/dev.21068>. Acesso em: 17 abr. 2025.
32. BELLOCCHI, S. et al. Explorando a relação entre percepção visual, integração visomotora e leitura em crianças com desenvolvimento normal e com deficiência usando DTVP-2. *Dislexia*, v. 23, n. 3, p. 296-315, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/dys.1561>. Acesso em: 17 abr. 2025.
33. MARTIN, N. A. Test of Visual Perceptual Skills. 3. ed. Novato: Academic Therapy Publications, 2006.

34. BATTAGLIA-MAYER, A.; CAMINITI, R. Parieto-frontal networks for eye-hand coordination and movements. *Handbook of Clinical Neurology*, v. 151, p. 499-524, 2018.
35. BUFFONE, F. R. R. C. (2020). Processamento sensorial e coordenação motora de crianças com e sem transtorno do processamento auditivo central (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5170/tde-17092021-105344/>
36. BELLOCCHI, S., MUNEAUX, M., HUAU, A., LÉVÊQUE, Y., Jover, M., & Ducrot, S. (2017). Exploring the link between visual perception, visual-motor integration, and reading in normal developing and impaired children using DTVP-2. *Dyslexia*, 23(3), 296–315. <https://doi.org/10.1002/dys.1561>
37. BACK, N. C. F. et al. Central Auditory Processing and Cognitive Functions in Children. *International Archives of Otorhinolaryngology*, v. 26, n. 1, p. 20–31, jan. 2022.
38. STEIN, B. E., & STANFORD, T. R. (2008). Multisensory integration: Current issues from the perspective of the single neuron. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(4), 255–266. <https://doi.org/10.1038/nrn2331>
39. PREISIG, B., RIECKE, L., SJERPS, M., KÖSEM, A., KOP, B., BRAMSON, B., HAGOORT, P., & HERVAIS-ADELMAN, A. (2021). Modulação seletiva da conectividade inter-hemisférica por estimulação transcraniana de corrente alternada influencia a integração binaural. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(1). <https://doi.org/10.1073/pnas.2015488118>
40. HAENSCH, S. C; LIMA, A. F. B. Angelita Fatima Beloto Dutra de. Avaliação da percepção visual com o Test of Visual Perceptual Skills (TVPS-3) em crianças de 6 a 14 anos com transtornos de aprendizagem. *Saúde Meio Ambiente*, v. 8, p. 97-113, 2019. ISSN 2316-347X.
41. BLOOM, J. S., & HYND, G. W. (2005). The role of the corpus callosum in interhemispheric transfer of information: Excitation or inhibition? *Neuropsychology Review*, 15(4), 59–71. <https://doi.org/10.1007/s11065-005-9002-x>
42. KING, A. J., & PALMER, A. R. (1985). Integration of visual and auditory information in bimodal neurones in the guinea-pig superior colliculus. *Experimental Brain Research*, 60(3), 492–500. <https://doi.org/10.1007/BF00236934>
43. LASSUS-SANGOSSE, D., N'GUYEN-MOREL, M. A., & VALDOIS, S. (2008). Sequential or simultaneous visual processing deficit in developmental dyslexia? *Vision Research*, 48(8), 979–988. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2008.01.025>

44. SITKO, A. A.; GOODRICH, L. V. Making sense of neural development by comparing wiring strategies for seeing and hearing. *Science*, v. 371, n. 6525, p. eaaz6317, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.aaz6317>. Acesso em: 17 abr. 2025.
45. HU, Fei et al. An inferior-superior colliculus circuit controls auditory cue-directed visual spatial attention. *Neuron*, v. 110, n. 1, p. 109-119.e3, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2021.10.031>. Acesso em: 17 abr. 2025.
46. SLATTERY, Eadaoin J.; RYAN, Patrick; FORTUNE, Donal G.; MCAVINUE, Laura P.. Contributions of working memory and sustained attention to children's reading achievement: a commonality analysis approach. *Cognitive Development*, [S.L.], v. 58, p. 101028, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101028>.
47. KARDAN, O. et al. Differences in the functional brain architecture of sustained attention and working memory in youth and adults. *PLoS Biology*, v. 20, n. 12, p. e3001938, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001938>. Acesso em: 17 abr. 2025.
48. PTAK, R. A rede de atenção frontoparietal do cérebro humano. *The Neuroscientist*, v. 18, p. 502–515, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1073858411409051>. Acesso em: 17 abr. 2025.
49. POSNER, M. I.; PETERSEN, S. E. The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, v. 13, p. 25–42, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>. Acesso em: 17 abr. 2025.
50. ROCKLAND, K.s.. Anatomy of the Cerebral Cortex. *The Cerebral Cortex In Neurodegenerative And Neuropsychiatric Disorders*, [S.L.], p. 3-36, 2017. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-801942-9.00001-x>.
51. MILLER, E. K.; COHEN, J. D. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, v. 24, p. 167–202, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>. Acesso em: 17 abr. 2025.
52. SHERMAN, S. M.; GUILLERY, R. W. Exploring the thalamus and its role in cortical function. 2. ed. Cambridge: MIT Press, 2006.
53. PARSONS, L. M. Integrating cognitive psychology, neurology and neuroimaging. *Acta Psychologica (Amsterdam)*, v. 107, n. 1-3, p. 155–181, abr. 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0001-6918\(01\)00023-3](https://doi.org/10.1016/s0001-6918(01)00023-3). Acesso em: 17 abr. 2025.
54. IVRY, R. B.; SPENCER, R. M. The neural representation of time. *Current Opinion in Neurobiology*, v. 14, n. 2, p. 225–232, abr. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conb.2004.03.013>. Acesso em: 17 abr. 2025.