

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
ESCOLA DE CIÊNCIAS DA VIDA
FACULDADE DE FONOAUDIOLOGIA**

ISABELLA VITÓRIA FAJANI TEDESCHI

**EFEITOS DE TREINAMENTO MUSICAL NAS HABILIDADES DO
PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL EM CRIANÇAS NORMO-OUVINTES:
REVISÃO DE LITERATURA**

CAMPINAS

2025

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
ESCOLA DE CIÊNCIAS DA VIDA
FACULDADE DE FONOAUDIOLOGIA**

ISABELLA VITÓRIA FAJANI TEDESCHI

**EFEITOS DE TREINAMENTO MUSICAL NAS HABILIDADES DO
PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL EM CRIANÇAS NORMO-OUVINTES:
REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Fonoaudiologia da Escola de Ciências da Vida da Pontifícia Universidade Católica de Campinas como exigência parcial para obtenção do grau de Bacharel em Fonoaudiologia.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Iara Bittante de Oliveira.

**CAMPINAS
2025**

Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI
Gerador de fichas catalográficas da Universidade PUC-Campinas
Dados fornecidos pelo(a) autor(a).

T256e	<p data-bbox="443 1451 772 1480">Tedeschi, Isabella V. F.</p> <p data-bbox="443 1507 1337 1682">EFEITOS DE TREINAMENTO MUSICAL NAS HABILIDADES DO PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL EM CRIANÇAS NORMO-OUVINTES : REVISÃO DE LITERATURA / Isabella V. F. Tedeschi. - Campinas: PUC-Campinas, 2025.</p> <p data-bbox="507 1727 571 1756">62 f.</p> <p data-bbox="507 1783 1023 1812">Orientador: Iara Bittante de Oliveira.</p> <p data-bbox="443 1839 1289 1980">TCC (Bacharelado em Fonoaudiologia) - Faculdade de Fonoaudiologia , Escola de Ciências da Vida, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2025. Inclui bibliografia.</p> <p data-bbox="443 2024 1342 2166">1. Processamento auditivo. 2. Música. 3. Habilidades auditivas. I. de Oliveira, Iara Bittante. II. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Escola de Ciências da Vida. Faculdade de Fonoaudiologia . III. Título.</p>
-------	--

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
ESCOLA DE CIÊNCIAS DA VIDA
FACULDADE DE FONOAUDIOLOGIA**

ISABELLA VITÓRIA FAJANI TEDESCHI

**EFEITOS DE TREINAMENTO MUSICAL NAS HABILIDADES DO
PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL EM CRIANÇAS NORMO-OUVINTES:
REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso defendido
e aprovado em 09 de junho de 2025 pela
comissão examinadora.



Prof. Dra. Iara Bittante de Oliveira

Orientadora e presidente da Banca
Examinadora.

Pontifícia Universidade Católica de
Campinas



Fga. Me. Sália Letícia Menuzzo Quental

Examinador

DEDICATÓRIA

Dedico à minha mãe, que me deu a vida, e ao meu pai, que deu sentido a ela por meio da música.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar e me proteger sempre, e à Nossa Senhora Desatadora dos Nós, por desatar todos os nós de minha vida, e por passar na frente de todos os meus desafios.

Aos meus pais, que dedicaram suas vidas a me amarem, me protegerem e me darem amor, livros, música e cachorros, muitos cachorros. Minha mãe vibra comigo a cada conquista, enquanto meu pai escolhe a melhor trilha sonora.

Ao meu irmão, que eternizou a data de meu nascimento em seu peito, enquanto eternizava seu amor por mim em seu coração, por meio de tantos ensinamentos, carinhos e gestos. Ele complementou a música para mim.

A toda minha família: vovó Dê e vovô Wilson, que estão me olhando e me protegendo em outro plano. Vovó Nancy e vovô Vico, que me sorriem todas as vezes que me veem.

Aos meus padrinhos, por tudo que já fizeram por mim. A todos os meus tios e tias, por serem meu porto seguro – assim como os filhos maravilhosos que criaram, minhas primas e primo.

Às minhas professoras, que me ensinaram muito mais que conceito de fonoaudiologia, mas também de ética, postura profissional e amor. Nunca vou esquecer de tudo que fizeram por mim, e espero dar-lhes orgulho sempre.

À minha supervisora Joyce Pasqualine Felipe Leite, por me ensinar muito durante todo nosso período de estágio, muito mais do que vou conseguir escrever aqui. Ela se tornou um refúgio para os momentos ansiosos, e uma amiga que vibra com as minhas conquistas. Como eu tive sorte!

Aos meus amigos, de dentro da faculdade e fora dela, por me amarem e me acolherem como eu sou, me darem muito amor e serem o que eu precisava quando eu precisava. Por estarem lá nos momentos de vitória, mas também nos desafiadores. Amo vocês mais do que meu coração pode aguentar (acho que já está liberado fazer piadas com meu coração – se é que me entendem).

Aos meus colegas e amigos de trabalho do Espaço Sentir. Viraram uma família para mim! Obrigada por tudo, sempre.

A cada um dos pacientes que já atendi. Estes são os que mais nos ensinam. Obrigada por confiarem em mim. Vou sempre estar em busca da minha melhor versão para melhor atendê-los.

*“You've got your passion, you've got your pride
But don't you know that only fools are satisfied?”*

Vienna, Billy Joel.

RESUMO

Tedeschi, I. V. F. Efeitos de Treinamento Musical nas Habilidades do Processamento Auditivo Central em Crianças Normo-Ouvintes: Revisão de Literatura. 2025. F58 Trabalho de Conclusão de Curso, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Escola de Ciências da Vida, Faculdade de Fonoaudiologia.

Introdução: O Processamento Auditivo Central (PAC) refere-se à maneira como as pessoas analisam, organizam, classificam e interpretam eventos acústicos. Esse processo envolve habilidades como localização sonora, reconhecimento, compreensão, memória auditiva e atenção seletiva aos estímulos sonoros. Essas habilidades dependem tanto de capacidades biológicas inatas quanto das experiências auditivas vivenciadas no ambiente. A relação entre habilidades do PAC e música tem sido objeto de estudo, com hipótese de que a prática musical pode contribuir significativamente para seu aprimoramento. **Objetivo:** realizar revisão de literatura voltada a identificar, descrever e analisar efeitos de treinamento musical nas habilidades do processamento auditivo central em crianças normo-ouvintes. **Metodologia:** Foi realizada uma revisão integrativa de literatura, caráter qualitativo, analítico-exploratório, em que foram selecionados e analisados artigos científicos originais, nacionais e estrangeiros, voltados ao objetivo deste estudo, nas bases de dados *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciência da Saúde (LILACS) e PubMed/Medline, utilizando-se descritores em português e em inglês. **Resultados e Comentários:** Foram encontrados seis artigos que atenderam aos critérios de inclusão da presente revisão de literatura, portanto estudaram efeitos do treinamento musical no desenvolvimento de habilidades do processamento auditivo central, sobretudo discriminação auditiva e habilidades do processamento temporal. Foi verificado que a maioria dos estudos envolveu crianças de 4 a 6 anos, as quais receberam treinamento musical, de no mínimo um mês, tendo sido priorizados percepção auditiva e interação lúdica com sons associados a atividade motora, introdução à teoria musical, e prática instrumental para crianças mais velhas. Os procedimentos avaliativos se deram a partir de testes comportamentais, eletrofisiológicos ou combinação de ambos. Cinco dos seis artigos analisados confirmaram que o treinamento musical favorece o desenvolvimento de habilidades auditivas do processamento auditivo central. O aprendizado de instrumentos musicais mostrou-se eficaz por integrar diversas habilidades auditivas simultaneamente. Tanto as atividades em grupo quanto os exercícios individuais mostraram-se eficazes no estímulo das habilidades auditivas. **Considerações Finais:** Revisão evidencia que as habilidades de PAC mais estimuladas incluem ordenação temporal, discriminação auditiva e processamento auditivo espectral. As atividades musicais que mais contribuíram para o desenvolvimento de tais habilidades envolvem teoria musical, treino de altura dos sons, ritmo, melodia e o próprio canto.

Palavras-chave: Audição; Criança; Percepção auditiva; Música.

ABSTRACT

Tedeschi, I. V. F. *Effects of musical training on central auditory processing skills in hearing children*. 2025. Conclusion Work Course of Speech Therapy [Graduation]. Pontifical Catholic University of Campians, Life Sciences School.

Introduction: Central Auditory Processing (CAP) refers to the way people analyze, organize, classify, and interpret acoustic events. This process involves skills such as sound localization, recognition, comprehension, auditory memory, and selective attention to sound stimuli. These skills depend on both innate biological capacities and auditory experiences experienced in the environment. The relationship between CAP skills and music has been the subject of study, with the hypothesis that musical practice can significantly contribute to its improvement. **Objective:** to conduct a literature review aimed at identifying, describing and analyzing the effects of musical training on central auditory processing skills in normal-hearing children. **Methodology:** A systematic literature review was conducted, with a qualitative, analytical-exploratory approach, in which original national and international scientific articles focused on the objective of this study were selected and analyzed in the Scientific Electronic Library Online (SciELO), Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences (LILACS) and PubMed/Medline databases, using descriptors in Portuguese and English. **Results and Comments:** Six articles were found that met the inclusion criteria for this literature review, and therefore studied the effects of musical training on the development of central auditory processing skills, especially auditory discrimination and temporal processing skills. It was found that most of the studies involved children aged 4 to 6 years, who received musical training for at least one month, with priority given to auditory perception and playful interaction with sounds associated with motor activity, introduction to music theory, and instrumental practice for older children. The evaluation procedures were based on behavioral and electrophysiological tests, or a combination of both. Five of the six articles analyzed confirmed that musical training favors the development of auditory skills of central auditory processing. Learning to play musical instruments proved to be effective because it integrates several auditory skills simultaneously. Both group activities and individual exercises proved to be effective in stimulating auditory skills. **Conclusion:** The review shows that the most stimulated CAP skills include temporal ordering, auditory discrimination and spectral auditory processing. The musical activities that most contributed to the development of such skills involve music theory, pitch training, rhythm, melody and singing itself.

Keywords: Hearing; Child; Auditory Perception; Music;

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SAP: Sistema Auditivo Periférico

SAC: Sistema Auditivo Central

PAC: Processamento Auditivo Central

MEA: Meato Acústico Externo

NC: Núcleo Coclear

LL: Lemnisco Lateral

CI: Colículo Inferior

CGM: Corpo Geniculado Medial

ASHA: American Speech-Language-Hearing Association

SciELO: Scientific Electronic Library Online

LILACS: Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciência da Saúde

DeCS: Descritores em Ciências da Saúde

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Combinação do descritor principal “Música” com os outros descritores em língua portuguesa.

Figura 2. Combinação do descritor principal “Music” com os outros descritores em língua inglesa.

Figura 3. Teste de relevância para a seleção dos artigos.

Figura 4. Teste II de relevância para a seleção dos artigos.

Figura 5. Fluxograma das etapas da seleção dos artigos.

Figura 6. Fluxograma das etapas do presente estudo.

ÍNDICE DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1. Identificação dos artigos selecionados para a pesquisa.

Quadro 2. Identificação dos objetivos em cada artigo.

Quadro 3. Caracterização da amostra de cada artigo.

Quadro 4. Descrição dos Programas de treinamento musical elaborados pelos estudos selecionados.

Tabela 1. Habilidades auditivas estimuladas em cada artigo.

Tabela 2. Procedimentos avaliativos das habilidades auditivas realizados após o treinamento musical em cada artigo.

Quadro 5. Resultados do treinamento musical citados como efeitos em cada artigo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	15
2.1 Sistema Auditivo Periférico	15
2.2 Sistema Auditivo Central	17
2.3 Processamento Auditivo Central e Treinamento Musical	21
3. OBJETIVO	27
3.1 Objetivo geral	27
3.2 Objetivos Específicos	27
4. METODOLOGIA	28
5. RESULTADOS E COMENTÁRIOS	34
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
7. REFERÊNCIAS	51
ANEXOS	56

1. INTRODUÇÃO

O Processamento Auditivo Central tem como definição a forma como indivíduos analisam, classificam, organizam e interpretam eventos acústicos recebidos via audição. Fazem parte do PAC habilidades relacionadas aos processos de localização sonora, reconhecimento, compreensão, memória e atenção seletiva a eventos sonoros, que dependem tanto de uma capacidade biológica inata quanto da experiência acústica no ambiente (Pereira e Cavadas, 1998; Pereira, 2011).

A importância da estimulação do PAC justifica-se por possuir profundas raízes com o desenvolvimento da linguagem. Considera-se que a habilidade de processar rapidamente dois ou mais estímulos auditivos seja fundamental para uma boa aquisição da linguagem (Benasich et al., 2002).

A literatura sugere que o treinamento musical pode estimular habilidades do processamento auditivo. A prática musical, e não apenas a apreciação desta arte, leva ao crescimento estrutural no córtex auditivo primário, melhora em atividades de percepção melódica e de ritmo (Hyde et al., 2009; Kraus et al., 2014; Kraus e White-Schwoch, 2017; Marzola et al., 2023; Sharma e Nash, 2009). Portanto, tem-se a hipótese que o treinamento musical pode servir como estimulação ao Processamento Auditivo Central.

Estudos das últimas décadas buscam verificar a influência da música no PAC. Uma revisão de literatura, inclusive, revelou que a música contribui positivamente para competências ligadas ao PAC (Alves et al., 2018).

Considerando o que foi apresentado, este trabalho tem como objetivo realizar revisão de literatura voltada a identificar, descrever e analisar efeitos de treinamento musical nas habilidades do processamento auditivo central em crianças normo-ouvintes.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O presente capítulo visa apresentar conceitos a respeito do Sistema Auditivo Periférico e Central. Além disso, será contemplado Processamento Auditivo Central relacionado a possíveis benefícios das habilidades auditivas que o compõem quando frente ao desenvolvimento de tarefas musicais, com crianças normo-ouvintes.

O Sistema Auditivo é dividido em Sistema Auditivo Periférico (SAP) e Sistema Auditivo Central (SAC), sendo que o primeiro é composto pelas estruturas da orelha externa, média e interna, além do VIII par craniano; enquanto o tronco cerebral, vias subcorticais, córtex auditivo/lobo temporal e corpo caloso são as estruturas que representam o SAC. O Processamento Auditivo Central (PAC) funciona a partir de ações do SAP e SAC, podendo, ainda, “envolver áreas não auditivas centrais (lobo frontal, conexão temporal-parietal-occipital)” (Pereira e Cavadas, 1998, p. 135).

2.1 Sistema Auditivo Periférico

O Sistema Auditivo é responsável pela audição, e é dividido em duas porções que se diferem e se relacionam: sistema auditivo periférico e o sistema auditivo central. O sistema auditivo periférico é subdividido entre orelha externa, média e interna, e suas estruturas são aquelas pertencentes a estas frações, que se localizam no osso temporal. A função deste sistema é de captação, transmissão, transdução da onda sonora e processamento da informação auditiva (Bonaldi, 2011).

A orelha externa, cuja função é captar, filtrar, amplificar, transmitir e concentrar a energia sonora na membrana timpânica, é formada pelo pavilhão auricular e o meato acústico externo (MAE). O MAE possibilita a conexão entre o ambiente e a orelha média. (Durante, Tieppo e Neto, 2014; Bonaldi, 2011).

De maneira geral, a orelha média é composta pela cavidade timpânica e tuba auditiva. O limite lateral da orelha média, que se conecta à orelha externa e de onde recebe os estímulos sonoros, é a membrana timpânica. Os sons são transmitidos pela cadeia ossicular, que inclui o martelo, a bigorna e o estribo, até chegar à janela

oval, seu limite medial. Essa janela permite a conexão com a orelha interna e seu labirinto membranoso, que é preenchido com líquido. Dessa forma, a orelha média é a estrutura que entrelaça a orelha externa, cheia de ar, e a interna, cheia de líquido (Durante, Tieppo e Neto, 2014; Bess e Humes, 2012).

A tuba auditiva possui duas funções, de maneira geral: fornecer ar para a cavidade da orelha média, equalizando, assim, a pressão do ar sobre ambos os lados do tímpano, e admitir que fluidos que se acumulem na orelha média drenem para a nasofaringe (Bess e Humes, 2012). Existem três ossículos que compõem a cadeia ossicular: martelo, bigorna e estribo. O martelo é fixado à membrana timpânica, a bigorna se posiciona e se articula com o martelo e o estribo, que, por sua vez, é fixado à janela do vestíbulo pelo ligamento estapedial anular, num sistema de alavanca. Os músculos tensor do tímpano e estapédio são formados por fibras musculares estriadas esqueléticas e lisas, que se contraem de maneira reflexa e involuntária em resposta a sons intensos, atuando como um mecanismo de proteção da cóclea contra estímulos excessivos, geralmente acima de 70 a 90 dB, que ultrapassam o limiar mínimo de audição (Bonaldi, 2011).

A orelha interna está integrada na porção petrosa do osso temporal, e pode ser dividida em duas partes: labirinto ósseo e labirinto membranáceo. O primeiro é preenchido por perilinfa (líquido rico em sódio). Suas estruturas são: cóclea, vestíbulo e os canais semicirculares (superior, lateral e posterior). Os dois últimos acolhem os órgãos sensoriais do sistema vestibular, os quais auxiliam na manutenção do equilíbrio e postura (Bonaldi, 2011; Bonaldi, Angelis e Smith, 1998; Bess e Humes, 2012).

A cóclea é o órgão mais relevante para a função auditiva uma vez que contém o órgão sensorial da audição (órgão de Corti). A cóclea é enrolada em si mesma e em torno de um eixo ósseo central em formato côncavo chamado modíolo. A base do modíolo está localizada na região coclear que possui orifícios que permitem a entrada das fibras do nervo coclear. A partir dessas fibras, se formam internamente outros canais. O canal ósseo é parcialmente dividido pela lâmina espiral óssea em duas porções: a rampa do vestíbulo (superior) e a rampa do tímpano (inferior). Ambas são preenchidas com perilinfa e se comunicam no helicotrema, uma abertura localizada na cúpula da cóclea (ápice), onde a lâmina espiral termina, formando o hâmulos. Há, ainda, uma terceira rampa preenchida com endolinfa, conhecida como

ducto coclear ou rampa média (Bess e Humes, 2012; Bonaldi, 2011; Bonaldi, Angelis e Smith (1998).

A lâmina basilar é uma extensão da lâmina espiral óssea, formando o piso do ducto coclear. O órgão de Corti, cuja função é transformar as ondas sonoras em impulsos nervosos, está localizado ao longo do ducto coclear, sobre a lâmina basilar. É formado por membrana tectória, pelas células de sustentação e células ciliadas (Durante, Tieppo e Neto, 2014; Bonaldi, 2011).

As células ciliadas internas são definidas como células receptoras verdadeiras, e estão conectadas aos neurônios sensoriais (Durante, Tieppo e Neto, 2014). São responsáveis pela transdução sensorial, gerando uma mensagem elétrica codificada que é transmitida para o lobo temporal através das vias nervosas. Essas células possuem alta seletividade de frequência e estão associadas à percepção de sons mais intensos. As células ciliadas externas não são receptoras, ou seja, não codificam a mensagem sonora e estão associadas à amplificação coclear de sons mais fracos (Bonaldi, Angelis e Smith, 1998; Bonaldi, 2011).

As células ciliadas externas e internassão assim chamadas por possuírem cílios que, ao se movimentarem, causam causam alternâncias no potencial elétrico, o que estimula as terminações nervosas do nervo coclear em contato com essas células, desencadeando o potencial de ação, que é registrado nas fibras do nervo coclear. Assim, as células ciliadas externas atuam como amplificadores cocleares, que amplificam o estímulo, determinando a deflexão dos cílios das células ciliadas internas. Estas, por sua vez, são as unidades receptoras e codificadoras da cóclea, transmitindo a informação sonora da cóclea para os núcleos cocleares e, eventualmente, para o córtex auditivo (Bonaldi, Angelis e Smith, 1998; Bonaldi, 2011).

2.2 Sistema Auditivo Central

O nervo auditivo é composto por fibras neurais, que transmitem sinal elétrico do nervo auditivo para o tronco cerebral, onde acontecem sinapses em diversas estações, que por sua vez levam o sinal acústico até o córtex, por meio de seus centros do processamento auditivo central (Teixeira et al., 2015). Dessa forma, o sistema auditivo central pode ser definida como “rede de fibras nervosas” (Humes e Bess, 2012, p. 83), que existem a partir do momento em que potenciais de ação

tenham sido gerados no ramo coclear do nervo auditivo, fazendo com que a atividade elétrica progrida a nível retrococlear. Estas fibras fazem parte das vias ascendentes ou aferentes. As fibras das vias descendentes ou eferentes levam informações do córtex à periferia, passando pelo tronco encefálico (Teixeira et al., 2015).

Uma característica fundamental para compreender o processamento auditivo central é que quase todos os níveis da via auditiva a partir dos núcleos cocleares estão interconectados, com fibras que se estendem contralateralmente. A maioria das fibras nervosas cruza de um lado para o outro, ou decussam, em algum ponto do sistema nervoso auditivo central, de forma que a atividade da orelha direita é mais fortemente representada no lado esquerdo do córtex, e o contrário também ocorre (Bess e Humes, 2012).

O nervo auditivo é composto por fibras dos tipos I e II. As fibras do tipo I, que são mielinizadas, conectam-se às células ciliadas internas, enquanto as fibras do tipo II, que não possuem mielina, ligam-se às células ciliadas externas. A via auditiva central se estende desde o complexo nuclear coclear até o córtex auditivo primário. (Teixeira et al, 2015).

O núcleo coclear (NC) é “considerado o primeiro nível central, em que o processamento do sinal acústico ocorre” (Frota, 2014, p. 1.425). O NC é a única estrutura do tronco encefálico que recebe informações auditivas ipsilaterais, originadas na cóclea por meio do nervo auditivo.

O Complexo Olivar Superior é a estrutura responsável pela interação binaural. É uma estação complexa na transmissão da informação sonora e a primeira estação binaural, ou seja, a primeira a processar informações tanto do lado ipsilateral quanto contralateral – a partir das olivas superiores por meio das áreas auditivas do córtex, as informações de ambas as orelhas são apresentadas em cada ponto do SNAC (Bess e Humes, 2012).

A habilidade de interação binaural refere-se à capacidade do SNAC de processar informações sonoras divergentes distribuídas entre as duas orelhas. Ao integrar suas diferenças de tempo e intensidade, o sistema auditivo nervoso central unifica os estímulos sonoros em um único evento perceptual. Assim, é proporcionado um melhor desempenho auditivo, uma vez que a interação binaural favorece a localização e direcionamento da fonte sonora, percepção de ruído de

fundo e na percepção da fala com ruído competitivo ou com mensagem linguística competitiva (Frota et al., 2022; Pereira e Frota, 2015).

O lemnisco lateral (LL) é a principal via por onde circulam as informações auditivas ascendentes e descendentes. Isso significa que as informações auditivas ascendentes, originadas nos núcleos cocleares, tanto ipsilaterais quanto contralaterais, se projetam para o colículo inferior. Em seu núcleo pode ou não ocorrer a formação de sinapses. A partir do lemnisco lateral, as fibras seguem em direção ascendente para o colículo inferior, sendo a maior parte das projeções ipsilaterais (Teixeira e Griz, 2011; Bonaldi, Angelis e Smith, 1998).

O colículo inferior (CI) é localizado no mesencéfalo e é o terceiro nível da via auditiva aferente. Em relação à função, assim como outras estruturas do tronco encefálico, o CI possui uma organização tonotópica e é capaz de resolver frequências com alta precisão. Ele contém neurônios sensíveis a variações espaciais, temporais e à estimulação binaural, o que sugere seu papel crucial na localização da fonte sonora. O CI também é responsável pela codificação da fala, ajudando a aprimorar a modulação do sinal acústico. Assim, os neurônios distribuídos no tronco encefálico, entre os núcleos cocleares e os colículos inferiores, são ativados por características específicas dos fonemas e auxiliam no seu reconhecimento (Teixeira e Griz, 2011; Frota, 2014).

O CI é fundamental para a transmissão da informação auditiva para centros superiores, utilizando uma comissura que permite a comunicação entre os colículos inferiores direito e esquerdo. As fibras comissurais do CI possibilitam o cruzamento de impulsos auditivos monoaurais e binaurais, funcionando como um centro de convergência para diversas vias auditivas paralelas e seriais. Acredita-se que o CI desempenhe um papel importante na modulação e integração de informações provenientes de várias vias sensoriais, alterando as informações auditivas com base nessas contribuições. Dessa forma, o CI é um centro essencial no processamento das informações auditivas que influenciam o comportamento do indivíduo (Teixeira e Griz, 2011; Frota, 2014).

Localizado no diencéfalo, o corpo geniculado medial (CGM) é um núcleo talâmico que recebe fibras com informações dos dois colículos inferiores e representa o quarto nível da via auditiva aferente. É também o principal ponto de transmissão de informações entre o tronco encefálico e o córtex cerebral. Assim como outros níveis do SAC, o CGM é dividido em três partes: ventral, dorsal e

medial. Foram observados gradientes tonotópicos nas porções ventral e medial desta estrutura (Moerel et al., 2015), e a porção ventral parece ser a principal responsável por transmitir informações específicas de discriminação sonora para o córtex cerebral. Já a divisão dorsal projeta axônios para áreas de associação no córtex auditivo, possivelmente relacionadas à manutenção da atenção auditiva. A divisão medial pode atuar como um sistema de alerta multissensorial (Teixeira e Griz, 2011). Assim como no CI, o CGM contém neurônios que respondem à estimulação binaural e às diferenças interaurais de intensidade (Frota, 2014; Teixeira e Griz, 2011).

A formação reticular pode ser definida como um montante de células e fibras nervosas localizadas ao longo de toda a região central do tronco encefálico, do bulbo ao mesencéfalo, e tem função importante em quase todos os setores do sistema nervoso central. Acredita-se que a formação reticular desempenhe um papel importante na capacidade de ouvir mesmo em ambientes ruidosos (Teixeira e Griz, 2011).

O córtex auditivo primário no ser humano está localizado na região supratemporal, e sua área auditiva se estende pelo giro transversal (ou giro de Heschl) em ambos os hemisférios, e representa o estágio final da via auditiva aferente. A área primária auditiva no hemisfério esquerdo é responsável por receber informações acústicas das fibras ascendentes subcorticais. Esse córtex apresenta um mapa tonotópico bem definido, parecido com o observado na cóclea e em níveis do SAC, mas é mais especializado no processamento de sinais de fala (Frota, 2014; Bonaldi, Angelis e Smith, 1998).

Além disso, o córtex auditivo processa informações auditivas divididas em várias características, como frequência, intensidade, duração, timbre e localização. É incumbido de enviar informações detalhadas sobre a análise do espectro sonoro, a discriminação de fonemas, a frequência temporal e a localização espacial das fontes sonoras para outras áreas de processamento cortical. No entanto, para que o processamento de sinais de fala seja mais completo, é necessário que essas informações fragmentadas sejam integradas para uma identificação total do estímulo original. Para isso, o córtex auditivo secundário, localizado nos lobos temporal e parietal, também recebe dados acústicos de fibras ascendentes subcorticais (Frota, 2014).

Embora as áreas subcorticais contribuam para o processamento auditivo central, elas não são responsáveis pela decodificação completa dos sinais específicos de fala. O processamento de sons verbais ocorre predominantemente no hemisfério esquerdo, enquanto os sons não verbais são processados no hemisfério direito. A fala, além dos aspectos verbais, inclui componentes não verbais, como entonação, ritmo, inflexões, gestos e expressões faciais, que são essenciais para reconhecer a prosódia. A prosódia permite que o ouvinte perceba o conteúdo emocional da mensagem e diferencie afirmações, perguntas e exclamações. Estudos de imagens cerebrais mostram que o reconhecimento da prosódia ocorre predominantemente no hemisfério direito, em áreas semelhantes às do hemisfério esquerdo, responsável pelos sons verbais, além de estar conectado com a música (Bonaldi, Angelis e Smith, 1998; Teixeira e Griz, 2011; Frota, 2014).

A integração das informações dos dois hemisférios para compreender e analisar a fala é vital para que ocorra o processamento das informações auditivas. Para que essa integração inter-hemisférica aconteça de forma eficaz, o corpo caloso deve desempenhar seu papel de conectar funcionalmente ambos os hemisférios, permitindo uma análise global dos estímulos acústicos. Alterações funcionais no corpo caloso podem prejudicar tarefas dicóticas, nas quais a colaboração entre os hemisférios é necessária para processar informações auditivas de ambos os lados (Frota, 2014).

2.3 Processamento Auditivo Central e Treinamento Musical

O processamento auditivo central é a forma com a qual o sistema nervoso central utiliza a informação auditiva. Abrange o processamento perceptível da informação auditiva no sistema nervoso central e a atividade neurobiológica que fundamenta esse processamento e dá origem aos potenciais auditivos eletrofisiológicos (Geffner, 2024).

A American Speech-Language-Hearing Association em 2005 define que:

Esse conjunto de mecanismos e processos do sistema auditivo são responsáveis pela localização e lateralização sonora, discriminação auditiva, reconhecimento de padrões auditivos, aspectos temporais da audição – como resolução, mascaramento, integração e ordenação temporal; desempenho auditivo com sinais acústicos concorrentes e sinais degradados. As informações auditivas

envolvidas nesse processo podem ser verbais ou não, e influenciar áreas funcionais como fala e linguagem.

Existem diversas funções neurocognitivas envolvidas no processamento de informações auditivas, conforme acrescentam Schminky e Baran (1999). Atenção, memória e representação da linguagem são habilidades que não são específicas ao processamento de informações acústicas, mas sim de natureza global, porém, atuam como componentes do processamento auditivo central e estão envolvidas em seu processo.

Mais especificamente, a localização e lateralização sonora dizem respeito à habilidade de identificar qual a posição de uma fonte sonora no espaço ao redor do ouvinte por meio da discriminação da diferença de tempo e intensidade interaural. Seu desenvolvimento acontece conforme o avanço da idade, porém, aos dois anos, crianças já são capazes de localizar os sons em qualquer direção (Carlini, Bordeaux e Ambard, 2024; Vale, 2009).

A discriminação auditiva refere-se à habilidade de diferenciar dois sons a partir de suas características (Gonçalves et al. 2019). Para que a fala de uma criança se desenvolva conforme o modelo linguístico adulto de sua língua nativa, ela precisa identificar e distinguir sons específicos. Dessa forma, a discriminação auditiva é essencial para a produção adequada dos sons da fala. Os neurônios responsáveis pela audição podem ser modulados de forma a ampliar as diferenças acústicas entre os sons no cérebro, facilitando, assim, sua distinção (Brancalioni et al., 2012).

Segundo Shinn (2014), o processamento temporal auditivo pode ser entendido como “a percepção do som ou da alteração do som dentro de um domínio de tempo restrito ou definido” (p. 405, tradução minha). Em outras palavras, é capacidade de identificar pequenos intervalos de tempo que possibilitam a discriminação de dois sinais. Este processamento possui quatro subcomponentes: ordenação ou sequenciamento temporal, discriminação ou resolução temporal, integração ou somação temporal e mascaramento temporal.

Ordenação temporal diz respeito ao processamento de dois ou mais estímulos auditivos em sua ordem de ocorrência no tempo, e é importante para percepção da fala. Resolução temporal, por sua vez, concerne à menor duração de tempo em que um indivíduo consegue discriminar dois estímulos auditivos.

Integração temporal é o resultado da soma ou agregação da atividade neuronal a cargo da duração adicional da energia sonora. Mascaramento temporal, por fim, refere-se ao mascaramento que acontece quando um sinal e um mascarador não se justapõem no tempo, ou seja, o sinal é ocultado devido a um ruído mascarador que apareceu pouco tempo antes ou logo após sua apresentação” (Shinn, 2014).

Segundo a literatura, as habilidades de ordenação e resolução temporais desempenham papéis fundamentais na percepção da fala contínua e de seus segmentos isolados, além de serem essenciais para o aprendizado e a compreensão da linguagem. Por isso, são consideradas pré-requisitos para o desenvolvimento de competências linguísticas, incluindo a aquisição da leitura e da escrita (Terto e Lemos, 2011).

As habilidades de figura-fundo e fechamento auditivo fazem, respectivamente, alusão ao desempenho auditivo com sinais acústicos concorrentes e ao desempenho auditivo com sinais degradados definidos pela ASHA (1996).

Segundo Eggermont (2014), antes dos seis meses de vida, já é possível discriminar sons da fala e detectar mudanças dos sons. A partir dos seis meses aos cinco anos de vida, acontece o início e desenvolvimento da linguagem perceptiva e da percepção auditiva como um todo. Dos cinco aos doze anos de vida, há um refinamento nas habilidades de processamento da fala mascarada e degradada. A partir dos doze anos, a habilidade de compreensão de fala no ruído é amadurecida.

O desenvolvimento das habilidades por meio das experiências auditivas decorre do fenômeno de neuroplasticidade. Wan e Schlaug em 2005 definem que:

A plasticidade neural é uma característica essencial na organização da função cerebral humana. O cérebro possui a habilidade de, frente a mudanças ambientais, modificar sua organização estrutural ao longo da vida. E, nesse caso, a plasticidade cerebral é vital para o desenvolvimento e maturação típicas, além do aprendizado de novas habilidades e a memória, a recuperação de lesões e também para os efeitos da privação sensorial.

O aprendizado de habilidades, por exemplo, musicais, como aprender a cantar ou tocar algum instrumento, é um bom ponto de partida para se estudar a plasticidade cerebral, uma vez que pode ser facilmente manipulado em um ambiente experimental.

O treinamento musical vem sendo considerado um estimulador multimodal para a plasticidade cerebral desde o início do século XX, conforme argumentam os estudiosos. Segundo os autores, o envolvimento em atividades musicais não só tem um papel influente na organização do cérebro em desenvolvimento, mas também promove mudanças duradouras, que permanecem mesmo após a completa maturação cerebral.

Herholz e Zatorre (2012) sugerem que o treinamento musical é uma boa ferramenta para estudos por permitir visualizar seus efeitos de curto e longo prazo. A prática musical é uma atividade que é geralmente iniciada cedo na vida, e frequentemente continuada ao longo dela por músicos (Wan e Schlaug, 2010), por isso serve de modelo para estudar a prática a longo prazo em uma tarefa multimodal. Praticar música envolve a integração de diversos sistemas, incluindo os sensoriais e motores, com destaque para as habilidades motoras finas e a precisão métrica. Esses sistemas interagem com processos cognitivos de ordem superior, já que a atividade musical exige a leitura de um sistema simbólico complexo (como a notação em partituras) e sua tradução em movimentos motores sequenciais e bimanuais, dependentes de feedback multissensorial. Além disso, a memória também é amplamente ativada, pois o músico precisa memorizar longas sequências musicais (Schlaug et al., 2005).

A revisão sistemática de Alves et al. (2018) mostrou estudos publicados entre os anos de 2010 e 2016 que buscavam verificar a influência da música no PAC. Como resultado, tem-se que a maioria dos estudos comparou dois grupos, de músicos e não-músicos, e foram realizados testes que avaliaram as habilidades do Processamento Auditivo Central. Os achados mostram que a música contribui positivamente para competências ligadas ao PAC, como as habilidades de ordenação temporal e figura-fundo. A percepção de fala mascarada entre músicos e não-músicos não apresentou diferença.

A revisão mostrou que não existe consenso a respeito do tempo de exposição de prática musical que afeta. A pesquisa de Junior et al. (2022) mostrou que o tempo de prática musical entre músicos e não músicos não influenciou nos resultados dos testes comportamentais e eletrofisiológicos, concluindo que independente do tempo e da frequência de prática musical (diária ou semanal), esta exerce influência para o aperfeiçoamento das habilidades do PAC. No entanto, diversos estudos mostram que os indivíduos com mais experiência musical apresentam resultados melhores em relação àqueles que têm menos experiência ou que tiveram contato com a prática musical por um período mais curto, ou seja, quanto maior a experiência musical, melhor é o desempenho em testes de processamento auditivo central (Alves et al., 2018).

Muitos estudos avaliam as habilidades do processamento temporal de músicos. Isso pode ser em razão de que, independentemente do estilo ou

instrumento em que um músico se especializa, a percepção dos aspectos acústicos é fundamental: características rítmicas, envolvendo a divisão do tempo e a velocidade da música, bem como a duração das notas e pausas, estão relacionadas à percepção dos aspectos temporais do som. A identificação das notas musicais e afinação, bem como a identificação do timbre, estão relacionadas à percepção da frequência. Além disso, a discriminação da intensidade está relacionada à percepção tátil do instrumento. Portanto, além de exigir habilidades motoras e visuais, o aprendizado e a prática da teoria musical e da técnica instrumental estão diretamente ligados às habilidades auditivas (Quental, Amaral e Couto, 2020).

Bohn et al. (2022) avaliaram as habilidades de resolução binaural, integração binaural e ordenação temporal de músicos amadores (grupo experimental), comparando-as com participantes sem nenhuma experiência musical (grupo controle). Os testes realizados, *Gap in Noise*, *Masking Level Difference* e *Pitch Pattern Sequence*, utilizados para avaliar as habilidades supracitadas, respectivamente, mostraram que o grupo experimental obteve melhor desempenho em todos os testes em relação ao grupo controle. Sendo assim, mesmo que os músicos participantes da pesquisa fossem amadores (como critério de inclusão, os integrantes não deveriam realizar a prática musical profissionalmente, porém necessitavam ter iniciado o estudo da música durante a infância ou início da adolescência, com frequência de exposição à prática musical de duas vezes na semana), observou-se melhora nas habilidades do processamento temporal, contribuindo com a hipótese de que a prática musical proporciona efeitos positivos nestas competências (Bohn et al., 2022).

O mesmo resultado foi encontrado pelo estudo de Junior et al. (2022), que utilizaram testes diferentes para também avaliar as habilidades auditivas temporais, ainda que não houvessem diferenças no teste eletrofisiológico escolhido para avaliar o grupo de músicos e não-músicos. Os autores concluem que quando músicos são avaliados a partir de uma perspectiva funcional, seus desempenhos são superiores quando comparados a não músicos, "ressaltando o aprimoramento das habilidades auditivas pela prática musical instrumental" (p. 7).

No trabalho de Nascimento et al. (2010), cujos participantes do grupo experimental eram violinistas de uma orquestra que possuíam formação musical (com teoria musical inclusa), observou-se que, além de os músicos terem obtido melhores resultados no Teste de Padrão de Frequência (TPF), que avalia a

habilidade de ordenação temporal, notou-se que a etapa de murmúrio ou *humming* murmúrio se aproximou consideravelmente do tom do estímulo sonoro, repetindo o som de forma extremamente precisa dos músicos mais experientes com maior tempo de teoria musical.

Estudos envolvendo neuroimagem também relacionam a prática musical com aprimoramento de habilidades: Zamorano et al. (2017) demonstrou que o treinamento e prática musical podem levar a complexas mudanças neuroplásticas significativas nas redes baseadas na ínsula, e Pallesen et al. (2010) apresentou resultados em que músicos tiveram desempenho superior em tarefas envolvendo memória de trabalho em comparação aos não-músicos. Pesquisas também mostram melhor desempenho na discriminação de altura (pitch) e ritmo em crianças com treinamento musical. Além disso, revelam maior ativação em áreas cerebrais de instrumentistas em tarefas que envolvem discriminação melódica e rítmica (Wan e Schlaug, 2010)

Ainda que hajam estudos relacionando o efeito da música no PA de indivíduos músicos e não-músicos, Kraus e Nicol (2017) expõem que existem ainda indagações que necessitam de investigação para solucioná-las. A principal dúvida dos autores é se as mudanças observadas no cérebro de músicos em relação a não-músicos são realmente um efeito da prática musical ou se refletem características preexistentes que levaram essas pessoas a se dedicarem à música. Os autores também questionam se os benefícios para o cérebro vêm da música em si ou, em vez disso, do rigor cognitivo e do comprometimento exigido pela prática musical, comparando com atividades igualmente exigentes, mas não baseadas no som.

3. OBJETIVO

3.1 Objetivo geral

Realizar revisão de literatura voltada a identificar, descrever e analisar efeitos de treinamento musical nas habilidades do processamento auditivo central em crianças normo-ouvintes.

3.2 Objetivos Específicos

3.2.1. Verificar se treinamento musical resulta positivamente no desenvolvimento de habilidades relacionadas ao processamento auditivo de crianças normo-ouvintes.

3.2.2. Identificar e descrever as habilidades auditivas do processamento auditivo central que são estimuladas por meio de treinamentos musicais.

3.2.3. Identificar e descrever formas e critérios utilizados nas tarefas musicais apontadas na literatura.

3.2.4. Identificar e descrever quais os tipos de tarefas musicais apontadas na literatura como estimuladoras de habilidades auditivas do processamento auditivo central.

4. METODOLOGIA

O presente estudo refere-se a uma revisão integrativa de literatura, de caráter qualitativo, natureza analítico-exploratória na qual foram selecionados e analisados artigos científicos originais, publicados na íntegra, referente aos últimos 10 anos, entre os anos de 2014 e 2024. Tais trabalhos buscaram analisar a influência de diferentes habilidades relacionadas ao processamento auditivo central entre grupos de crianças que passaram por treinamento musical.

Duas perguntas eliciaram a base para a presente revisão: De acordo com a literatura científica, o treinamento musical resulta positivamente no desenvolvimento de habilidades relacionadas ao processamento auditivo central de crianças normo-ouvintes? Em caso afirmativo: Quais habilidades do processamento auditivo central são descritas na literatura como estimuladas a partir de treinamento musical? A seleção dos artigos se deu por meio de consulta às bases de dados *Scientific Eletronic Library Online* (SciELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciência da Saúde (LILACS) e PubMed/Medline.

Foram utilizados os seguintes descritores em português: “audição”, “criança”, “processamento auditivo”, “música” e “treinamento”. É preciso ressaltar que o termo “processamento auditivo” é um sinônimo de “percepção auditiva” segundo os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), porém, foi escolhido como termo principal em razão de “percepção auditiva” ser antigo. Em relação aos descritores em inglês, foram escolhidos: “hearing”, “child”, “auditory processing”, “music” e “training”. Tais descritores foram escolhidos a partir de pesquisa na lista de DeCS.

Os descritores “música” e “music” foram os principais, sendo estes combinados por meio do uso do operador *booleano* “AND” a “Audição”, “Criança”, “Processamento auditivo” e “Treinamento” (Figuras 1 e 2). Esta combinação foi usada nas buscas pelos artigos nas bases de dados Scielo, LILACS e PubMed.

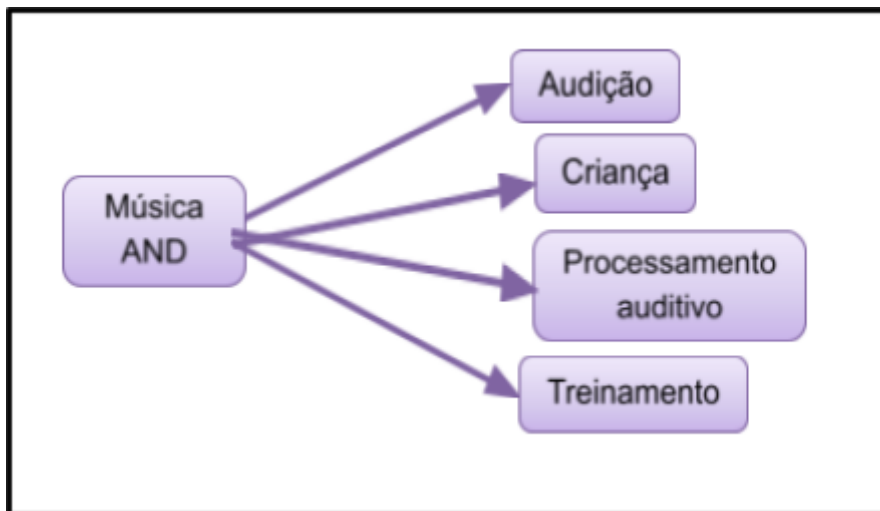


Figura 1. Combinação do descritor principal “Música” com os outros descritores em língua portuguesa. **Fonte:** Autoria própria, 2025.

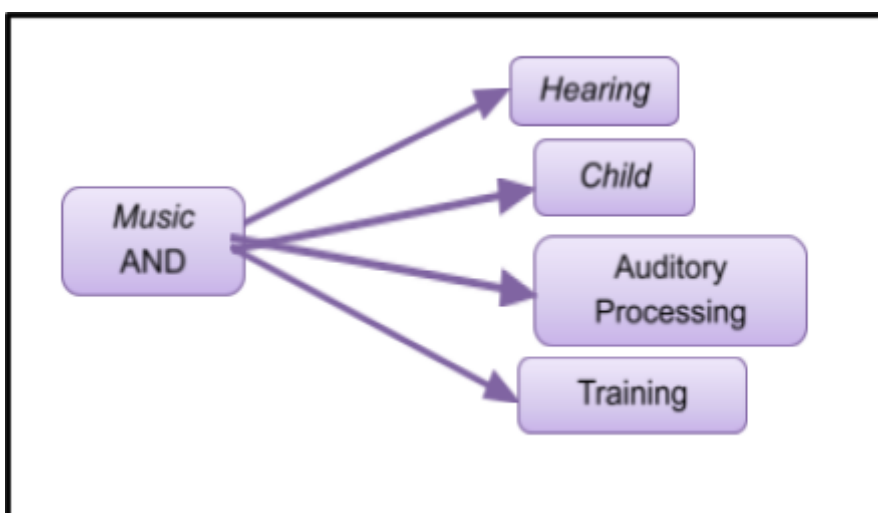


Figura 2. Combinação do descritor principal “Music” com os outros descritores em língua inglesa. **Fonte:** Autoria própria, 2025.

Para selecionar os artigos, foram obedecidos critérios de inclusão e exclusão, com a elaboração prévia de formulário para feitura do Teste de Relevância (Figura 3), os quais são apresentados a seguir:

Questões	Sim	Não
Trata-se de um artigo científico original divulgado nas bases de dados?		
O ano de publicação se encontra no período de 2014 a 2024?		
O artigo foi publicado na íntegra?		
O artigo visa verificar se há benefícios de treinamento musical relacionado às habilidades auditivas do PAC em crianças normo-ouvintes?		
O artigo discute quais habilidades do processamento auditivo central possivelmente foram beneficiadas pelo treinamento musical?		

Figura 3. Teste de relevância para verificação ao atendimento dos critérios de inclusão estabelecidos para seleção dos artigos. **Fonte:** Autoria própria, 2025.

Dando continuidade à seleção dos artigos, os trabalhos que foram selecionados a partir do Teste de Relevância I passaram pelo Teste de Relevância II (Figura 4). Era necessário que o trabalho envolvesse os participantes dos estudos em programas de treinamentos musicais, os quais deveriam ser descritos em suas metodologias, e não apenas compararam indivíduos com experiências musicais daqueles que não as tinham.

Critérios de inclusão II	Sim	Não
O estudo apresenta um grupo experimental de crianças que passaram por treinamento musical, comparadas a um grupo controle?		
O supracitado treinamento musical tem seus métodos descritos no estudo?		
O estudo relaciona o treinamento musical e seus possíveis efeitos nas habilidades auditivas do processamento auditivo central?		

Figura 4. Teste II de relevância para a seleção dos artigos. **Fonte:** Autoria própria, 2025.

Na base de dados “SciELO”, os filtros aplicados foram “todos”, “últimos 10 anos”, “ciências da saúde”, tanto para a combinação dos descritores em inglês quanto para os descritores em português. Na LILACS, o filtro foi “últimos 10 anos”. Na PubMed, os filtros foram “free full text”, “últimos 10 anos”, “clinical trial”, “meta-analysis” e “randomized controlled trial”. Para seleção dos artigos, inicialmente foram encontrados 26.324 estudos, que pertenciam ao período selecionado – 10 últimos anos, a partir da combinação dos descritores nas bases de dados.

Após a aplicação dos filtros supracitados, foram encontrados 1.263 artigos. Deste conjunto, foi feita a verificação dos títulos e exclusão dos replicados, e, a partir

disso, sobraram 9 artigos. Destes, dois foram excluídos após leitura de resumo, restando 7 artigos. Estes também tiveram seus resumos lidos, e todos, exceto um, passaram nos testes de relevância I e II, portanto, foram selecionados para o presente trabalho, tendo, por fim, 6 artigos. O fluxograma na Figura 5 ilustra as etapas da seleção dos artigos.

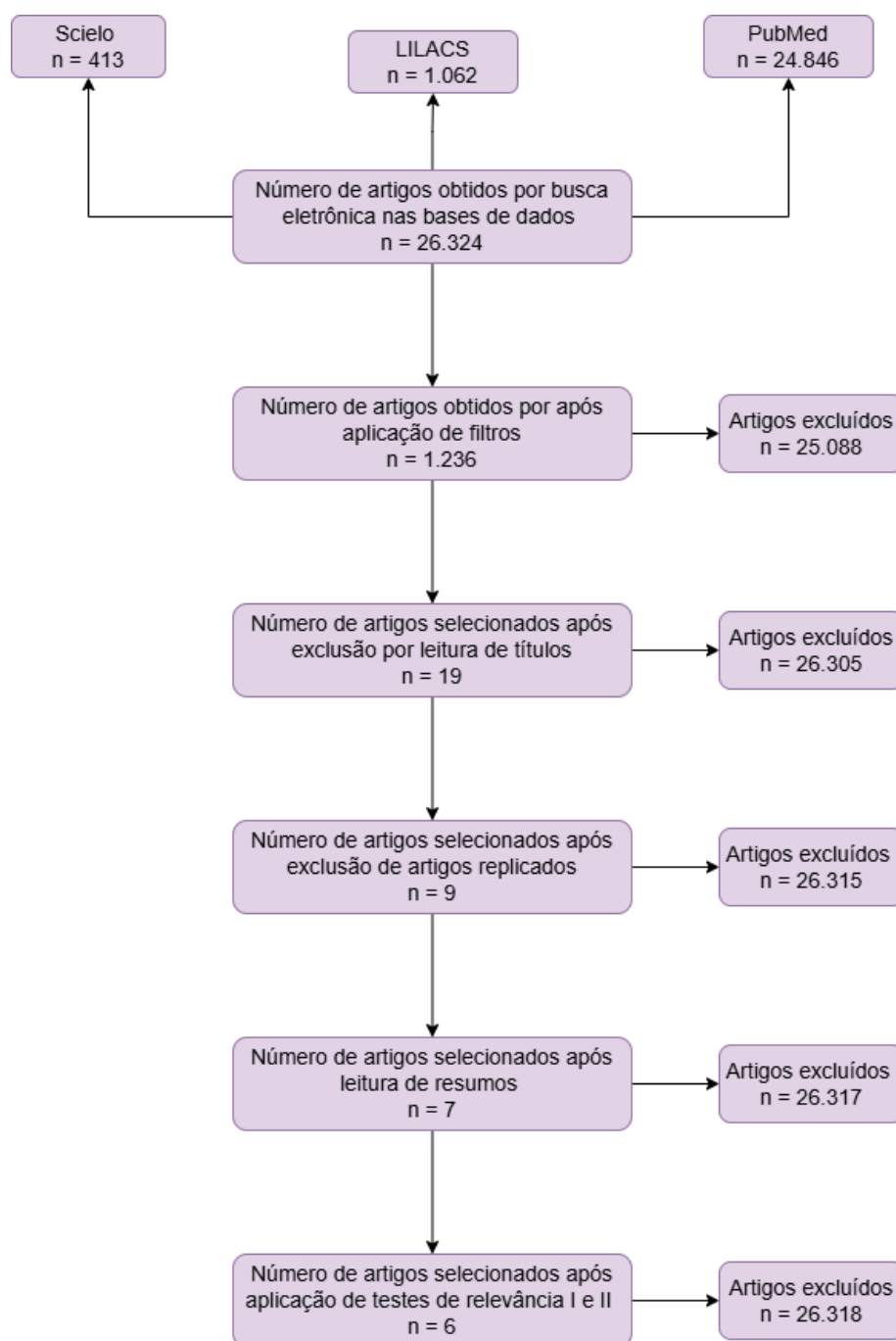


Figura 5. Fluxograma das etapas da seleção dos artigos. **Fonte:** Autoria própria, 2025.

A seguir, a Figura 6 demonstra as etapas da pesquisa para o desenvolvimento deste estudo.

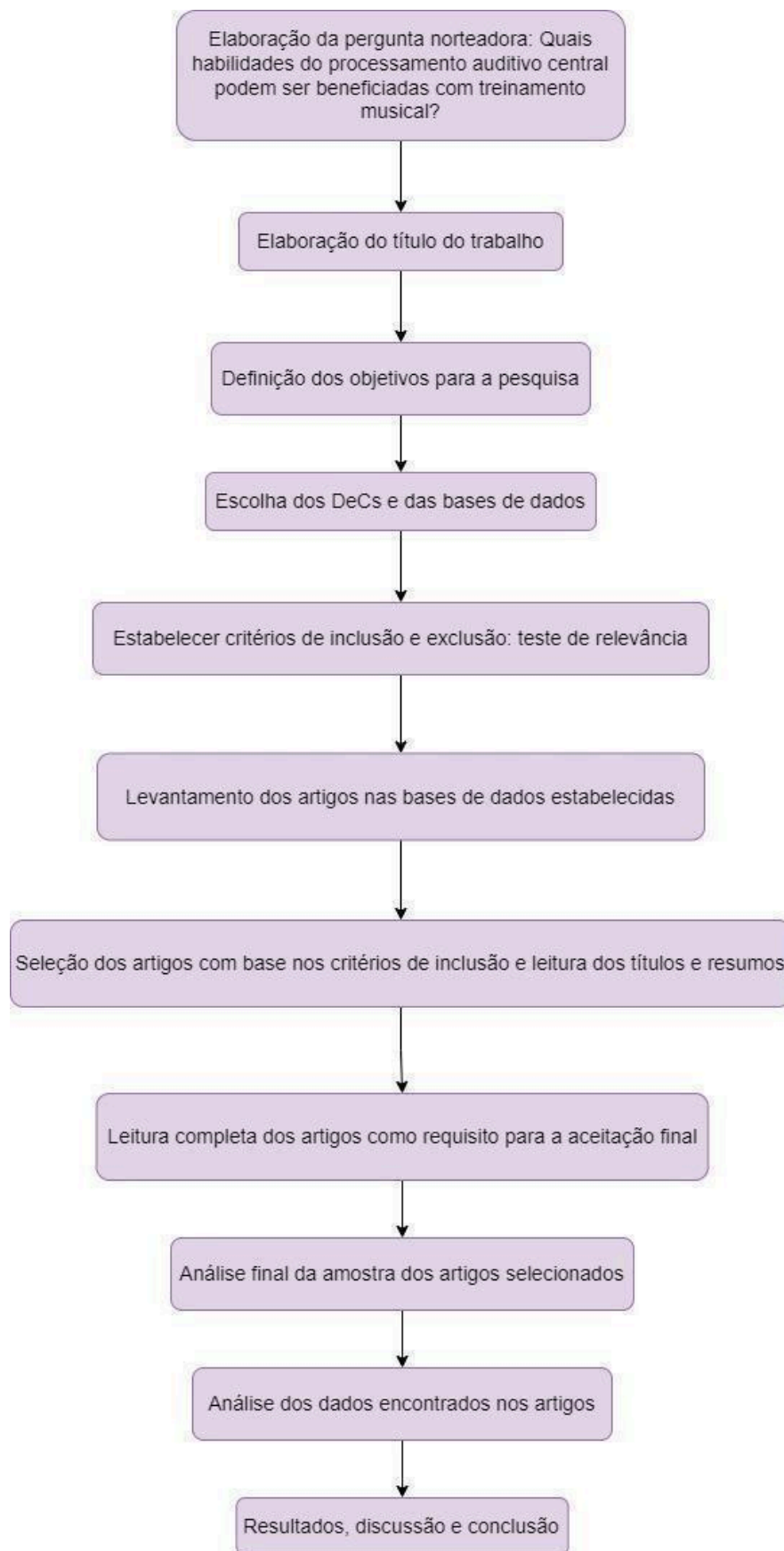


Figura 6. Fluxograma das etapas do presente estudo. **Fonte:** Autoria própria, 2025.

5. RESULTADOS E COMENTÁRIOS

Este estudo teve como objetivo identificar os efeitos do treinamento musical nas habilidades do processamento auditivo central em crianças normo-ouvintes. Teve como premissas norteadoras da revisão de literatura buscar os seguintes aspectos: apurar e analisar se a literatura científica aponta benefícios de treinamento auditivo no desenvolvimento de habilidades auditivas do processamento auditivo central e quais seriam as beneficiadas, investigando-se ainda quais procedimentos foram adotados para o treinamento musical.

Dessa forma, ao final do processo sistemático de seleção, portanto, em obediência aos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, foram obtidos seis artigos, lidos na íntegra e analisados e, a partir dessa análise, selecionados os dados pertinentes à presente revisão.

O Quadro 1 contém a identificação dos seis artigos selecionados incluindo-se título, autor e o ano em que foram publicados. O Anexo 1 deste documento apresenta os resumos dos trabalhos incluídos, enumerados de um a seis, com seus respectivos títulos.

Destaca-se que cinco dos artigos selecionados são estrangeiros, com predomínio de produção relacionado ao ano de 2019.

Apesar da pesquisa ter sido realizada tanto com os descritores DeCS em português como em inglês, somente foi encontrado um artigo brasileiro. As publicações apresentadas em inglês e espanhol foram mantidas nas respectivas línguas de origem no Quadro 1 e foi possível identificar que os países de procedência foram México, Finlândia, Canadá, China e França, além da publicação brasileira.

Apesar de a busca da presente revisão buscarem contemplar os 10 últimos anos, é notório se verificar pelos anos de publicação dos artigos selecionados que é recente a busca da produção científica relacionada a compreender possibilidades de benefícios de treinamento musical no desenvolvimento de habilidades do processamento auditivo central em crianças normo-ouvintes, ainda que a literatura afirme que desde o começo do século XX exista interesse entre música e plasticidade cerebral. O fato da pulverização dos estudos em relação aos países de procedência, bem como o número reduzido de publicações reforça ainda mais tal constatação.

Quadro 1. Identificação dos artigos selecionados para a pesquisa.

Artigo	Título do artigo	Autores	Periódico	Ano de publicação
1	Influência da musicalização infantil nas habilidades auditivas de pré-escolares.	Jesus, Evellyn Silva Azevedo de; Silva, Isabella Monteiro de Castro.	Auditory Communication Research	2019
2	Influencia de un entrenamiento en discriminación de estímulos tonales en la conciencia fonológica de niños preescolares. Estudio piloto.	Moyeda, Iris Xóchitl Galicia.	Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo	2017
3	Improved Auditory Function Caused by Music Versus Foreign Language Training at School Age: Is There a Difference?	Tervaniemi, Mari et al.	Oxford University Press	2022
4	Short-term Music Training Enhances Complex, Distributed Neural Communication during Music and Linguistic Tasks	Carpentier, Sarah M.; Moreno, Sylvain; McIntosh, Anthony R.	Journal of Cognitive Neuroscience	2016
5	Piano training enhances the neural processing of pitch and improves speech perception in Mandarin-speaking children	Nan, Yun et al.	Proceedings of the National Academy of Sciences	2018
6	Music training with Démos program positively influences cognitive functions in children from low socio-economic backgrounds	Barbaroux, Mylène; Dittinger, Eva; Besson, Mireille	PLOS ONE	2019

A seguir, o Quadro 2 contém os objetivos, mencionados em cada estudo selecionado.

Quadro 2. Identificação dos objetivos em cada artigo.

Título da publicação	Objetivo do estudo
Influência da musicalização infantil nas habilidades auditivas de pré-escolares.	Verificar a associação entre musicalização infantil e habilidades auditivas de ordenação temporal e localização sonora em pré-escolares de 5 e 6 anos.
<i>Influencia de un entrenamiento en discriminación de estímulos tonales en la conciencia fonológica de niños preescolares. Estudio piloto.</i>	Avaliar se um treinamento em discriminação de estímulos musicais tem efeitos na consciência fonológica de crianças que frequentam a terceira série da educação pré-escolar.
<i>Improved Auditory Function Caused by Music Versus Foreign Language Training at School Age: Is There a Difference?</i>	Comparar os efeitos do treinamento musical e do aprendizado de uma língua estrangeira no desenvolvimento neurocognitivo auditivo em crianças chinesas de 8-11 anos, entendendo se o treinamento musical melhora a percepção auditiva de maneira diferente do aprendizado de um idioma estrangeiro, e como essas habilidades interagem no cérebro infantil.
<i>Short-term Music Training Enhances Complex, Distributed Neural Communication during Music and Linguistic Tasks</i>	Obter melhor entendimento dos efeitos funcionais cerebrais do treinamento musical e de segunda língua que poderiam apoiar os efeitos de transferência cognitiva anteriormente observados.
<i>Piano training enhances the neural processing of pitch and improves speech perception in Mandarin-speaking children</i>	Examinar os possíveis mecanismos subjacentes aos benefícios linguísticos do aprendizado musical por meio de duas perspectivas: processamento de sons comuns e cognição geral.
<i>Music training with Démos program positively influences cognitive functions in children from low socio-economic backgrounds</i>	Avaliar o impacto de um programa de treinamento de música clássica (Démos) em diversos aspectos do desenvolvimento cognitivo de crianças de origens sócio-econômicas baixas.

Tendo em vista a investigação da relação entre o treinamento musical e o desenvolvimento cognitivo e auditivo em crianças, os estudos buscaram entender estes aspectos no tocante aos processos cognitivos, além da relação às habilidades auditivas que compõem o processamento auditivo central. Existe outra intersecção entre alguns artigos: estudo da interação entre música e linguagem, como nos artigos de Moyeda (2017), Carpentier, Moreno e McIntosh (2016) e Barbaroux, Dittinger w Besson (2019). Em outras palavras, é possível notar o interesse entre investigar efeitos do treinamento musical por meio da avaliação de mecanismos de transferência cognitiva para outras áreas do conhecimento.

Dois estudos também analisaram como o treinamento musical afeta o funcionamento neurocognitivo, por meio de comparação entre a ação do treinamento

musical com aprendizado de língua estrangeira (Tervaniemi et al., 2022; Carpentier, Moreno e McIntosh, 2016).

A seguir, o Quadro 3 refere-se à caracterização da amostra de cada estudo.

Quadro 3. Caracterização da amostra de cada artigo

Título do artigo	Faixa etária abordada	Número de participantes e Sexo
Influência da musicalização infantil nas habilidades auditivas de pré-escolares.	Entre 5 anos a 6 anos e 11 meses.	Do sexo feminino, haviam 7 meninas de 5 anos, e 8 meninas de 6 anos. Do sexo masculino, haviam 8 meninos de 5 anos e 7 meninos de 6 anos.
<i>Influencia de un entrenamiento en discriminación de estímulos tonales en la conciencia fonológica de niños preescolares. Estudio piloto.</i>	Entre 4 anos e 6 meses e 5 anos e 3 meses de idade.	28 participantes. Não há referência no estudo quanto aos sexos da amostra.
<i>Improved Auditory Function Caused by Music Versus Foreign Language Training at School Age: Is There a Difference?</i>	Entre 8 e 11 anos.	Na fase inicial, haviam 123 participantes. Participaram do pós-teste 29 participantes do grupo musical, com idade média de 9 anos, sendo 6 meninos e 23 meninas. Do grupo de inglês, participaram 37 crianças, com idade média de 9 anos, sendo 21 meninos e 16 meninas.
<i>Short-term Music Training Enhances Complex, Distributed Neural Communication during Music and Linguistic Tasks.</i>	Entre 4 e 6 anos.	36 crianças participantes sem sexo informado.
<i>Piano training enhances the neural processing of pitch and improves speech perception in Mandarin-speaking children</i>	Entre 4 e 5 anos.	30 participantes sem sexo informado para o grupo de piano, 28 para o grupo de leitura, e 16 para grupo controle.
<i>Music training with Démos program positively influences cognitive functions in children from low socio-economic backgrounds</i>	Entre 7 e 12 anos	35 crianças, sendo 18 meninas e 17 meninos.

A seguir, as Figuras 7 e 8 apresentam gráficos em relação ao sexo e a idade dos participantes dos estudos. Três artigos foram excluídos do gráfico em relação ao sexo por não informarem. A Figura 8 utiliza a média das idades apresentadas por cada artigo.

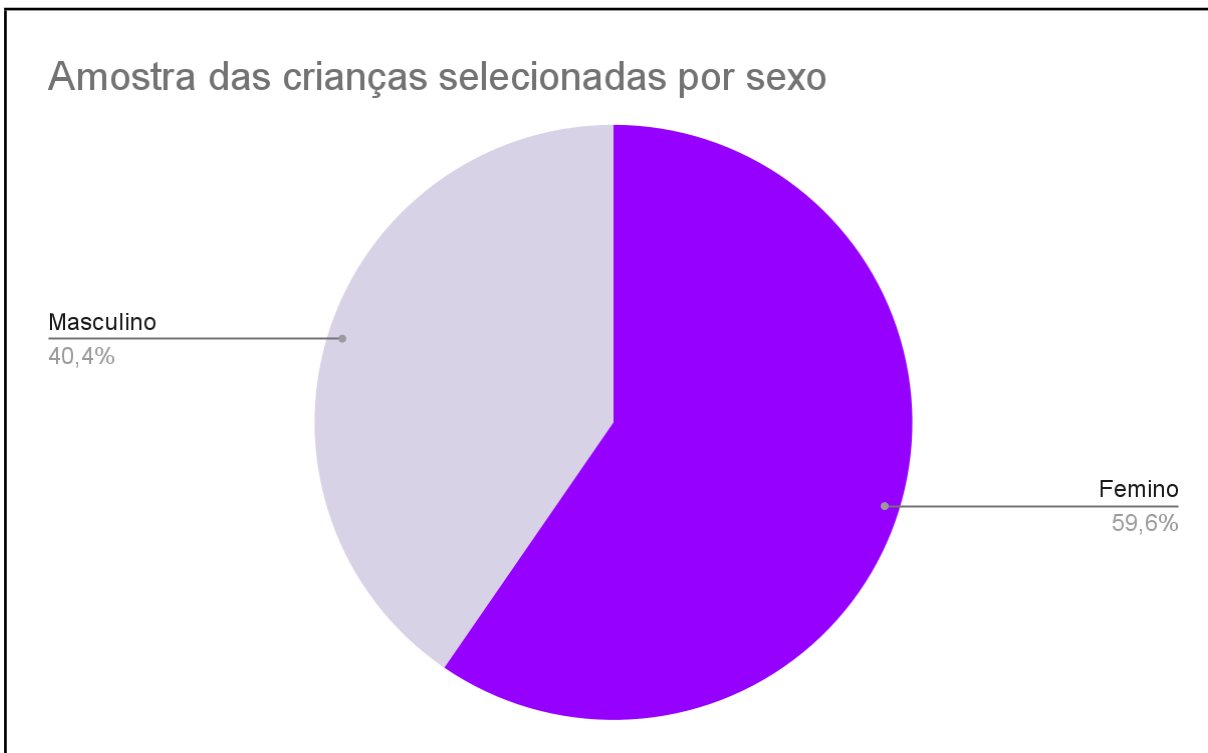


Figura 7. Amostra dos participantes dos estudos distribuídos por sexo. **Fonte:** Autoria própria.

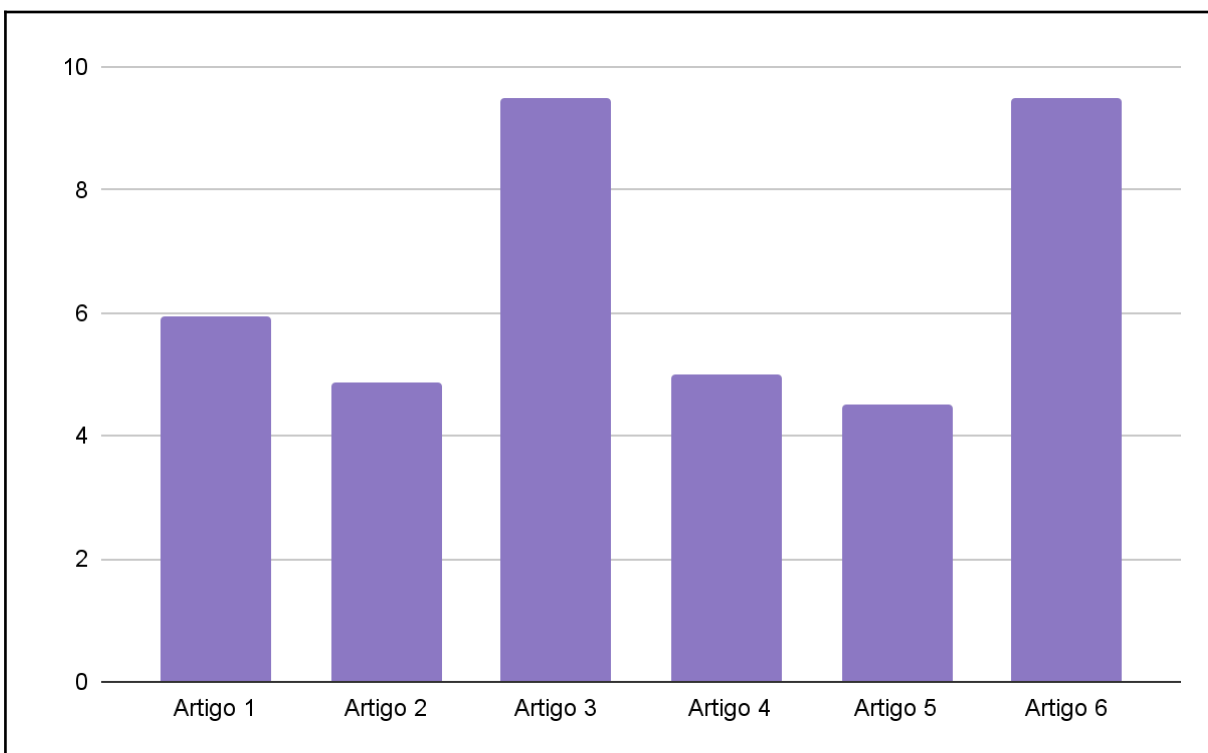


Figura 8. Amostra dos participantes dos estudos selecionados de acordo com a idade. **Fonte:** Autoria própria.

Todos os programas envolvem crianças, sendo que três tiveram participantes a partir de 4 anos de idade (Moyeda, 2017; Carpentier, Moreno e McIntosh, 2016; Nan et al., 2018). O programa que mais estendeu a faixa etária dos participantes foi o de Barbaroux, Dittinger e Besson (2019), que admitia crianças de até 12 anos. A maior parte dos estudos foca em crianças de 4 a 6 anos.

Os treinamentos para crianças pequenas priorizam a percepção auditiva e interação lúdica com sons, enquanto os programas para crianças mais velhas introduzem teoria musical e prática instrumental. Quatro dos artigos mencionam que o treinamento era conduzido em grupo (Moyeda, 2017; Carpentier, Moreno e McIntosh, 2016; Nan et al., 2018; Barbaroux, Dittinger e Besson, 2019)

Em relação à duração dos programas daqueles estudos que a registraram, estes variam de 20 dias (Carpentier, Moreno e McIntosh, 2016) a 18 meses (Barbaroux, Dittinger e Besson, 2019), mas a maioria dura pelo menos um mês. Os treinamentos mais longos, de 6 meses ou mais, tendem a ser orquestrais ou instrumentais (Jesus e Silva, 2019; Tervaniemi et al., 2022; Nan et al., 2018; Barbaroux Dittinger e Besson, 2019), enquanto os mais curtos, com duração de poucas semanas, focam na discriminação auditiva e percepção musical (Moyeda, 2017; Carpentier, Moreno e McIntosh, 2016).

Sessões com crianças menores (até 6 anos) tiveram duração de até uma hora, variando entre 25 a 60 minutos (Moyeda, 2017; Carpentier, Moreno e McIntosh, 2016; Nan et al., 2018), enquanto as sessões para as crianças mais velhas (6 anos ou mais) podem durar até 2 horas, especialmente quando envolvem prática instrumental e ensaios em grupo (Tervaniemi et al., 2022; Barbaroux, Dittinger e Besson, 2019).

A maioria dos programas ocorre pelo menos duas vezes por semana, garantindo uma exposição regular à música. Alguns treinamentos mais intensivos, como os de curta duração, realizam sessões diárias, enquanto programas mais longos equilibram a frequência com a duração do treinamento. O treinamento descrito por Barbaroux, Dittinger e Besson (2019), afirma que houve, ainda, prática complementar instrumental em casa pelos participantes.

A seguir, o Quadro 4 refere-se às tarefas musicais apontadas por cada artigo.

Quadro 4. Descrição dos Programas de treinamento musical elaborados pelos estudos selecionados.

Artigo	Duração do treinamento	Frequência do treinamento	Conteúdo abordado
1	Não especificou.	Não especificou.	O programa musical utilizado foi o projeto de extensão Música para Crianças (MPC) de uma instituição de ensino superior pública, que inicia o acolhimento de bebês de 6 meses, para que tenham um primeiro contato com ritmo e melodias. A partir dos 4 anos de idade, há inicialização na teoria musical, em que começa o treino de leitura rítmica e solfejo, preparando as crianças para o aprendizado de um instrumento musical. A prática de violino se inicia aos 4 anos, e a dos demais instrumentos, aos 6.
2	20 sessões.	25 minutos cada sessão.	14 sessões foram destinadas ao treinamento em grupo, enquanto as demais abordaram diferentes aspectos do aprendizado musical. Duas sessões focaram na discriminação de contornos melódicos ascendentes e descendentes, enquanto quatro foram dedicadas à distinção entre sons graves e agudos. Cinco sessões tiveram como objetivo a identificação de diferenças ou semelhanças entre pares de melodias, uma reforçou a discriminação de contornos melódicos, outra trabalhou a diferenciação entre sons agudos e graves, e a última sessão foi voltada para a distinção de padrões melódicos. O programa baseou-se em atividades lúdicas para a discriminação dos sons e suas características, que incluíam exercícios associando música e um movimento corporal – por exemplo, foi apresentado às crianças um estímulo musical e associado um movimento físico, como levantar a mão ao ouvir um som ascendente e abaixar a mão ao ouvir um som descendente.
3	50 sessões distribuídas em 2 semestres.	Duas vezes por semana, com sessão de treinamento de uma hora, e intervalo de 10 minutos no meio.	O currículo do programa de música incorporou uma abordagem combinada entre o método Kodály e a metodologia de Teoria Musical e Solfejo, desenvolvida pelo Conservatório Central de Música da China. O aprendizado abrangeu competências essenciais para música, como ritmo, altura dos sons, leitura de partituras e canto. Para o ensino dessas habilidades, foram utilizadas dinâmicas interativas, incluindo jogos, atividades em grupo e exercícios práticos individuais.
4	20 dias, durante um período de quatro semanas, excluindo os finais de semana.	Sessões ocorreram duas vezes ao dia, com duração de uma hora cada.	A atividade consistiu em um programa computadorizado aplicado em grupo dentro de uma sala de aula. O programa musical foi estruturado com uma combinação de atividades motoras, perceptivas e cognitivas. Tanto o programa musical quanto o programa de língua estrangeira incluíam interações e discussões com o professor ou entre as crianças da turma. Durante as aulas, os alunos foram treinados em ritmo, melodia, altura dos sons e conceitos musicais fundamentais.
5	Seis meses, com uma pausa de um mês devido a um feriado local.	Sessões com duração de 45 minutos e três vezes por semana.	As sessões eram ministradas em grupos de quatro a seis crianças. O treinamento de piano seguiu um programa estruturado, abrangendo conceitos básicos sobre notas, ritmo e notação musical. As crianças foram orientadas a escutar, diferenciar e reconhecer notas musicais. Além disso, praticavam tocar piano tanto com o auxílio de gravações em CD quanto de forma independente.
6	18 meses, com exceção do período de férias	Treinamento duas vezes por semana, com sessões de duas horas cada.	Pequenos grupos, compostos por 6 a 7 crianças, eram formados de acordo com o instrumento escolhido, sendo eles de corda ou sopro. Além das aulas regulares, eram oferecidas aulas adicionais de orquestra uma vez a cada 6 semanas, com duração de 2 horas, para preparar as crianças para um concerto público realizado com músicos profissionais da orquestra da Ópera ao final de cada ano

		<p>Total de 250 horas, além da prática do instrumento, de 2 a 3 vezes por semana, com duração de 45 minutos por semana.</p>	<p>letivo. A abordagem de ensino foi inspirada nos métodos Suzuki e Kodály, que enfatizam a escuta, a imitação e a memorização. Cada criança aprendeu a identificar diferentes instrumentos e a reproduzir os sons e músicas apresentados pelo professor em seu próprio instrumento. Além disso, foram gradualmente treinadas para a leitura de partituras musicais.</p>
--	--	---	--

Os treinamentos descritos compartilham princípios e abordagens educacionais semelhantes, todas voltadas para apoiar suas hipóteses de que o treinamento realizado poderá possibilitar o desenvolvimento auditivo, motor, cognitivo e/ou social das crianças que participam.

O aspecto de associação de atividades lúdicas que relacionaram o treinamento musical com atividade motora foi mencionado em dois estudos. O método Kodály foi adotado em outras duas pesquisas. Há uma progressão estruturada vista em alguns estudos, que iniciam com ritmo e melodia, avançando para discriminação auditiva, abordando aspectos de teoria musical, e culminando no aprendizado de instrumentos musicais.

O treino de ritmo foi observado em quatro dos artigos (Jesus e Silva, 2019; Tervaniemi et al., 2022; Carpentier, Moreno e McIntosh, 2016; Nan et al., 2018), bem como conhecimento de leitura musical, referenciado como solfejo (Jesus et al., 2019), leitura de partituras (Tervaniemi et al., 2022) e notação musical (Nan et al., 2018).

Foi identificado pela literatura que as tarefas musicais eram empregadas de forma dinâmica ou por meio de jogos às crianças, como estimular discriminação auditiva de aspectos dos sons (contornos melódicos ascendentes e descendentes, sons graves e agudos, pares de melodias e padrões melódicos) apresentando-os enquanto era solicitado uma atividade motora e interativas. Tanto atividades em grupo quanto exercícios práticos individuais se mostraram vantajosos para o emprego dos treinos musicais.

A seguir, a Tabela 1 refere-se às habilidades auditivas estimuladas em cada estudo selecionado.

Tabela 1. Habilidades auditivas estimuladas em cada artigo.

Artigo	Discriminação auditiva	Atenção e Memória auditiva	Localização sonora	Processamento temporal auditivo
1			X	X
2	X			
3	X			
4	X	X		X
5	X	X		
6	X	X		

Percebe-se que a habilidade auditiva mais citada pelos estudos foi a de discriminação auditiva, a qual esteve presente em cinco dos seis estudos. As habilidades envolvidas no processamento temporal também foram contempladas nos estudos, sendo objetos de dois dos seis artigos. Habilidades que não são específicas ao PA, mas que são secundárias e essenciais a seu funcionamento – como memória auditiva e atenção auditiva, também foram estimuladas. Além destas, habilidades que não pertencentes ao PA – habilidades visuoespaciais, por exemplo, que são voltadas à cognição, aparecem nos estudos.

Conforme apontado pela literatura, a discriminação auditiva possui função importante para a linguagem, uma vez que é necessária para que a criança identifique e distinga sons específicos que desenvolverão sua fala conforme o modo linguístico adulto de sua língua nativa (Brançalioni et al., 2012). Dessa forma, estimular tal habilidade pode ser uma ferramenta importante para produção adequada dos sons da fala.

Outras habilidades auditivas que têm impacto no desenvolvimento da linguagem e que foram bastante contempladas nos estudos selecionados são aquelas envolvidas no processamento temporal, especialmente ordenação e resolução temporal. Essas capacidades auditivas trabalham na percepção da fala contínua e de seus segmentos isolados. Quando não são adequadamente desenvolvidas, podem acarretar em dificuldades em diversos subsistemas da linguagem, incluindo aprendizagem da linguagem oral, segmentação fonêmica das

palavras, dificuldades na percepção da prosódia e da entonação (Terto e Lemos, 2011).

A escolha dos autores dos estudos pela habilidade de discriminação auditiva pode estar justificada na relevância dessa habilidade para o desenvolvimento da linguagem infantil. Além disso, a literatura já contemplou a relação desta capacidade auditiva e música, apontando que o treinamento musical pode favorecê-la (Wan e Schlaug, 2010). Em relação ao processamento temporal, a recorrência nos trabalhos segue a tendência da literatura: as habilidades que compõem esse processamento são muito estudadas em músicos em razão de ser essencial para a percepção dos elementos acústicos. Aspectos como o ritmo — que envolve a organização do tempo e o andamento da música — além da duração das notas e das pausas, estão diretamente ligados à percepção temporal dos sons (Quental, Amaral e Couto, 2020).

A seguir, a Tabela 2 refere-se aos testes utilizados para avaliação das habilidades auditivas realizados após o treinamento musical em cada artigo. Em Anexos II, é possível encontrar as técnicas de avaliação de forma detalhada.

Tabela 2. Testes utilizados para avaliação das habilidades auditivas realizadas após o treinamento musical em cada artigo

Títulos dos Estudos	Testes Utilizados nos Estudos Seleccionados	
	Comportamentais	Eletrofisiológicos
Influência da musicalização infantil nas habilidades auditivas de pré-escolares	X	
<i>Influencia de un entrenamiento en discriminación de estímulos tonales en la conciencia fonológica de niños preescolares. Estudio piloto.</i>	X	
<i>Improved Auditory Function Caused by Music Versus Foreign Language Training at School Age: Is There a Difference?</i>	X	X
<i>Short-term Music Training Enhances Complex, Distributed Neural Communication during Music and Linguistic Tasks</i>		X
<i>Piano training enhances the neural processing of pitch and improves speech perception in Mandarin-speaking children</i>	X	X
<i>Music training with Démos program positively influences cognitive functions in children from low socio-economic backgrounds</i>	X	

Os testes comportamentais do PAC são instrumentos que possibilitam a análise das habilidades auditivas e das diferentes regiões e funções do Sistema Nervoso Auditivo Central (SNAC). Os testes utilizam variados tipos de estímulos, tanto verbais quanto não verbais, e podem ser administrados de forma binaural (em ambas as orelhas) ou monaural (em uma orelha por vez) (Mendes-Civitella et al., 2020).

As avaliações foram feitas por meio de testes comportamentais, eletrofisiológicos ou uma combinação de ambos. Três dos artigos utilizam ferramentas comportamentais (Jesus e Silva, 2019; Moyeda, 2017; Barbaroux, Dittinger e Besson, 2019), e dois utilizaram testes eletrofisiológicos para complementar os comportamentais (Nan et al., 2018; Tervaniemi et al., 2022).

Apenas um estudo utilizou somente testes eletrofisiológicos (Carpentier, Moreno e McIntosh, 2016).

Em alguns casos, além de habilidades auditivas, foram avaliadas habilidades cognitivas e linguísticas também, além de testes para medir aptidões musicais. Três estudos utilizaram eletroencefalograma (EEG) para medir respostas cerebrais a estímulos sonoros. O Mismatch Response (MMR) e o Potencial Evocado Auditivo P2 foram utilizados para entender a codificação do pitch e a plasticidade neural após o treinamento musical. Estas ferramentas não foram abordadas com profundidade neste estudo em razão de não ser a finalidade.

Todos os estudos envolveram grupo experimental, que recebeu treinamento musical e um grupo controle, que não recebeu treinamento ou passou por outra intervenção, como aprendizado de uma segunda língua. Essa abordagem permitiu isolar os efeitos específicos da musicalização sobre o desenvolvimento infantil. Alguns estudos avaliaram os participantes antes e depois do treinamento musical, enquanto outros realizaram testes após um intervalo de semanas ou meses para medir a retenção dos efeitos do treinamento.

A seguir, o Quadro 5 refere-se aos resultados do treinamento musical citados como efeitos em cada artigo. Em Anexo III, é possível encontrar o quadro com informações mais detalhadas.

Quadro 5. Resultados do treinamento musical citados como efeitos em cada artigo.

<p>Título do artigo: Influência da musicalização infantil nas habilidades auditivas de pré-escolares.</p>
<p>Efeitos do treinamento musical: Pré-escolares de 5 e 6 anos que participaram de musicalização infantil demonstraram melhor desempenho nos testes de memória sequencial não verbal e verbal, além de habilidades de ordenação temporal, quando comparados aos pré-escolares que não foram expostos à musicalização. Os resultados demonstraram que os participantes com maior tempo de musicalização apresentaram um desempenho superior.</p>
<p>Título do artigo: <i>Influencia de un entrenamiento en discriminación de estímulos tonales en la conciencia fonológica de niños preescolares. Estudio piloto.</i></p>
<p>Efeitos do treinamento musical: O grupo que recebeu treinamento apresentou uma melhora modesta na discriminação de estímulos tonais e na consciência fonológica em comparação com o grupo controle, embora essa melhora não tenha sido estatisticamente significativa. Os efeitos do treinamento específico na discriminação das características tonais dos estímulos foram observados apenas em habilidades da consciência fonológica. Resultados sugerem que o treinamento tonal isolado não foi suficiente para promover mudanças expressivas, indicando que outras atividades podem ser necessárias para potencializar os efeitos na consciência fonológica.</p>
<p>Título do artigo: <i>Improved Auditory Function Caused by Music Versus Foreign Language Training at School Age: Is There a Difference?</i></p>
<p>Efeitos do treinamento musical: Resultados sugerem que a aprendizagem de línguas estrangeiras pode favorecer a codificação de características musicais. Porém, o programa de treinamento em língua estrangeira favoreceu o processamento neural auditivo mais do que o programa de música no contexto de estímulos musicalmente complexos. Ambos, a música e o aprendizado de idiomas, aprimoram as funções auditivas das crianças, mas o impacto pode variar conforme o contexto.</p>
<p>Título do artigo: <i>Short-term Music Training Enhances Complex, Distributed Neural Communication during Music and Linguistic Tasks</i></p>
<p>Efeitos do treinamento musical: Após o treinamento musical, houve um aumento na complexidade do sinal cerebral nas regiões temporais do hemisfério direito, que são especializadas no processamento auditivo espectral, incluindo percepção de altura musical. Esse resultado sugere que o treinamento musical potencializou a capacidade de processamento de informações, ampliando o repertório funcional das regiões cerebrais envolvidas tanto no processamento musical quanto linguístico.</p>
<p>Título do artigo: <i>Piano training enhances the neural processing of pitch and improves speech perception in Mandarin-speaking children</i></p>
<p>Efeitos do treinamento musical: O estudo concluiu que o treinamento musical pode melhorar a percepção da fala de maneira semelhante aos programas fonológicos. O treinamento específico de piano aumentou as sensibilidades comportamentais às consoantes e as sensibilidades neurais aos tons lexicais. No entanto, não foi observado nenhum efeito do treinamento em medidas cognitivas gerais, como o Quociente de Inteligência (QI). Ainda assim, os resultados indicam efeitos positivos do treinamento musical na discriminação de palavras, revelando uma ligação causal entre o treinamento musical e o processamento aprimorado dos sons da fala, tanto no nível neural quanto comportamental.</p>
<p>Título do artigo: <i>Music training with Démos program positively influences cognitive functions in children from low socio-economic backgrounds</i></p>
<p>Efeitos do treinamento musical: Os procedimentos avaliativos mostraram melhorias significativas nas pontuações de musicalidade, inteligência geral, velocidade de processamento e capacidade de concentração, além de um aumento na precisão de leitura. No entanto, o estudo não demonstrou melhoras específicas em habilidades auditivas, inclusive, a atenção auditiva foi uma das funções cognitivas que não se beneficiaram do treinamento musical. Assim, o programa Démos teve efeitos positivos no desenvolvimento cognitivo de crianças de baixa renda, especialmente em áreas como inteligência, atenção e leitura, mas não em habilidades auditivas.</p>

No artigo de Jesus e Silva (2019), os resultados mostraram que os participantes com maior tempo de musicalização apresentaram um desempenho

superior, dialogando com a conclusão de outros estudos que mostram que quanto maior a experiência musical, mais promissores são os resultados em testes de processamento auditivo central, pois é maior o aprimoramento das habilidades do PAC (Alves et al., 2018).

Os estudos apontam que o treinamento musical não impacta igualmente todas as habilidades auditivas, linguísticas e cognitivas, porém traz mudanças dependendo do tipo de treinamento. Resultados não tão significativos foram relacionados ao treinamento tonal isolado (Moyeda, 2017).

É interessante que dois estudos compararam o treinamento musical com o aprendizado de língua estrangeira (Tervaniemi et al., 2022; Carpentier, Moreno e McIntosh, 2016), porém obtiveram resultados opostos: o estudo de Tervaniemi et al. (2022) concluiu que o aprendizado de um idioma estrangeiro foi mais eficaz para melhorar a percepção auditiva geral, enquanto o treinamento musical ajudou na percepção de tons básicos, enquanto Carpentier, Moreno e McIntosh (2016) sugerem que o grupo que recebeu treinamento de língua estrangeira teve poucas mudanças na complexidade neural, sugerindo que o impacto do treinamento musical foi mais amplo.

Apenas o estudo de Barbaroux, Dittinger e Besson (2019) não demonstrou benefício às habilidades auditivas. O programa Démons utilizou uma abordagem inspirada nos métodos Suzuki e Kodály, e este último também foi utilizado no estudo de Tervaniemi et al. (2022), que obteve como resultado que o processamento neural auditivo só foi aprimorado em discriminação da altura do som. O estudo de Barbaroux, Dittinger e Besson (2019) também focou em treino para a leitura de partituras musicais, o que também foi visto nos trabalhos de Jesus e Silva (2019) e Nan et al. (2018), porém, estes alcançaram resultados vantajosos às habilidades auditivas, ao contrário dos primeiros dois artigos citados.

É importante destacar que crianças com menos de sete anos de idade não devem realizar avaliação comportamental do Processamento Auditivo Central (PAC), uma vez que, abaixo dessa faixa etária, o desenvolvimento neuromaturacional ainda não é suficiente para a aplicação adequada das tarefas envolvidas nos testes comportamentais do PAC. Além disso, muitos desses testes não possuem dados normativos específicos para essas idades (Mendes-Civitella et al., 2020). Dessa forma, segundo a Recomendação 01/2018 do Conselho Regional de Fonoaudiologia 2ª Região, crianças com menos de seis anos devem ser avaliadas por meio de uma

avaliação audiológica, eletrofisiológica (por meio de potenciais evocados auditivos) e investigação fonoaudiológica em que se observe aspectos do desenvolvimento auditivo, fonêmico e linguístico. É possível aplicar alguns testes de PAC que já possuem dados normativos em crianças entre seis anos e seis anos e onze meses (Mendes-Civitella et al., 2020).

Com base no exposto, o fato de que a maioria das crianças estudadas nos artigos estava abaixo de sete anos pode influenciar nos resultados dos treinamentos. Por exemplo, no estudo de Moyeda (2017), que teve como amostra crianças entre 4 anos e 6 meses e 5 anos e 3 meses de idade, demonstra que o grupo que recebeu treinamento apresentou apenas melhora modesta e não estatisticamente significativa na discriminação de estímulos tonais e na consciência fonológica em comparação com o grupo controle.

De maneira geral, todos os outros mostram algum benefício do treinamento musical, mas a magnitude do tipo de efeito varia conforme a abordagem. Pelos achados, pode-se entender que treinamentos instrumentais causam maior impacto na percepção da fala (Nan et al., 2016), já os programas orquestrais trazem benefícios para inteligência em geral, atenção e leitura (Barbaroux, Dittinger e Besson, 2019). A consciência fonológica pode precisar de intervenções combinadas com outras estratégias educacionais para gerar melhorias mais significativas (Moyeda, 2017).

Pelos resultados, foi possível observar que a prática de instrumentos musicais, trabalho com ritmo e leitura musical gera resultados positivos às habilidades do processamento auditivo central, visto que os estudos que a contemplaram, de Jesus e Silva (2019) e Nan et al. (2018), apontam melhoras nas habilidades de ordenação temporal e discriminação auditiva, respectivamente.

Embora não fosse objetivo do presente estudo a plasticidade cerebral destaca-se que estudos sugerem efeitos na plasticidade cerebral, evidenciados por mudanças na complexidade do sinal neural e respostas cerebrais aprimoradas em EEG (Tervanemi et al., 2022; Carpentier, Moreno e McIntosh, 2016). Há evidência do potencial cognitivo da música para além de habilidades especificamente auditivas, como memória de trabalho, velocidade de processamento, inteligência em geral e capacidade de concentração (Jesus e Silva, 2019; Carpentier, Moreno e McIntosh, 2016; Nan et al., 2018; Barbaroux, Dittinger e Besson, 2019). O estudo de Jesus e

Silva (2019), sugere ainda que a musicalização pode acelerar o desenvolvimento das habilidades auditivas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo realizar revisão de literatura para analisar os efeitos de treinamento musical nas habilidades do processamento auditivo central em crianças normo-ouvintes, o que foi confirmado por cinco dos seis artigos selecionados os quais afirmam haver algum benefício associado ao treinamento musical.

Os resultados mostram que o treinamento musical não estimula igualmente todas as habilidades auditivas, até mesmo as linguísticas e cognitivas, ainda que a intensidade e o tipo de efeito dependam da metodologia utilizada. A depender do tipo de treinamento, as habilidades auditivas do processamento auditivo central que são consideradas como estimuladas ao se desenvolver treinamentos musicais foram ordenação temporal, discriminação auditiva e processamento auditivo espectral.

As tarefas musicais apontadas como estimuladoras de habilidades auditivas do PAC foram aprendizado de teoria musical, apresentados como treino de leitura rítmica e solfejo, leitura de partituras, treino dos conceitos musicais fundamentais e aprendizado de notação musical. O aprendizado, reconhecimento e treino de altura dos sons para escutar, diferenciar e reconhecer notas musicais também aparecem nos estudos. O trabalho de treino de ritmo parece ser bastante pertinente.

O treino envolvendo melodia e canto também foram citados na literatura. Atividades que associam esses treinos a atividades motoras aparecem como estratégias para empregar esses conhecimentos musicais.

Por fim, o aprendizado de um instrumento musical, teoria musical, treino de discriminação auditiva, de ritmo e de melodia por vezes até associado a atividade motora, pode estimular habilidades do processamento auditivo.

7. REFERÊNCIAS

ALEMÁN, Xiomara. The Effects of Musical Training on Child Development: a Randomized Trial of El Sistema in Venezuela. *Prevention Science*. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27896644/>. Acesso em: 21 mar. 2025.

ALVES, Wilson Antunes et al. Influência da prática musical em habilidades do processamento auditivo central: uma revisão sistemática. *Distúrbios da Comunicação*. 2018. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/dic/article/view/35602/25744>. Acesso em: 11 mar. 2025

American Speech-Language-Hearing Association. *Central auditory processing disorder*. Disponível em: <https://www.asha.org/Practice-Portal/Clinical-Topics/Central-Auditory-Processing-Disorder/>. Acesso em: 9 mar. 2025

BAPTISTA, Ana Catarina; OLIVEIRA, Catarina; MARTINS, Jorge Humberto. Processamento auditivo: da avaliação à intervenção. *Em: FREITAS, Maria João; LOUSADA, Marisa; ALVES, Dina Caetano. Linguística clínica: Modelos, avaliação e intervenção*. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Martins-9/publication/365655279_Capitulo_11_Processamento_auditivo_da_avaliacao_a_intervencao/links/637d3ba037878b3e87d16249/Capitulo-11-Processamento-auditivo-da-avaliacao-a-intervencao.pdf?__c_f_chl_tk=ODyjLL_EL4nC_Q1M0LEpaxH2DQBHXJ93yzJIOykO9To-1741554160-1.0.1.1-K0AToVvIOY1zt1Pt26lvMhKgxSeS16Z.6gbd.IU1qd0. Acesso em: 9 mar. 2025.

BARBAROUX, Mylène; DITTINGER, Eva; BESSON, Mireille. Music training with Démos program positively influences cognitive functions in children from low socio-economic backgrounds. *PLOS ONE*. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31095606/>. Acesso em: 21 mar. 2025.

BRANCALIONI, Ana Rita *et al.* A relação entre a discriminação auditiva e o desvio fonológico. *J Soc Bras Fonoaudiol*, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jsbf/a/cRyBPznB7MMfRWyjYcGF7yN/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.

BENASICH, April A. *et al.* The importance of rapid auditory processing abilities to early language development: Evidence from converging methodologies. *Developmental Psychobiology*, 2002. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/dev.10032>. Acesso em: 21 fev. 2025.

BESS, Fred H.; HUMES, Larry E. *Em: BESS, Fred H.; HUMES, Larry E. Audiologia: Fundamentos*. 2012. cap. 3, p. 55-86.

BONALDI, Laís Vieira. Sistema Auditivo Periférico. *Em: BEVILACQUA, Maria Cecília et al. Tratado de Audiologia*. 2011. cap. 1, p. 03-16.

BONALDI, Laís Vieira; ANGELIS, Marco Antonio De; SMITH, Ricardo Luiz. Anatomia Funcional do Sistema Vestibulococlear. *Em*: FROTA, Silvana. Fundamentos em Fonoaudiologia: Audiologia. 1998. cap. 1, p. 01-17.

BOHN, Vanessa *et al.* A INFLUÊNCIA DA PRÁTICA MUSICAL NO DESEMPENHO DO PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL EM ADULTOS. *Revista InCantare*. 2022. Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/incantare/article/view/8093/5741>. Acesso em: 12 mar. 2025.

CARLINI, Alessandro; BORDEAU, Camille; AMBARD, Maxime. Auditory localization: a comprehensive practical review. *Frontiers in Psychology*. 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2024.1408073/full>. Acesso em 06 mar. 2025

CARPENTIER, Sarah M.; MORENO, Sylvain; McINTOSH, Anthony R. Short-term Music Training Enhances Complex, Distributed Neural Communication during Music and Linguistic Tasks. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2016. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5023326/>. Acesso em: 21 mar. 2025.

DURANTE, Alessandra Spada; TIEPPO, Carla Andréa; NETO, Osmar Mesquita de Sousa. *Em*: MARCHESAN, Irene Queiroz; SILVA, Hilton Justino da; TOMÉ, Marileda Cattelan. Tratado das Especialidades em Fonoaudiologia. 2014. cap. 108, p. 1411-1421.

EGGERMONT, Jos J. Development of the Central Auditory Nervous System. *Em*: Handbook of Central Auditory Processing Disorder: Auditory Neuroscience and Diagnosis. 2014.

FROTA, Silvana. Fundamentos Teóricos do Sistema Auditivo Central Osmar Mesquita de Sousa. *Em*: MARCHESAN, Irene Queiroz; SILVA, Hilton Justino da; TOMÉ, Marileda Cattelan. Tratado das Especialidades em Fonoaudiologia. 2014. cap. 109, p. 1422-1433.

FROTA, *et al.* Masking Level Difference: avaliação da confiabilidade teste-reteste em estudantes universitárias normo-ouvintes. *CoDAS*. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/codas/a/vCNrKMppVMsym7r6pNwx6WF/?format=pdf>. Acesso em 24 fev. 2025.

GEFFNER, Donna. Central Auditory Processing Disorders: Definition, Description, Behaviors, and Comorbidities. *Em*: GEFFNER, Donna; ROSS-SWAIN, Deborah. AUDITORY PROCESSING DISORDERS. 2024. Disponível em: https://www.pluralpublishing.com/application/files/9217/2315/5818/apd4e_SamplePages.pdf?srsIid=AfmBOopWmUTbWnesUmzrWH1PcYVU34W0BAcJxs7Wd_JgwNtQNGSedAVr. Acesso em 9 nov. 2024

GONÇALVES, Maiara Santos. *et al.* DISCRIMINAÇÃO AUDITIVA. *In*: GONÇALVES, Maiara Santos; TEIXEIRA, Adriane Ribeiro. REABILITAÇÃO AUDITIVA INFANTIL: ATIVIDADES LÚDICAS PARA ESTIMULAÇÃO DAS HABILIDADES AUDITIVAS. 2019. Disponível em:

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/216908/001109036.pdf?sequence=1>.
Acesso em: 7 mar. 2025.

HERHOLZ, Sibylle C.; ZATORRE, Robert J. Musical Training as a Framework for Brain Plasticity: Behavior, Function, and Structure. *Neuron*. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896627312009312?via%3Dihub#sec1>. Acesso em: 11 mar. 2025.

HYDE, K. L. *et al.* Musical training shapes structural brain development. *The Journal of Neuroscience*. 2009. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2014.01403/full>. Acesso em: 21 fev. 2025.

JESUS, Evellyn Silva Azevedo de; SILVA, Isabella Monteiro de Castro. Influência da musicalização infantil nas habilidades auditivas de pré-escolares. *Auditory Communication Research*. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/acr/a/sFTnWSQgKJfPSXMpnzSYWJf/?lang=pt>. Acesso em: 21 mar. 2025.

JUNIOR, Flavio Van Ryn *et al.* Processamento auditivo temporal em indivíduos expostos à prática musical instrumental. *CoDAS*, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/codas/a/GTt4SVW4ZMGbhVKV5qvdWmK/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 12 mar. 2025.

KRAUS, Nina *et al.* Engagement in community music classes sparks neuroplasticity and language development in children from disadvantaged backgrounds. *Frontiers in Psychology*. 2014. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2014.01403/full>. Acesso em: 21 fev. 2025.

KRAUS, Nina; WHITE-SCHWOCH, Travis. The power of Neurobiology of Everyday Communication: What Have We Learned From Music?. *The Neuroscientist*. 2017. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/1073858416653593>. Acesso em: 21 fev. 2025.

MARZOLA, Patrícia *et al.* Exploring the Role of Neuroplasticity in Development, Aging, and Neurodegeneration. *Brain Sciences*, 2023. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10741468/pdf/brainsci-13-01610.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2025.

MENDES-CIVITELLA, Marcia *et al.* Guia de Orientação Avaliação e Intervenção no Processamento Auditivo Central. 2020. Disponível em: https://www.fonoaudiologia.org.br/wp-content/uploads/2020/10/CFFa_Guia_Orientacao_Avaliacao_Intervencao_PAC.pdf. Acesso em: 20 maio 2025.

MOYEDA, Iris Xóchitl Galicia. Influencia de un entrenamiento en discriminación de estímulos tonales en la conciencia fonológica de niños preescolares. Estudio piloto. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*. 2017. Disponível

em:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-74672017000200529&script=sci_abstract. Acesso em: 21 mar. 2025.

MUSIEK, Frank E.; SHINN, Jennifer Shinn; HARE, Christine. Plasticity, Auditory Training, and Auditory Processing Disorders. SEMINARS IN HEARING. 2002. Disponível

em:

<https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-2002-35862>. Acesso em: 9 mar. 2025.

NAN, Yun et al. Piano training enhances the neural processing of pitch and improves speech perception in Mandarin-speaking children. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29941577/>. Acesso em: 21 mar. 2025.

NASCIMENTO, Franklin Martins. Habilidades de Sequencialização Temporal em Músicos Violinistas e Não-Músicos. Arq. Int. Otorrinolaringol., 2010. Disponível em: <https://www.arquivosdeorl.org.br/conteudo/pdfForl/14-02-12.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2025.

PALLESEN, Karen Johanne *et al.* Cognitive Control in Auditory Working Memory Is Enhanced in Musicians. PLoS ONE, 2010. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0011120&type=printable>. Acesso em: 13 mar. 2025

PEREIRA, Liliane Desgualdo; CAVADAS, Marcia. Processamento Auditivo Central. *Em:* FROTA, Silvana. Fundamentos em Fonoaudiologia. 1998. cap. 11, p. 135-146.

PEREIRA, Liliane Desgualdo; FROTA, Silvana. Avaliação do Processamento Auditivo: testes comportamentais. *Em:* Boéchat E. M; Menezes P. L.; Couto, C. M; Frizzo, A. C. F, Scharlach, R. C., Anastasio, A. R. T. Tratado de Audiologia, 2015.

PEREIRA, Liliane Desgualdo. Introdução ao Processamento Auditivo Central. *Em:* BEVILACQUA, Maria Cecília *et al.* Tratado de Audiologia. 2011. cap. 17, p. 279-292.

QUENTAL, Sávia Letícia Menuzzo; AMARAL, Maria Isabel Ramos Do; COUTO, Christiane Marques Do. Hearing and Musicians' Recent Findings on Hearing Health and Auditory Enhancement. *In:* HATZOPOULOS, Stravos. Advances in Audiology and Hearing Science: Volume 1. 2020.

SCHMINKY, Mignon M.; BARAN, Jane A. Central Auditory Processing Disorders An Overview of Assessment and Management Practice. Deaf-Blind Perspectives. 1999. Disponível em: <https://documents.nationaldb.org/dbp/pdf/sept99.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2025.

SHARMA, A., NASH, A. Brain maturation in children with cochlear implants. The ASHA Leader. 2009. Disponível em: <https://leader.pubs.asha.org/doi/10.1044/leader.FTR3.14052009.14>. Acesso em: 21 fev. 2025.

SHINN, Jennifer Brooke. Temporal Processing Tests. *Em*: MUSIEK, Frank E.; CHERMAK, Gail D. HANDBOOK OF CENTRAL AUDITORY PROCESSING DISORDER: Auditory Neuroscience and Diagnosis. 2014.

SCHLAUG, Gottfried et al. Effects of Music Training on the Child's Brain and Cognitive Development. ANNALS NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES. 2005. Disponível em: <https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1196/annals.1360.015>. Acesso em: 11 mar. 2025.

TEIXEIRA, Cleide Fernandes; GRIZ, Silvana Maria Sobral. *Em*: Tratado de Audiologia. 2011. cap. 2, p. 17-28.

TERTO, Sulamita da Silva Marcelino; LEMOS, , Stela Maris Aguiar. ASPECTOS TEMPORAIS AUDITIVOS: PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO EM QUATRO PERIÓDICOS NACIONAIS. Rev. CEFAC, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcefac/a/fWqFYycG4Hnj6bCsC7TqMsN/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.

TERVANIEMI, Mari et al. Improved Auditory Function Caused by Music Versus Foreign Language Training at School Age: Is There a Difference?. Oxford University Press. 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34265850/>. Acesso em: 21 mar. 2025.

VALE, Simone Lourenço. AVALIAÇÃO SIMPLIFICADA DO PROCESSAMENTO AUDITIVO EM CRIANÇAS DE UMA ESCOLA PÚBLICA DE BELO HORIZONTE. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Fonoaudiologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2009. Disponível em: https://ftp.medicina.ufmg.br/fono/monografias/2009/simonelourenco_avaliacaosimplificada_2009-2.PDF. Acesso em: 7 mar. 2025.

WAN, Catherine Y.; SCHLAUG, Gottfried. Music Making as a Tool for Promoting Brain Plasticity across the Life Span. Neuroscientist. 2010. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2996135/pdf/nihms-251950.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2025.

ZAMORANO, Anna M et al. Insula-Based Networks in Professional Musicians: evidence for Increased Functional Connectivity during Resting State fMRI. Human Brain Mapping, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/hbm.23682>. Acesso em: 13 mar. 2025.

ZHAO, T. Christina; KUHLA, Patricia K. Musical intervention enhances infants' neural processing of temporal structure in music and speech. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27114512/>. Acesso em: 21 mar. 2025.

8. ANEXOS

ANEXO I - Resumo dos artigos retirados na íntegra

Artigo 1 - Influência da musicalização infantil nas habilidades auditivas de pré-escolares

Objetivo: Verificar a associação entre musicalização infantil e habilidades auditivas de ordenação temporal e localização sonora em pré-escolares de 5 e 6 anos. **Métodos:** Participaram do estudo 60 crianças de ambos os sexos, de 5 anos a 6 anos e 11 meses, sendo 30 do grupo com treinamento musical e 30 do grupo sem treinamento musical. Os participantes de ambos os grupos foram submetidos à triagem auditiva, avaliação simplificada do processamento auditivo e ao teste Padrão de Frequência, em campo livre. Os desempenhos de cada um dos procedimentos foram tabulados, analisando-se as possíveis correlações e associações entre eles, como variáveis dependentes e variáveis independentes, como grupo, sexo e idade. **Resultados:** O grupo com treinamento musical apresentou média de acertos superior ao grupo sem treinamento musical, nos testes de memória sequencial não verbal e verbal, teste Padrão de Frequência não verbal e verbal. Sujeitos de 5 anos do grupo com treinamento musical obtiveram melhor desempenho, em relação aos sujeitos de 5 anos do grupo sem treinamento musical, acertando mais sequências. No teste de localização sonora, não houve diferença entre a idade e o grupo. **Conclusão:** Pré-escolares de 5 e 6 anos que participavam de musicalização infantil apresentaram melhor desempenho nos testes que avaliaram as habilidades de memória sequencial não verbal e verbal e de ordenação temporal de três sons, quando comparados aos pré-escolares que não participavam de musicalização. Portanto, a musicalização infantil influenciou positivamente as habilidades auditivas de pré-escolares de 5 e 6 anos.

Artigo 2 - Influencia de un entrenamiento en discriminación de estímulos tonales en la conciencia fonológica de niños preescolares. Estudio piloto

Los problemas de lectura están fuertemente asociados con el desarrollo del procesamiento fonológico y en particular con la conciencia fonológica. En el procesamiento fonológico esta involucrado el procesamiento de propiedades tonales y temporales de estímulos auditivos de carácter verbal y no-verbal. Este trabajo explora, por medio de un muestreo intencional, los efectos de un entrenamiento en discriminación de propiedades tonales de estímulos musicales en la conciencia fonológica de 28 niños de tercer grado de preescolar. Se aplicó una Bateria de Conciencia Fonológica y la prueba Primary Measures of Music Audiation antes y después del entrenamiento. Posterior a la primera aplicación de los instrumentos, los participantes fueron asignados azarosamente a dos grupos: control y experimental. Los resultados revelaron que el grupo que recibió el entrenamiento tuvo mejores puntuaciones de manera significativa solo en dos tareas de la conciencia fonológica: identificación de sílaba inicial e identificación de la rima, sugiriendo que los efectos del entrenamiento tonal no son contundentes en la discriminación tonal de estímulos musicales ni en la conciencia fonológica. Relacionando estos resultados con lo reportado en otras investigaciones, se considera incluir otras actividades el entrenamiento.

Artigo 3 - Improved Auditory Function Caused by Music Versus Foreign Language Training at School Age: Is There a Difference?

In adults, music and speech share many neurocognitive functions, but how do they interact in a developing brain? We compared the effects of music and foreign language training on auditory neurocognition in Chinese children aged 8–11 years. We delivered group-based training programs in music and foreign language using a randomized controlled trial. A passive control group was also included. Before and after these year-long extracurricular programs, auditory event-related potentials were recorded (n = 123 and 85 before and after the program, respectively). Through

these recordings, we probed early auditory predictive brain processes. To our surprise, the language program facilitated the children's early auditory predictive brain processes significantly more than did the music program. This facilitation was most evident in pitch encoding when the experimental paradigm was musically relevant. When these processes were probed by a paradigm more focused on basic sound features, we found early predictive pitch encoding to be facilitated by music training. Thus, a foreign language program is able to foster auditory and music neurocognition, at least in tonal language speakers, in a manner comparable to that by a music program. Our results support the tight coupling of musical and linguistic brain functions also in the developing brain.

Artigo 4 - Short-term Music Training Enhances Complex, Distributed Neural Communication during Music and Linguistic Tasks

Musical training is frequently associated with benefits to linguistic abilities, and recent focus has been placed on possible benefits of bilingualism to lifelong executive functions; however, the neural mechanisms for such effects are unclear. The aim of this study was to gain better understanding of the whole-brain functional effects of music and second-language training that could support such previously observed cognitive transfer effects. We conducted a 28-day longitudinal study of monolingual English-speaking 4- to 6-year-old children randomly selected to receive daily music or French language training, excluding weekends. Children completed passive EEG music note and French vowel auditory oddball detection tasks before and after training. Brain signal complexity was measured on source waveforms at multiple temporal scales as an index of neural information processing and network communication load. Comparing pretraining with posttraining, musical training was associated with increased EEG complexity at coarse temporal scales during the music and French vowel tasks in widely distributed cortical regions. Conversely, very minimal decreases in complexity at fine scales and trends toward coarse-scale increases were displayed after French training during the tasks. Spectral analysis failed to distinguish between training types and found overall theta (3.5–7.5 Hz) power increases after all training forms, with spatially fewer decreases in power at higher frequencies (>10 Hz). These findings demonstrate that musical training increased diversity of brain network states to support domain-specific music skill acquisition and music-to-language transfer effects.

Artigo 5 - Piano training enhances the neural processing of pitch and improves speech perception in Mandarin-speaking children

Musical training confers advantages in speech-sound processing, which could play an important role in early childhood education. To understand the mechanisms of this effect, we used event-related potential and behavioral measures in a longitudinal design. Seventy-four Mandarin-speaking children aged 4–5 y old were pseudorandomly assigned to piano training, reading training, or a no-contact control group. Six months of piano training improved behavioral auditory word discrimination in general as well as word discrimination based on vowels compared with the controls. The reading group yielded similar trends. However, the piano group demonstrated unique advantages over the reading and control groups in consonant-based word discrimination and in enhanced positive mismatch responses (pMMRs) to lexical tone and musical pitch changes. The improved word discrimination based on consonants correlated with the enhancements in musical pitch pMMRs among the children in the piano group. In contrast, all three groups improved equally on general cognitive measures, including tests of IQ, working memory, and attention. The results suggest strengthened common sound processing across domains as an important mechanism underlying the benefits of musical training on language processing. In addition, although we failed to find far-transfer effects of musical training to general cognition, the near-transfer effects to speech perception establish the potential for musical training to help children improve their language skills. Piano training was not inferior to reading training on direct tests of language function, and it even seemed superior to reading training in enhancing consonant discrimination.

Artigo 6 - Music training with Démos program positively influences cognitive functions in

children from low socio-economic backgrounds

This study aimed at evaluating the impact of a classic music training program (Demos) on several aspects of the cognitive development of children from low socio-economic backgrounds. We were specifically interested in general intelligence, phonological awareness and reading abilities, and in other cognitive abilities that may be improved by music training such as auditory and visual attention, working and short-term memory and visuomotor precision. We used a longitudinal approach with children presented with standardized tests before the start and after 18 months of music training. To test for pre-to-post training improvements while discarding maturation and developmental effects, raw scores for each child and for each test were normalized relative to their age group. Results showed that Demos music training improved musicality scores, total IQ and Symbol Search scores as well as concentration abilities and reading precision. In line with previous results, these findings demonstrate the positive impact of an ecologically-valid music training program on the cognitive development of children from low socio-economic backgrounds and strongly encourage the broader implementation of such programs in disadvantaged school-settings.

ANEXO II - Procedimentos para aplicação dos testes avaliativos das habilidades auditivas realizados após o treinamento musical em cada artigo.

<p>Título do artigo: Influência da musicalização infantil nas habilidades auditivas de pré-escolares.</p>
<p>Procedimentos avaliativos: Os procedimentos avaliativos realizados consistiram em duas sessões individuais, cada uma com duração de 20 minutos, realizadas em um ambiente silencioso. Na primeira sessão, foi realizada uma triagem auditiva para testar os limiares das frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. Após essa triagem, foi aplicada a avaliação simplificada do processamento auditivo (ASPA), com o objetivo de verificar as habilidades de localização sonora em cinco direções, memória sequencial verbal (MSV), memória sequencial não verbal (MSNV) e o reflexo cocleopalpebral (RCP). Na segunda sessão, foi administrado o teste Padrão de Frequência, versão infantil da Auditec (TPF infantil), para avaliar habilidades relacionadas à ordenação temporal, reconhecimento, discriminação, sequência do padrão tonal e integridade temporal.</p>
<p>Título do artigo: <i>Influencia de un entrenamiento en discriminación de estímulos tonales en la conciencia fonológica de niños preescolares. Estudio piloto.</i></p>
<p>Procedimentos avaliativos: Seis sessões foram dedicadas à avaliação. A avaliação foi realizada antes e após as 14 sessões de treinamento, utilizando as ferramentas El Primary Measures of Music Audiation (PMMA) para analisar as aptidões musicais das crianças e a Bateria de Conciencia Fonológica para avaliar a consciência fonológica.</p>
<p>Título do artigo: <i>Improved Auditory Function Caused by Music Versus Foreign Language Training at School Age: Is There a Difference?</i></p>
<p>Procedimentos avaliativos: A coleta de dados foi realizada antes e após a implementação dos programas de treinamento, consistindo em uma sessão individual no laboratório para o exame de eletroencefalograma (EEG), que envolveu a gravação do exame, e uma avaliação em grupo realizada na escola local, por meio de um teste comportamental. Ambas as avaliações tiveram a duração de duas horas, com intervalos de descanso a cada meia hora. O procedimento do teste de EEG incluiu paradigmas para investigar processos de atenção e audiovisuais relacionados à leitura. A avaliação em grupo abrangeu desempenho em leitura de inglês, consciência fonológica, habilidades matemáticas e questionários motivacionais. Os paradigmas utilizados no EEG foram o Paradigma Multi-Feature e o Paradigma Melodic MMN.</p>
<p>Título do artigo: <i>Short-term Music Training Enhances Complex, Distributed Neural Communication during Music and Linguistic Tasks</i></p>
<p>Procedimentos avaliativos: Os grupos de música e de língua estrangeira participaram de atividades enquanto passavam por uma gravação de exame de eletroencefalograma (EEG), antes e depois de 20 dias de treinamento musical. A avaliação foi realizada por meio de tarefas passivas do tipo "oddball" auditivo, nas quais as crianças precisavam processar e distinguir variações em notas musicais (tocadas no piano) e sons vocálicos do francês.</p>
<p>Título do artigo: <i>Piano training enhances the neural processing of pitch and improves speech perception in Mandarin-speaking children</i></p>
<p>Procedimentos avaliativos: Foram realizados testes comportamentais e eletrofisiológicos para avaliar diferentes aspectos da percepção auditiva das crianças. Os testes comportamentais incluíram a avaliação da percepção de pitch, onde as crianças ouviram pares de sons e precisavam indicar se eram iguais ou diferentes, e a percepção de fala em ambientes ruidosos, em que as crianças ouviam palavras que mudam de significado dependendo do tom e precisavam repeti-las corretamente, enquanto havia ruído de fundo. Para analisar o processamento neural dos sons, foi utilizado o EEG para medir a resposta elétrica do cérebro a estímulos sonoros. As crianças ouviram sequências de sons repetitivos com variações na altura tonal, com foco no potencial evocado auditivo P2 e outras respostas neurais associadas à codificação do pitch. Também foi analisada a resposta cerebral a palavras faladas com diferentes tons do mandarim.</p>
<p>Título do artigo: <i>Music training with Démos program positively influences cognitive functions in children from low socio-economic backgrounds</i></p>
<p>Procedimentos avaliativos: Foram realizados testes de musicalidade baseados no Montreal Battery of Evaluation of Amusia (MBA). Para avaliar o QI e a memória de trabalho, foram utilizados testes padronizados de inteligência (WISC-IV). A atenção auditiva e visual foi medida por meio das ferramentas EPSY-II e d2-R. Para testar a leitura e consciência fonológica, foram aplicadas a Bateria Alouette e a BALE. Além disso, para medir a coordenação motora fina, foram realizados testes de precisão visomotora.</p>

ANEXO III - Resultados do treinamento musical citados como efeitos em cada artigo.

<p>Título do artigo: Influência da musicalização infantil nas habilidades auditivas de pré-escolares.</p> <p>Efeitos do treinamento musical: Pré-escolares de 5 e 6 anos que participaram de musicalização infantil demonstraram melhor desempenho nos testes de memória sequencial não verbal e verbal, além de habilidades de ordenação temporal, quando comparados aos pré-escolares que não foram expostos à musicalização. A maioria das crianças de 5 e 6 anos do grupo com treinamento musical obteve um desempenho superior quando comparadas às crianças do grupo sem treinamento musical, que apresentaram desempenho inferior, frequentemente abaixo dos valores de referência. Os resultados demonstraram que os participantes com maior tempo de musicalização apresentaram um desempenho superior. Além disso, sugerem que o treinamento musical pode acelerar o desenvolvimento das habilidades auditivas, uma vez que o grupo com treinamento musical pontuou mais do que o grupo sem treinamento musical em alguns testes, sendo que as crianças tinham a mesma idade.</p>
<p>Título do artigo: <i>Influencia de un entrenamiento en discriminación de estímulos tonales en la conciencia fonológica de niños preescolares. Estudio piloto.</i></p> <p>Efeitos do treinamento musical: O grupo que recebeu treinamento apresentou uma melhora modesta na discriminação de estímulos tonais e na consciência fonológica em comparação com o grupo controle, embora essa melhora não tenha sido estatisticamente significativa. Os efeitos do treinamento específico na discriminação das características tonais dos estímulos foram observados apenas em duas habilidades da consciência fonológica: identificação da sílaba inicial e identificação da rima. O grupo controle não apresentou melhorias e, em alguns casos, houve uma leve redução no desempenho. Esses resultados sugerem que o treinamento tonal isolado não foi suficiente para promover mudanças expressivas, indicando que outras atividades podem ser necessárias para potencializar os efeitos na consciência fonológica.</p>
<p>Título do artigo: <i>Improved Auditory Function Caused by Music Versus Foreign Language Training at School Age: Is There a Difference?</i></p> <p>Efeitos do treinamento musical: Contrariamente às hipóteses dos pesquisadores, o programa extracurricular de aprendizagem de língua estrangeira facilitou significativamente mais os processos sensoriais preditivos iniciais das crianças na modalidade auditiva do que o programa de música, especialmente quando o paradigma experimental envolvia estímulos musicalmente relevantes. Esses resultados sugerem que a aprendizagem de línguas estrangeiras pode favorecer a codificação de características musicais. No entanto, quando esses processos foram investigados em um paradigma mais focado em características sonoras básicas, o programa musical facilitou mais a discriminação da altura do som do que o programa de língua. Ou seja, o programa de treinamento em língua estrangeira favoreceu o processamento neural auditivo mais do que o programa de música no contexto de estímulos musicalmente complexos. Ambos, a música e o aprendizado de idiomas, aprimoram as funções auditivas das crianças, mas o impacto pode variar conforme o contexto.</p>
<p>Título do artigo: <i>Short-term Music Training Enhances Complex, Distributed Neural Communication during Music and Linguistic Tasks</i></p> <p>Efeitos do treinamento musical: Comparado ao período pré-treinamento musical, a complexidade do sinal cerebral aumentou após o treinamento durante as tarefas musicais e linguísticas. O estudo demonstra que, após o treinamento musical, houve um aumento na complexidade do sinal cerebral nas regiões temporais do hemisfério direito, que são especializadas no processamento auditivo espectral, incluindo percepção de altura musical. Esse resultado sugere que o treinamento musical potencializou a capacidade de processamento de informações, ampliando o repertório funcional das regiões cerebrais envolvidas tanto no processamento musical quanto linguístico.</p>
<p>Título do artigo: <i>Piano training enhances the neural processing of pitch and improves speech perception in Mandarin-speaking children</i></p> <p>Efeitos do treinamento musical: O estudo concluiu que o treinamento musical pode melhorar a percepção da fala de maneira semelhante aos programas fonológicos. O treinamento específico de piano aumentou as sensibilidades comportamentais às consoantes e as sensibilidades neurais aos tons lexicais. No entanto, não foi observado nenhum efeito do treinamento em medidas cognitivas gerais, como o Quociente de Inteligência (QI). Ainda assim, os resultados indicam efeitos positivos do treinamento musical na discriminação de palavras, revelando uma ligação causal entre o treinamento musical e o processamento aprimorado dos sons da fala, tanto no nível neural quanto comportamental.</p>

Título do artigo: Music training with Démos program positively influences cognitive functions in children from low socio-economic backgrounds

Efeitos do treinamento musical: Os procedimentos avaliativos mostraram melhorias significativas nas pontuações de musicalidade, inteligência geral, velocidade de processamento e capacidade de concentração, além de um aumento na precisão de leitura. No entanto, o estudo não demonstrou melhoras específicas em habilidades auditivas, inclusive, a atenção auditiva foi uma das funções cognitivas que não se beneficiaram do treinamento musical. Assim, o programa Démos teve efeitos positivos no desenvolvimento cognitivo de crianças de baixa renda, especialmente em áreas como inteligência, atenção e leitura, mas não em habilidades auditivas.