

O PAPEL DOS ASPECTOS COGNITIVOS DA MÚSICA NO CANTAR AFINADO

Michelle de Melo Ferreira¹²

Ana Mirtes Silva Oliveira¹³

Daniela Santos Luz¹⁴

Giceli Soares do Carmo¹⁵

Luciana Nascimento Bento de Oliveira¹⁶

Marcus Vinicius Mariano Jayme¹⁷

Scarlet Souza Lopes¹⁸

Thalita Almeida Silva¹⁹

Luciana Escanoela Zanato²⁰

Objetivo: investigar as contribuições da cognição musical quanto aos mecanismos processuais que estão envolvidos no processo da afinação vocal no canto. **Método:** A busca dos artigos foi realizado pelas seguintes bases de dados: Literatura Latino-americana do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e MEDLINE/PUBMED, selecionando publicações dos últimos anos no período de 2017 a 2021 através de descritores relacionados às habilidades cognitivas e a desafinação. **Resultados:** O baixo desempenho vocal no canto pode ser resultante de uma ou mais habilidades processuais da cognição musical que pode ser desde o déficit na percepção específica para a música (amusia) ou em outras habilidades de integração sensorio-motora, memória e produção vocal. **Conclusão:** A literatura acerca deste tema ainda é bastante escassa, especialmente a nível nacional. Ressaltamos a importância de haver estudos em nosso país de modo a compreender esses processos em nossa população para assim identificar as demandas e as possíveis estratégias de intervenção.

Palavras-chave: discriminação de tom, distúrbios da percepção auditiva, cognição, memória, canto

¹² Musicoterapeuta, Fonoaudióloga pelas Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU Mestre em Ciências pelo Programa de pós-graduação em Psicobiologia - EPM/UNIFESP, Docente do curso de pós-graduação em Musicoterapia Aplicada da Faculdade Santa Marcelina, São Paulo-SP, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/2905323987068079>

¹³ Fonoaudióloga, graduada pelas Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU, São Paulo-SP, Brasil.

¹⁴ Fonoaudióloga, graduada pelas Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU, São Paulo-SP, Brasil.

¹⁵ Fonoaudióloga, graduada pelas Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU, São Paulo-SP, Brasil.

¹⁶ Fonoaudióloga, graduada pelas Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU, São Paulo-SP, Brasil.

¹⁷ Fonoaudiólogo, graduado pelas Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU, São Paulo-SP, Brasil.

¹⁸ Fonoaudióloga, graduada pelas Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU, São Paulo-SP, Brasil.

¹⁹ Fonoaudióloga, graduada pelas Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU, São Paulo-SP, Brasil.

²⁰ Fonoaudióloga, Mestre e Doutora em Distúrbios da Comunicação Humana pela UNIFESP, Docente do curso de graduação em Fonoaudiologia pelas Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU, São Paulo-SP, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/1061663287250889>

THE ROLE OF COGNITIVE ASPECTS OF MUSIC IN SINGING IN TUNE

Objective: To investigate the contributions of musical cognition regarding the procedural mechanisms that are involved in the process of vocal tuning in singing.

Method: To search for articles which was carried out by the following databases: Latin American Caribbean Literature in Health Sciences (LILACS), Scientific Eletronic Library Online (SCIELO) and MEDLINE / PUBMED, selecting publications from the last years in the period from 2017 to 2021 through descriptors related to cognitive skills and detuning.

Results: The low vocal performance in singing may be the result of one or more procedural skills of musical cognition, which may be from the deficit in specific perception for music (amusia) or in other sensory-motor integration skills, memory and vocal production. **Conclusion:** The literature on this topic is still very scarce, especially at the national level. We emphasize the importance of having studies in our country in order to understand these processes in our population in order to identify the demands and possible intervention strategies.

Keywords: tone discrimination, auditory perception disorders, cognition, memory, singing

Introdução

Cognição é um termo do latim *cogitare* que significa “pensar”. Nesse sentido, a cognição musical integra a compreensão de como o cérebro humano estabelece conceitos em relação às estruturas sonoro-musicais desde a percepção até a expressão desses elementos. Nas últimas décadas, cientistas vêm pesquisando sobre os mecanismos responsáveis pela desafinação e se faz necessário discutir sobre a sua definição, visto que este termo é amplo que envolve aspectos culturais e existem muitas visões diferentes no senso comum sobre a sua definição, conforme já foi apontado em outros estudos (SOBREIRA, 2003; SLOBODA, 2005; CUDDY et al, 2005; WISE, SLOBODA, 2008; SOBREIRA, 2015)

De um modo geral, ainda que em outros termos, a desafinação pode ser compreendida como um desempenho inferior em uma ou mais habilidades necessárias para se obter uma reprodução correta de uma melodia apresentada (WISE & SLOBODA, 2008; SOBREIRA, 2015). Para Levitin (1999), as habilidades necessárias para obter um bom desempenho no canto são agrupadas em três grandes domínios cognitivos: percepção, memória e produção. As autoras Marin & Perry (1999) e Wise (2009), subdividem esses domínios em: a) percepção (acústica, estrutural e organizacional); b) produção motora; c) planejamento e programação motora; d) integração sensório-motora; e) memória.

A percepção acústica envolve a capacidade de reconhecer o estímulo auditivo como música enquanto a percepção estrutural e organizacional envolve o reconhecimento dos elementos básicos da música (ex: ritmo, contorno melódico, intervalo, *pitch*, métrica, etc) e a habilidade de organizar os estímulos musicais em padrões adquiridos previamente. Déficits nesse nível processual são conhecidos na literatura sob o termo amusia e muitas vezes está dissociado com a incapacidade de perceber elementos não musicais, como a linguagem verbal (PERETZ, COLTHEART, 2003).

A produção motora é definida como a capacidade de produzir de forma voluntária e regular os movimentos vocais, articulatórios ou manuais (no caso de tocar um instrumento musical) necessários para a execução musical (MARIN, PERRY, 1999).

Os músculos primários que ajustam dimensões das pregas vocais são o tireoaritenóideo (mais curto) e o cricoaritenóideo (mais longo) (WISE, 2009) que fazem os movimentos de adução (quando as pregas vocais se juntam) ou abdução (quando as pregas vocais se distanciam) resultando na fonação (BEHLAU, AZEVEDO, PONTES, 2001; PERETZ, CHAMPOD, HYDE, 2003). As mudanças de *pitch*, por sua vez, são o resultado da intensidade relativa das forças em oposição que ocorrem devido a ação combinada dos dois músculos na laringe citados acima que ajustam o comprimento, espessura e tensão das pregas vocais (WISE, 2009). Qualquer dificuldade ou incapacidade na emissão vocal em suas características naturais é um déficit nessa habilidade denominada disfonia, que pode ser classificada como disfonia orgânica, funcional ou organofuncional (BEHLAU, 1993; BEHLAU, 2001; SUNDBERG, 2015).

As habilidades de planejamento, programação motora e integração sensório-motora são consideradas habilidades de alto nível^{8,14}, sendo o planejamento e programação motora responsáveis pela capacidade de formular e implementar sequencialmente os programas motores necessários para produzir música enquanto a integração sensório-motora envolve a capacidade de integrar o *input* auditivo, visual ou cinestésico com o *output* motor musical, particularmente relacionado ao *feedback* de seu próprio desempenho (MARIN, PERRY, 1999). Em outras palavras, quando a pessoa se prepara para falar ou cantar, o sistema respiratório e os músculos da laringe rapidamente se coordenam para emitir a fonação. Essa preparação é denominada ajuste pré-fonatório, uma habilidade de extrema importância para emitir o *pitch* de forma acurada que é realizado antes do *feedback* sensorial ser acionado (THURMAN et al, 2000; NATKE, DONATH, KALVERAM, 2003).

A integração sensório-motora se ajusta e monitora automaticamente as respostas motoras segundo o *feedback* sensorial, permitindo que o indivíduo monitore e corrija a sua emissão durante a vocalização através do *feedback* auditivo externo (conduzido pelo ar) e interno (via condução óssea), além do *feedback* proprioceptivo (via receptores nos músculos e sensações de vibração nos ossos e peito) (WISE, 2009). Essa habilidade pode ser afetada quando o *feedback* auditivo está mascarado (MURBE, et al, 2002) ou alterado (NATKE, KALVERAM, 2001; DONATH, NATKE, KALVERAM, 2002; NATKE, DONATH, KALVERAM, 2003; HAFKE, 2008; ZARATE, ZATORRE, 2008).

A relação entre o que é ou foi aprendido com a performance vocal é tratada no modelo da alça sensório-motora vocal proposto por Berkowska & Dalla Bella (2009), que mostra a formação de novos mapeamentos auditivos-motores em resposta a experiências musicais aprendidos ao longo da vida. O funcionamento desses mapas ocorre de forma paralela ou interativa com a memória de longo prazo e de curto prazo, ou seja, a recuperação do que foi aprendido (como os movimentos vocais necessários para executar uma canção, por exemplo). A retenção e manipulação das sequências melódicas a serem reproduzidas vocalmente estariam intimamente ligadas à habilidade de integração sensório-motora (PFORDRESHER, BROWN, 2007; DALLA BELLA, GIGUÈRE, PERETZ, 2009).

Considerando que a desafinação não pode ser considerada como um déficit monolítico e sim como uma série de componentes e gradações que compõem esse processo (BERKOWSKA, DALLA BELLA, 2009), se faz importante investigar os achados na literatura sobre este tema, pois identificar os déficits que levam a pessoa a cantar desafinado é de extrema importância para que o fonoaudiólogo possa tanto avaliar quanto estabelecer estratégias terapêuticas cada vez mais eficientes visando uma melhora no desempenho global do paciente em prol da qualidade de vida.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é fazer um levantamento dos estudos sobre a interface entre cognição musical e a desafinação considerando as etapas processuais envolvidas neste processo.

Método

Estratégia de pesquisa

O questionamento que norteou esta revisão de literatura foi: “Quais mecanismos apóiam a ampla capacidade de cantar afinado?” “Qual a relação dos aspectos cognitivos no processo de desafinação e seus impactos?”.

A busca dos artigos foi realizada pelos autores de forma independente, onde foram utilizadas as seguintes bases de dados: Literatura Latino-americana do Caribe

em Ciências da Saúde (LILACS), Scientific Eletronic Library Online (SCIELO) e, MEDLINE/PUBMED, selecionando publicações dos últimos anos no período de 2017 a 2021. Para localização desses artigos, foram utilizados os seguintes Descritores em Ciências da Saúde (DeCS, 2013): percepção tonal (*pitch perception; perception del tono*); discriminação sonora (*pitch discrimination, discriminación del tono*); percepção auditiva (*auditory perception, percepción auditiva*); transtornos da percepção auditiva (*auditory perceptual disorders, transtorno de la perception auditiva*); mascaramento perceptivo (*perceptual masking, enmascaramiento perceptual*); cognição (*cognition, cognición*); função cognitiva (*cognitive function, función cognitiva*); memória (*memory, memoria*); memória de curto prazo, memória imediata, memória operacional, memória de trabalho (*memory, short-term, memoria a corto plazo*); memória de longo prazo (*memory, long-term; memory, longterm; memory, remote; remote memory; memoria a largo plazo*); aprendizagem (*learning, aprendizaje*); distúrbios da voz (*voice disorders, transtornos de la voz*); disfonia (*dysphonia, disfonía*); canto (*singing, canto*); exercício de aquecimento (*Warming-Up Exercise, ejercicio de calentamiento*); voz (*voice, voz*); ponação (*phonation, fonación*) associadas com a palavra-chave "desafinado" (*tone deafness*). A procura foi feita com a utilização dos descritores associados (and/e; or/ou).

Critérios de seleção

A seleção dos estudos publicados foi realizada em quatro etapas: 1) seleção dos artigos conforme os descritores, publicados entre janeiro de 2017 a abril de 2021 nas referidas bases de dados e disponíveis para acesso completo; 2) Seleção dos artigos cujo títulos e resumos apresentassem relação ao tema de estudo que foi proposto; 3) aplicação dos critérios de inclusão e exclusão; 4) leitura completa dos artigos para análise e discussão.

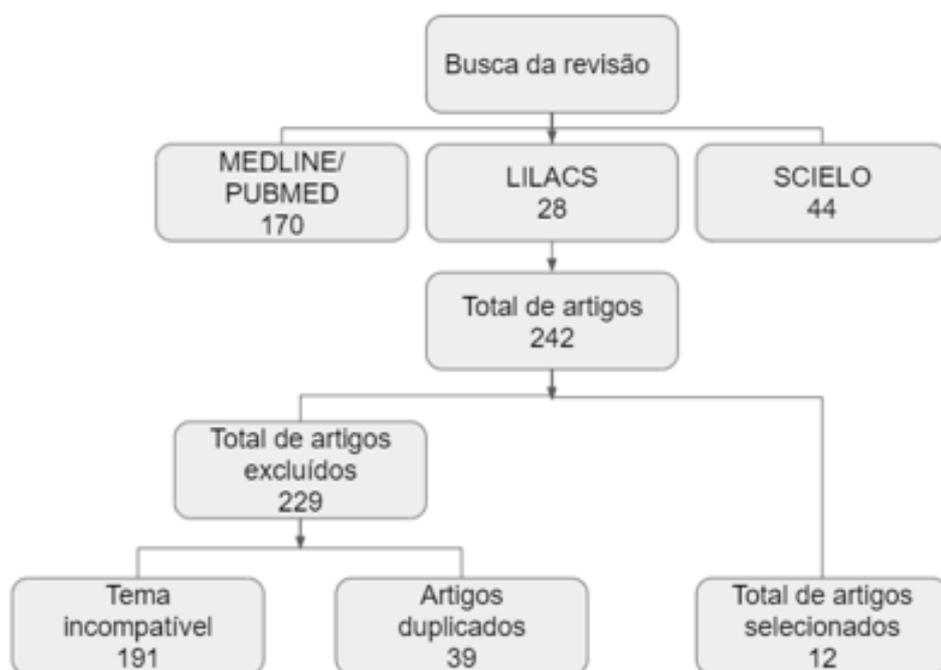
Foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: artigos publicados em inglês, português ou espanhol, com público adulto de ambos os sexos, cantores profissionais ou não, com idade entre 18 e 50 anos. Foram excluídos artigos de revisão,

de tradução e validação de testes e artigos com desenho experimental cujo participantes eram de apenas um sexo e/ou sem grupo controle.

Análise de dados

Conforme a metodologia apresentada, foram encontrados inicialmente 242 artigos. No entanto, ao ser aplicado os critérios de inclusão, foram retirados: 190 artigos por tema incompatível, 39 artigos por duplicidade, resultando em 229 artigos excluídos e 13 artigos selecionados.

Figura 1: Seleção e análise dos resultados



Resultados

A análise dos 17 artigos selecionados permitiu a identificação de 4 grupos específicos de estudo: a) amúsicos vs controle (30,77%), b) adultos neurotípicos (46,15%), c) cantores profissionais ou estudantes vs não cantores (15,38%) e d) cantores comparados com eles mesmos (7,69%). Observou-se que este tema ainda é

pouco explorado na América Latina e os artigos encontrados são excepcionalmente internacionais publicados em língua inglesa. Para sintetizar as informações relevantes para este trabalho, as informações desses artigos foram reunidas no quadro a seguir.

Quadro 1: Caracterização dos artigos selecionados e seus dados

Autor	Objetivo	Participantes	Avaliação / Instrumentos utilizados	Resultados
A Pralus, L Fornoni, R Bouet, M Gomot, A Bhatara, B Tillmann, A Caclin (2019)	Testar indivíduos amúsicos quanto à percepção da prosódia emocional em frases e vogais.	18 participantes amúsicos e 18 participantes controle pareados por gênero, idade, lateralidade, educação, e treinamento musical	Tarefa de categorização da emoção, seguida de classificações de intensidade da emoção reconhecida.	Os indivíduos amúsicos apresentaram reconhecimento semelhante de emoção nas frases, mas pior desempenho nas vogais, principalmente na distinção entre estímulos tristes e neutros.
Krishnan A, Suresh CH, Gandour JT. (2019)	Examinar se os mecanismos do tronco cerebral e do <i>pitch</i> cortical moldados pela experiência de linguagem de longo prazo mantém vantagem na presença de degradação induzida por reverberação na representação do <i>pitch</i> .	28 adultos neurotípicos, sendo 14 falantes nativos de chinês mandarim e 14 de inglês.	Estímulos usando uma palavra em mandarim exibindo um tom alto e crescente (/yi ² /). Medidas foram coletadas pelo EEG frequência seguida de resposta (FSR) e resposta cortical de <i>pitch</i> (RCP), gerado no início de um estímulo com mudança de tom.	O tronco cerebral dependente da experiência e os mecanismos de <i>pitch</i> cortical fornecem uma representação neural aprimorada e estável de informações relevantes de <i>pitch</i> que são mantidas mesmo na presença de reverberação.
Hohmann A, Loui P, Li CH, Schlaug G. (2018)	Analisar a função da rede de produção de percepção auditiva, visando regiões corticais específicas	Quinze indivíduos sem história de problemas auditivos ou distúrbios neurológicos / psiquiátricos	Os sujeitos foram apresentados a um tom alvo dentro de sua faixa vocal e foram solicitados a reproduzir esse tom como uma tentativa prática, que foi seguida por nove tentativas experimentais.	Os resultados sugerem que a estimulação cerebral não invasiva pode ser usada para fazer engenharia reversa de um distúrbio com suspeita de disfunção cortical.

<p>Albouy P, Caclin A, Norman-Haignere SV, Lévêque Y, Peretz I, Tillmann B, Zatorre RJ. (2019)</p>	<p>Verificar se a fMRI relacionada à tarefa musical pode servir como ferramenta de diagnóstico para amusia.</p>	<p>18 adultos amúsicos (comprovados pela bateria de avaliação de amusia - MBEA) e 18 controles não músicos pareados por gênero, idade, destreza, anos de educação e anos de instrução musical.</p>	<p>MRI estrutural, conectividade de estado de repouso e dados de fMRI baseados em tarefas de limiares para discriminação de <i>pitch</i> e tarefas de memória de curto prazo (memória tonais e verbais).</p>	<p>Todas as abordagens discriminam os amúsicos dos controles em redes cerebrais significativas em níveis semelhantes de precisão.</p> <p>O resultado do classificador foi específico para circuitos neurais relacionados ao déficit, pois a classificação do grupo falhou para os dados de fMRI adquiridos durante uma tarefa verbal para a qual a música não foi prejudicada.</p>
--	---	--	--	--

<p>Albouy P, Peretz I, Bermudez P, Zatorre RJ, Tillmann B, Caclin A (2019)</p>	<p>Investigar a hipótese de recursos neurais distintos para a memória tonal e verbal</p>	<p>18 adultos com amusia congênita e 18 adultos controles não músicos pareados por gênero, idade, destreza, anos de educação e anos de instrução musical Ouvintes não músicos típicos e indivíduos com amusia congênita que exibem deficiências de memória tonal com memória verbal preservada.</p>	<p>Realização de quatro tarefas: uma tarefa de memória e uma tarefa de percepção para tons de piano, uma tarefa de memória e uma tarefa de percepção para palavras monossilábicas. A Ressonância Magnética Funcional (fMRI) e parâmetros de imagem foram utilizados para obter os dados de dinâmica neural.</p>	<p>Os resultados confirmaram os déficits de memória comportamental na amusia congênita para o material tonal e mostraram que os mecanismos cerebrais que suportam a manutenção da informação verbal parecem estar preservados nesse transtorno do desenvolvimento. Enquanto os amúsicos recrutaram essas regiões com menos força para a memória tonal do que a memória verbal, os participantes do controle mostraram o padrão invertido (tonal > verbal)</p>
--	--	---	---	--

<p>Hsieh, I. H., Chen, S. C., & Liu, J. W. (2018).</p>	<p>Analisar se o processamento deficiente do <i>pitch</i> em indivíduos com amusia congênita é acompanhado por deficiência na habilidade de lateralizar o <i>pitch</i> musical na audição periférica e memorizar a localização do <i>pitch</i> no nível da memória de trabalho (memória de curto-prazo).</p>	<p>10 indivíduos com amusia congênita, sendo 6 mulheres e 4 homens ($26,3 \pm 2,2$) que foram identificados pela bateria de avaliação MBEA e 10 indivíduos do grupo controle, sendo 6 mulheres e 4 homens ($24,8 \pm 1,3$) pareados por escolaridade e treinamento musical.</p>	<p>Tarefa 1: Estímulos sonoros para avaliar os limiares do tempo de discriminação interaural para pares de notas. Esses limiares foram medidos usando um procedimento de rastreamento adaptativo para lateralizar pares de tons musicais separados por diferentes intervalos de semitons Tarefa 2: Memória para tom e localização dentro de sequência de tons com o qual para cada ensaio, os participantes ouviram uma sequência de cinco tons, cada um originado de locais diferentes simulados por diferenças de tempo binaurais (DTI).</p>	<p>Os resultados sugerem que os indivíduos com amusia congênita não têm problemas na codificação da estrutura temporal fina para determinar a localização do tom musical com base na DTI na periferia auditiva.</p>
<p>Vuvan, DT, Zendel, BR & Peretz, I. (2018)</p>	<p>Investigar a teoria da amusia congênita em neurotípicos que afirma que o acesso consciente ao conhecimento tonal é interrompido, levando a um grave déficit de cognição musical.</p>	<p>Ouvintes neurotípicos, sendo 18 participantes universitários (9 mulheres e 9 homens) do grupo experimental e 22 estudantes universitários (15 mulheres e 7 homens) do grupo controle.</p>	<p>Estímulos com um conjunto de 40 melodias que continham entre 7 e 15 notas sucessivas e eram tocadas a 120 batidas por minuto (500 ms por batida). Todo o conjunto de melodias continha notas que iam de B4 a C5 (duas oitavas).</p>	<p>A apresentação de <i>feedback</i> aleatório diminuiu a precisão e a confiança dos participantes em uma tarefa de julgamento tonal. Quando o <i>feedback</i> correto foi finalmente fornecido no bloco final, as medidas do comportamento e do cérebro se recuperaram em direção aos níveis basais.</p>

<p>He H, Zhang WD. (2017)</p>	<p>O estudo teve como objetivo testar a hipótese de que existem dois tipos de mapeamento sensorio-motor errôneo no canto fraco: mapeamento errôneo e nenhum mapeamento examinando a confiabilidade e a validade relacionada aos critérios das definições operacionais.</p>	<p>32 participantes adultos saudáveis com baixa afinção (26 mulheres e 6 homens com idade entre 18 e 31 anos) sem formação musical formal, exceto dois que relataram 4 e 14 anos de formação de instrumentos, respectivamente.</p>	<p>Imitar vocalmente tons puros e imitar suas próprias gravações.</p>	<p>Tipos de mapeamento sensoriomotor diferem em precisão e sua dependência da consistência da articulação entre o alvo e a ação vocal pretendida.</p>
<p>Kleber B, Friberg A, Zeitouni A, Zatorre R. (2017)</p>	<p>Avaliar como o mascaramento do <i>feedback</i> auditivo afeta a precisão de correspondência de tom e a atividade cerebral correspondente nos participantes.</p>	<p>11 cantores treinados (4 homens e 7 mulheres) com idade média de 32 anos e 11 cantores sem qualquer treinamento vocal anterior ou experiência em canto (6 homens e 5 mulheres) com idade média de 26 anos.</p>	<p>Exame de neuroimagem (fMRI) durante as seguintes tarefas: a) ouvir notas musicais para em seguida cantá-las; b) ouvir notas musicais sem posteriormente cantá-las (ou seja, apenas ouvi-las); ou c) não fazer nada enquanto nenhum tom foi apresentado (linha de base silenciosa).</p>	<p>A precisão da correspondência de tom (F0) foi afetada pelo mascaramento apenas no grupo de não cantores.</p>
<p>Longo L, Di Stadio A, Ralli M, Marinucci I, Ruoppolo G, Dipietro L, de Vincentiis M, Greco A. (2020).</p>	<p>Avaliar se e em que medida a postura corporal impacta o desempenho vocal no canto de músicos profissionais</p>	<p>17 músicos profissionais que tocavam piano ou violino além de cantar participaram no estudo (idade média 27,7 anos, SD 9,4, IC 95% 21–61)</p>	<p>Programa de Voz Multi-Dimensional (MDVP) e incluíram jitter, shimmer</p>	<p>Dados mostraram que tocar um instrumento durante o canto levou ao comprometimento do "formante cantor" e à diminuição do jitter, sF0, shimmer, SPI e TMF.</p>

<p>Nacci, A., Baracca, G., Romeo, S. O., Cavaliere, M. D., Barillari, M. R., Berrettini, S., Ursino, F., & Fattori, B. (2019).</p>	<p>Analisar os achados laringostroboscópicos e os resultados do exame otorrinolaringológico / foniátrico em um grupo de estudantes de canto.</p>	<p>56 estudantes de canto e 60 voluntários saudáveis não cantores e eufônicos</p>	<p>Avaliação perceptual e uma autoavaliação (VHI) da voz</p>	<p>Na laringostroboscopia, 60,7% dos alunos apresentaram achados patológicos, contra 20% dos controles (P <0,0001).</p>
<p>Van Stan JH, Park SW, Jarvis M, Mehta DD, Hillman RE, Sternad D. (2017)</p>	<p>Investigar como as mudanças na variabilidade de execução do <i>pitch</i> e <i>loudness</i> se relacionam com as melhorias no desempenho vocal.</p>	<p>Dez sujeitos com vozes saudáveis (5 homens e 5 mulheres entre 19 a 37 anos de idade)</p>	<p>A habilidade motora vocal foi mensurada por um sistema virtual controlado por voz por meio de duas variáveis (F0 e intensidade vocal) para atingir um alvo.</p>	<p>Os resultados sugerem que a aprendizagem motora vocal é modificada ao longo do tempo para reduzir o erro geral em tentar atingir o alvo.</p>

Discussão

A amusia é um termo que foi bastante encontrado nos artigos sendo definida como uma deficiência em perceber elementos musicais tanto em discriminar quanto em reconhecer tons e não pode ser explicada por danos cerebrais anteriores, deficiência auditiva, nível de educação ou de exposição musical (PERETZ, CHAMPOD, HYDE, 2003; WISE, 2009; SOBREIRA, 2015).

A avaliação para comprovar tal condição deve ser feita através da *Montreal Battery of Evaluation of Amusia*, bateria de testes elaborada e proposta por Peretz, Champod & Hyde (2003) que contém seis testes que avaliam as funções musicais quanto à discriminação da organização melódica (contorno de *pitch*, escalas, intervalos), organização temporal (ritmo e métrica) e memória incidental (curto-prazo). Essa bateria foi aplicada em diversos estudos tanto para investigar se os déficits no processamento dos elementos sonoro-musicais se estenderiam em elementos não musicais (HOHMANN, et al, 2018; PRALUS et al, 2019; ALBOUY et al, 2019) quanto para um rastreio inicial para posteriormente dividir os participantes em grupo de amúsicos e não amúsicos (HSIEH, CHEN, LIU, 2018; PRALUS et al, 2019; ALBOUY et al, 2019; ALBOUY et al, 2019).

Apenas um trabalho encontrado propôs utilizar a MRI estrutural, conectividade de estado de repouso e dados de fMRI baseados em tarefas para detectar amusia congênita (ALBOUY et al, 2019). O resultado para tais procedimentos, mostrou que esses testes de ressonância magnética foram capazes de diferenciar indivíduos com amusia congênita e controles típicos. Essa observação se deu pela diferenciação apresentadas nas redes cerebrais, destacando-se a memória de curto-prazo onde os amúsicos apresentaram um menor desempenho em relação ao grupo controle e destacam que os dados de neuroimagem relacionados à tarefa podem ser potencialmente usados como uma ferramenta diagnóstica, embora seus resultados ainda não possam ser generalizados por ser um trabalho inédito e com um tamanho de amostra relativamente pequeno para uma análise de classificação baseada em imagens, os autores sugerem que é necessário mais pesquisas de fMRI relacionado a este contexto.

Apesar da amusia ser um déficit no processamento auditivo central específico para elementos musicais, alguns trabalhos utilizam este termo para se referir a qualquer indivíduo que desafinava, mas nos últimos anos, estudos vêm apoiando a hipótese de que nem todos que desafinam apresentam amusia; sugerindo o envolvimento de outras áreas, como a integração sensório-motora (WISE, SLOBODA, 2008; MURBE et al, 2002; ZARATE, ZATORRE, 2008; PFORDRESHER, BROWN, 2007), controle motor vocal (NATKE, DONATH, KALVERAM, 2003) e memória (WISE, 2009; DALLA BELLA et al, 2012).

Hohmann e cols (2018) buscaram realizar uma engenharia reversa das áreas corticais específicas na produção de percepção auditiva (direita e esquerda posterior superior temporal (pSTG) e giro frontal posterior inferior (pIFG)) em cada hemisfério cerebral através da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (tDCS), uma técnica que inibe a ativação cerebral temporariamente por meio de estimulação não-invasiva e reversível, permitindo realizar o teste sobre a funcionalidade desses sistemas com a correspondência de *pitch*. Os resultados mostraram uma redução de excitabilidade nas áreas cerebrais que diminuiu individualmente o desempenho dos participantes na reprodução e percepção de *pitch*. Isso se dá pelo fato de que o hemisfério esquerdo é responsável pelo planejamento motor-sonoro e o lado direito pela percepção do *pitch*-alvo. De qualquer forma, ambos os hemisférios estiveram envolvidos tanto no ajuste quanto na produção correta de *pitch* sugerindo que a rede auditivo motora possui forte importância na realização correta da nossa produção e acuidade tonal.

Dos estudos relacionados à percepção de *pitch* na música e na fala, foi encontrado um artigo que buscou compreender se os amúsicos podiam apresentar dificuldade em reconhecer a prosódia intencional e emocional (reconhecer variação de tom na fala), partindo do pressuposto que a dificuldade em reconhecer aspectos melódicos e tonais também tem um papel crítico na fala (PRALUS, et al, 2019). Para responder essa hipótese, os participantes realizaram uma tarefa de categorização das emoções, seguida por avaliações de intensidade da emoção reconhecida em tarefas de percepção da prosódia emocional em frases e vogais. Os resultados mostraram que em relação ao grupo controle, os amúsicos tiveram reconhecimento

semelhante das emoções nas frases, mas pior desempenho nas vogais, principalmente na distinção entre estímulos tristes e neutros. Os desempenhos inferiores na música foram associados a dificuldades no processamento de parâmetros de *pitch* e espectro-temporais dos estímulos vocálicos. Para a intensidade da emoção, nem as avaliações das sentenças nem das vogais diferiram entre os grupos de participantes, sugerindo que o processamento perceptual implícito está preservado da prosódia emocional na amusia e apoia ainda mais a hipótese de que a percepção explícita está prejudicada dos parâmetros de altura e timbre.

A distinção entre a percepção explícita e implícita no canto já foi tratada em estudos anteriores (WISE, 2009; DALLA BELLA et al, 2009) sendo a primeira ativada ao realizar julgamentos explícitos (por exemplo, discriminação de tom grave ou agudo) e o segundo ativado quando os participantes são muito imprecisos ao julgar as diferenças tonais, mas ainda exibem canto proficiente. A imitação de novas sequências de *pitch* envolve mecanismos semelhantes embora dependa mais da memória de curto prazo em detrimento da memória de longo prazo. As notas-alvo a serem imitadas são analisadas perceptivamente, armazenados na memória de curto prazo e, eventualmente, mapeados em gestos motores para execução vocal. Apesar da sua importância, os estudos sobre a memória no canto têm recebido uma atenção menor (DALLA BELLA et al, 2012).

Dos estudos encontrados, apenas um buscou investigar a memória para testar a hipótese sobre os possíveis recursos neurais da memória de curto prazo que são distintos para tons e para a fala (ALBOUY et al, 2019). A pesquisa foi conduzida através da ressonância magnética funcional (fMRI) comparando 18 amúsicos detectados pela MBEA e 18 controles pareados. Durante a fMRI, os participantes executaram uma tarefa de memória tonal (timbre de piano), uma de memória verbal (com palavras monossilábicas), uma tarefa de percepção tonal em piano e uma tarefa de percepção para palavras monossilábicas. Usando fMRI, estudamos respostas cerebrais de amúsicos e controles associadas com (1) a manutenção de materiais verbais e tonais na memória de curto prazo e (2) a codificação de informações tonais. Os resultados comportamentais mostraram que os amúsicos

apresentaram um desempenho prejudicado para memória tonal de curto prazo, mas não para informações verbais em comparação com os controles e fornece evidências na dinâmica cortical especializada para a memória de curto prazo tonal e verbal levando a uma melhor compreensão das bases neurais que sustentam os déficits específicos da música.

Em outro artigo, os pesquisadores queriam investigar se o déficit de processamento de *pitch* em amúsicos poderia ser acompanhado por déficit na habilidade de lateralizar o *pitch* musical na periferia auditiva e na memorização quanto a localização do *pitch* em nível da memória de trabalho (curto prazo) (HSIEH, CHEN, LIU, 2018) partindo da hipótese inicial de que se os mecanismos comuns atendem ao processamento de *pitch* e a diferença de tempo binaural (DTB) baseados em estrutura temporal fina, o processamento deficiente de um recurso deve prejudicar o desempenho do outro. Indivíduos afetados por amusia congênita não têm dificuldade em extrair a estrutura fina temporal dos sons para lateralizar a localização dos tons musicais usando informações DTB na periferia auditiva e no nível da memória de trabalho. No nível da memória de trabalho, os indivíduos amúsicos apresentaram memória prejudicada tanto do tom musical quanto das características de localização dependentes de DTB do objeto sonoro. Os achados deste estudo não mostraram nenhuma evidência de vinculação de características entre o tom musical e a localização dependente de DTB na memória de trabalho auditiva.

Krishnan, Suresh & Gandour (2019), investigaram se a experiência com a linguagem e a música a longo prazo, poderia trazer benefícios ao tronco encefálico e ao córtex auditivo nas áreas corticais e subcorticais em ambientes vantajosos ainda estariam presentes mesmo na presença de ruídos que interferem nas representações de *pitch* dos participantes (28 adultos neurotípicos, sendo 14 falantes nativos de chinês mandarim e 14 falantes nativos de inglês de ambos os sexos. Foi apresentado como estímulo uma palavra em mandarim em tom agudo e crescente (/yi²/), sem reverberação e com reverberação dividida em três níveis: leve, mediano e moderado. Os resultados desses estímulos foram medidos por Eletroencefalograma (EGG), sendo este um teste responsável por detectar atividades

elétricas cerebrais por meio de eletrodos conectados ao couro cabeludo. Os estímulos se deram por meio de dois métodos, o FSR ou frequência seguida de resposta, um potencial evocado gerado por estímulos auditivos dados em intervalos regulares ou não e o RCP ou Resposta cortical de *pitch*, gerado no início de um estímulo com mudança de tom. Os resultados mostraram que ambos os grupos foram prejudicados na representação com reverberação acentuada, indicando uma falta de sincronização entre as atividades neurais referentes ao *pitch*, causadas pela interferência de um ruído. No entanto, para o teste RCP, observou-se uma atividade neural mais desenvolvida no tronco encefálico e na área cortical dos ouvintes chineses, mesmo na presença de reverberações. Diante destes resultados os autores concluem que a exposição a longo prazo em linguagem e experiência musical produz vantagem para representação de *pitch* com ruídos.

A relação entre a percepção da melodia ouvida com a representação da memória da melodia pretendida (mapeamento auditivo-motor) para cantar de maneira precisa só é possível devido ao automonitoramento do desempenho vocal através da análise de feedback e, em alguns casos, da correção de erros nas situações em que há discrepâncias durante a execução, afetando assim, em última análise, o planejamento de eventos futuros (notas subsequentes) (WISE, 2009; BERKOWSKA, DALLA BELLA, 2009; DALLA BELLA et al, 2012).

Partindo do pressuposto de que existem dois tipos de mapeamento sensório-motor envolvidos no canto (o mapeamento errôneo - quando há várias tentativas de acertar o *pitch*-alvo sem sucesso e nenhum mapeamento), He & Zhang (2017) recrutaram 32 adultos neurotípicos que foram instruídos a imitar vocalmente tons puros e a imitar suas próprias gravações vocais com a mesma articulação dos alvos próprios e com articulações diferentes dos alvos próprios. Os resultados mostraram que a correspondência de tom sem nenhum mapeamento foi menos precisa e mais dependente da consistência da articulação entre o alvo e a ação vocal pretendida do que a correspondência de *pitch* com mapeamento errôneo. Além disso, a precisão de acertar o *pitch*-alvo foi positivamente associada com sua exatidão e sua dependência da consistência da articulação quando o mapeamento

incorreto foi analisado em um continuum. Os dados também indicaram que a vantagem da autoimitação foi em função da consistência da articulação.

Para avaliar o funcionamento do *feedback* sensorio-motor vocal é bastante recorrente que seja feita através do uso de mascaramento ou alteração desse retorno auditivo, sendo que na primeira condição, o controle fino do *pitch* vocal é prejudicado levando a um canto mais impreciso (MURBE et al, 2002) e na segunda condição o participante tende a ajustar a própria voz na direção oposta ao estímulo que foi alterado (NATKE, KALVERAM, 2001; DONATH, NATKE, KALVERAM, 2002; NATKE, DONATH, KALVERAM, 2003; ZARATE, ZATORRE, 2008).

No estudo de Vuvan, Zendel e Peretz (2018), os pesquisadores simularam a desconexão entre o córtex auditivo, que é considerado para representar a informação do *pitch* (e está associado à geração de respostas auditivas iniciais), e o giro frontal inferior, que é fundamental para o acesso consciente às representações hierárquicas do *pitch* (e está associado à geração de respostas auditivas tardias) para criar um descompasso entre as pistas auditivas externas e internas para a percepção consciente (também conhecida por percepção explícita) das notas musicais escutadas. O mapeamento cerebral foi realizado através do eletroencefalograma (EEG). Os resultados mostraram que a apresentação do *feedback* aleatório reduziu a precisão e a confiança dos participantes no julgamento tonal, além de diminuir a amplitude da resposta cerebral da P600 quanto a violações de *pitch*. Quando o *feedback* correto foi finalmente apresentado no último bloco do teste, as medidas tanto comportamentais quanto cerebrais do grupo experimental se recuperaram em direção aos níveis basais confirmando achados anteriores presentes na literatura no que diz respeito aos seus efeitos comportamentais disruptivos. Além disso, ressaltam que este estudo constitui a primeira indução experimental do fenótipo musical de cérebros neurotípicos.

Outro estudo queria avaliar como o mascaramento do *feedback* auditivo poderia afetar a precisão de cantar no tom-alvo e quais seriam as atividades cerebrais correspondente em cantores treinados vs. não treinados (KLEBER et al, 2017). As atividades cerebrais foram coletadas por exame de neuroimagem (fMRI) durante as seguintes tarefas: a) ouvir notas musicais para em seguida cantá-las; b)

ouvir notas musicais sem posteriormente cantá-las (ou seja, apenas ouvi-las); ou c) não fazer nada enquanto nenhum tom foi apresentado (linha de base silenciosa). Os resultados mostraram que o mascaramento auditivo afetou apenas o grupo de cantores não treinados em cantar o tom correspondente com precisão. A região cerebral correspondente com o padrão de ativação mais diferenciado e interessante foi a ínsula anterior direita, que foi regulado para cima durante o mascaramento em cantores, mas regulado para baixo em não cantores. Da mesma forma, sua conectividade funcional com áreas parietais inferiores, frontais e sensório-motoras relevantes para a voz foi aumentada em cantores, mas diminuída em não cantores. Os autores concluem que diante do mascaramento, os cantores treinados dependeram mais do *feedback* somatossensorial (proprioceptivo) que os cantores não treinados, que dependeram mais criticamente do *feedback* auditivo.

Além do *feedback* somatossensorial e auditivo, o *biofeedback* também demonstrou ter um papel importante para auxiliar no controle vocal (VAN STAN, et al, 2017). Neste estudo, os pesquisadores desenvolveram um sistema virtual, mais especificamente um vídeo-game onde o usuário controla um estilingue virtual pelo *pitch* e *loudness* da própria voz para atingir um alvo com um projétil. Os valores dessas medidas e o erro-alvo resultante foram avaliados através de uma análise que quantificou as propriedades distribucionais da variabilidade. Os resultados mostraram um efeito-aprendizagem neste processo, diminuindo os erros-alvo ao longo das tentativas. Os autores concluem que serão necessários trabalhos futuros para investigar o potencial para quantificação de melhorias no treinamento de voz e novas capacidades clínicas na reabilitação.

Embora a produção vocal seja considerada uma habilidade de nível básico utilizada tanto na voz falada como na cantada (MARIN, PERRY, 1999; WISE, 2009; SOBREIRA 2015), ela é resultado de todos os mecanismos processuais envolvidos na afinação (BERKOWSKA, DALLA BELLA, 2009). Por outro lado, há casos de pessoas que não apresentam quaisquer déficits nas habilidades de alto nível, mas mesmo assim tem dificuldade em cantar afinado.

No artigo de Longo, L., Di Stadio (2020), por exemplo, as autoras investigaram se a postura corporal durante o canto e a execução de um instrumento

musical poderia impactar o desempenho vocal de músicos profissionais. Participaram deste estudo 17 músicos profissionais com o qual as performances foram gravadas em áudio em dois momentos: quando apenas cantavam e quando cantavam e tocam um instrumento musical simultaneamente. Foi utilizado o Programa de Voz Multidimensional (MDVP) para extração de medidas acústicas da voz como *jitter* (que permite determinar o grau de estabilidade do sistema fonatório), relação ruído/harmônico, Índice de turbulência da voz, Índice de fonação suave SPI, Índice de intensidade de tremor de frequência, Índice de intensidade de tremor de amplitude e tempo máximo de fonação (TMF). A postura corporal desses participantes foi avaliada visualmente de acordo com as recomendações da Sociedade Italiana de Audiologia e Foniatria. Os resultados mostraram que a postura corporal adotada pelo músico ao tocar o instrumento musical enquanto canta pode afetar a expiração e a fonação.

Outro estudo teve por objetivo analisar os achados laringostroboscópicos e os resultados dos exames otorrinolaringológicos e em 56 estudantes de canto e 60 não cantores e eufônicos (NACCI et al, 2019). Em cada sujeito foi aplicada individualmente uma avaliação perceptual e uma autoavaliação (VHI) da voz. Os alunos de canto preencheram também o protocolo Canto-VHI. Os autores concluíram que devido ao alto percentual de distúrbios orgânicos e funcionais da voz em estudantes de canto, seria desejável que todo sujeito que vai ingressar no canto fosse submetido a uma investigação otorrinolaringológica e foniátrica com videoestrobolaringscopia para verificar a saúde das pregas vocais. O diagnóstico precoce minimiza possíveis complicações do prognóstico e contribui para uma melhor performance vocal com qualidade de vida.

Conclusão

O presente trabalho reforça a afirmação de que o processo de desafinação está relacionado a múltiplos fatores independentes entre si e que não podem ser explicados apenas a amusia. Este processo envolve diversos mecanismos processuais

que vão desde habilidades mais básicas como a produção vocal até as habilidades de alto nível (como é o caso da memória, mapeamento auditivo-motor, planejamento e programação motora, percepção e *feedback* somatossensorial e auditiva).

A literatura associando os aspectos cognitivos musicais ainda são bastante escassos, especialmente no que se refere a produção científica latino-americana. Ressaltamos a importância de haver estudos em nosso país de modo a compreender esses processos em nossa população para assim identificar as demandas e as possíveis estratégias de intervenção.

Referências

ALBOUY, Philippe; PERETZ, Isabelle; BERMUDEZ, Patrick; ZATORRE, Robert J.; TILLMANN, Barbara; CACLIN, Anne. Specialized neural dynamics for verbal and tonal memory: fMRI evidence in congenital amusia. **Hum Brain Mapp.** 2019, vol.40, n.3, p.855-867.

ALBOUY, Philippe; CACLIN, Anne; NORMAN-HAIGNERE, Sam V.; LÉVÊQUE, Y; PERETZ, Isabelle; TILLMANN, Barbara; & ZATORRE, Robert J. Decoding Task-Related Functional Brain Imaging Data to Identify Developmental Disorders: The Case of Congenital Amusia. **Frontiers in neuroscience.** 2019, vol. 13, n. 1165, p.1-13.

BEHLAU, Mara; PONTES, Paulo. **Higiene vocal: informações básicas.** São Paulo: Lovise, 1993.

BEHLAU, Mara; AZEVEDO, R; PONTES, Paulo. Conceito da voz normal e classificação das disfonias. In: BEHLAU, Mara (Org). **Voz - O livro do especialista.** Vol.1. Rio de Janeiro: Revinter, 2001 (p.53-79).

BERKOWSKA, Magdalena; DALLA BELLA, Simone. Acquired and congenital disorders of sung performance: a review. **Adv Cogn Psychol.** 2009, vol.12, n.5, p.69-83.

CUDDY, Lola L; BALKWILL, L., Peretz, Isabelle; HOLDEN, Ronald R. Musical difficulties are rare: A study of 'tone deafness' among university students. **Annals of the New York Academy of Sciences, The Neurosciences and Music II: From perception to performance.** 2005, n.1060, p.311-324.

DALLA BELLA, Simone; GIGUÈRE, Jean-François; PERETZ, Isabelle. Singing in congenital amusia. **J. Acoust. Soc. Am.** 2009, n.121, p.1182–1189.

DALLA BELLA, Simone; TREMBLAY-CHAMPOUX, Alexandra; BERKOWSKA, Magdalena; PERETZ, Isabelle. Memory disorders and vocal performance. **Ann N Y Acad Sci.** 2012, n.1252, p.338-44.

DONATH, Thomas M.; NATKE, Ulrich; KALVERAM, Karl Th. Effects of frequency-shifted auditory feedback on voice F-0 contours in syllables. **Journal of the Acoustical Society of America.** 2012, n.111, p.357-366.

HAFKE, Honorata Zofia. Nonconscious control of fundamental voice frequency. **J Acoust Soc Am.** 2008, vol.123, n.1, p.273-8.

HE, Hao; ZHANG, Wei-Dong. Sensorimotor Mismatching in Poor-pitch Singing. **J Voice.** 2017, vol.31, n.5, p.645.e23-645.e32.

HSIEH, I-Hui; CHEN, Ssc-Chen, LIU, Jia-Wei. Binaural localization of musical pitch using interaural time differences in congenital amusia. **PLoS One.** 2018, vol.13, n.9, p. 1-17.

HOHMANN, Anja; LOUI, Psyche, LI, Charles H.; SCHLAUG, Gottfried. Reverse Engineering Tone-Deafness: Disrupting Pitch-Matching by Creating Temporary Dysfunctions in the Auditory-Motor Network. **Front Hum Neurosci.** 2018, vol.12, p.1-9.

KLEBER, Boris; FRIBERG, Anders; ZEITOUNI, Anthony; ZATORRE, Robert. Experience-dependent modulation of right anterior insula and sensorimotor regions as a function of noise-masked auditory feedback in singers and nonsingers. **Neuroimage.** 2017, n.147, p.97-110.

KRISHNAN, Ananthanarayan; SURESH, Chandan H.; GANDOUR, Jackson T. Tone language experience-dependent advantage in pitch representation in brainstem and auditory cortex is maintained under reverberation. **Hear Res.** 2019, n.377, p.61-71.

LEVITIN, Daniel J. Tone deafness: failure of musical anticipation and self reference. **International Journal of Computing and Anticipatory Systems.** 1999, n.4, 243-254.

LONGO, Lucia; DI STADIO, Arianna; RALLI, Massimo; MARINUCCI, IRENE; RUOPPOLO, Giovanni; DIPIETRO, Laura; VINCENIIS, Marco de; GRECO, Antonio. Voice Parameter Changes in Professional Musician-Singers Singing with and without an Instrument: The Effect of Body Posture. **Folia phoniatica et logopaedica: official organ of the International Association of Logopedics and Phoniatics (IALP).** 2020, vol.72, n.4, p.309-315.

MARIN, Oscar S. M; PERRY, David W. (1999). Neurological aspects of music perception and performance. In :DEUTSCH, Diana (Org). **The Psychology of Music.** London: Academic Press, 1999 (p.653-724).

MURBE, Dirke; PABST, Friedemann; HOFMANN, Gert; SUNDBERG, Johan. Significance of auditory and kinesthetic feedback to singers' pitch control. **Journal of Voice**. 2002, n.16, p.44-51.

NACCI, Andrea; BARACCA, Giovanna; ROMEO, Salvatore Osvaldo; CAVALIERE, Maria Denise; BARILLARI, Maria Rosaria; BERRETTINI, Stefano; URSINO, Francesco; FATTORI, Bruno. Endoscopic and Phoniatic Evaluation in Singing Students. **Journal of voice: official journal of the Voice Foundation**. 2019, vol.33, n.2, p.135-142.

NATKE, Ulrich; DONATH, Thomas M.; KALVERAM, Karl Th. Control of voice fundamental frequency in speaking versus singing. **Journal of the Acoustical Society of America**. 2003, n.113, p.1587-1593.

NATKE, Ulrich; KALVERAM, Karl Th. Effects of frequency-shifted auditory feedback on fundamental frequency of long stressed and unstressed syllables. **Journal of Speech Language and Hearing Research**. 2001, n.44 p.577-584.

PERETZ, Isabelle; COLTHEART, Max. Modularity of Music Processing. **Nature Neuroscience**. 2003, vol.6, n.7, p.688-692.

PERETZ, Isabelle; CHAMPOD, Annie Sophie; HYDE, Krista. Varieties of musical disorders. The Montreal Battery of Evaluation of Amusia. **Annals of the New York Academy of Sciences**. 2003, n.999, p.58-75.

PFORDRESHER, Peter Q.; & BROWN, Steven. Poor pitch singing in the absence of "tone deafness". **Music Perception**. 2007, n.25, p.95-115.

PRALUS, Agathe; FORNONI, Lesly; BOUET, Romain; GOMOT, M; BHATARA, Anjali; TILLMANN Barbara; CACLIN, Anne. Emotional prosody in congenital amusia: Impaired and spared processes. **Neuropsychologia**. 2019, vol.134, p.1-47.

SOBREIRA, Silvia. (2003). **Desafinação vocal**. Rio de Janeiro: MusiMed.

SOBREIRA, Silvia. Desafinação vocal compreendendo o fenômeno. **ABEM**. 2015, vol.24, n.36, p.130-146.

SLOBODA, John A.; WISE, Karen J.; PERETZ, Isabelle. Quantifying Tone Deafness in the General Population. **Annals of the New York Academy of Sciences**. 2005, n.1060, p. 255-261.