



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FONOAUDIOLOGIA

JANAINA PRATES LOPES

**ASPECTOS TEMPORAIS DA AUDIÇÃO E ANÁLISE ACÚSTICA DA
VOZ EM CANTORES AFINADOS E DESAFINADOS**

FLORIANÓPOLIS

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

JANAINA PRATES LOPES

**ASPECTOS TEMPORAIS DA AUDIÇÃO E ANÁLISE ACÚSTICA DA
VOZ EM CANTORES AFINADOS E DESAFINADOS**

Projeto apresentado na disciplina FON 7707 ao curso de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito final para conclusão de curso. Orientadora: Prof^ª Dr^ª Renata Coelho Scharlach. Coorientadora: Prof^ª Dr^ª Ana Carolina de Assis Moura Ghirardi.

FLORIANÓPOLIS

2019

ASPECTOS TEMPORAIS DA AUDIÇÃO E ANÁLISE ACÚSTICA DA VOZ EM CANTORES AFINADOS E DESAFINADOS

TEMPORAL ASPECTS OF HEARING AND ACOUSTIC ANALYSIS OF VOICE IN TUNED AND OUT-OF-TUNE SINGERS

ASPECTOS TEMPORALES DE LA AUDICIÓN Y ANÁLISIS ACÚSTICO DE LA VOZ EN CANTANTES AFINADOS Y DESAFINADOS

RESUMO

Introdução: Afinação vocal é a habilidade de se reproduzir vocalmente um modelo sonoro na correta tonalidade apresentada, necessitando assim da capacidade de ouvir com precisão, diferenciar o som ouvido, armazená-lo e reproduzi-lo de acordo com o modelo exposto. Uma das etapas do processamento auditivo, o processamento auditivo temporal (PAT), refere-se à habilidade de perceber ou diferenciar estímulos que são apresentados numa rápida sucessão, dentro de um domínio de tempo. **Objetivo:** Analisar os aspectos temporais da audição e os parâmetros acústicos da voz em cantores afinados e desafinados. **Método:** Estudo observacional, analítico de delineamento transversal do qual participaram cinco cantores, sendo um desafinado. Para avaliar o PAT foi utilizado o teste *Gaps in noise* (GIN) e o Teste de Padrão de Frequência (TPF). Para a análise acústica da voz foi gravada a música “Asa Branca” cantada e utilizado o *software* PRAAT para analisar os parâmetros acústicos da frequência fundamental (f_0), *jitter*, *shimmer*, proporção harmônico-ruído (PHR) e os três primeiros formantes. **Resultados:** Dos cinco cantores, apenas um (afinado) apresentou alteração de ordenação temporal. Em relação à análise acústica todos os cantores apresentaram normalidade de f_0 , *jitter*, *shimmer* e PHR. **Conclusão:** Dos cinco cantores, apenas um apresentou alteração de ordenação temporal e na habilidade de resolução temporal todos apresentaram resultados normais. Os parâmetros acústicos da voz encontram-se dentro do esperado. Os formantes da participante considerada desafinada foram diferentes do esperado, levando à hipótese de que a técnica de canto foi um fator determinante para que esta participante fosse considerada desafinada.

Palavras-chave: Percepção Auditiva. Testes Auditivos. Canto. Voz.

ABSTRACT

Introduction: Vocal tuning is the ability to reproduce vocally a sound model in the correct tone presented, therefore needing the ability to listen accurately, differentiate the sound heard, store it and reproduce it according to the exposed model. One of the stages of auditory processing is the temporal auditory processing (TAP) which refers to the ability to perceive or differentiate stimuli that are presented in a quick succession, within a domain of time. **Objective:** Analyze the temporal aspects of hearing and acoustic parameters of voice in tuned and out-of-tune singers. **Methods:** Observational, analytical study of cross-sectional design of which five singers participated, being an out of tune. In order to evaluate PAP, the gaps in Noise test (GIN) and the Frequency Standard Test (FST) were used. For the acoustic analysis of the voice was recorded the music “White Wing” sung and used the PRAAT

software to analyze the acoustic parameters of the fundamental frequency (F0), jitter, Shimmer, harmonic-noise ratio (HNR) and the first three formants. Results: Of the five singers, only one (tuned) presented temporal order change. Regarding the acoustic analysis all singers presented normality of F0, jitter, Shimmer and PHR. **Results:** Of the five singers, only one presented temporal order alteration and in temporal resolution ability all presented normal results. The acoustic parameters of the voice are within the expected range. The participants' formants considered to be out of tune were different from what was expected, leading to the hypothesis that the singing technique was a determining factor for this participant to be considered out of tune.

Keywords: Auditory Perception. Hearing Tests. Singing. Voice.

RESUMEN

Introducción: la sintonización vocal es la capacidad de reproducir vocalmente un modelo de sonido en el tono correcto, lo que requiere la capacidad de escuchar con precisión, diferenciar el sonido escuchado, almacenarlo y reproducirlo de acuerdo con el modelo expuesto. Una de las etapas del procesamiento auditivo es el procesamiento auditivo temporal (PAT) que se refiere a la capacidad de percibir o diferenciar los estímulos que se presentan en rápida sucesión dentro de un dominio del tiempo. **Objetivo:** analizar los aspectos temporales de la audición y los parámetros acústicos de la voz en cantantes afinados y desafinados. **Método:** Estudio observacional, analítico de delineamiento transversal del cual participaron cinco cantantes, siendo uno desafinado. Para evaluar el PAT se utilizó el test gaps in Noise (GIN) y el Test de Estándar de Frecuencia (TPF). Para el análisis acústico de la voz fue grabada la música "Ala Blanca" cantada y utilizada el software PRAAT para analizar los parámetros acústicos de la frecuencia fundamental (F0), jitter, Shimmer, proporción armónico-ruído (PHR) y los tres primeros participantes. **Resultados:** De los cinco cantantes, sólo uno (afinado) presentó cambio de ordenación temporal. En cuanto al análisis acústico todos los cantantes presentaron normalidad de F0, jitter, Shimmer y PHR. **Conclusión:** De los cinco cantantes, sólo uno presentó alteración del orden temporal y en la capacidad de resolución temporal todos presentaron resultados normales. Los parámetros acústicos de la voz están dentro del rango esperado. Los formantes de los participantes considerados desafinados eran diferentes de lo que se esperaba, lo que llevó a la hipótesis de que la técnica de canto era un factor determinante para que este participante fuera considerado desafinado.

Palabras clave: Percepción Auditiva. Pruebas Auditivas. Canto. Voz.

INTRODUÇÃO

O canto é sustentado por uma complexa rede neural envolvendo áreas motoras sensoriais e de integração auditivo-motora¹. Os lobos temporais participam da percepção e expressão da música². Uma pesquisa anterior usando ressonância magnética funcional e estudos comportamentais de pacientes com amusia adquirida

ou congênita sugerem que a região posterior superior direita do giro temporal no cérebro humano é especializado em aspectos do processamento da música³.

A afinação é uma habilidade musical fundamental, considerada subjacente a muitas habilidades musicais essenciais e é o fator mais importante na avaliação do talento para cantar. Em muitas tarefas de percepção de padrão, o tom pode precisar ser categorizado, classificado e comparado. Isso requer acesso a características abstratas do tom, incluindo uma conscientização e representação simbólica acessível do seu tom⁴.

A percepção auditiva requer um processamento preciso da estrutura de tempo do som do sinal. O processamento auditivo temporal pode ser definido como a percepção das características temporais de um som ou a alteração de características de duração dentro de um intervalo de tempo restrito ou definido. Sendo o componente subjacente de muitas capacidades de processamento auditivo central, incluindo o processamento de sinais acústicos verbais e não verbais⁵.

Cantores seguem e reproduzem melodias por meio da voz, emitindo notas musicais com precisão. O ajuste motor necessário depende do monitoramento auditivo, ou seja, é influenciado por habilidades auditivas. Alterações vocais podem estar associadas com o Transtorno do Processamento Auditivo Central (TPAC), especialmente no Processamento Auditivo Temporal (PAT) nas habilidades de resolução e ordenação temporal⁶.

Há diferentes formas de se avaliar a qualidade vocal, uma delas consiste na análise acústica do sinal vocal, que tem a vantagem de descrever esse sinal em suas diferentes características, dentre elas, a frequência, amplitude e suas perturbações (*jitter* e *shimmer*, respectivamente), seu conteúdo espectral, relação harmônico-ruído, entre outras⁷.

Considerando que a produção científica ao longo dos anos vem crescendo quanto aos estudos relacionados a cantores⁸, porém, há ainda, uma lacuna teórica no que se refere a estudos que abranjam cantores e processamento temporal, tendo em vista que, segundo uma revisão sistemática⁹ foram encontrados 17 artigos entre 2010 e 2016 cujo o tema abordado foi a influência musical em habilidades do PAC, se faz necessário o desenvolvimento de mais pesquisas nesta área. Sendo assim, o estudo com cantores pode trazer novas informações sobre a possível existência de uma relação entre afinação vocal e o processamento temporal. Assim, pode-se estimular os aspectos temporais da audição para aprimorar o monitoramento auditivo durante o canto em terapia fonoaudiológica, aperfeiçoando também a qualidade vocal, tendo em vista que o cantor não realizará mais abusos vocais por falta de percepção auditiva.

Desta forma, o estudo teve como objetivo analisar os aspectos temporais da audição e os parâmetros acústicos da voz em cantores afinados e desafinados.

MATERIAL E MÉTODO

Trata-se de um estudo do tipo observacional, analítico, de delineamento transversal realizado com cantores da região da Grande Florianópolis, Santa Catarina (SC), Brasil, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos sob o número C.A.A.E. 04039618.1.0000.0121

A pesquisa foi realizada por meio de uma gravação de amostra da voz, e análise acústica dos parâmetros vocais, juntamente com a avaliação do processamento auditivo central com os testes de resolução e ordenação temporal.

Foram convidados a participar da pesquisa cantores populares adultos, moradores da Grande Florianópolis, sem idade pré-definida, de ambos os sexos, alfabetizados e tendo o português brasileiro como primeira língua. Foram incluídos na pesquisa os cantores com prática regular de canto (show, ensaio e/ou aula de canto entre outros) de, no mínimo duas horas semanais e que apresentavam limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade¹⁰ bilateralmente. Foram excluídos os cantores com quadro de disfonia segundo escala GRBASI¹¹ e/ou que relataram alterações de vias aéreas superiores no dia da coleta, bem como, repouso auditivo inferior a 14 horas e/ou obstrução do meato acústico externo.

A pesquisa foi realizada na Clínica Escola de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Santa Catarina, em um único dia, previamente agendado com os participantes. O tempo de coleta foi em torno de 90 minutos para cada participante.

Inicialmente foram realizadas a anamnese, meatoscopia, avaliação audiológica básica (audiometria tonal liminar, logoaudiometria e imitância acústica) e a aplicação da escala GRBASI mediante uma emissão de vogal /a/ sustentada¹¹, para determinar se o cantor cumpria os critérios de inclusão estabelecidos. Em seguida, foram aplicados o teste de padrão de frequência (TPF)¹², e o *Gaps in Noise* (GIN)⁵ e por fim, realizou-se uma gravação da voz dos cantores.

Para a avaliação dos aspectos temporais da audição foram utilizados os testes GIN, a fim de avaliar a habilidade auditiva de resolução temporal, e o TPF, para avaliar a habilidade auditiva de ordenação temporal.

O GIN consiste na apresentação de estímulos de seis segundos de ruído branco, com cinco segundos de intervalo entre os estímulos. Dentro de cada apresentação foram inseridos *gaps* (breves interrupções do ruído) em posições e duração diferentes que variaram entre 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15 e 20 ms. Em cada apresentação pode haver 1, 2, 3 ou nenhum *gap*¹³. Este teste foi aplicado a 50 dBNS. Os participantes foram instruídos a apertar a pêra de resposta do audiômetro cada vez que um *gap* inserido no ruído fosse detectado. O teste foi aplicado separadamente em cada uma das orelhas e o menor limiar percebido quatro vezes ou mais foi considerado o limiar de acuidade temporal obtido pelo participante. Em cada orelha foram apresentadas seis interrupções para as diferentes durações das mesmas (2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15 e 20 ms). Em adultos normouvintes brasileiros a média do limiar de detecção de *gaps* é de 4,9ms e a porcentagem de acertos de 67,25%¹⁴.

Em seguida foi aplicado o TPF. Este é composto por sequências de tons puros. A versão que foi utilizada no estudo consiste na apresentação de tons baixos de 880 Hz (G) e tons altos 1122 Hz (A), com duração de 150ms e intervalos de 200 ms entre eles. Os tons foram apresentados em grupos de três, com seis sequências possíveis: AAG, AGA, AGG, GAA, GAG, GGA¹³. Apresentaram-se trinta sequências de forma binaural a 50 dBNS e os participantes foram instruídos a repetir oralmente a sequência ouvida. Quanto à porcentagem de acertos, foram consideradas dentro dos padrões de normalidade aqueles que estivessem maiores ou iguais a 76%¹².

Os testes GIN e TPF foram realizados por meio do audiômetro de dois canais da marca *Interacoustic*, modelo *Astera2* em cabine acústica. Os estímulos utilizados estavam salvos no computador o qual estava acoplado ao audiômetro.

A gravação da voz foi realizada em cabina acústica com nível de ruído ambiente reduzido, utilizando-se um gravador da marca Zoom, modelo h5, posicionado em um tripé ajustável, dentro da cabine, a 50 cm de distância da frente da boca do indivíduo. A cápsula de microfone possui dois microfones condensados

unidirecionais combinados em um ângulo de 90° cobertos por um protetor de vento. Foi gravada a música “Asa Branca”, cantada.

Os dados vocais foram analisados segundo os parâmetros acústicos da frequência fundamental (f_0), *jitter*, *shimmer*, proporção harmônico-ruído (PHR) usando um trecho da vogal sustentada /a/, e os três formantes (F1, F2, F3) das vogais /a/, retiradas da música “Asa Branca” utilizando a vogal /a/ tônica da palavra “água”, a vogal tônica /i/ da palavra “viu” e, a vogal tônica /u/ da palavra “asseguro”. As análises foram realizadas utilizando-se o *software* de código aberto PRAAT®.

Por fim, um professor de técnica vocal analisou as gravações das músicas “Asa Branca” feitas pelos participantes sem a identificação do sujeito, organizadas de forma aleatória para estabelecer se o participante era afinado ou não.

Os resultados foram analisados de forma descritiva, expondo o desempenho de cada indivíduo. Os dados obtidos na coleta serão apresentados a seguir na forma de tabelas

RESULTADOS

A amostra foi composta por cinco cantores populares, sendo três do sexo masculino e dois do sexo feminino com média de idade de 32,8 anos (mínimo de 21 e máximo de 46).

Na Tabela 1 encontram-se os resultados da avaliação do processamento auditivo temporal (TPF e GIN), considerando o cantor afinado e desafinado.

<inserir Tabela 1>

Os resultados mostram que um cantor apresentou alteração no TPF.

Na Tabela 2 estão expostos os resultados da análise acústica da voz contendo a frequência fundamental, em *Hertz*, *jitter* e *shimmer*, em porcentagem, e a proporção harmônico-ruído, em decibel, considerando o cantor afinado e desafinado.

<inserir Tabela 2>

Os resultados se encontram dentro dos padrões de normalidade para todos os participantes da amostra.

Na Tabela 3 apresentam-se os resultados da análise acústica da voz contendo os formantes 1, 2 e 3 das vogais /a/, /i/ e /u/ cantadas, retiradas da música “Asa Branca”, considerando os cantores afinados e o cantor desafinado.

<inserir Tabela 3>

Percebe-se que uma participante possui um valor de F1 menor quando comparado aos outros participantes.

DISCUSSÃO

Após analisar os resultados obtidos na pesquisa percebe-se que as limitações deste estudo referem-se ao número da amostra, cinco pacientes, sendo que apenas um sujeito foi considerado desafinado. Desta forma, foi possível realizar apenas uma análise descritiva do desempenho de cada indivíduo.

Sendo assim, ressalta-se a importância de realizar mais pesquisas na área, tendo em vista a restrita quantidade de estudos realizados com cantores, visto que existe maior número de estudos relacionando pessoas expostas à música ao processamento auditivo central e temporal^{15,16,17} do que associando cantores com afinação e processamento auditivo¹⁸. Espera-se que os resultados obtidos nesta pesquisa possam auxiliar na proposição de novos estudos sobre o assunto.

A população do estudo foi composta por quatro indivíduos considerados afinados e um desafinado, dentre os quais um cantor afinado apresentou alteração no TPF, obtendo um valor de 41,66% de acertos, sendo que o padrão de normalidade esperado é maior ou igual a 76%¹².

Tendo em vista que a prática musical influencia positivamente as habilidades do PAC, podendo ser considerada como uma forma de treinamento auditivo para indivíduos com alteração do PAT^{9,16}, considera-se que indivíduos expostos a música não terão alteração de PAT. Um estudo realizado em 2019 comparou a habilidade de sequencialização entre músicos violinistas e não-músicos a partir do TPF, sendo encontrada relação estatisticamente significativa para ambas as orelhas no grupo de músicos¹⁶.

Os testes responsáveis pela ordenação temporal são: o teste de padrão de frequência sonora (TPF) e teste de padrão de duração (TPD). A literatura aponta o TPF como o mais sensível para estudos com músicos e cantores, tendo em vista que o bom desempenho no teste teve relação com o treinamento especializado e com o estudo de teoria musical¹⁵, com a afinação vocal¹⁸, músicos violinistas¹⁶ e em cantores populares que tocam instrumento musical¹⁷. Em um estudo com cantores populares¹⁷ foi comparado o desempenho no TPF entre um grupo de cantores que tocam instrumento musical e um grupo de cantores que não tocam. Observou-se nos resultados da pesquisa que mesmo os valores médios encontrados no TPF serem normais para os dois grupos, 95,7% e 82,3%, respectivamente, encontraram-se indivíduos nos dois grupos com desempenho abaixo do normal, 73% de desempenho no grupo de cantores que também tocam e 44% no grupo de cantores apenas¹⁷. Este comportamento também foi evidenciado no atual estudo em um dos participantes. Esses valores podem justificar o fato de a exposição a música não necessariamente resultar em um bom desempenho no TPF.

Na presente pesquisa, apesar de um cantor apresentar o TPF alterado, todos apresentaram resultados normais no GIN. Este teste avalia a habilidade auditiva de resolução temporal, que significa o tempo mínimo necessário para segmentar os eventos acústicos, determinando o limiar de detecção de intervalos de silêncio. Essa habilidade contribui para percepção do tempo de pausas durante a música e mudanças de ritmo.

A desafinação vocal está intimamente relacionada com o teste de ordenação temporal. Um estudo evidenciou que quanto maior o grau de desafinação vocal, pior é o desempenho do sujeito nesses testes¹⁸. O resultado do presente estudo não corrobora com os achados encontrados na literatura, tendo em vista que a única participante considerada desafinada teve resultados dentro dos padrões de normalidade tanto no teste de ordenação temporal quanto no de resolução temporal. É importante ressaltar que no presente estudo o grau de desafinação não foi classificado, sendo assim, não foi possível saber se o indivíduo da atual pesquisa possuía maior ou menor grau de desafinação vocal.

Em relação ao GIN todos os cantores tiveram resultados dentro dos padrões de normalidade, sendo 4,9ms¹⁴ (Tabela 1).

Os dados obtidos na presente pesquisa corroboram com um estudo realizado com cantores populares para avaliar o PAT comparando cantores que tocam ou não instrumento musical. Foram analisados os limiares de acuidade temporal do teste GIN obtidos por orelha. Tanto na orelha direita como na esquerda, o grupo de cantores que tocam instrumentos musicais, apresentou menor limiar de acuidade temporal do que os indivíduos do grupo que somente cantam. Nota-se que não houve limiares de acuidade temporal abaixo dos padrões de normalidade,

ressaltando que a exposição à música pode influenciar positivamente na resolução temporal dos cantores que tocam ou não instrumentos musicais. Os achados deste estudo apontaram que a prática de tocar instrumentos musicais contribui significativamente para o desempenho das habilidades auditivas do processamento temporal¹⁷.

Em relação à afinação vocal, um estudo comparou o desempenho de indivíduos afinados e desafinados nos testes de processamento auditivo para verificar a existência de uma relação entre processamento auditivo central e desafinação vocal. Foi encontrado que há um número maior de indivíduos com alteração no TPD e TPF entre o grupo de desafinados em relação ao grupo de afinados. Sendo assim, de todos os testes aplicados da bateria, apenas os testes TPD e TPF foram considerados mais sensíveis para detectar as alterações nos sujeitos desafinados¹⁸. No estudo atual, este comportamento não pôde ser verificado, por conta do tamanho amostral e do desequilíbrio entre o número de afinados em relação aos desafinados.

O processamento auditivo de cantores afinados possibilita compreender o fato de um cantor desafinado ser consequência de sua própria audição atípica¹⁵. Considerando o contexto e a cultura, a afinação vocal está relacionada com a produção de alturas de notas isoladas e pode seguir critérios de avaliação e comparação. Já a desafinação no canto pode ser entendida como a falta de reprodução vocal da linha melódica no intervalo entre as notas, tornando-as diferentes do padrão sugerido. Tal acontecimento pode ocorrer devido a diferentes fatores, como dificuldade na percepção musical, domínio vocal deficitário, ou a combinação de ambos¹⁹. Sendo assim, pode-se inferir que a participante considerada desafinada que apresentou resultados normais nos testes do processamento temporal, teria uma dificuldade de domínio vocal, enquanto o indivíduo considerado afinado que não atingiu a porcentagem mínima de acertos no TPF possui uma dificuldade na percepção musical, que não interfere na sua produção vocal.

A frequência fundamental vocal (f_0), medida em Hertz, corresponde ao número de ciclos vibratórios das pregas vocais por segundo. Essa medida é usada também para distinção de sexo entre os falantes, uma vez que dependendo das características físicas das pregas vocais, tais como comprimento, tensão e massa²⁰, resultará em mais ou menos ciclos. Quanto maior o número de ciclos por segundo, mais aguda será a voz, e quanto menor o número de ciclos mais grave será a voz.

Na Tabela 2 nota-se que a frequência fundamental das vozes dos participantes, encontraram-se dentro dos padrões de normalidade de acordo com o sexo. As participantes 2 e 4 apresentam f_0 dentro dos padrões de normalidade esperados para mulheres (média 204 Hz) e os participantes 1,3 e 5 também tem f_0 dentro dos padrões de normalidade para homens (média 110Hz)²¹.

Em relação ao *jitter*, este parâmetro corresponde às pequenas variações involuntárias na frequência fundamental do sinal vocal, que permitem o estudo do grau de estabilidade do sistema fonatório. A falta de controle de vibração das pregas vocais é o que nos fornece o valor em porcentagem do *jitter*. Qualquer voz apresenta algum grau de instabilidade, devido aos fatores de ordem neurológica, emocional e biomecânica de sua produção, sendo natural a presença de um pequeno grau de perturbação e irregularidade no sinal vocal. A variação considerada normal pelos pesquisadores é entre 0,5 e 1,0% para as emissões sustentadas em jovens adultos²². No presente estudo todos os participantes tiveram *jitter* normal, o

que poderia ser esperado, pois foram excluídos da amostra os cantores com rugosidade/soprosidade/alteração vocal.

O *shimmer* corresponde à proporção de perturbações na amplitude da onda sonora ciclo a ciclo. Ele se apresenta elevado em casos de alterações laringeas, podendo estar relacionado ao ruído na produção vocal. A normalidade encontrada na literatura é de 3%²³. Os cantores 1, 2 e 3 (Tabela 2) apresentaram *shimmer* maiores que 3%. O fato de que a amostra foi selecionada com cantores sem alteração vocal e que ambas as medidas de perturbação ciclo a ciclo podem sofrer interferências do ruído da sala ou da qualidade de gravação, justifica a porcentagem encontrada, mais alta do que o normal.

A proporção harmônico-ruído é expressa em decibel (dB) e caracterizada pela relação do componente (quase) periódico (sinal regular das pregas vocais) e do ruído adicional, advindo das pregas vocais e do trato vocal²⁴. Quanto maior for o valor em dB, maior será a proporção de harmônicos em relação ao ruído. A média para mulheres encontrada na literatura é de 9,4dB e em homens é de 8,6dB. Quando o valor se encontra abaixo de 7dB é considerado necessariamente patológico²⁵. No presente estudo os valores encontram-se acima de 15dB evidenciando um sinal regular de vibração das pregas vocais. Sabe-se que a partir da vibração das pregas vocais originam-se diversas frequências parciais, conhecidas como harmônicos, que são múltiplos integrais da frequência fundamental. Quanto mais regular e simétrica a vibração das pregas vocais, mais harmônicos serão gerados. Cantores treinados, portanto, podem ter sinais vocais com muito mais regularidade do que ruído, o que pode justificar os valores encontrados na atual pesquisa.

Tanto no canto como na fala são utilizadas as mesmas estruturas anatômicas, o que difere essas duas manifestações vocais são os diferentes ajustes realizados no trato vocal, entre a produção do sinal laríngeo e saída do sinal vocal²⁶.

A produção do sinal laríngeo é o produto acústico da vibração das pregas vocais, enquanto os diferentes ajustes realizados no trato vocal que ocorrem nas cavidades supraglóticas são responsáveis pela filtragem do sinal vocal. Uma das abordagens que descrevem a interação entre o sinal glótico e a ação dos filtros durante a produção vocal é conhecida como modelo fonte-filtro que engloba a teoria acústica da produção das vogais²⁷. Esse modelo impulsionou os estudos na área da análise acústica da fala e a compreensão dos fenômenos acústicos envolvidos na produção da voz humana. Em relação às vogais, especificamente, a caracterização dos ajustes do trato vocal determina as zonas do espectro do sinal em que haverá maior amplificação de energia, denominadas formantes, que podem ser relacionadas com a descrição articulatória desses sons²⁸.

Por meio da análise acústica, pode-se relacionar a posição da língua na cavidade oral com os formantes 1 e 2, tendo em vista que o primeiro formante (F1) está relacionado com o deslocamento da língua no plano vertical, ou seja, com a abertura da mandíbula e o segundo formante (F2) varia de acordo com o avanço e recuo da língua no plano horizontal. Durante a análise acústica vocal, encontra-se também o terceiro formante (F3) que se relaciona com o grau de obstrução formado entre língua e a faringe e também se relaciona com o comprimento do trato vocal como um todo²⁹.

A articulação dos lábios influencia nos formantes, visto que, ao encontrarem-se arredondados, há um aumento do tamanho do trato vocal, conseqüentemente gera uma diminuição das frequências dos formantes, principalmente F2 e F3. O

mesmo ocorre no movimento inverso dos lábios, havendo a diminuição do trato vocal ocorre um aumento das frequências ressoantes³⁰.

Ao apontar esses achados, nota-se na Tabela 3 que o indivíduo considerado desafinado apresentou diminuição da frequência no primeiro formante das vogais /a/, /i/ e /u/, indicando abertura de boca reduzida e diminuição do espaço faríngeo. Observa-se que ao comparar os formantes entre as duas mulheres da amostra, o da desafinada é bem menor, sendo a média esperada para a vogal /a/ de 996 Hz, /i/ de 325 Hz e /u/ de 416 Hz²⁸. Tendo em vista que a participante desafinada apresentou bom desempenho nos testes de processamento temporal, provavelmente a desafinação esteja vinculada com inadequada técnica de canto, não conseguindo realizar os ajustes adequados do trato vocal e controlá-lo.

Sabe-se que para manter a afinação vocal é necessário associar a percepção musical com o domínio vocal, porém, como nessa pesquisa o único cantor considerado desafinado obteve resultados dentro dos padrões de normalidade para os testes de ordenação e resolução temporal, e outro cantor considerado afinado não atingiu a porcentagem indicando normalidade no teste de ordenação temporal, mostra-se que não somente a percepção musical influencia na afinação, sendo necessário dominar as duas variáveis. Assim, ressalta-se a importância de realizar pesquisas com amostras maiores de indivíduos, possibilitando a divisão entre o grupo afinado e desafinado para que não haja resultados ao acaso, buscando-se evidências ou não da relação entre afinação vocal e o PAT. Pesquisas nesta área trarão subsídios que auxiliarão na realização de um processo terapêutico focado nas habilidades de ordenação e resolução temporal, contribuindo para um melhor desempenho vocal do cantor.

CONCLUSÃO

Ao analisar o Processamento Auditivo Temporal (PAT) em cantores afinados e desafinados, foi encontrado o teste GIN dentro dos padrões de normalidade bilateralmente. No TPF, obteve-se um resultado abaixo da normalidade em uma participante considerada afinada. Em relação aos parâmetros acústicos da voz em cantores, foram encontrados $f(0)$ adequada ao sexo, *jitter* e *shimmer* dentro do esperado e PHR maior do que os padrões de normalidade. No que diz respeito à afinação, percebe-se que os formantes da participante considerada desafinada eram menores comparado ao restante da amostra e aos dados encontrados na literatura.

REFERÊNCIAS

1. Berkowska M, Bella SD. Corrigendum: Uncovering phenotypes of poor-pitch singing: the sung performance battery (SPB). *Front. Psychol.* 2016. doi:10.3389/fpsyg.2016.01460
2. Sloboda JA, Wise KJ, Peretz I. Quantifying tone deafness in the general population. *Ann N Y Acad Sci.* 2005. doi:10.1196/annals.1360.018
3. Garcea FE, Chernoff BL, Diamond B, et al. Direct electrical stimulation in the human brain disrupts melody processing. *Curr Biol.* 2017;27(17):2684-2691.e7. doi:10.1016/j.cub.2017.07.051
4. Hutchins S, Zarate JM, Zatorre RJ, Peretz I. An acoustical study of vocal pitch matching in congenital amusia. *J Acoust Soc Am.* 2010;127(1):504-512.

- doi:10.1121/1.3270391
5. Musiek FE, Shinn JB, Jirsa R, Bamiou D-E, Baran JA, Zaidan E. GIN (gaps-in-noise) test performance in subjects with confirmed central auditory nervous system involvement. *Ear and hearing*; 26(6):608-618.; 2005. doi: 10.1097/01.aud.0000188069.80699.41
 6. Paoliello KBG, Pereira LD, Behlau M. Voice quality and auditory processing in subjects with and without musical experience. *J Voice*. 2019. doi:10.1016/j.jvoice.2019.07.006
 7. Niebudek-Bogusz E, Kotyło P, Politański P, Śliwińska-Kowalska M. Acoustic analysis with vocal loading test in occupational voice disorders: outcomes before and after voice therapy. *Int J Occup Med Environ Health*. 2008;21(4):301-308. doi:10.2478/v10001-008-0033-9
 8. Andrada e Silva MA, Ghirardi ACAM, Bittencourt MFP. A voz cantada [base de dados na Internet]. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. [acesso em 2019 Set 15]. Disponível em: http://www.sbfa.org.br/portal/voz_profissional2013/
 9. Alves WA, Reis TG dos, Boscolo CC, Donicht G. Influência da prática musical em habilidades do processamento auditivo central: uma revisão sistemática. *Distúrb. comun*. 2018;30(2):364. doi:10.23925/2176-2724.2018v30i2p-364-375
 10. Lloyd L, Kaplan H. *Audiometric interpretation: a manual of basic audiometry*: Press. 1978.
 11. Dejonckere PH, Lebacqz J. Acoustic, perceptual, aerodynamic and anatomical correlations in voice pathology. *Orl*. 1996;58(6):326-332. doi:10.1159/000276864
 12. Corazza MCA. *Avaliação do processamento auditivo central em adultos: teste de padrões tonais auditivos de frequência e teste de padrões tonais auditivos de duração [tese]*. São Paulo (SP): Universidade Federal de São Paulo; 1998
 13. Pereira LD, Schochat E. *Processamento auditivo central: manual de avaliação*. Barueri: Pró-Fono; 2011.
 14. Samelli AG, Schochat E. Processamento auditivo, resolução temporal e teste de detecção de gap: revisão da literatura. *Rev CEFAC*. 2008;10(3):369-377. doi:10.1590/s1516-18462008000300012
 15. Ishii C, Arashiro PM, Desgualdo L. Ordering and temporal resolution in professional singers and in well tuned and out of tune amateur singers. *Pró-Fono*. 2006;18(3):285-292. doi:10.1590/S0104-56872006000300008
 16. Monteiro RAM, Nascimento FM, Soares CD, Ferreira MID da C. Habilidades de resolução temporal em músicos violinistas e não músicos. *Arq Int Otorrinolaringol*. 2010;14(3):302-308. doi:10.1590/s1809-48722010000300006
 17. Ribeiro ACM, Scharlach RC, Pinheiro MMC. Assessment of temporal aspects in popular singers. *CoDAS*. 2015;27(6):520-525. doi:10.1590/2317-1782/20152014234
 18. Santos DG, Bouzada MAC. O processamento auditivo central e a desafinação vocal. *Intersci Place*. 2013;1(25):93-111. doi:10.6020/1679-9844/2506
 19. Moreti F, Pereira LD, Gielow I. Triagem da afinação vocal: comparação do desempenho de musicistas e não musicistas. *J. Soc. Bras. Fonoaudiol*. 2012;24(4):368-373. doi:10.1590/s2179-64912012000400013
 20. Teixeira JP, Ferreira D, Carneiro S. Análise acústica vocal - determinação do Jitter e Shimmer para diagnóstico de patologias da fala. *VI Congr Luso-Moçambicano Eng*. 2011:139-140. doi:CLME'2011_0706A
 21. Behlau MS, Madazio G, Feijó D PP. *Voz o livro do especialista*. 1ª edição. Rio de Janeiro: Revinter. 2001.

22. Guimarães I. A Ciência e a Arte Da Voz Humana. 1ª edição. Lisboa: Escola Superior de Saúde de Alcoitão. 2007.
23. Figueiredo DC, Souza PRF, Gonçalves MIR, De Biase NG. Análise perceptivo-auditiva, acústica computadorizada e laringológica da voz de adultos jovens fumantes e não-fumantes. Rev. Bras. Otorrinolaringol. 2003;69(6):791-799. doi:10.1590/s0034-72992003000600011
24. Clara A, Felipe N De, Helena M, Grillo MM, Grechi TH. Normatização de medidas acústicas para vozes normais. Rev. Bras. Otorrinolaringol. 2006;72(5):659-664. doi: 10.1590/S0034-72992006000500013
25. Silva RBS. Uso de corticóides no fonotrauma : uma análise. 2017.
26. Ghirardi ACAM, Paul S; Weege TA. Aspectos de acústica no canto erudito e popular. 6º Congr da AES Bras. 2017.
27. Fant G. Acoustic theory of speech production. Acoust theory speech prod. 1960. doi:10.1515/9783110873429
28. Svicero MAF. Caracterização acústica e de imagens de ultrassonografia das vogais orais do Português Brasileiro [dissertação]. São Paulo (SP): Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; 2012;66:37-39.
29. Kent RD, Read C. The acoustic analysis of speech. 2ª edição. Universidade de Michigan: Singular; 1992.
30. Gregio FN. Configuração do trato vocal supraglótico na produção das vogais do português brasileiro: dados de imagens [tese]. São Paulo (SP): Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; 2006.

TABELAS

Tabela 1 AVALIAÇÃO DO PROCESSAMENTO AUDITIVO TEMPORAL, CONSIDERANDO O CANTOR AFINADO E DESAFINADO (N=5)

| Cantor | Sexo | Afinação | TPF (%) | GIN OD (ms) | GIN OE (ms) |
|--------|-----------|------------|---------|-------------|-------------|
| 1 | Masculino | Afinado | 95 | 4 | 5 |
| 2 | Feminino | Afinado | 41,66 | 4 | 4 |
| 3 | Masculino | Afinado | 98,33 | 4 | 5 |
| 4 | Feminino | Desafinado | 88,3 | 5 | 5 |
| 5 | Masculino | Afinado | 98,33 | 5 | 5 |

Legenda: TPF = teste de padrão de frequência; GIN = *gaps in noise*; OD = orelha direita; OE = orelha esquerda; ms = milissegundos; % = porcentagem

Tabela 2 RESULTADO DA ANÁLISE ACÚSTICA DA VOZ CONTENDO A FREQUÊNCIA FUNDAMENTAL E SUAS PERTURBAÇÕES, CONSIDERANDO O CANTOR AFINADO E DESAFINADO (N=5)

| Cantor | Sexo | Afinação | Parâmetros | | | |
|--------|-----------|------------|------------|------------|-------------|----------|
| | | | f0 (Hz) | jitter (%) | shimmer (%) | PHR (dB) |
| 1 | Masculino | Afinado | 112,945 | 0,521 | 4,152 | 17,023 |
| 2 | Feminino | Afinado | 208,344 | 0,251 | 8,661 | 14,021 |
| 3 | Masculino | Afinado | 112,493 | 0,342 | 6,528 | 15,873 |
| 4 | Feminino | Desafinado | 207,546 | 0,311 | 3,783 | 16,104 |
| 5 | Masculino | Afinado | 128,300 | 0,277 | 3,107 | 19,092 |

Legenda: f0 = frequência fundamental; Hz = *hertz*; PHR = proporção harmônico-ruído; dB = decibel; % = porcentagem

Tabela 3 RESULTADO DA ANÁLISE ACÚSTICA DA VOZ CONTENDO OS FORMANTES 1, 2 E 3 DAS VOGAIS /A/, /I/ E /U/, CONSIDERANDO O CANTOR AFINADO E DESAFINADO (N=5)

| Cantor | Sexo | Afinação | Formantes (Hz) | | | | | | | | |
|--------|-----------|------------|----------------|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|
| | | | /a/ | | | /i/ | | | /u/ | | |
| | | | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 |
| 1 | Masculino | Afinado | 665 | 1.539 | 2.828 | 281 | 2.304 | 3.121 | 309 | 969 | 2.445 |
| 2 | Feminino | Afinado | 832 | 1.442 | 1.840 | 388 | 1.610 | 2.661 | 414 | 1.171 | 3.127 |
| 3 | Masculino | Afinado | 812 | 1.612 | 2.796 | 443 | 2.120 | 2.722 | 469 | 1.051 | 2.746 |
| 4 | Feminino | Desafinado | 664 | 1.720 | 3.024 | 269 | 2.283 | 2.905 | 294 | 1.352 | 2.803 |
| 5 | Masculino | Afinado | 699 | 1.368 | 2.554 | 347 | 2.176 | 2.655 | 305 | 1.590 | 2.908 |

Legenda: Hz = *hertz*; F1 = primeiro formante; F2 = segundo formante; F3 = terceiro formante.