

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROPSIQUIATRIA E CIÊNCIAS DO
COMPORTAMENTO

Geová Oliveira de Amorim

EVIDÊNCIAS CLÍNICAS DO BIOFEEDBACK ELETROMIOGRÁFICO
PARA CANTORES COM QUEIXA DE DESCONFORTO VOCAL

RECIFE
2018

Geová Oliveira de Amorim

**EVIDÊNCIAS CLÍNICAS DO BIOFEEDBACK ELETROMIOGRÁFICO
EM CANTORES COM QUEIXA DE DESCONFORTO VOCAL**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em
Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento do Centro de
Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito para obtenção do título de Doutor
Área de Concentração: Neurociências

Doutorando: Geová Oliveira de Amorim
Orientador: Prof. Dr. Hilton Justino da Silva
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Patricia Mendes Balata

RECIFE

2018

Catálogo na fonte:

bibliotecário: Aécio Oberdam, CRB4:1895

A524e Amorim, Geová Oliveira de.

Evidências clínicas do biofeedback eletromiográfico para cantores com queixa de desconforto vocal / Geová Oliveira de Amorim. – Recife: o autor, 2018.

131 f.; il.; 30 cm.

Orientador: Hilton Justino da Silva.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências da Saúde. Programa de pós-graduação em neuropsiquiatria e ciências do comportamento.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Fonoaudiologia. 2. Voz. 3. Música. 4. Feedback de eletromiografia. I. Silva, Hilton Justino da (orientador). II. Título.

616.8 CDD (23.ed.)

UFPE (CCS 2018 - 049)

**EVIDÊNCIAS CLÍNICAS DO BIOFEEDBACK ELETROMIOGRÁFICO EM CANTORES
COM QUEIXA DE DESCONFORTO VOCAL**

Geová Oliveira de Amorim

Tese aprovada em: 02/02/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Eduardo Rolim de Moura Xavier da Silva
Universidade Federal de Alagoas-UFAL

Prof. Dr. Geraldo Magella Teixeira
Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas-UNCISAL

Prof. Dr. Leandro de Araújo Pernambuco
Fonoaudiólogo da Universidade Federal da Paraíba –UFPB

Prof^a. Dr^a. Patrícia Maria Mendes Balata
Hospital dos Servidores do Estado de Pernambuco-HSE

Prof^a. Dr^a. Daniele Andrade da Cunha
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE

Dedico este trabalho a Nivaldo Fernando Cavalcante Alvim †

AGRADECIMENTOS

Ao longo desta pesquisa, tive o privilégio de contar com diversas e preciosas vozes, umas novas e outras velhas conhecidas, que ajudaram a compor o tom deste trabalho. Tenho certeza de que a minha gratidão é bem maior do que posso expressar em palavras, bem como sei que não seria possível nomear uma a uma. No entanto, não poderia deixar de registrar o meu MUITO OBRIGADO: A Deus, por me conceder o dom da vida cheio de belas sonoridades. Ao meu amado pai, Bartolomeu Ferreira de Amorim, quem, com sua voz firme e generosa, nunca mediu esforços para que eu buscasse nos estudos um sentido maior para a vida. A minha amada mãe, Maria Jose de Oliveira, exemplo de voz doce e singela - por meio de seus gestos vocais sempre imprimiu amor e cumplicidade que só as mães sabem marcar nas nossas vidas... Que Deus lhe conceda muita saúde e que seja uma presença viva em minha vida por muitos e muitos anos. As minhas amadas irmãs Geovanice, Geomania e Áurea, pela voz de confiança e certeza de que com elas sempre poderei contar. Ao amigo e pai que a vida me presenteou, Nivaldo Fernando Cavalcante Alvim, homem de voz firme e vibrante. Ao longo de anos tive o privilégio de viver ao seu lado aprendendo por meio dos seus exemplos a ser um homem forte e honesto. Espiritualmente, sinto sua presença e mão firme a me amparar... Obrigado por ter me concedido a honra de ter vivido uma vida a seu lado... Minha saudade é eterna! A Adelson Leite Nunes Junior, meu amado amigo e companheiro, que com voz robusta sempre me chamava para a realidade. Obrigado por tanto amor e por, mesmo sendo muito difícil suportar as ausências, encontrar uma fórmula de me estimular a continuar em busca de minha felicidade. A João Athayde Accioly Neto, amigo de todas as horas e ocasiões, cuja voz ponderada e dedicada sempre se fez presente em todos os momentos desse estudo. Obrigado meu amigo por sua amizade e por acalantar meu coração nas minhas aflições. Ao meu orientador e amigo, Prof. Dr. Hilton Justino da Silva, voz primeira, sábia e ponderada neste trabalho. Obrigado por me acolher nessa jornada. Sua sensibilidade e compreensão, nos momentos difíceis, foram além dos limites desta pesquisa. Meu mais profundo respeito e eterna gratidão. A minha amiga, irmã, mãe e co-orientadora, Prof^a. Dr^a. Patricia Balata, voz condutora, experiente, dinâmica e competente. Seu cuidado, disponibilidade e precisão tornaram este estudo mais

claro e coeso. Sua presença em todos os momentos da minha vida pessoal e profissional é um presente de Deus. Minha eterna admiração e gratidão. Ao amigo-irmão, Leandro Pernambuco, cuja voz calma e cuidadosa, trouxe, por meio de sábias reflexões sobre um tema tão complexo, brilho todo especial a este estudo. À Dr^a. Laís Vieira, voz amiga, inteligente, dinâmica, ágil e perspicaz. Seu olhar aprofundado sobre esse tema confere a esse trabalho um valor especial. Obrigado pelos momentos de aprendizado e de incentivo ao longo do percurso. Gratidão sem fim. À amiga Daniele Cunha, voz amável que, com muita leveza, sempre trouxe positividade a todas as etapas desse estudo. Ao grande amigo Eduardo Xavier, quem, com sua voz que canta e encanta, permitiu aprender tanto sobre essa arte incrível que é a voz cantada. À Carolina Paes, amiga de voz calorosa, que sempre contribuiu com seus ensinamentos para o meu desenvolvimento pessoal e profissional. À Dr^a. Mara Behlau, voz que me introduziu no estudo da voz humana e que representa fonte de inspiração e admiração. A Maria Beatriz Brandão e Sá, Junior Siqueira, Pollyanna Isbelo, Antônio Lopes, Lilian Pereira, Kleber Dessoles, Lucas Aragão, Bruna Luckvu, vozes especiais, que contribuíram de inúmeras formas para a realização desta pesquisa, desde a compreensão pelas horas subtraídas do convívio social, ao decisivo apoio, carinho e assistência durante todo o processo de construção desta tese. Ao Diretor da Escola Técnica de Artes da Universidade Federal de Alagoas, Prof. Ms. David Farias, voz artística que se empenhou e contribuiu cuidadosamente durante todo o período dessa pesquisa. Aos meus amigos e companheiros de docência no curso de Arte Dramática da Escola Técnica de Artes da Universidade Federal de Alagoas, David Farias, Reginaldo Oliveira, Carla Antonello, Alex Cerqueira e Toni Edson, vozes singulares e queridas, pelo apoio, amizade e compreensão ao longo do desenvolvimento desse estudo. Aos professores componentes da banca examinadora, Dr. José Eduardo Rolim de Moura Xavier da Silva, Dr. Geraldo Magella Teixeira, Dr. Leandro de Araújo Pernambuco, Dr^a. Patrícia Maria Mendes Balata, Dr^a. Daniele Andrade da Cunha, pela honra a mim concedida em tê-los como avaliadores desta pesquisa. A todos os meus amigos do programa de doutorado em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco, vozes marcantes e queridas, pela rica troca de experiências e colaboração, e por serem pessoas tão especiais. Aos docentes do programa de doutorado em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco, vozes acolhedoras que dividiram seus sábios conhecimentos. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

(CNPq), pelo apoio financeiro que possibilitou a viabilização desta tese. Por fim, meus profundos agradecimentos a todos os cantores que participaram dessa pesquisa com tamanha generosidade para comigo e para com a ciência. Sou-lhes eternamente grato por se doarem em meio a vários compromissos profissionais e comporem com suas belas vozes uma linda aquarela vocal.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

(Arthur Schopenhauer)

RESUMO

Partindo da hipótese que padrões vocais alterados decorrentes de desconforto vocal resultam em ajustes musculares cujo engrama pode ser alterado por terapias que podem incluir o *biofeedback*, procedeu-se a duas revisões sistemáticas e a uma pesquisa de campo. A primeira revisão sistemática, sob tema “Biofeedback nas disfonias – desafios, vantagens e desvantagens”, disponibilizada na rede Internet antecedendo publicação no *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, teve por objetivo apresentar as evidências da aplicação do biofeedback para tratamento de distúrbios vocais, enfatizando a disfonia por tensão muscular. A segunda revisão sistemática, sob tema “Contribuições da neuroimagem no estudo da voz cantada”, publicada no periódico *Revista CEFAC – Speech, Language, Hearing Sciences and Education Journal*, visou apresentar as evidências originadas por estudos de neuroimagem sobre a atuação do sistema motor e sensitivo na produção do canto. Com base nas evidências apresentadas nas revisões sistemáticas, lançou-se a hipótese de que o treinamento com *biofeedback* eletromiográfico pode contribuir para que cantores procedam a ajustes que harmonizem a contração dos grupos musculares envolvidos no canto. Para tanto elaborou-se ensaio clínico com intervenção por seis semanas ininterruptas, envolvendo cantores com desconforto vocal distribuídos em três grupos segundo treinamento a que foram submetidos no ambulatório de artes vocais da Escola Técnica de Artes da Universidade Federal de Alagoas, no período de janeiro de 2015 a junho de 2017. Uma amostra aleatória, simples, estratificada incluiu 21 sujeitos com idade igual ou maior que 18 anos, independente de gênero, exercício de atividade de cantor por período mínimo de três anos, independente do estilo de canto; referência de queixa de desconforto vocal ao cantar e aceitação de participar de treinamento vocal. Foram adotados seis instrumentos de coleta: a) questionário de identificação de queixas e sinais evidentes da presença de alterações na voz; b) autoavaliação do desconforto vocal; c) índice de desvantagem vocal ao cantar o repertório e ao cantar uma música escolhida pelo participante para ser avaliado (IDVCM); d) escala de desconforto do trato vocal (EDTV), e) avaliação funcional da voz cantada, realizada por três juízes independentes e f) avaliação eletromiográfica de superfície dos músculos supra e infra-hioideos e dos esternocleidomastoideos direito e esquerdo, durante repouso e no canto. Os sujeitos da amostra foram distribuídos em três grupos equitativos segundo treinamento durante seis sessões, com duração de 30 minutos, sendo um caracterizado por biofeedback eletromiográfico exclusivo (grupo 1), outro com biofeedback eletromiográfico associado a treinamento tradicional (grupo 2) e um terceiro grupo submetido exclusivamente a treinamento tradicional (grupo 3). As variações de desconforto vocal, índice de desvantagem vocal no canto moderno, escala de desconforto vocal, avaliações da facilidade para cantar realizada pelos juízes e de atividade elétrica muscular foram analisadas pelo teste de t de Student, pareado para comparação intragrupo e teste ANOVA, com *post-hoc* de Bonferroni, para comparação intergrupos. Procedeu-se também à análise de correlação bivariada e multivariada. Foram respeitados os preceitos éticos contidos na Resolução nº 466 de 2012. Os três grupos de treinamento apresentaram redução de desconforto vocal, IDVCM e EDTV, variações na atividade elétrica dos músculos estudados, melhora do desempenho no canto após treinamento representados por maior facilidade para cantar. Constatou-se significância estatística na diferença entre o grupo 1 e os demais grupos para: redução de desconforto no canto do repertório ($p=0,006$ para grupo 2 e $p<0,001$ para grupo 3) e na música teste ($p=0,009$ para grupo 2 e $p<0,001$ para grupo

3); variação da atividade elétrica do ECOM direito durante o canto ($p=0,012$ para grupo 2 e $p=0,030$ para grupo 3) e ECOM esquerdo ($p=0,049$ para grupo 2); maior facilidade para cantar exceto para efeitos vocais. Houve associação significativa entre redução do desconforto vocal e aumento da facilidade para cantar. Para o grupo 1, houve associação positiva da maior facilidade para cantar com aumento da atividade elétrica dos músculos supra-hioideos durante o canto, antes do treinamento ($r=0,848$; $p=0,016$), desaparecendo após o treinamento, bem como maior atividade elétrica dos músculos infra-hioideos e menor desconforto vocal ($p=0,044$). Houve também associação negativa entre atividade elétrica do ECOM esquerdo e desconforto vocal após treinamento, para os cantores do grupo 2 ($r=0,433$; $p=0,017$). No grupo 3, houve associações restritas aos músculos supra-hioideos ($r= -0,855$; $p=0,014$, no canto do repertório, e $r= -0,764$; $p=0,045$, na música teste), após treinamento, e ECOM direito ($r=0,781$; $p= 0,038$) antecedendo o treinamento, para o canto do repertório. **Conclusões:** o *biofeedback* eletromiográfico gera uma nova representação mental na forma de cantar contribuindo para a redução do desconforto vocal de cantores não eruditos.

Palavras-chave: Fonoaudiologia. Voz. Música. Feedback de Eletromiografia.

ABSTRACT

Based on the hypothesis that altered vocal patterns due to vocal discomfort result in muscle adjustments whose engram can be altered by therapies that may include biofeedback, two systematic reviews and a field research were performed. The first systematic review, under the theme "Biofeedback in dysphonias - challenges, advantages and disadvantages", made available on Internet prior to publication in the Brazilian Journal of Otorhinolaryngology, aimed to present the evidence of the application of biofeedback for the treatment of vocal disorders, emphasizing muscle tension dysphonia. The second systematic review, under the theme "Contributions of the neuroimaging in the study of the singing voice", published in CEFAC - Speech, Language, Hearing Sciences and Education Journal, aimed to present the evidences originated by neuroimaging studies on the performance of the motor and sensitive system in the production of singing. Based on the evidence presented in the systematic reviews, it was hypothesized that the training with electromyographic biofeedback can contribute with singers to make adjustments that harmonize the contraction of the muscular groups involved in singing. Therefore, a clinical trial with intervention for six uninterrupted weeks was performed, involving singers with vocal discomfort distributed in three groups according to training, they have undergone at the vocal arts outpatient clinic of the Technical School of Arts of Federal University of Alagoas, from January 2015 to June 2017. A random, simple, stratified sample included 21 subjects aged 18 or over, regardless of gender, reporting singer activity for a minimum period of three years, regardless of singing style; vocal complaint of singing discomfort and acceptance of participating in vocal training. Six collection instruments were adopted: a) questionnaire to identify complaints and evident signs of the presence of voice alterations; b) self-assessment of vocal discomfort; c) Vocal disadvantage index when singing the repertoire and when singing a song chosen by the participant to be evaluated (IDVCM); d) vocal tract discomfort scale (EDTV), e) functional evaluation of the sung voice performed by three independent judges, and e) surface electromyographic evaluation of the supra and infrahyoid muscles and of the right and left sternocleidomastoids, during rest and singing. The subjects were divided into three equitable training groups during six sessions, with a duration of 30 minutes, one characterized by exclusive electromyographic biofeedback (group 1), another with electromyographic biofeedback associated with traditional training (group 2) and a third group submitted exclusively to traditional training (group 3). Variations of vocal discomfort, vocal disadvantage index in modern singing, vocal discomfort scale, judgments of singing facility performed by the judges, and muscular electrical activity were analysed with t Student test, paired for intragroup comparison and ANOVA test, with post-hoc of Bonferroni, for intergroup comparison. Bivariate and multivariate correlation analysis were also performed. The ethical precepts contained in Resolution 466 of 2012 were respected. Our results point out that the three training groups presented reduction of vocal discomfort, IDVCM and EDTV, variations in the electrical activity of the studied muscles, improvement in singing performance after training represented by greater ease of singing. Statistical significance was found in the difference between group 1 and the other groups: reduction of discomfort in the

repertory singing ($p = 0.006$ for group 2 and $p < 0.001$ for group 3) and in the test music ($p = 0.009$ for group 2 and $p < 0.001$ for group 3); change in the electrical activity of right ECOM during singing ($p = 0.012$ for group 2 and $p = 0.030$ for group 3) and left ECOM ($p = 0.049$ for group 2); easier to sing except for vocal effects. There was a significant association between reduction of vocal discomfort and increased ease of singing. For group 1, there was a positive association of singing with increased electrical activity of the suprahyoid muscles during singing, before training ($r = 0.848$; $p = 0.016$), disappearing after training, as well as greater electrical activity of the infrahyoid muscles and less vocal discomfort ($p = 0.044$). There was also a negative association between electrical activity of left ECOM and vocal discomfort after training, for the singers of group 2 ($r = 0.433$; $p = 0.017$). In group 3, there were associations restricted to the suprahyoid muscles ($r = -0.855$, $p = 0.014$, on singing the repertoire, and $r = -0.764$, $p = 0.045$, in test music) and right ECOM ($r = 0.781$, $p = 0.038$) preceding training on singing the repertoire. We concluded that electromyographic biofeedback generates a new mental representation in the form of singing contributing to the reduction of the vocal discomfort of non-erudite singers.

Keywords: Speech therapy. Voice. Music. Electromyography Feedback.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μV – microvolt

cm - centímetro

CNS – Conselho Nacional de Saúde

dB – decibel

EAV – Escala Analógica Visual

ECOM - músculo esternocleidomastoideos

EDTV – escala de desconforto no trato vocal

EMG - *Electromyography*

EMGS – Eletromiografia de superfície

ETA – Escola Técnica de Artes

GHz - gigahertz

HSE – Hospital dos Servidores do Estado de Pernambuco

Hz - Hertz

IDCM – Índice de desvantagem no canto moderno

mm - milímetro

seg – segundo

SPSS – *Statistical Package for Social Sciences*

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFAL – Universidade Federal de Alagoas

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

LISTA DE TABELAS

Resultados – Terceiro artigo

Tabela 1 – Médias e erros-padrão da média de autoavaliação das características vocais, Segundo grupos de treinamento – Maceió, 2018	95
Tabela 2 – Resultados da eletromiografia de superfície, expressa em microvolts, segundo grupos de treinamento – Maceió, 2018	96
Tabela 3 – Resultados das características avaliadas pelos juízes - Maceió, 2018	98
Tabela 4 – Correlação entre as percepções de desconforto ao cantar e na música teste e avaliação de facilidade de cantar determinada por três juízes, antes e após treinamento – Maceió, 2018	99
Tabela 5 – Correlação de Pearson entre atividades elétricas expressas em <i>milivolts</i> e facilidade de canto, segundo grupos de treinamento – Maceió, 2018	99
Tabela 6 – Correlação de Pearson entre atividades elétricas em microvolts e desconforto vocal autorreferido, segundo grupos de treinamento – Maceió, 2018	100

Apêndice L

Tabela 1 - Variáveis sociodemográficas dos participantes – Maceió, 2018	125
Tabela 2 - Caracterização dos cantores quanto a classificação, sintomas e sinais relacionados ao uso da voz – Maceió, 2018	125
Tabela 3 - Caracterização do uso da voz segundo opinião dos cantores – Maceió, 2018	126
Tabela 4 - Caracterização dos cuidados com a voz – Maceió, 2018	126

LISTA DE QUADROS

Sujeitos e métodos

Quadro 1 - Distribuição das variáveis de estudo segundo tipo e categorização	66
Quadro 2 - Pontos de corte para interpretação do índice Kappa	36

LISTA DE FIGURAS

Sujeitos e métodos

Figura 1 - Higienização da pele para colocação de eletrodos	28
Figura 2 - Alocação dos eletrodos para captação das respostas elétricas dos músculos supra-hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideos direito e esquerdo	28
Figura 3 - Eletrodos com conexão por garra afixados na pele para registro de atividade elétrica dos músculos de interesse	29
Figura 4 - Afixação de eletrodo de referência no olécrano da ulna do braço direito do sujeito	29
Figura 5 - Sistema de aquisição de atividade elétrica dos músculos preso ao braço do participante	39
Figura 6 - Manobra de deglutição incompleta para normalização do sinal elétrico dos músculos supra-hioideos	30
Figura 7 - Manobra de manutenção da língua retraída com boca entreaberta para normalização do sinal elétrico dos músculos infra-hioideos	31
Figura 8 - Participante em observação concentrada ao deslocamento das fadas durante biofeedback	33

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 Hipótese	21
2.2 Objetivos	21
3 MÉTODOS	23
3.1 Tipo do estudo	23
3.2 População alvo	23
3.3 Amostra	24
3.4 Tamanho amostral	24
3.5 Definição das variáveis	24
3.6 Instrumentos de coleta	25
3.7 Coleta de dados	27
3.7.1 Seleção dos participantes	27
3.7.2 Exame de EMGS	27
3.7.3 Alocação dos sujeitos nos grupos de treinamento	31
3.7.4 Descrição do treinamento por biofeedback (grupo 1)	32
3.7.5 Descrição do treinamento tradicional isolado (grupo 3)	33
3.7.6 Descrição do treinamento tradicional associado ao biofeedback (grupo 2)	34
3.7.7 Avaliação das vozes em trecho de canto	34
3.8 Análise estatística	35
3.9 Aspectos Éticos	36
4 RESULTADOS	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	42
Apêndice A – Primeiro artigo de Revisão da Literatura	45
Apêndice B – Segundo artigo de Revisão da literatura	67
Apêndice C – Artigo Original	81
Apêndice D – Publicação do capítulo de livro Plano terapêutico fonoaudiológico (PFT) em biofeedback eletromiográfico para disfonia	111

Apêndice E – Roteiro de entrevista inicial para cantores	115
Apêndice F – Autoavaliação do desconforto vocal	117
Apêndice G – Índice de desvantagem vocal no canto moderno - IDCM	118
Apêndice H – Escala de desconforto do trato vocal – EDTV	120
Apêndice I – Eletromiografia de superfície	121
Apêndice J – Avaliação funcional da voz cantada	122
Apêndice K – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE	123
Apêndice L – Resultados da pesquisa de campo	125
Anexo A – Aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos	127
Anexo B – Confirmação de envio de artigo para publicação no <i>Brazilian Journal of Othorinolaringology</i>	131

1. APRESENTAÇÃO

Os padrões vocais desarmônicos em cantores profissionais, decorrentes de comportamentos vocais inadequados, podem resultar de desajustes musculares do trato vocal. Destarte os diversos tipos de alteração da voz podem ser resultantes de distúrbio na cinesiologia laríngea, cujos músculos intrínsecos e extrínsecos podem estar em situação de desequilíbrio.

O interesse em estudar as vozes dos cantores com desconforto, na perspectiva da neurociência, surge da constatação de que esses indivíduos, ainda que desempenhem função como cantores profissionais, podem apresentar dificuldades em aprimorar o padrão vocal, em decorrência do engrama da atividade muscular que automatizaram.

Nesse contexto, é plausível hipotetizar que a disponibilização de outra ferramenta, que auxilie o cantor no controle dessa representação, poderá facilitar novo engrama cerebral ensejando melhor comportamento muscular e melhor desempenho vocal já que o processo de canto envolve a ação conjunta e harmoniosa de diversos grupos musculares laríngeos e paralaríngeos (supra-hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideo, dentre outros).

Dessa feita, a ocorrência de desarmonia dessa ação conjunta, ou seja, o predomínio de contração de um grupo muscular de forma desarmoniosa pode causar ou agravar o desconforto vocal do cantor. Nesse caso, estará acompanhada por atividade elétrica alta (já que não se dispõe de dados para afirmar que tal atividade seria normal ou alterada, mas apenas alta ou baixa).

A ferramenta que vem sendo investigada para treinamento da voz é o *biofeedback* dado possibilitar ao emitente proceder a adaptações na tentativa de corrigir alterações vocais (ALLEN, BERNSTEIN, CHAIT, 1991). A partir dessa base conceitual, aventa-se a hipótese de que o cantor, guiado pelo treinamento com *biofeedback* eletromiográfico, pode proceder a ajustes de forma a harmonizar a contração dos grupos musculares, o que contribuirá para minimização do desconforto vocal a um nível confortável e adequado à saúde vocal. Essa hipótese implica em admitir que a adequação poderá ser acompanhada por redução da atividade elétrica de um grupo muscular exclusivamente e, não necessariamente de todos os grupos.

O objetivo principal desta tese foi estabelecer as evidências clínicas do biofeedback eletromiográfico para cantores com desconforto vocal. Para alcançá-lo foram elencados objetivos secundários que incluíram: determinar a relação entre o grau de desconforto vocal avaliado subjetivamente pelo cantor com a atividade elétrica avaliada pelo *biofeedback* eletromiográfico durante o canto e com o índice de desvantagem vocal; comparar a atividade elétrica dos grupos supra-hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideos de cantores segundo treinamento a que foram submetidos durante o canto, bem como comparar a avaliação da facilidade em cantar realizada por três professores de canto profissional no início e ao final do treinamento vocal.

Nesse contexto, esta tese está composta por quatro capítulos, assim organizados: Fundamentação teórica, métodos, resultados e considerações finais.

Na fundamentação teórica, buscou-se abordar o tema sob dois aspectos. O primeiro consistiu em apresentar as evidências dos benefícios do emprego do *biofeedback* na construção de novo engrama cerebral no treinamento vocal, com base na aplicação dessa ferramenta para reabilitação das alterações na produção vocal artística e não artística. Esse foi o tema do artigo de revisão aceito para publicação no *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology* sob título de **Biofeedback nas disfonias – desafios, vantagens e desvantagens**.

O segundo aspecto abordado na revisão bibliográfica foram as evidências sobre a atuação do sistema motor e sensitivo na produção da voz cantada, que se constituíram no tema do artigo sob título **Contribuições da neuroimagem no estudo da voz cantada**, publicado na revista *CEFAC Speech, Language, Hearing Sciences and Education Journal*. Esse artigo integra o Apêndice A desta tese.

Em métodos, que constitui o segundo capítulo da tese, foram detalhados os passos da pesquisa de campo, desde a seleção dos sujeitos até o método para uso do *biofeedback* eletromiográfico na prática clínica de treinamento vocal. Para construção desse capítulo, inicialmente buscou-se determinar os parâmetros para uso do *biofeedback* em pacientes com disfonia, tema que foi publicado sob título **Plano terapêutico fonoaudiológico (PTF) em biofeedback eletromiográfico para disfonias** no livro *Planos Terapêuticos Fonoaudiológicos (PTFs)*, volume 2, organizado pela Pró-Fono Departamento Editorial, 2015, e integra o Apêndice B desta tese. Foram então feitas as adequações para uso do *biofeedback* para cantores sem

disfonia, mas com desconforto vocal, que se constituiu no método da pesquisa de campo da tese.

O terceiro capítulo - Resultados esteve composto pelo artigo em que se relata a pesquisa de campo com 21 cantores profissionais de canto moderno, com queixa de desconforto vocal ao cantar, divididos em três grupos segundo tivessem sido submetidos a treinamento com *biofeedback* (grupo 1), treinamento combinado com *biofeedback* associado à exercícios vocais convencionais (grupo 2) ou a treinamento convencional exclusiva (grupo 3).

Finalmente, no quarto capítulo, foram apresentadas as considerações finais da tese, incluindo comentários oriundos de observações realizadas no transcorrer da pesquisa, assim como sugestões e possíveis desdobramentos desta tese.

Este estudo obteve financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), conforme Edital Universal MCT/CNPQ 14/2009, faixa B, processo número 476412/2009.

Na construção desta tese, foram obedecidas as Normas Brasileiras relativas à apresentação de trabalhos acadêmicos (NBR 14.720 de abril de 2011), à numeração progressiva de seções de um documento (NBR 6024, de março de 2012) e à referendação (NBR 6023, de agosto de 2002). Os elementos pré e pós-textuais seguem a Regulamentação da Defesa e Normas de Apresentação do Centro de Ciências da Saúde/Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciência do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e, nos artigos enviados para publicação nacional e internacional, as normas de Vancouver (ICMJE, 2011).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta sessão é composta por dois artigos de revisão de literatura. O primeiro artigo intitulado: “Biofeedback nas disfonias – desafios, vantagens e desvantagens”, foi aceito para publicação no periódico *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, com publicação prevista para 2018. Desta forma, o artigo encontra-se no Apêndice A, desta tese.

O segundo artigo que compõe a revisão de literatura intitulado “Contribuições da neuroimagem no estudo da voz cantada” foi publicado no periódico *Revista CEFAC – Speech, Language, Hearing Sciences and Education Journal* (Rev. CEFAC. 2017 Jul-Ago; 19(4):556-564), conforme indicado no Apêndice B

2.1 Hipótese

Cantores com desconforto vocal guiados por biofeedback eletromiográfico podem proceder a ajustes que contribuirão para minimização do desconforto vocal, monitorando a atividade elétrica dos músculos extrínsecos da laringe durante o canto.

2.2 Objetivos

Objetivo Geral

Verificar quais as evidências clínicas do uso do biofeedback eletromiográfico para cantores com desconforto vocal.

Objetivos Específicos

Determinar a relação entre o grau de desconforto vocal avaliado subjetivamente pelo cantor com a atividade elétrica avaliada pelo biofeedback eletromiográfico durante o canto e com o índice de desvantagem vocal;

Comparar a atividade elétrica dos grupos supra-hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideos de cantores segundo treinamento a que foram submetidos durante o canto;

Comparar a avaliação da facilidade em cantar entre o início e ao final do treinamento vocal.

3 MÉTODOS

3.1 *Tipo do Estudo*

Trata-se de ensaio clínico, prospectivo, com intervenção por seis semanas ininterruptas.

3.2 *População-alvo*

A população alvo esteve constituída por cantores profissionais que compareceram ao ambulatório de artes vocais da Escola Técnica de Artes da Universidade Federal de Alagoas (ETA/UFAL) no período de janeiro de 2015 a junho de 2017. Eles constituíram três grupos na dependência do tipo de treinamento a que foram submetidos.

Para os três grupos, os critérios de inclusão englobaram: idade igual ou maior que 18 anos, independente de gênero, exercício de atividade de cantor por período mínimo de três anos, independente do estilo de canto; referência de queixa de desconforto vocal ao cantar e aceitação em participar da terapia vocal, independente do grupo de treinamento.

O intervalo etário adotado excluiu o período de muda vocal, ou seja, quando ocorrem as alterações vocais e estruturais em decorrência dos níveis hormonais (BEHLAU et al., 2001).

Admitiu-se excluir da pesquisa, os sujeitos que não comparecessem às avaliações vocais e eletromiográficas e ao programa de treinamento vocal, bem como aqueles que desenvolvessem enfermidade que comprometesse a fonação ou os músculos extrínsecos da laringe, tais como: distúrbio do sistema osteomioarticular cervical; déficit auditivo e uso de órteses ou próteses metálicas. Todavia não houve qualquer exclusão de sujeitos de pesquisa.

3.3 Amostra

A amostragem foi aleatória simples, por conveniência, com tamanho determinado pela fórmula de Schaeffer, Mendenhall e Ott (1990), respeitado o caráter temporal para coleta de dados, parâmetros mantidos nas demais etapas do estudo.

3.4 Tamanho amostral

Estimando uma população de 30 cantores que respeitassem os critérios de inclusão desta pesquisa e admitindo, a partir da vivência como especialista em voz em escola de canto profissional, nível de significância bilateral de 0,05, proporção hipotética de cantores com redução do desconforto vocal após treinamento igual 85%, efeito de desenho igual a 10,0 e limite de confiança como percentual igual a 5%, o tamanho amostral foi estimado em 27 indivíduos que seriam distribuídos equitativamente nos três grupos, ou seja, mantendo nove cantores em cada grupo.

Da pesquisa de campo participaram 21 cantores, distribuídos sete em cada um dos três grupos de treinamento.

3.5 Definição das variáveis

Para contemplar todos os parâmetros necessários a atender aos objetivos da presente pesquisa, foram determinados quatro grupos de variáveis. O primeiro esteve afeito ao detalhamento das características sociodemográficas dos participantes, relativas a idade, sexo e ocupação. O segundo grupo esteve destinado à caracterização vocal, incluindo classificação vocal, sintomas e sinais vocais, grau subjetivo de desconforto no trato vocal e durante o canto, índice de desvantagem vocal no canto moderno. O terceiro grupo de variáveis disse respeito às avaliações eletromiográficas dos músculos supra-hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideo e o quarto grupo esteve afeito à avaliação do grau global da

facilidade em cantar, realizada por três juízes especialistas em canto moderno (Quadro 1).

Quadro 1 – Distribuição das variáveis de estudo segundo tipo e categorização

Variáveis	Tipo	Categorização
De caracterização amostral		
Faixa etária (anos)	intervalar	18 – 28 28 – 38 38 – 48
Gênero	nominal	masculino e feminino
Escolaridade	Ordinal	iletrado, ensino fundamental, ensino médio, ensino superior, pós-graduação
Ocupação	nominal	conforme a Classificação Brasileira de Ocupações, na qual se consideram 10 grupos segundo nível de complexidade da formação e da atividade desenvolvida
Clínicas		
Queixa de alteração vocal	Nominal	Queixa ou sinal de rouquidão, pigarro, ressecamento da laringe, tosse, ardor, dor, sensação de aperto na garganta, engasgo, cansaço vocal, prurido laríngeo, esforço para fonação ou outras queixas relacionadas à voz cantada
Autoavaliação da voz	Nominal	Gosto da própria voz, apreciação da qualidade da voz, descrição de problemas com a voz, medidas de higiene vocal, qualidade sonora do ambiente de trabalho
Desconforto vocal	Nominal	Autoavaliação do desconforto vocal no canto
Índice de desvantagem para o canto moderno	Intervalar	Avaliação dos domínios de incapacidade, desvantagem e defeito
Escala de desconforto do trato vocal	Intervalar	Frequência e intensidade de sensação/sintoma de queimação, aperto, secura, garganta dolorida, coceira, garganta sensível, garganta irritada e bolo na garganta
Atividade elétrica dos músculos extrínsecos da laringe	Intervalar	Avaliada em microvolts (μV) no repouso e durante o canto
Grau global da facilidade em cantar	Intervalar	Avaliada em milímetros (mm) e convertida em percentual, resultante do resumo das pontuações nos parâmetros clareza articulatória, dinâmica respiratória, ataques vocais, uso de efeitos vocais, afinação, brilho, qualidade da voz, retomadas de ar ruidosas, projeção, expressividade, apoio respiratório, passagem de registros e pronúncia

3.6 Instrumentos de coleta

Foram adotados seis instrumentos de coleta:

- a) Questionário de identificação de queixas e sinais evidentes da presença de alterações na voz (Apêndice C);
- b) Autoavaliação do desconforto vocal, expressa em escala visual analógica de 10 cm para configurar um índice passível de comparação semi-quantitativa nos dois momentos avaliatórios (Apêndice D);
- c) Índice de desvantagem vocal ao cantar o repertório e ao cantar uma música escolhida pelo participante para ser avaliado, que descreve o impacto da alteração vocal na voz cantada, em três subescalas incapacidade, desvantagem e defeito, cada qual composta por 10 itens expressos em escala de Likert de cinco pontos, na versão para canto moderno (IDVCM) (Apêndice E);
- d) Escala de desconforto do trato vocal (EDTV), com a finalidade de avaliar frequência e intensidade dos sintomas de queimação, aperto, secura, garganta dolorida, coceira, garganta sensível, garganta irritada e bolo na garganta, empregando escala de Likert com sete pontos, variando de zero (nunca) a seis (sempre) (Apêndice F);
- e) Avaliação eletromiográfica de superfície dos músculos supra e infra-hioideos, bem como dos esternocleidomastoideos direito e esquerdo, durante repouso e no canto, com identificação subjetiva de desconforto vocal (Apêndice G);
- f) Avaliação funcional da voz cantada, realizada por três juízes independentes, que se constitui no resumo da pontuação dos parâmetros de clareza articulatória, dinâmica respiratória, ataques vocais, uso de efeitos vocais, afinação, brilho, qualidade da voz, retomadas de ar ruidosas, projeção, expressividade, apoio respiratório, passagem de registros e pronúncia, expressos em escala visual analógica de 10 mm, variando de zero a 10 (Apêndice H).

3.7 Coleta dos dados

3.7.1 Seleção dos participantes

Cumpridos os critérios de inclusão, mas não os de exclusão, os sujeitos que, por busca espontânea ou referência, comparecerem ao ambulatório de artes vocais da Escola Técnica de Artes da Universidade Federal de Alagoas (ETA/UFAL), foram convidados a participar da presente pesquisa, após explicação de seus objetivos, obedecendo aos critérios de inclusão. Os indivíduos, que assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) (Apêndice I), foram distribuídos em três grupos de treinamento de desconforto vocal.

Cada um dos participantes respondeu ao protocolo de investigação de queixas e desconfortos vocais ao cantar. Em havendo queixas ou desconforto vocal, o sujeito foi solicitado a responder à uma escala visual analógica de desconforto vocal percebido ao executar seu repertório musical habitual de shows, e outra para avaliar essa desconfortabilidade na música em que a percebia com maior intensidade, procedendo-se à gravação de áudio dessa música. Então o participante respondeu ao índice de desvantagem vocal no canto moderno e à escala de desconforto do trato vocal. Antes que o pesquisador avaliasse os resultados das escalas, o participante foi submetido à eletromiografia de superfície.

3.7.2 Exame de EMGS

Foi solicitado que o voluntário ficasse em pé de forma confortável, olhar dirigido para o horizonte obedecendo ao plano de Frankfurt, para que o pesquisador procedesse à inspeção da região de pescoço. Na existência de pelos nas regiões submandibular, anterior e lateral do pescoço, nas quais proceder-se-ia à aderência dos eletrodos para registro da eletromiografia de superfície, procedeu-se à tricotomia com lâmina de barbear de uso individual e descartável, mediante consentimento do voluntário, para reduzir a impedância da pele.

A seguir, foi realizada limpeza da pele que recobre essas regiões do pescoço com compressa de gaze embebida em álcool 70° (Figura 1).

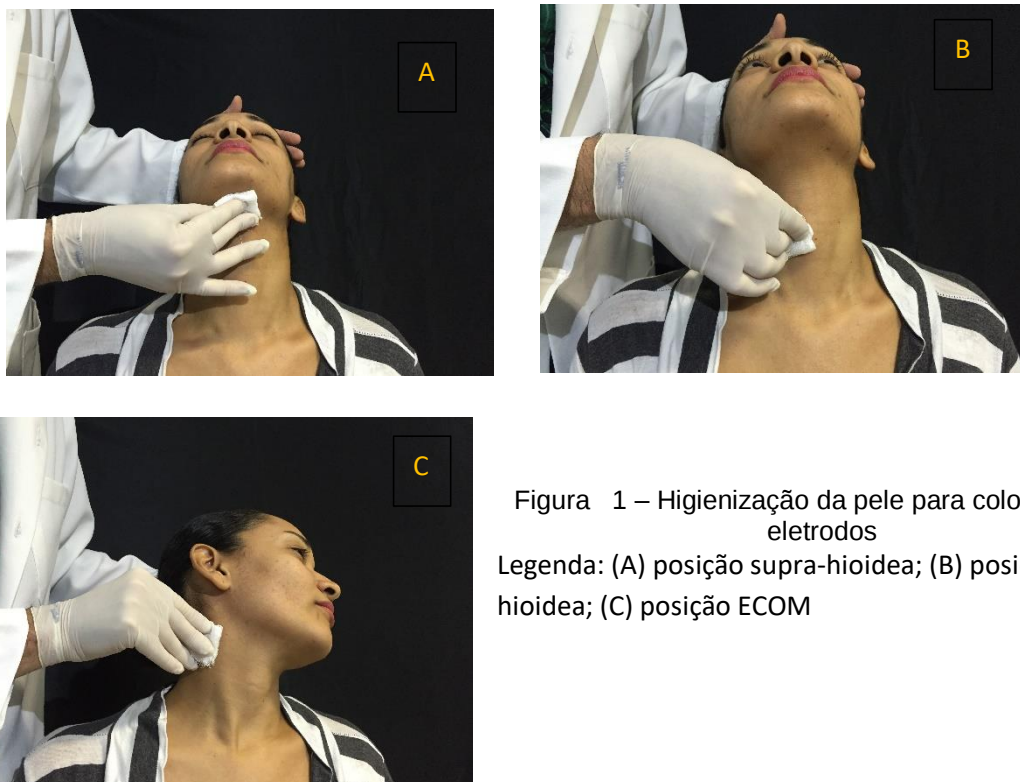


Figura 1 – Higienização da pele para colocação de eletrodos

Legenda: (A) posição supra-hioidea; (B) posição infra-hioidea; (C) posição ECOM

Nesses locais, foram alocados os eletrodos para captar as respostas dos músculos supra-hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideos direito e esquerdo (Figura 2).

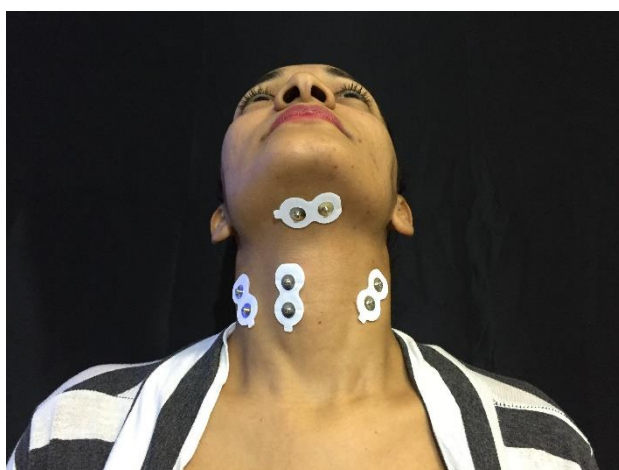


Figura 2- Alocação dos eletrodos para captação das respostas elétricas dos músculos supra-hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideos direito e esquerdo

Foram utilizados oito sensores SDS500® com conexão por garras; cabo de referência (terra); calibrador; software *Miograph 2.0*®; cabo de comunicação USB; marca MIOTEC®, com eletrodos duplos descartáveis de superfície *Double Trace*, com distância de 2 cm entre polos, ideal para análise eletromiográfica em musculaturas pequenas com dimensões de 44 mm de comprimento, 21 mm de largura e 20 mm de

centro a centro. É confeccionado em espuma de polietileno com adesivo medicinal hipoalérgico (importado), gel sólido aderente condutor (Hidrogel importado), contato bipolar de Ag/AgCl (prata/cloreto de prata), responsável pela captação e condução do sinal da EMGS (Figura 3).

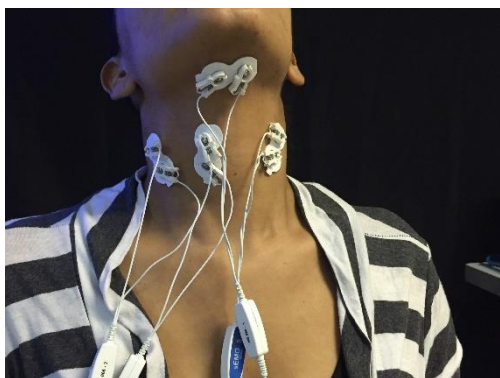


Figura 3 – Eletrodos com conexão por garra afixados na pele para registro de atividade elétrica dos músculos de interesse

Os eletrodos foram colocados em uma ordem padronizada, longitudinalmente às fibras musculares e fixados bilateralmente utilizando-se fita adesiva (MORAES *et al.* 2012; BALATA *et al.*, 2013). Para estabilizar o sinal, foi afixado um eletrodo de referência em um ponto distante do local de registro dos músculos avaliados, sendo convencionalizado o olécrano da ulna do braço direito (Figura 4).



Figura 4 – Afixação de eletrodo de referência no olécrano da ulna do braço direito do sujeito

Para a coleta dos potenciais elétricos, avaliados em μV , dos músculos supra-hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideos direito e esquerdo, foi utilizado o *New Miotoool Face*®. Esse sistema de aquisição de dados permite analisar a atividade elétrica dos músculos por meio de sensores superficiais e está provido da possibilidade de seleção de quatro canais, com ganho de 2000.

O eletromiógrafo foi conectado ao computador portátil tipo *notebook* de marca DELL®, sistema operacional Windows®10 *Home Single Language*, HD 1TB com 8GB SSD, Processador Intel® Core (TM) i7 – 5500U e preso ao braço do participante do

estudo por uma cinta para fixação de cabos ou sensor junto ao corpo, para evitar artefato mecânico (Figura 5).



Figura 5 - Sistema de aquisição de atividade elétrica dos músculos preso ao braço do participante

Afim de reduzir as discrepâncias dos registros captados (REGALO et al., 2009), estando o voluntário na postura bípede, a normalização do sinal elétrico muscular foi realizada, mediante a máxima atividade voluntária resistida (MAVR) (MORAES et al., 2012), baseada nas provas de função muscular (KENDALL, McCREARY, PROVANCE, 1995) para cada músculo de interesse para o estudo, a saber:

- Músculos supra-hioideos – manobra de deglutição incompleta sustentada por 5 segundos e repetida três vezes consecutivas, com intervalos de 10 segundos entre cada execução (BALATA et al., 2013) (Figura 6).



Figura 6 – Manobra de deglutição incompleta para normalização do sinal elétrico dos músculos supra-hioideos

- Músculos infra-hioideos – manobra de manutenção da língua retraída com boca entreaberta, adotando a mesma sistemática de duração, repetição e intervalo utilizada com os músculos supra-hioideos (BALATA et al., 2013) (Figura 7).



Figura 7 – Manobra de manutenção da língua retraída com boca entreaberta para normalização do sinal elétrico dos músculos infra-hioideos

A contração máxima dos músculos esternocleidomastoideos (direito e esquerdo) foi obtida com a manobra de flexão cervical, de forma manualmente resistida, respeitando a mesma sistematização dos demais músculos avaliados nesse estudo (MORAES, 2012).

Após a obtenção das medidas de MAVR, o participante foi orientado a manter a respiração normal sem vocalização (repouso) por 30 segundos, para captação da atividade elétrica dos músculos supra-hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideos em repouso, devendo ser evitadas inspirações profundas, afim de não provocar contração de músculos acessórios do pescoço. A seguir, foi solicitado ao sujeito que cantasse a música que ele considerava desencadeadora do maior desconforto vocal, durante 30 segundos, quando foram extraídas as atividades elétricas dos músculos alvo de estudo.

3.7.3 Alocação dos sujeitos nos grupos de treinamento

Decorrida uma semana das avaliações, cada um dos sujeitos participantes foi orientado para se apresentar a um auxiliar de pesquisa, responsável pela alocação dos sujeitos participantes em um dos três grupos de pesquisa: treinamento por *biofeedback* (grupo 1), treinamento convencional associado ao *biofeedback* (grupo 2) ou treinamento tradicional isolado (grupo 3).

A alocação em um dos grupos de pesquisa obedeceu a ordem de apresentação dos sujeitos, de tal forma que o primeiro foi alocado no grupo 1, o segundo, no grupo 2 e o terceiro, no grupo 3. O quarto sujeito participante foi alocado no grupo 1, iniciando nova série, e, assim, até a alocação do sétimo sujeito em cada grupo.

3.7.4 Descrição do treinamento por biofeedback (grupo 1)

Foram adotados todos os cuidados relativos a postura, limpeza da região que recobre a região lateral do pescoço (correspondente à topografia dos músculos esternocleidomastoideos direito e esquerdo) para alocação dos eletrodos. Vale salientar que nessa modalidade de treinamento, os eletrodos só foram posicionados na região dos músculos esternocleidomastoideos em virtude desses músculos estarem envolvidos nas ações de rotação heterolateral, inclinação homolateral, extensão e flexão de cabeça, posturas essas facilmente observadas durante a execução do canto (COSTA, 1990).

Para o treinamento por *biofeedback* eletromiográfico, foi utilizado o *software Biotrainer*, sistema integrado ao equipamento New Miotool Face® e que faz parte do Miotec Suite (base centralizadora de softwares da Miotec).

No início do treinamento, o sujeito, mantendo posição ortostática, foi orientado para que cantasse a música desencadeadora de maior desconforto vocal, durante 30 segundos, observando a exibição da atividade elétrica dos músculos esternocleidomastoideos direito e esquerdo na tela do programa projetada por um aparelho de *datashow*. Foi utilizado como cenário para exibição da atividade elétrica uma floresta lúdica, onde a atividade de cada músculo era representada na tela por uma fada.

Após três a quatro repetições do canto livre de desconforto, com observação atenta ao deslocamento das fadas, teve início uma série de comandos, cada um a ser realizado durante três minutos durante o canto de desconforto (MENEZES, et al., 2011), entremeados por intervalo de 15 segundos, sempre com observação concentrada ao deslocamento das fadas, enfocando:

- a. Relaxamento - “Deixe a cabeça bem relaxada e cante enquanto visualiza o comportamento da fada na tela”;
- b. Respiração - “apoia a voz no diafragma enquanto canta”; “fique atento a sua respiração”; “controle os ruídos da respiração enquanto canta”;
- c. Qualidade vocal - “cante prestando mais atenção na qualidade sonora da voz”; “mantenha os ajustes estéticos do seu estilo sonoro”;

- d. Ressonância - “cante sentindo o som na face”; “não prenda a voz na garganta”; “equilibre o som”. “projete melhor a voz, deixando o som mais equilibrado”;
- e. Articulação - “cante articulando melhor os sons da letra da música”; “sinta a mandíbula livre enquanto canta”; “defina melhor a articulação”.

Na medida em que o sujeito foi colocando os comandos em prática, foi instruído para que observasse se a voz no canto ficava mais ou menos confortável e associasse a essa identificação a forma pela qual a musculatura se comportava e como a fada se movia na tela, mantendo todos os parâmetros em atenção concentrada. Houve reforço constante para que o sujeito identificasse se a fada se mantinha igual ou diferente, ou seja, ao longo do treinamento, foi mantida a orientação para que o sujeito associasse o conforto de sua voz, ao comportamento das fadas e de sua musculatura (Figura 8)

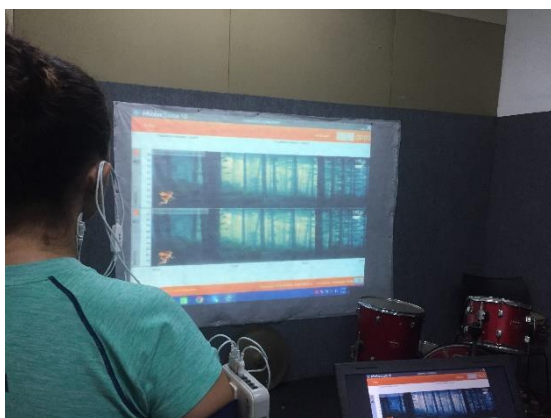


Figura 8 – Participante em observação concentrada ao deslocamento das fadas durante *biofeedback*

Ao final de cada sessão de treinamento, houve orientação para que o sujeito mantivesse o exercício de cantar a música desencadeadora do maior desconforto, três a quatro vezes ao dia, colocando os parâmetros instruídos em ação e imaginando a curva do gráfico semelhante ao que foi observado no último canto do treinamento do dia (imaginando as fadas).

3.7.5 Descrição do treinamento tradicional isolado (grupo 3)

Durante essa modalidade de treinamento, o sujeito, em postura ortostática, cantava de três a quatro vezes livremente o canto autoreportado como de maior desconforto, prestando atenção à qualidade da voz e ao nível de desconforto. Em

seguida, manteve-se uma sequência de técnicas universais amplamente utilizadas no treinamento vocal de cantores, obedecendo à ordem de realização de micromovimentos cervicais; apoio respiratório, vibração de lábios ou língua (fricativo sonoro “Z”, quando não conseguisse realizar a vibração), exercício de som nasal, sobrearticulação exagerando os movimentos articulatórios.

A cada sessão, enquanto o sujeito cantava o trecho da música desencadeadora de maior desconforto vocal, o sujeito executava cada técnica por três minutos (MENEZES et al., 2011), com intervalos naturais de aproximadamente 15 segundos.

Ao final de cada sessão de treinamento, havia orientação para que o sujeito mantivesse o exercício de cantar três a quatro vezes ao dia, usando os parâmetros instruídos na ação.

3.7.6 *Descrição do treinamento tradicional associado ao biofeedback (grupo 2)*

O treinamento consistiu no emprego das mesmas técnicas universais utilizadas no treinamento convencional, no qual as emissões sonoras eram mantidas por três minutos (MENEZES et al., 2011), com intervalos naturais de aproximadamente 15 segundos, e monitoradas pelo *biofeedback*, ou seja, pela observação concentrada, na tela do programa *Biotrainer*, da representação eletromiográfica da atividade muscular por meio dos deslocamentos das fadas, empregando a mesma temática lúdica de floresta.

Ao final de cada sessão de treinamento, houve orientação para que o sujeito mantivesse o exercício de cantar três a quatro vezes ao dia, colocando os parâmetros instruídos em ação e imaginando a curva do gráfico semelhante ao que foi observado no último canto do treinamento do dia.

3.7.7 *Avaliação das vozes em trecho de canto*

Ao final de cada modalidade terapêutica, a todos os sujeitos da pesquisa foi solicitado que repetisse a autoavaliação do desconforto vocal no repertório e na música de maior desconforto, do índice de desvantagem vocal no canto moderno e da escala de desconforto do trato vocal.

Nos mesmos períodos, procedeu-se a nova gravação da voz de cada sujeito de pesquisa ao cantar a música desencadeadora de maior desconforto vocal. Dessa forma, obtiveram-se gravações inicial e ao final do treinamento, denominadas genericamente GR seguida de uma numeração de cegamento do sujeito da pesquisa para o pesquisador principal e para os juízes externos. Dessa feita, a sigla GR2, referia-se à gravação do sujeito identificado na lista com o número dois.

Para controle do período a que cada gravação se referia, foram empregadas as siglas GRi e GRt, respectivamente para os períodos inicial e final do treinamento, porém a relação com tal discriminação ficou sob controle do auxiliar que procedeu à distribuição dos cantores nos grupos, ao início da pesquisa.

As gravações GRi e GRt foram enviadas a três juízes externos, professores de canto, para que pontuassem o grau global da facilidade em cantar, avaliado em milímetros, resultante do resumo das pontuações nos parâmetros clareza articulatória, dinâmica respiratória, ataques vocais, uso de efeitos vocais, afinação, brilho, qualidade da voz, retomadas de ar ruidosas, projeção, expressividade, apoio respiratório, passagem de registros e pronúncia. Importante ressaltar que todos os juízes externos eram cegos para o cantor e para os períodos de gravação.

3.8 *Análise estatística*

Todos os dados recolhidos durante o treinamento de cada sujeito foram registrados em banco de dados construído com o programa Epi-Info 7, na versão 7.2.0.10, de 27 de junho de 2016, disponível na rede Internet gratuitamente pela Organização Mundial de Saúde, e analisados com o programa estatístico IBM SPSS *Statistics* na versão 21.0.

Considerando a existência de dois momentos distintos durante toda a pesquisa – início e final do treinamento - procedeu-se à comparação das diferenças intrapessoais e intersujeitos dos parâmetros relativos a atividade elétrica, índice de desvantagem vocal, escala de desconforto vocal e avaliação vocal por juízes externos.

As avaliações dos três juízes externos foram submetidas à análise de concordância intra e interavaliadores com índice Kappa, admitindo-se os limites

propostos por Landis e Koch (1977) para interpretação, como demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Pontos de corte para interpretação do índice Kappa

Valores de Kappa	Interpretação
<0	Sem concordância
0,00 – 0,19	Concordância pobre
0,20 - 0,39	Concordância discreta
0,40 - 0,59	Concordância moderada
0,60 - 0,79	Concordância forte
0,80 - 1,00	Concordância quase perfeita

As variações de desconforto vocal, índice de desvantagem vocal no canto moderno, escala de desconforto vocal e das avaliações da facilidade para cantar realizada pelos juízes foram analisadas pelo teste de t de Student, pareado para comparação intragrupo e teste ANOVA, com post-hoc de Bonferroni, para comparação intergrupos.

Procedeu-se também à análise de correlação bivariada e multivariada para identificar relações de causa-efeito entre as avaliações de desconforto vocal realizada pelos cantores e as de facilidade para cantar, realizada pelos juízes; entre facilidade para cantar e atividade elétrica dos músculos alvo do estudo.

Todos os testes foram realizados com nível de significância de 0,05, com exceção das análises univariadas realizadas para montagem da análise multivariada, quando o nível de significância foi admitido igual a 0,20.

3.9 Aspectos Éticos

A pesquisa foi submetida à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco, em obediência à Resolução nº. 466 de 2012, por meio da Plataforma Brasil, sendo aprovada sob CAAE nº. 43742114.8.0000.5208 (Anexo A).

Todos os voluntários foram informados a respeito do conteúdo da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, contendo as explicações

do objetivo do estudo e a garantia de segurança e sigilo de seus dados. Ao término da pesquisa, os dados de cada indivíduo integraram seu prontuário. Todos os dados coletados foram armazenados em um computador portátil de uso exclusivo do pesquisador, garantindo o sigilo das informações.

4. RESULTADOS

Esta sessão é composta pelo artigo original intitulado: “Evidências clínicas do biofeedback eletromiográfico para cantores com queixa de desconforto vocal”, que foi submetido para apreciação ao *Brazilian Journal of Othorrynolaringology*. Desta forma, o artigo encontra-se no Apêndice C, desta tese.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A consecução desta tese se constituiu um desafio clínico e metodológico. Do ponto de vista profissional, a proposição de emprego do biofeedback para cantores com repertório moderno, ou seja, não eruditos, exigiu dedicação extrema no sentido de sensibilizá-los a obedecer às orientações, que se constituíam em condição *sine qua non* de pesquisa.

Adicionalmente é preciso reconhecer que pesquisar a associação de biofeedback com eletromiografia de superfície em cantores não eruditos foi quase que uma ousadia metodológica, já que não existem estudos comparando a atividade elétrica dos músculos estudados envolvendo situações de canto, dificultando comparar os achados com os da literatura.

Esses desafios se constituíram em forte motivação para identificar fenômenos e processos que poderão, no futuro, propiciar avanços na terapia de voz de cantores.

Cantores profissionais populares ainda que possam ter o hábito de se submeterem a procedimentos ou treinamentos que contribuam para seu desempenho vocal, não são tão disciplinados quanto os eruditos, do que derivou, para a pesquisa, na dificuldade de aumento do tamanho amostral. Este empecilho metodológico, indubitavelmente, dificultou a identificação de outras evidências a partir dos resultados. Ainda assim, em nossa interpretação, não invalidou a pesquisa. Entendemos que o pequeno tamanho amostral pode ter sido causa de valores de p intermediários entre 0,05 e 0,10, portanto que impedem descartar a hipótese nula de teste, mas também não permitem afirmar a existência de relação entre variáveis.

Não apenas o tamanho amostral se constituiu em restrição interpretativa de resultados, mas igualmente o próprio ineditismo do tema escolhido. A partir das revisões bibliográficas e da pesquisa por outros estudos, se identificou que o tema ainda é jovem, do ponto de vista científico. Mostra-se promissor requerendo análise criteriosa de resultados para constituição de massa crítica de dados que nos levem a evidências mais robustas. Sob esse aspecto, a presente pesquisa pode representar um ganho de conhecimento interessante a ser compartilhado com outros estudiosos. No entanto a análise de resultados exige cautela, por estarmos investigando aspectos ainda não bem esclarecidos sobre a voz cantada.

Ainda que se tenham buscado diversas fontes bibliográficas ao longo deste estudo, não se localizou qualquer pesquisa aplicando biofeedback eletromiográfico a cantores populares. Alguns estudos usando o biofeedback eletromiográfico com cantores eruditos mostram o papel da musculatura durante o canto, porém não correlacionam com o grau de facilidade para cantar, muitas vezes não constam descrição clara da alocação dos eletrodos e da duração do biofeedback. Outros estudos empregando biofeedback eletromiográfico são antigos e direcionados a alterações do comportamento vocal em sujeitos não cantores, além de carecerem de descrição detalhada da metodologia utilizada.

Outra particularidade do presente estudo advém das características profissionais dos sujeitos. Cantores profissionais populares empregam uma movimentação corporal bastante distinta e livre em relação àquela que se observa em cantores eruditos. Seu comportamento postural ao cantar pode ter se constituído em limitação na avaliação das atividades elétricas dos músculos supra e infra-hioideos, bem como dos esternocleidomastoideos. Interessante assinalar que tais aspectos só puderam ser identificados ao longo da coleta de dados, embora fossem familiares a profissionais dedicados ao estudo da voz. Eram filigranas valiosas para pesquisa de campo, porém não tão valorizadas na prática clínica.

Da mesma forma, a realidade de vida profissional dos sujeitos da pesquisa se constituiu em problemas no andamento do estudo. Dentre eles estiveram a conciliação do dia do treinamento vocal com as agendas de shows dos cantores, sobretudo em meses de maior demanda de apresentações artísticas, como os meses de festividades (Carnaval, Semana Santa, São João, feriados, etc.) e a necessidade de atender a aspectos estéticos (especialmente nos homens a retirada da barba). De certa forma, estes eventos dificultaram o andamento do estudo, porém, não o inviabilizaram.

Poucos são os trabalhos com o uso do biofeedback eletromiográfico na população de cantores, o que se traduz em uma dificuldade de interpretação de alguns aspectos dos dados coletados. Observou-se que cantores submetidos ao treinamento com biofeedback exclusivo experimentaram modificações de desconforto vocal e de facilidade para cantar melhores que aquelas relatadas por integrantes dos dois outros grupos. Ainda que os dados não nos permitam realizar afirmações categóricas, consideramos ter base científica para aventar a hipótese de que o biofeedback

efetivamente propicia condições para a criação de um novo engrama cerebral no canto.

REFERÊNCIAS

ARONSON, A. E. **Clinical voice disorders**: an interdisciplinary approach. 2. ed. New York: Thieme Verlag, 1985. 417p.

BALATA, P.M. *et al.*. Incomplete swallowing and retracted tongue maneuvers for electromyographic signal normalization of the extrinsic muscles of the larynx. **Journal of Voice**, v. 26, n. 60, p. 813.e1-7, Nov 2012,

BALATA, PM; SILVA, H.J.;PERNAMBUCO, L.J.; OLIVEIRA, J.H.; MORAES, S.R. Normalization patterns of the surface electromyographic signal in the phonation evaluation. **J Voice**; 29(1), p.129. e 1-8, Jan 1015

BEHLAU, M. *et al.* Disfonias funcionais. In: BEHLAU, M. (Org). **Voz**. O livro do especialista. São Paulo: Revinter0, 2001b. p. 248-281. 1 v.

BEHLAU, M. Técnicas Vocais. (In:) FERREIRA, L. P. et.al. (Orgs.). **Tratado de Fonoaudiologia**. São Paulo: Roca, 2004b. p. 42-58.

BEHLAU, M.; AZEVEDO, R.; MADÁZIO, G. Anatomia da laringe e fisiologia da produção vocal. In: BEHLAU, M. (Org.). **Voz**. O livro do especialista. São Paulo: Revinter. 2001a. p. 1-52. 1 vol.

COSTA, T.; OLIVEIRA, G.; BEHLAU, M. Validação do índice de desvantagem vocal: 10 (IDV-10) para o português brasileiro. **CoDAS**, v. 230, n. 50, p. 482-485, 2013.

DeLUCA, C.J. The use of surface electromyography in biomechanics. **J Appl Biomech**; v.13, p.135-63, 1997.

GILLINGS, B. R.; KLINEBERG I. J. Latency and inhibition of human masticatory muscles following stimuli. **Journal of Dental Research**, Chicago, v. 54, n. 2, p. 269-279, Mar-Apr. 1975.

KENDALL, F.P.; McCREARY, E.K.; PROVANCE , P.G. Músculos: Provas e Funções com Postura e Dor. 4ª ed. São Paulo: Editora Manole Ltda., 1995. 453p.

LANE, H.; PERKELL, J. S. Control of voice-onset time in the absence of hearing: a review. **Journal of Speech, Language and Hearing Research, Rockville**, v. 480, n. 6, p. 1334-1343, Dec. 2005.

MENEZES, M.H, UBRIG-ZANCANELLA, M.T, CUNHA, M.G, CORDEIRO, G.F, NEMR, K, TSUJI, D.H. The relationship between tongue trill performance duration and vocal changes in dysphonic women. *Journal of Voice*. v. 25, n.4, p.167-75,2011.

MORAES, K.J.R.; CUNHA, R.A.; LINS, O.G.; CUNHA, D.A.; SILVA, H.J. Eletromiografia de superfície: padronização da técnica. **Rev Neurobiol**; v. 73, n. 3, p. 151-58, 2010.

MORAES, K.J.R et al. Surface electromyography: proposal of a protocol for cervical muscles. *Rev. CEFAC*; v.14, n.5, p.918-24., 2012.

MORAES, K.J.R. et al. Avaliação do sinal elétrico muscular cervical: proposta de um protocolo para os músculos esternocleidomastóideo e trapézio. Editora: Pró-Fono, 2013.

MARYN, Y.; DE BODT, M.; VAN CAUWENBERGE, P. Effects of biofeedback in phonatory disorders and phonatory performance: a systematic literature review. **Applied Psychophysiology and Biofeedback**, New York, v. 31, n. 1, p. 65-83, Mar. 2006.

MORRISON, M. D. *et al.* Muscular tension dysphonia. **The Journal of Otolaryngology**, Toronto, v. 12, n. 5, p. 302-306, Oct. 1983.

MORRISON, M. *et al.* **The management of voice disorders**. 4 ed. San Diego: Singular Publishing, 1994.

PONTES, P. A. L. *et al.* Características das vozes roucas, ásperas e normais: análise acústica espectrográfica comparativa. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 182-188, mar-abr 2002.

PEPER, E.; HARVEY, R.; TAKABAYASHI, N. Biofeedback an evidence based approach in clinical practice. **Japanese Journal of Biofeedback Research**, Tokio, v. 36, n. 1, p. 3-10, 2009.

RAHAL, A.; PIEROTTI, S. Eletromiografia e cefalometria na fonoaudiologia. In: FERREIRA, L. P.; BEFI-LOPES, D. N.; LIMONGI, S. C. O. (Orgs.). **Tratado de Fonoaudiologia**. São Paulo: Roca, 2004.

REGALO, S.C.H.; VITTI, M.; OLIVEIRA, A.S.; SANTOS, C.M.; SEMPRINI, M.; SIÉSSERE, S. Conceitos básicos em eletromiografia de superfície. In: FELICIO, C.M.; VOI TRAWITZKI, L.V. **Interfaces da medicina, odontologia e fonoaudiologia no complexo cérvico-craniofacial**. São Paulo: Pró-fono, p. 31-50, 2009.

RIGLER, I.; PODNAR, S. Impact of electromyographic findings on choice of treatment and outcome. **European Journal of Neurology**, Oxford, v. 140, n. 7, p. 783-787, Jul. 2007.

VAIMANO, M. Standardization of surface electromyography utilized to evaluate patients with dysphagia. **Head & Face Medicine**, London, v. 3, p. 260, Jun. 2007.

VAIMAN, M.; EVIATAR, E. Surface electromyography as a screening method for evaluation of dysphagia and odynophagia. **Head & Face Medicine**, London, v. 50, p. 9, Feb. 2009.

VAN BORSEL, J.; SIERENS, S.; PEREIRA, M. M. B. Realimentação auditiva atrasada e tratamento de gagueira: evidências a serem consideradas. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, Barueri, v. 19, n. 3, p. 323-332, jul-set 2007.

YAMASAKI, R. *et al.* Correspondência entre Escala Analógico-Visual e a Escala Numérica na avaliação perceptivo-auditiva de vozes. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE FONOAUDIOLOGIA, 2008, Campos de Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBF, 2008.

WUYTS, F.L *et al.* The dysphonia severity index: an objective measure of vocal quality based on a multiparameter approach. **Journal of Speech and Language Hearing Research**, v. 43, n. 1, p. 796-809, Jun 2000.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PRIMEIRO ARTIGO DA REVISÃO DA LITERATURA

Biofeedback eletromiográfico nas disfonias – desafios, vantagens e desvantagens

Geová Oliveira de Amorim¹, Patrícia Maria Mendes Balata², Laís Guimarães Vieira³,
Thaís Moura⁴, Hilton Justino da Silva⁵

¹ – Fonoaudiólogo. MSc. Doutorando Universidade Federal de Pernambuco

² – Fonoaudióloga. PhD, MSc, Hospital dos Servidores do Estado de Pernambuco

³ – Médica. LGV Assessoria e Consultoria Médica

⁴ – Enfermeira. Expertise. Mestranda Universidade Federal de Pernambuco.

⁵ – Fonoaudiólogo. Phd, MSc. Universidade Federal de Pernambuco

Endereço para correspondência

Geová Oliveira de Amorim

Avenida Doutor Mário Nunes Vieira, 126, apto 204. Jatiúca, Maceió, Brazil

CEP: 57735-550

Fone: (82)99122-3751

Email: geovafono@uol.com.br

ABSTRACT

Introduction: There is evidence that all the complex machinery involved in speech acts along with the auditory system, and their adjustments can be altered. **Objective:** To present the evidence of biofeedback application for treatment of vocal disorders, emphasizing the muscle tension dysphonia. **Methods:** A systematic review was conducted in Scielo, Lilacs, PubMed and Web of Sciences databases, using the combination of descriptors, and admitting as inclusion criteria: articles published in journals with editorial committee, reporting cases or experimental or quasi-experimental research on the use of biofeedback in real time as additional source of treatment monitoring of muscle tension dysphonia or for vocal training. **Results:** Thirty-three articles were identified in databases, and seven were included in the qualitative synthesis. The beginning of electromyographic biofeedback studies applied to speech therapy were promising and pointed to a new method that enabled good results in muscle tension dysphonia. Nonetheless, the discussion of the results lacked physiological evidence that could serve as their basis. The search for such explanations has become a challenge for speech therapists, and determined two research lines: one dedicated to the improvement of the electromyographic biofeedback methodology for voice disorders, to reduce confounding variables, and the other dedicated to the research of neural processes involved in changing the muscle engram of normal and dysphonic patients. **Conclusion:** There is robust evidence that the electromyographic biofeedback promotes changes in the neural networks responsible for speech, and can change behavior for vocal emissions with quality.

Keywords: Speech Therapy. Voice. Dysphonia. Electromyographic feedback.

1 Introdução

A comunicação oral depende da capacidade de produzir uma enorme variedade de sons que compostos, caracterizam uma linguagem. A produção desses sons resulta de configurações altamente específicas do trato vocal, o qual filtra o som produzido na laringe e o modula por meio de movimentos coordenados dos lábios, da língua e da mandíbula¹. Essas interações envolvem a musculatura, sistema nervoso central e autônomo e constituem tema intrigante de pesquisa envolvendo indivíduos normais e com distúrbios da voz.

Há evidências de que toda a complexidade envolvida na fonação atua juntamente com o sistema auditivo, o que possibilita ao indivíduo desenvolver adequações dinâmicas naturais ao longo de um discurso em resposta a perturbações sonoras perceptíveis, para tornar a voz mais harmoniosa e adequada ao discurso², porém nem sempre essas adequações são suficientes para correção do distúrbio de voz.

Dentre os distúrbios de voz, as disfonias constituem cerca de 40% dos atendimentos em clínicas de voz, especialmente quando são devidas à tensão excessiva. Entende-se por disfonias as alterações vocais decorrentes do desajuste neuromuscular dos músculos responsáveis pela produção da voz³. Os padrões vocais alterados, decorrentes de uma disfonia, resultam dos ajustes musculares, em nível glótico e supraglótico, desenvolvidos pelo sujeito, em reação à presença ou não de lesão laríngea⁴. Nas disfonias por tensão muscular, admite-se que a tensão aumentada dos músculos extrínsecos da laringe⁵, eleva a laringe no pescoço e perturba a inclinação das cartilagens laríngeas. Consequentemente, os músculos intrínsecos da laringe são afetados e mudam a tensão das pregas vocais, determinando o distúrbio vocal⁶.

O controle da fonação volitiva tem origem no córtex cerebral, a partir do qual se propagam impulsos nervosos para ativação dos núcleos motores do tronco encefálico (núcleo ambíguo, núcleo do trato solitário e núcleo parabrâquial) e da medula espinhal, modulando a ação da musculatura laríngea, dos articuladores e dos músculos torácicos e abdominais. Daí decorre que os distúrbios vocais podem resultar em novas representações mentais do comportamento fonatório, o que exigirá um processo terapêutico para reaprendizagem da função⁷.

Os diversos tipos de qualidade vocal são produzidos por alteração na cinesilogia laríngea, cujos músculos intrínsecos e extrínsecos podem estar em situação de desequilíbrio, do que decorre a necessidade primeira de firmar diagnóstico fonoaudiológico para estabelecer plano de tratamento. Os métodos diagnósticos não instrumentais incluem história vocal, para determinação de abuso ou mau uso da voz, estresse e fatores psicológicos que podem alterar a emissão vocal, assim como palpação do pescoço, determinando tensão muscular e elevação da laringe, com possibilidade do uso de escalas do tipo Likert para quantificação com quatro a cinco pontos. Esses métodos, apesar de amplamente utilizados na clínica e em pesquisas, têm poder diagnóstico baixo, por serem julgador-dependentes⁶.

O método instrumental principal de diagnóstico da integridade laríngea é a videolaringoscopia que permite uma descrição detalhada da integridade laríngea. Por meio desse instrumental é possível o diagnóstico da presença de nódulos, pólipos e cistos. Outros meios podem fornecer dados complementares ao diagnóstico de distúrbios vocais, tais como a eletromiografia por agulha ou de superfície, a radiologia radiografia e modernamente, porém ainda em caráter experimental, a ressonância magnética funcional^{6,8,9}. A eletromiografia (EMG) possibilita avaliação da atividade elétrica da musculatura laríngea e, por conseguinte, da tensão das fibras musculares e da integridade do sistema nervoso laríngeo⁵.

Adicionalmente, a eletromiografia com eletrodos colocados sobre a pele (denominada EMG de superfície - EMGs) pode ser empregada em aprendizado operante para modificação autonômica interna de um comportamento alterado por meio de informação concomitante a uma tarefa. A EMGs possibilita ao indivíduo (bio) a observação de processo fisiológico, em tempo real, contribuindo para uma mudança comportamental, ou seja, para instituir correção atendendo a objetivos claramente definidos pela fisiologia da função orgânica alterada.

A fisiopatologia da disfonia tensional ainda não está completamente esclarecida. Há hipóteses que admitem que a tensão em músculos extrínsecos desloca a laringe para cima no pescoço, o que altera a inclinação das cartilagens laríngeas. Como consequência, os músculos intrínsecos da laringe são afetados e tensionam as pregas vocais, promovendo a disfonia⁶.

Na presença da disfonia, o sistema nervoso central e o autônomo registram a alteração sonora e desencadeiam acomodações para reduzir os desconfortos. Esse

mecanismo fisiológico adaptativo pode ser monitorizado e visualizado por meio de programas que convertem o registro de receptores táteis ou propioceptivos em imagens, processo denominado *biofeedback*¹⁰. O *biofeedback* ocorre durante a emissão vocal, de forma que possibilita ao emitente realizar adaptações para correção de distúrbios vocais. Na disfonia, essas correções também podem despertar a atenção do falante para a intensidade do distúrbio, porque há uma tendência natural de sua subestimação. Dessa forma, no *biofeedback* eventos autonômicos internos, como a tensão muscular, são eletronicamente amplificados e possibilitam ao indivíduo (bio) a informação (feedback) que é habitualmente indisponível⁵.

Diversos estudos têm demonstrado a possibilidade de o *biofeedback* auxiliar os indivíduos a modificar padrões fisiológicos, tal como previu Skinner⁸ ao afirmar que um indivíduo informado sobre o funcionamento de seu corpo, pode sozinho promover modificações.

Considerando que indivíduos disfônicos podem apresentar dificuldades em mudar o padrão vocal desviado, em decorrência do engrama da atividade muscular que o automatizou, e que os processos mentais são passíveis de transformações, a partir de *inputs* de natureza visual, auditiva e cinestésica fornecidos por canais de retroalimentação (*feedback*)¹⁰⁻¹² nasceu o interesse em estudar as disfonias, na perspectiva da neurociência.

O objetivo desta revisão sistemática é apresentar as evidências da aplicação do *biofeedback* eletromiográfico no tratamento das disfonias, com ênfase as disfonias funcionais.

2 Método

Procedeu-se a uma revisão sistemática nas bases de dados *Scielo*, *Lilacs*, *PubMed*, *EBSCO*, *Scopus* e *Web of Science*, usando a combinação de descritores <feedback>, <voz>, <biofeedback>, <disfonia>, <treinamento da voz>, <terapia>, <eletromiografia>, admitindo como critérios de inclusão artigos publicados em periódicos com comitê editorial, relatando casos ou pesquisas experimentais ou quase experimentais sobre o uso do *biofeedback* em tempo real como fonte adicional de monitorização de tratamento de disfonia ou para treinamento vocal, publicados no

período de 1990 a 2016 nos idiomas português, inglês, espanhol, francês, japonês e italiano.

No tocante aos critérios de exclusão, não foram incluídos nessa revisão trabalhos publicados em congressos, capítulos de livros, teses de mestrado e doutorado, além de artigos que envolvessem o uso do *biofeedback* em outras questões não relativas a voz.

Dois juízes independentes analisaram os títulos e os resumos dos artigos localizados e determinaram aqueles com potencial de integrar a revisão, dos quais foram obtidos os textos integrais, para nova análise dos juízes. Nessa etapa, cada qual selecionou os estudos que atendiam aos objetivos definidos e os julgamentos discordantes foram sanados por consenso.

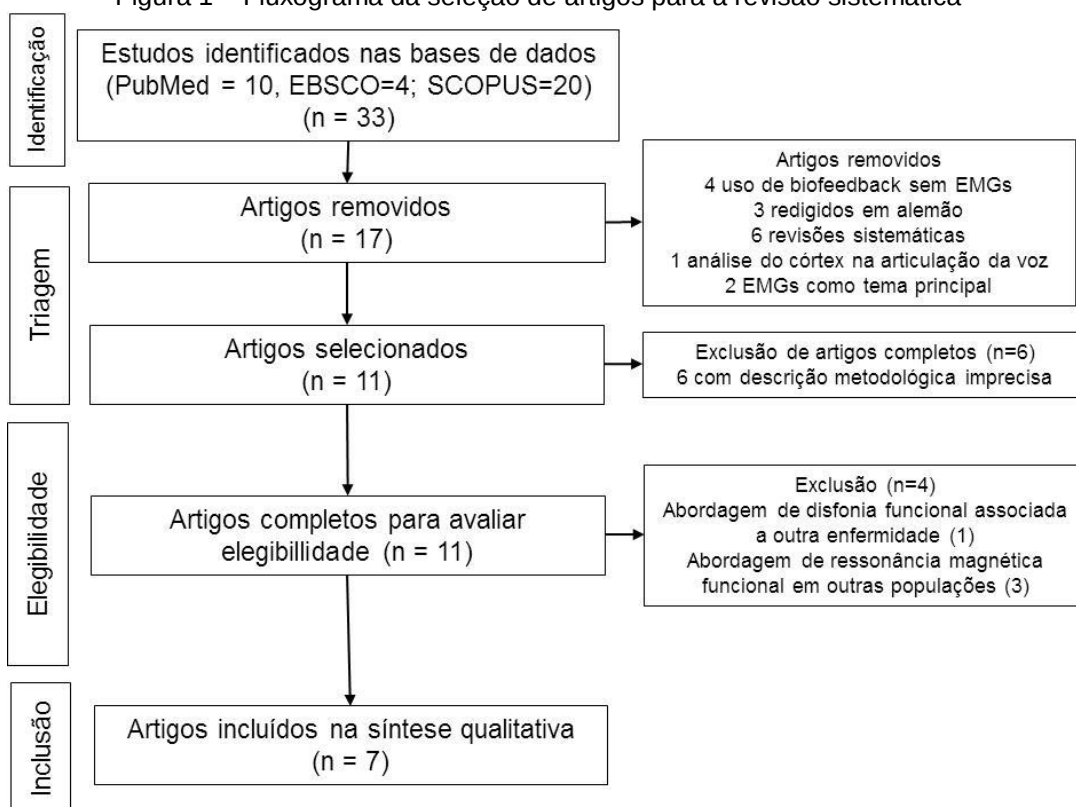
Embora se reconheça que a metanálise é o padrão ouro para revisões, neste artigo não foi possível adotar essa metodologia dada a escassez de trabalhos e o pequeno número de elementos nos estudos.

3 RESULTADOS

Trinta e três artigos foram identificados nas bases de dados, mas 16 foram excluídos ainda na fase de análise de títulos e resumos, sendo quatro por emprego de *biofeedback* sem eletromiografia de superfície; três por estarem redigidos em alemão, seis revisões sistemáticas, um por apresentar análise do córtex na produção da fala e dois por terem EMGs como tema principal, sem abordagem de *biofeedback*.

Dezessete artigos foram elencados pelos juízes para análise do texto integral, da qual resultou a exclusão de seis artigos completos com descrição metodológica imprecisa, restando onze artigos para avaliação de elegibilidade. Da leitura integral do texto resultou a exclusão de quatro artigos, sendo um por abordagem de disfonia funcional associada a outra enfermidade e três sobre ressonância magnética funcional para *biofeedback* vocal em outras populações. Sete artigos foram incluídos na síntese qualitativa (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma da seleção de artigos para a revisão sistemática



4 DISCUSSÃO

Optou-se por dividir os artigos em dois grupos sendo um com tema da aplicação de *biofeedback* para correção de disfonia tensional ou distúrbios vocais secundários à tensão muscular laríngea^{5,10,13,14} e outro dedicado à aplicação desse método no aprendizado vocal de profissionais cantores^{2,9,15}

Foram mantidos os dois grupos de artigos para contemplar as possibilidades de emprego de *biofeedback* em Fonoaudiologia, dado que os progressos tecnológicos nos estudos de imagem possibilitaram demonstração de novas evidências, seja para treinamento vocal, seja para tratamento de distúrbios vocais tensionais.

4.1 Biofeedback para correção de disfonia tensional ou distúrbios vocais secundários à tensão muscular

Os distúrbios vocais têm sido estudados há muito tempo para determinação das causas como também para definição de terapias eficazes. Allen, Bernstein e Chait⁵ realizaram um estudo com *biofeedback* eletromiográfico em uma criança do sexo masculino, com oito anos de idade, com disfonia hiperfuncional não responsiva a reabilitação vocal e técnicas de relaxamento. O paciente apresentava nódulos vocais e tensão muscular tão intensa que havia indicação de cirurgia.

A criança foi submetida a avaliações eletromiográficas da tensão dos músculos da laringe, de qualidade da voz realizada por profissional e pelos pais da criança. O tratamento consistiu de uma sessão de 30 minutos, duas vezes por semana, com treinamento visual, seguido de 5 minutos de habituação. A cada sessão, eram realizados 20 exercícios consecutivos, primeiro durante o repouso vocal e depois durante a fala, sempre com a instrução de tentar reduzir a tensão muscular, pela observação do feedback dos músculos laríngeos. O critério inicial foi redução da tensão em 0,5 μV , no repouso vocal, e de 5 μV , durante a fala, em pelo menos 80% dos exercícios nas três sessões consecutivas. O critério de conclusão da terapia foi baseado nos valores basais normais para adultos já que para crianças não havia dados normativos. No seguimento de três e seis meses, a tensão muscular no repouso reduziu de 7,5 μV para 3,2 μV e, na fala, de 49,5 μV para 10 μV , valores mantidos ao final de seis meses.

O diferencial desse estudo foi a utilização da avaliação da qualidade vocal pelos pais da criança, caracterizando a validade social do tratamento, ou seja, a utilidade e o atendimento das expectativas dos pais em relação aos resultados obtidos com o tratamento, conferindo um valor com aplicabilidade social¹⁶. A validade social exige que se comparem duas estratégias básicas. A primeira é a avaliação objetiva com base em dados normativos, a segunda é subjetiva, fundamentada na percepção de um especialista ou de pessoas habituadas com o evento em avaliação⁵. Os pais da criança, nesse experimento, apontaram para a validade do tratamento devido à generalização dos efeitos sobre a voz, na residência e em outros ambientes não clínicos, denotando estabilidade da redução da tensão vocal. Outro dado importante

dessa pesquisa foi a comprovação de uma redução drástica dos nódulos vocais, dispensando o tratamento cirúrgico anteriormente programado.

O segundo estudo desse grupo¹⁴ descreve o caso de um indivíduo de 26 anos de idade, do sexo masculino, com história de disfonia tensional após laringite grave e influenza viral, com subsequente disfonia funcional da prega vocal ventricular, há seis meses. Na consulta otorrinolaringológica, foi identificado que o paciente fazia uso de analgésicos e medicação anti-hipertensiva que não justificavam ou afetavam a disfonia.

Foi instituído tratamento, com *biofeedback* eletromiográfico constituído por duas sessões semanais, com duração de 20 a 30 minutos, composta por 10 minutos de habituação em sala com atenuação sonora, contagem de 1 a 20 repetidamente e conversação casual sempre nessa ordem, separadas por 3 minutos de habituação. Durante todo o processo, o paciente foi instruído para reduzir a tensão dos músculos da laringe, seja observando o sinal integrado eletromiográfico, seja por respiração profunda, técnica de relaxamento que deveria ser repetida no domicílio duas vezes por dia.

Decorridos oito meses de tratamento, o paciente foi avaliado após três e seis meses, por aferições perceptuais, de voz e visuais. Foi identificada redução dos níveis médios de EMG na não vocalização de 59 μ V para 7 μ V, na contagem de 51 μ V a 9 μ V, e na conversação, de 70 μ V a 12 μ V, reduções mantidas após seis meses. Na análise perceptual da voz, o desvio foi avaliado em 4, ao início da terapia, passando a 1,5 ao final do tratamento por escala numérica.

Os autores¹⁴ fizeram um comentário interessante no que se refere à diferenciação do comportamento ao *biofeedback* da contagem em relação à conversação. Ao contrário das expectativas iniciais, não houve redução da tensão muscular com *biofeedback* eletromiográfico na conversação na mesma intensidade que a observada na contagem, levando à conclusão de que a contagem e a conversação obedecem a dinâmicas distintas, onde a contagem envolve respostas que não dependem de um ouvinte. A conversação requer um parceiro, cujo comportamento vocal media contingências sociais sutis e explícitas, exigindo mudanças no estímulo discriminativo para ajustes vocais. Decorreu daí que houve indicação de iniciar o tratamento com conversação, já que tarefas mais complexas, requerendo mais esforço, possibilitam mudanças mais precoces, ou seja, resultados em menor período de tempo.

O terceiro estudo¹⁰ não esteve dedicado às disfonias tensionais, mas foi incluído pela relevância das abordagens que o autor apresenta na explicação da utilização do *biofeedback* para fala. Testa e comprova a eficácia do emprego do *biofeedback* eletromiográfico visual para correção de distúrbios fonológicos em crianças refratárias a outros tratamentos. Os distúrbios consistiam na articulação errada de um fonema (aquisição) ou no mau uso de um fonema já adquirido, em um contexto espontâneo (automatização). Tais alterações dificultavam a leitura, a escrita e a alfabetização da criança, do que derivava a importância do tratamento fonoaudiológico.

Na contextualização para explicar os resultados favoráveis do *biofeedback* eletromiográfico, o autor argumenta que a diferença primária em relação a outras técnicas terapêuticas fonoaudiológicas é diminuir o estímulo auditivo e aumentar o visual via sinal instrumental. Essa visualização facilita ao paciente perceber o erro de aquisição ou de automatização. O terapeuta apresenta ao paciente e a emissão fonoarticulatória correta para que possibilite a gravação mental do modelo. Depois estimula emissões pelo paciente, solicitando-lhe que fixe mentalmente a tarefa e tente repetir corretamente a emissão, utilizando o feedback visual.

As fontes de informação no feedback foram duas, nesses experimentos. Uma consistia em detectar fluxo aéreo nasal por meio de pneumotacógrafo e apresentá-lo em tela de computador como sinal gráfico. A segunda fonte de informação era o espectrograma do sinal acústico apresentado em tempo real para que o paciente pudesse fazer suas adaptações com o objetivo de atingir a fonação-alvo. A visão da alteração era um alerta da produção de erros e possibilitava ao indivíduo modificar seu desempenho. Esse modelo de tratamento foi disponibilizado em laboratórios de uma universidade, de forma que diversos alunos podiam usufruir da terapia.

Na primeira sessão, um fonoaudiólogo demonstrava a utilização dos equipamentos e exemplificava as fonações corretas e erradas, gravando-as para que servissem de modelo a ser alcançado pelo paciente. Uma vez assegurada a compreensão do paciente quanto à terapia, o próprio paciente realizava os exercícios, em sessões com duração de 60 minutos, as quais eram monitorizadas pelo fonoaudiólogo em videoconferência.

Para explicar os motivos pelos quais pacientes adolescentes e adultos persistiam com erros de aquisição e de automatização, o autor contextualiza que o desenvolvimento fonológico ocorre até os oito anos de idade, quando o indivíduo

alcança o limite superior do desenvolvimento de fala e linguagem. A partir dessa completude, as modificações só serão possíveis com terapia, porque o indivíduo não tem a informação necessária para proceder às correções. Outras estratégias precisam ser disponibilizadas de forma a que o indivíduo possa formar um novo engrama, bem diferenciado em relação ao errôneo, para ser reconhecido e corrigido sempre que articulado^{10,17}.

Ruscello¹⁰ conclui o artigo afirmando que o *biofeedback* confere bons resultados porque não está restrito apenas à visualização do espectrograma, mas porque o método introduz no complexo de sistemas envolvidos na fonação um novo elemento que tem características receptivas e expressivas, facilitando sua integração na fonoarticulação correta.

O quarto estudo¹³ teve por objetivo apresentar um caso de movimentação paradoxal das cordas vocais por excesso de tensão muscular, acompanhada de *distress* respiratório, submetido a tratamento com *biofeedback* eletromiográfico.

Trata-se de um caso de adolescente, do sexo feminino, que, aos 16 anos de idade, caucasiana, com história de movimentação paradoxal de cordas vocais firmado por vídeolaringoscopia, associada à queixa de dor torácica, dificuldade respiratória e sensação de sufocação. Apesar de estar em tratamento com exercícios respiratórios há 12 meses, não notava melhora.

O tratamento consistiu de uma sessão semanal, durante 10 semanas. Teve início com duas sessões para avaliação eletromiográfica da tensão muscular, sem *biofeedback*. A partir de então, cada sessão iniciava com 5 min de repouso basal vocal, seguido de 10 min de relaxamento da tensão muscular sob visão do espectrograma do *biofeedback*, com a orientação de alcançar o critério de redução da contratura muscular, porém sem qualquer outra orientação. A paciente deveria obter o relaxamento muscular por tentativa-erro, observando o espectrograma.

Associado ao *biofeedback*, a paciente fazia avaliação da adaptação que percebia, usando escala de *Likert* de seis pontos, e da intensidade da dor torácica por meio de escala visual analógica de 10 pontos. Adicionalmente sua mãe avaliava a interferência da dor nas atividades da filha, também empregando escala de *Likert* de seis pontos, com o objetivo de avaliação de validade social do tratamento. Gradativamente foram estabelecidos níveis tensionais menores que o basal da paciente, e a terapia cessou quando os níveis normais foram alcançados.

O nível inicial a ser alcançado foi fixado a 10 μV , portanto 2 μV menor que os níveis basais da paciente). Nova meta era fixada obedecendo aos critérios: a) sempre que em três sessões consecutivas a paciente alcançasse a meta ou a ultrapassasse conseguindo maior relaxamento, a meta era reduzida em 2 μV ; b) se em duas sessões subsequentes a paciente não alcançasse a meta estipulada, a meta era aumentada de 1 μV . No intervalo de 5 minutos entre uma série e outra de tentativas, a paciente podia observar o espectrograma para compreender sua atuação.

Decorridas quatro semanas, a paciente não necessitava faltar a qualquer atividade escolar, não referia dor torácica, enquanto que sua mãe relatava ausência de interferência do distúrbio vocal nas atividades de vida diária da menina. Apesar de relatar bons resultados, os autores consideraram que as mudanças podem ter sido resultado de efeitos não específicos derivados na intensidade de exercícios, mais do que qualquer característica do *biofeedback*.

O conjunto de artigos desse primeiro bloco foi realizado no período de 1991 e 2005, portanto antecedendo os estudos de imagem por ressonância magnética para estudo da aplicação do *biofeedback* em voz. Foi apresentado nesta revisão sistemática para apontar o raciocínio que marcou duas décadas fundando a hipótese de que esse método tinha o potencial de modificar o engrama vocal. No entanto as evidências eram baseadas em pequenas amostras, estudos de caso com metodologias diversas, sem possibilidade de generalização, como bem pontuam Warnes e Allen¹³.

Os mecanismos com os quais se buscavam explicar os efeitos do *biofeedback* eletromiográfico para voz estavam baseados no reforço comportamental, aumento da autoconfiança e impulso motivacional, mas os resultados eram conflitantes^{9,18,19}. Mesmo assim a linha de pesquisa não foi abandonada, embora o número de publicações fosse escasso.

Essa fragilidade de hipótese motivou estudos com cantores profissionais, já que a ausência de grandes distúrbios vocais poderia facilitar a identificação de novas evidências sobre o *biofeedback* para voz. A escolha dessa população era uma forma de padronização de algumas variáveis intervenientes. Adicionalmente, esses estudos poderiam esclarecer lacunas sobre os mecanismos responsáveis pelos resultados das pesquisas e orientar de forma mais objetiva o uso do método na terapêutica de voz.

4.2 *Biofeedback no aprendizado vocal de profissionais*

Partindo de uma população com saúde vocal boa a ótima qualidade de emissão, os estudos buscaram identificar a possibilidade de o *biofeedback* eletromiográfico facilitar o aprendizado biomecânico na produção da voz.

Um estudo teve por objetivos identificar a facilitação do método na aquisição de novas habilidades para produção da voz com relaxamento laríngeo, bem como determinar se o *biofeedback* terminal ou concorrente otimiza esse aprendizado⁹.

Após realização de projeto piloto para determinação de tipo e posição de eletrodos, assim como forma de fixação, 18 mulheres e quatro homens com média de idade de 22 anos (variação de 19 a 27 anos), sem história de problemas auditivos ou vocais, sem experiência de terapia vocal, que se declararam saudáveis, foram incluídos no estudo. Após aposição de um par de eletrodos distantes 0,5 cm um do outro, na linha média da membrana tireoioidea, e um segundo par a 1 cm da comissura labial, bilateralmente, cada participante ficou sentado à frente de duas telas de computador. Em uma eram projetados os 11 blocos de frases de estímulo, para serem lidas em voz alta buscando relaxar a laringe pela observação da EMGs do sítio tireoioideo, que era projetada na outra tela.

Após os dois primeiros estímulos de leitura, os participantes foram aleatorizados para receberem *biofeedback* concorrente ou terminal a cada leitura. No estímulo concorrente, o participante observava a atividade elétrica muscular à medida em que lia as frases e, na terminal, via o gráfico estático da EMGs, exclusivamente após a leitura de cada frase. O procedimento todo durava aproximadamente 50 a 60 minutos e era repetido para fixação após uma semana, porém sem o *biofeedback*.

Os resultados do estudo não corroboraram outros achados. Assim, o *biofeedback* não pareceu facilitar o aprendizado de tarefa vocal; não foi observado aprendizado de relaxamento no sítio tireoideo, mas no sítio facial, contrariando a hipótese inicial deste estudo. O terceiro achado e mais interessante foi a igualdade de *biofeedback* terminal e concorrente no aprendizado.

A importância desse experimento foi demonstrar que a concentração da atenção em uma tarefa (que consistia em redução da tensão muscular de indivíduos normais para valores menores que seu limite basal) degrada o aprendizado motor, o que apontou para a complexidade do aprendizado vocal.

Ao comparar os resultados desse estudo⁹ com o de Warmes¹³ e Allen⁵, observa-se a fragilidade que marcava as evidências sobre *biofeedback* eletromiográfico para voz, até a primeira década do Século XXI. Para pacientes com disfonia por tensão muscular, os resultados apontaram que tarefas mais complexas na terapêutica com *biofeedback* eletromiográfico poderiam propiciar melhores condições de bons resultados terapêuticos em menor tempo, o que não se verificou no experimento com cantores. Para eles, o aumento da complexidade do experimento acarretou não aprendizagem da tarefa vocal de relaxamento muscular.

O segundo estudo¹⁵ buscou aplicação do *biofeedback* eletromiográfico no aprimoramento vocal de cantores, para auxiliá-los a emitir uma voz com alto alcance, clara, forte e confortável, por manter a posição baixa da laringe, o que protege contra injúrias nas emissões muito altas¹⁵. Três objetivos foram enunciados: comprovar a utilidade da EMGs como indicador de atividade dos músculos depressores da laringe; testar a utilidade do método para ensinar cantores a rebaixarem a laringe ativando os músculos depressores e manterem essa postura enquanto cantam e, finalmente, determinar se essa postura laríngea melhora a qualidade da tonalidade do canto ou promove uma mudança qualquer em um componente cientificamente mensurável do espectro sonoro.

Vinte e dois cantores clássicos treinados foram comparados a oito cantores não treinados, empregando EMGs com eletrodos colocados bilateralmente, sobre a cartilagem tireóide, numa tentativa de isolar os músculos esterno-tiroideo e esterno-hioideo – depressores primários e estabilizadores da laringe. Solicitou-se que cada cantor emitisse quatro vezes a vogal /a/ em um pitch discretamente mais alto que seu tom de voz (barítono, tenor, *mezzo* soprano e soprano), de forma a sair de sua zona de conforto vocal.

Em todos os casos o *biofeedback* eletromiográfico possibilitou indicar a atividade dos músculos depressores da laringe, bem como facilitou o aprendizado de cantores clássicos a manter baixa a laringe durante o canto, para assegurar emissões mais claras, mais bonitas e harmoniosas.

Ao constatarem que cantores com treino eram capazes de melhorar em até 12% seu desempenho basal com poucos minutos de treinamento, sem diferença entre os gêneros, os autores incentivaram a realização de outras pesquisas com o mesmo desenho, para acumular evidências.

Merece atenção o detalhe de ausência de diferença de gênero no aprimoramento vocal com *biofeedback* eletromiográfico porque, segundo os autores¹⁵, o dado permite hipotetizar que as modificações promovidas pela terapêutica devem ser intensas, pois foram maiores que as diferenças anatômicas da laringe nos dois gêneros. Essas modificações também devem ser amplas, pois possibilitam relaxamento de diversos músculos laríngeos segundo a necessidade do paciente.

Da análise dos resultados de pesquisas com pacientes disfônicos e cantores, ficou evidente a necessidade de considerar a rede neural envolvida na emissão e no ajuste da voz em um discurso, fosse ele emissões isoladas de fonemas, conversação ou canto.

A comprovação dessas hipóteses teve início a partir da segunda década do Século XXI, com os estudos com imagem por ressonância magnética funcional e *biofeedback* com pássaros, identificando que modificações auditivas promoviam correções motoras no canto²⁰. Essa constatação suscitou a hipótese de que em humanos, o *biofeedback* poderia promover alteração do comportamento vocal por reestruturação da rede neural.

Em 2013, Niziolek e Guenther² realizaram estudo incluindo 18 sujeitos dextromanos, com idades entre 19 e 33 anos (média igual a 23,5 anos), os quais foram submetidos a imagem por ressonância magnética funcional e *biofeedback* eletromiográfico de superfície.

A essa época já se admitia que o sistema motor da fala depende do feedback auditivo, a quem cabe controlar as articulações vocais de momento a momento. Dessa forma, se durante a emissão da voz ocorrer uma perturbação, o sistema auditivo imediatamente contra-ata e possibilita ajustes corretivos contrabalançando o desajuste. A explicação para esse mecanismo é que a cada som corresponde uma área auditiva perceptual²¹. Essas regiões cerebrais no córtex auditivo são usadas para atualizar e refinar os comandos motores que norteiam o sinal acústico ao longo dessas regiões.

Analogamente a esse sistema fisiológico, os programas disponíveis na rede da Internet com *feedback* auditivo ou visual viabilizam correção de erros acústicos fonatórios, mas essas correções ainda são rudimentares. No sistema nervoso, admite-se que as percepções auditivas não são criadas iguais, ou seja, para som de

um mesmo fonema, o registro auditivo pode ser distinto, de tal forma que sons que ultrapassam um determinado limite de volume são melhor identificados que outros.

Essa habilidade discricionária da natureza da produção de um discurso é uma hipótese em que se admite que pequenos desvios vocais não são percebidos pelo próprio indivíduo emissor, fenômeno denominado efeito magnético perceptual. No entanto todos os desvios que atingem um certo limite, são autorreconhecidos e submetidos ao mecanismo de ajuste vocal. A hipótese era plausível, mas suscitava questionar se o erro auditivo dependia apenas do baixo nível da distância auditiva de um limite ou alvo intencional ou era desencadeada por um tipo de modificação de alto nível.

Em 2013, foi realizada pesquisa² empregando *biofeedback* eletromagnético e imagem por ressonância magnética funcional (IRMf) para examinar as redes neurais e determinar as modificações de respostas a perturbações súbitas do laço de retroalimentação auditivo desencadeado por modificações acústicas inesperadas, admitindo que uma mudança de retroalimentação próxima de uma região limítrofe poderia evocar uma resposta mais intensa que uma alteração situada com segurança dentro de uma variabilidade aceitável de um determinado som em um discurso.

Dezoito sujeitos dextromanos, com idades entre 19 e 33 anos (média igual a 23,5 anos), com distribuição de 1:1 de gênero, foram selecionados para participarem de um experimento comportamental. Todos tinham o inglês como primeira língua; não relatavam alterações auditivas ou distúrbios vocais e não apresentavam contraindicação para IMRf.

O experimento consistiu de duas fases, sendo uma comportamental e outra imagética. Na fase comportamental, todos foram submetidos a um pré-teste para definir os parâmetros de produção e percepção de discurso a serem empregados no experimento. Na fase de captação de imagem, a atividade encefálica foi aferida por IMRf².

Na fase comportamental, de aferição da percepção de cada indivíduo sobre sua emissão de diferentes vogais. A emissão de vogais foi coletada entre emissão de consoantes carreadoras /b_d/, devendo cada indivíduo produzir 10 conjuntos para cada uma das seis vogais. Foram aferidas duas sequências (F1 e F2) e determinada a média ao longo do tempo. Para comodidade dos sujeitos, as vogais foram registradas com o sujeito sentado à frente de uma mesa e em posição ortostática. O conjunto de emissões mais próximo da mediana do conjunto, foi empregado para

configurar o algoritmo de modificações que alterava F1 e F2 por uma constante, mantendo os demais parâmetros acústicos constantes. Para cada indivíduo, foram geradas oito vogais ao longo do espectro F1-F2 usando o algoritmo, porém, para assegurar a qualidade vocal, a vogal /u/ não foi empregada.

O conjunto mediano da primeira vogal no par foi configurado para sofrer aumentos sucessivos em direção à outra vogal do par, de forma a construir um *continuum* de valores medianos de uma vogal, que terminava nos valores medianos da vogal vizinha. A dimensão do passo entre cada *continuum* de mudança era constante na escala perceptual mel, baseada na frequência logarítmica. Essa escolha foi feita porque a escala mel, melhor que a escala Hertz, reflete a sensibilidade do ouvido para modificações em diferentes regiões de frequência. Significa dizer que uma distância fixa na escala mel tem discricionariedade aproximadamente igual ao longo de toda a dimensão da frequência em que está situada.

O conjunto de *contínuo* das oito vogais foi aleatorizado e apresentado cinco vezes a cada sujeito, imediatamente após o teste de produção da vogal. Cada indivíduo ouvia sua própria voz e pressionando um botão categorizava cada som como uma das cinco possíveis palavras *bead*, *bid*, *bed*, *bad* e *bod*. Seu tempo de reação entre ouvir o som e pressionar o botão foi aferido.

Os sujeitos foram pareados um a um, segundo o intervalo de frequência fosse complementar em um mesmo *continuum* de vogais, sendo um nas frequências superiores e outro nas frequências inferiores, que lhe servia de controle. A magnitude da mudança média entre os sujeitos foi de 122,3 mels.

Para aquisição da IRMf, durante a tarefa de *biofeedback*, havia um evento desencadeador do mecanismo coordenador de estímulo. No início de cada experimento, era apresentada uma palavra ao sujeito e um estímulo de controle, por 2 s. As palavras eram retiradas de uma lista de oito palavras dependendo da vogal que estaria alterada. Esses estímulos eram projetados numa tela de alto contraste em preto e branco e disponibilizadas para o sujeito por meio de um espelho situado acima do *coil* da IRM.

Cada sujeito deveria ler a palavra em voz alta, assim que ela aparecesse, e pronunciá-la clara e naturalmente, como se estivesse falando com outra pessoa em uma ligação telefônica ruidosa, mas permanecer em silêncio nos experimentos de controle. Imediatamente após cada tentativa, cada sujeito recebia o feedback de avaliação de volume, para que ele pudesse manter suas emissões num nível

consistente ao longo do experimento. Cada um dos cinco experimentos consistiu de 80 tentativas, 64 emissões (oito apresentações cada uma com oito palavras) e 16 controles em silêncio.

Sem o conhecimento dos sujeitos, os experimentos de voz foram divididos em três categorias: sem mudança (feedback da emissão normal), “interna” (existência de uma mudança que não causava modificação de categoria no comportamento do pré-teste) e “através” (existência de uma mudança que causava modificação de categoria no comportamento do pré-teste)².

A análise dos mapas de IRMf demonstrou, por monitorização do feedback auditivo, que o sistema motor da fala pode rapidamente corrigir pequenos erros articulatórios. Ao considerar a variabilidade de cada sujeito, se pode identificar que mudanças idênticas podem evocar sistematicamente respostas de magnitude diferente, quando ocorrem em diferentes partes do espaço auditivo. Se as mudanças ocorrem num espaço próximo do limite da categoria na qual uma modificação acentuada era perceptível, ela desencadeia atividade cortical e acentuada compensação comportamental. Se a mudança estava distante do limite da categoria modificada, a alteração comportamental nunca ultrapassava 8% do comportamento acústico não modificado.

Esse experimento pela primeira vez comprovou que o controle auditivo com *biofeedback* é sensível a categorias linguísticas e pode desencadear distintos comportamentos da rede neural, facilitando as correções automáticas do sistema motor da fala, especialmente nas regiões temporal superior e frontal inferior.

5 CONCLUSÕES E INVESTIGAÇÕES FUTURAS

O início dos estudos de *biofeedback* eletromiográfico aplicado à terapia de voz foram promissores e apontaram para uma nova modalidade que possibilitava bons resultados nas disfonias tensionais. Todavia a discussão dos resultados desses experimentos carecia de evidências fisiológicas que lhes servisse de base. A busca para tais explicações tornou-se um desafio para fonoaudiólogos.

O aprimoramento tecnológico dos eletromiógrafos, dos eletrodos de superfície e dos programas computadorizados para conversão gráfica da corrente elétrica em espectrograma abriram novos horizontes de pesquisa nessa área, aproximadamente

na metade da primeira década do Século XXI. Todavia isso não significou maior homogeneidade dos resultados terapêuticos na aplicação do *biofeedback* eletromiográfico em voz. Relatos de sucesso se alternavam a ausência de modificação vocal.

Os pesquisadores buscaram explicações para a disparidade de resultados por duas vertentes. Um grupo dedicou-se ao aprimoramento da metodologia do *biofeedback* eletromiográfico para distúrbios de voz, buscando redução das variáveis de confundimento, cuja atuação poderia explicar a impossibilidade de formar evidências.

Um segundo grupo dedicou-se à investigação dos processos neurais envolvidos na mudança do engrama muscular de pacientes normais e disfônicos, do que resultaria comprovar a validade desse método terapêutico, objetivo que foi alcançado recentemente por meio de estudo por imagem de ressonância magnética funcional com cantores, cujas conclusões podem ser generalizadas a pacientes com distúrbios vocais.

Dessa feita, há evidências de que o *biofeedback* eletromiográfico promove modificações nas redes neurais responsáveis pela fonação, especialmente córtex temporal superior e parietal inferior, ensejando condições de promover uma mudança comportamental em pacientes normais ou com distúrbio de voz.

O direcionamento das futuras pesquisas deverá estar centrado na busca de uma padronização dos métodos de *biofeedback* para voz, o que ainda constitui um desafio difícil. Há evidências robustas quanto à validade do método para orientar emissões vocais com qualidade, mas não há parâmetros comparativos que permitam generalizações.

6 REFERÊNCIAS

1. Bouchard KE, Mesgarani N, Johnson K, Chang EF. Functional organization of human sensorimotor cortex for speech articulation. *Nature*. 2013;495(7441):327–32.
2. Niziolek CA, Guenther FH. Vowel category boundaries enhance cortical and behavioral responses to speech feedback alterations. *J Neurosci*. 2013 Jul 17;33(29):12090–8.
3. Behlau M, Madazio G, Moreti F, Oliveira G, Santos L de MA, Paulinelli BR, et al. EFICIÊNCIA E VALORES DE CORTE DE PROTOCOLOS DE AUTOAVALIAÇÃO DO IMPACTO DE PROBLEMAS DE VOZ. 21º Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia, 2º Congresso Ibero Americano de Fonoaudiologia. Porto de Galinhas; 2013. p. 9.
4. Pontes PAL, Vieira VP, Gonçalves MIR, Pontes AAL. Características das vozes roucas, ásperas e normais: análise acústica espectrográfica comparativa. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2002;68(li):182–8.
5. Allen KD, Bernstein B, Chait DH. EMG *biofeedback* treatment of pediatric hyperfunctional dysphonia. *J Behav Ther Exp Psychiatry*. 1991 Jun;22(2):97–101.
6. Khoddami S, Ansari N, Izadi F, Moghadam ST. The Assessment Methods of Laryngeal Muscle Activity in Muscle Tension Dysphonia. *DownloadsHindawiCom*. 2013;2013(1):1–7.
7. Behlau M, Azevedo R, Madázio G. Anatomia da laringe e fisiologia da produção vocal. In: Behlau M, editor. *Voz O livro do especialista*. 1st ed. São Paulo: Revinter; 2001. p. 1–52.
8. Merletti R, Botter A, Troiano A, Merlo E, Minetto MA. Technology and instrumentation for detection and conditioning of the surface electromyographic signal: State of the art. *Clin Biomech*. Elsevier Ltd; 2009;24(2):122–34.
9. Yiu EM-L, Verdolini K, Chow LPY. Eletromyographic study of motor learning for a voice production task. *J Speech, Lang Hear Res*. 2005;48(december):1254–68.
10. Ruscello DM. Visual feedback in treatment of residual phonological disorders. *J Commun Disord*. 1995;28(4):279–302.
11. Schneider-Stickler B, Knell C, Aichstill B, Jocher W. *Biofeedback* on voice use in call center agents in order to prevent occupational voice disorders. *J Voice*. Elsevier Ltd; 2012 Jan;26(1):51–62.

12. Kirkpatrick A. Training vocalists to achieve and maintain a lower laryngeal while singing using sEMG *biofeedback*. 2012. p. 1–6.
13. Warnes E, Allen KD. *Biofeedback* treatment of paradoxical vocal fold motion and respiratory distress in an adolescent girl. *J Appl Behav Anal*. 2005;38(4):529–32.
14. Watson TS, Allen SJ, Allen KD. Ventricular fold dysphonia: application of *biofeedback* technology to a rare voice disorder. *Behav Ther*. 1993;24:439–46.
15. Kirkpatrick A, McLester JR. Teaching lower laryngeal position with EMG *biofeedback*. *J Snging*. 2012;68(3):253–60.
16. Kennedy CH. Trends in the measurement of social validity. *Behav Anal*. 1992;15(2):147–56.
17. Peper E, Harvey R, Akabayashi N. *Biofeedback* an evidence based approach in clinical practice. *Japanese J Biofeedback Res*. 2009;36(1):3–10.
18. Maryn Y, De Bodt M, Van Cauwenberge P. Effects of *biofeedback* in phonatory disorders and phonatory performance: a systematic literature review. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2006 Mar;31(1):65–83.
19. Thomas LB, Stemple JC. Voice therapy: Does science support the art. *Communicative Disorders Review*. 2007. p. 49–77.
20. Sober SJ, Brainard MS. Vocal learning is constrained by the statistics of sensorimotor experience. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2012;109(51):21099–103.
21. Golfopoulos E, Tourville JA, Guenther FH. The integration of large-scale neural network modeling and functional brain imaging in speech motor control. *Neuroimage*. 2010;52(3):862–74.

Quadro 1 – Características dos artigos incluídos na revisão sistemática

Autores	Data	Objetivo	N* de participantes (idade)	Métodos	Resultados
Allen KD, Bernstein B, Chait DH ⁵	1991	Redução da tensão muscular laríngea	1 (9 anos)	<i>Biofeedback</i> com EMGs em consultório	Validação social da redução da tensão muscular laríngea e de nódulos vocais, com indicação cirúrgica anterior
Watson TS, Allen SJ, Allen KD. ¹⁴	1993	Redução de tensão muscular em disfonia de prega ventricular	1 (26 anos)	<i>Biofeedback</i> com EMGs	Desaparecimento dos sintomas e persistência de resultados na avaliação após seis meses
Ruscello ¹⁰	1999	Redução da erros fonológicos de aquisição e automação	4 (9, 10, 14, 29 anos)	<i>Biofeedback</i> com EMGs autoaplicável sob supervisão	Validação social de reaprendizado articulatorio e redução da tensão muscular laríngea
Warnes E, Allen KD ¹³	2005	Redução de mobilidade paradoxal de corda vocal e <i>distress</i> respiratório	1 (16 anos)	<i>Biofeedback</i> com EMGs em consultório com exercícios respiratórios	Validação social da redução da tensão muscular laríngea, de dor torácica e <i>distress</i> respiratório incapacitante e persistência de resultados na avaliação após seis meses
Yiu EM-L, Verdolini K, Chow LPY ⁹	2005	Aprendizado de produção vocal com relaxamento laríngeo Definição de melhor conduta no <i>biofeedback</i> (concorrente ou terminal)	5 (21-27 anos)	<i>Biofeedback</i> com EMGs	Ausência de contribuição do <i>biofeedback</i> para aprendizado vocal com relaxamento de músculos laríngeos, mas presença de relaxamento orofacial, atribuída a possível dificuldade de indivíduos normais reduzirem tensão muscular laríngea <i>Biofeedback</i> concorrente e terminal se equivaleram
Kirkpatrick A, McLester JR. ¹⁵	2012	Aprendizagem de relaxamento de músculos depressores laríngeos para melhora da qualidade vocal de cantores	22 (> 21 anos)	<i>Biofeedback</i> com EMGs	<i>Biofeedback</i> auxilia na ativação dos músculos depressores da laringe, aumentando a amplitude e a qualidade tonal
Niziolek CA, Guenther FH. ²	2013	Efeito das fronteiras vocais nas respostas compensatórias a perturbações auditivas em tempo real	36 (19-33 anos)	<i>Biofeedback</i> com EMGs e imagem por ressonância magnética funcional	A correção acústica de erros de fala ativa áreas cerebrais e pode ser aumentada por <i>biofeedback</i>

APÊNDICE B – SEGUNDO ARTIGO DA REVISÃO DE LITERATURA

CONTRIBUIÇÕES DA NEUROIMAGEM NO ESTUDO DA VOZ CANTADA

The neural basis of singing: A systematic review of neuroimaging studies

Geová Oliveira de Amorim ⁽¹⁾, Lucas Carvalho Aragão Albuquerque ⁽²⁾, Leandro de Araujo Pernambuco ⁽³⁾, Patricia Maria Mendes Balata ⁽⁴⁾, Brunna Thaís Luckwü-Lucena ⁽³⁾, Hilton Justino da Silva ⁽²⁾

Running title: Imaging the neural basis of singing

⁽¹⁾ Technical School of Arts -ETA, Federal University of Alagoas-UFAL, Maceió, Alagoas, Brazil.

⁽²⁾ Department of Speech Therapy, Federal University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil.

⁽³⁾ Department of Speech Therapy, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brazil.

⁽⁴⁾ Servidores do Estado Hospital of Pernambuco (HSE), Recife, Pernambuco, Brazil.

Area: Voice

Type of manuscript: Literature review article

Source of support: MCTI/CNPQ/Universal 14/2014 - Faixa A

Conflicts of interest: Nonexistent

RESUMO

Admite-se que o canto seja uma atividade de alta complexidade pois requer ativação e interconexão de áreas sensório-motoras. Esta pesquisa teve como objetivo apresentar as evidências originadas por estudos de neuroimagem sobre a atuação do sistema motor e sensitivo na produção do canto. Na construção da revisão sistemática, foram premissas o período de publicação entre 1990 e 2016, artigos publicados em periódicos indexados e constantes nas bases de dados *PubMed*, *BIREME*, *Lilacs*, *Web of Science*, *Scopus* ou *EBSCO*, referentes a estudos sobre características do canto humano analisadas por neuroimagem. Os nove artigos analisados, com emprego de magnetoencefalografia, imagem por ressonância magnética funcional, tomografia por emissão de pósitrons ou eletrocorticografia, possibilitaram comprovar existência de uma rede neuronal interligada entre a modalidade falada e cantada para identificação, modulação e correção de violações de *pitch*, que podem ser alteradas com o treinamento do cantor, bem como alteração da estrutura melódica e harmonização do canto, amusia, relação entre áreas cerebrais responsáveis pela fala e pelo canto e persistência da musicalidade. Assim, o conhecimento das áreas cerebrais e das interconexões necessárias ao canto ainda é escasso e deve ser um tema de pesquisas no futuro, empregando métodos de neuroimagem.

Descritores: Voz; Neuroimagem; Música

ABSTRACT

It is assumed that singing is a highly complex activity, which requires the activation and interconnection of sensorimotor areas. The aim of the current research was to present the evidence from neuroimaging studies on the performance of the motor and sensory system in the process of singing. Research articles on the characteristics of human singing analyzed by neuroimaging, which were published between 1990 and 2016, and indexed and listed in one of the following databases: *PubMed*, *BIREME*, *Lilacs*, *Web of Science*, *Scopus*, and *EBSCO*, were chosen for this systematic review. A total of 9 articles, which employed magnetoencephalography, functional magnetic resonance imaging, positron emission tomography, and electrocorticography were chosen. These neuroimaging approaches enabled the identification of the existence of a neural network interconnecting the spoken and singing voice, to identify, modulate, and correct pitch. This network changed with the singer's training, variations in melodic structure and harmonized singing, amusia, and the relationship between the brain areas that are responsible for speech, singing, and the persistence of musicality. Since knowledge of the neural networks that control singing is still scarce, the use of neuroimaging methods to elucidate these pathways should be a focus of future research.

Keywords: Voice; Neuroimaging; Music

INTRODUCTION

Singing is a specialized vocal behavior, which is only present in a very limited range of animals, including man and diverse species of birds. The production of a singing voice is mediated by a specialized cerebral system that is constituted of specific interconnected areas of the brain¹.

Singing animals can be differentiated into the following two groups on the basis of song learning: those that learn only for a period, and those that learn their whole lives¹. By comparing these two groups, along with non-singing birds, song learning has emerged as a new evolutionary characteristic, which depends on the formation of new neural centers of control².

Dissimilarities between the vocal behavior of man and their closest genetic relatives (chimpanzees and baboons) highlight that humans' singing ability might not be derived from an ancestral learning of hominids species. The most likely hypothesis is that the system of human singing is a new neural specialization, which is analogous to the singing system of birds^{1,2}. This specialization derives, among other factors, from man's ability to exercise volitional control of vocal fundamental frequency, especially when singing without words, such as an arpeggio, which is crucially dependent on the movements of the vocal folds³.

Studies referring to the neurological aspects of song production in the literature are scarce, as researchers usually do not investigate the musical ability of non-singing subjects for means of comparison.

Within the last two decades, neuroimaging studies that aimed to identify the activation of brain's sensorimotor areas during repetitive or sustained singing of one note, the emission of a sung word in different rhythms, and pieces of popular music or Italian arias. Harmonized singing, which is defined as the simultaneous production of two or more sounds, has also been studied. These findings add to the understanding of the processes of perception and production in singing, which can help train singers and voice professionals, in addition to people with disorders of speech or song production, as both use the same the neural connections^{2,4}. This context is socially relevant when one considers the function of singing in social cohesion, motivation, and the structuring of group identity.

To contribute to this area of knowledge, the objective of the current study was to present original evidence, based on neuroimaging studies with a focus on the activation of the sensorimotor system in the production of song.

METHOD

A systematic review was performed, separately, by three trained researchers (GOA, HJS, and PMMB). The inclusion criteria for articles were as follows: containing one or more of the chosen descriptors (i.e., <neuroimaging>, <voice>, <vocal training>, or <singers>); published in Portuguese, English, or Spanish, between 1990 and 2016, in indexed journals and present in one of the following databases: PubMed, BIREME, Lilacs, *Web of Science*, *Scopus*, or EBSCO.

The exclusion criteria were as follows: conference abstracts, book chapters, master's theses, doctoral dissertations, or articles that involved research relating solely to the spoken voice.

In total, 21 articles were found from the reference databases and analyzed according to the above-mentioned criteria. During the beginning of the analysis, two articles were excluded; one article was excluded because the research subjects were dove-like birds⁴, while the other referred exclusively to issues relating to aspects concerning the spoken voice⁵. After reading the abstracts, two more articles were excluded, since one presented a unique approach

regarding the spoken voice⁶ and the other referred to the dopaminergic activation of bird song⁷. When the original version of the remaining articles were read in their entirety, the researchers independently excluded five more articles because of the following reasons: a focus on the auditory-motor mapping of pitch⁸ control, an analysis of the performance of the cerebral cortex after transcranial stimulation while reading and performing musical pieces⁹, a focus on the use of melodic intonation therapy to improve severe cases of non-fluent aphasia¹⁰, as well as two other studies because these were systematic reviews^{11,12}. During the stages of research, study evaluations, and data analyses, the researchers located opposing viewpoints in the respective analyses, compared the results, and settled disagreements by consensus (Figure 1).

[FIGURE 1]

LITERATURE REVIEW

A total of 9 articles were included in this review. The articles were grouped according to the following central themes: alternation of the melodic structure in singing, harmonic singing, amusia, relationship between cerebral areas responsible for speech and song, and the persistence of musicality.

Perry et al.³ published one of the first studies regarding the identification of cerebral regions involved in singing simple songs (where only one note or pitch was maintained, which is known as the fundamental frequency of voice). Brown et al.¹ analyzed the alteration of the melodic structure and harmonization of songs. Terao et al.¹³ performed a study on amusia. The relationship between the areas of the brain responsible for speech and singing was the theme of the studies by Wilson et al.¹⁴; Zarate, Wood and Zatorre⁴; Rosslau et al.¹⁵; Callan et al.¹⁶; Roux et al.¹⁷; and Jungblut et al.¹⁸, which investigated areas of the brain responsible for the production and perception of rhythm during singing (Figure 2).

[FIGURE 2]

Neuroimaging studies demonstrated that the learning and production of song (*song control system*) depend on the action of diverse areas of the brain, acting in a specific neural network, to grant meaning to musicality, conceptualized as the ability to generate meaning through making expressive music¹⁴. Prior research on song production has conducted with a focus on the alteration of its melodic structure, harmonization, amusia, and the persistence of song and musicality in patients with Broca's aphasia¹.

One of the first studies employing neuroimaging was performed by Perry et al.³, who used positron emission tomography (PET) to determine the blood flow of 13 volunteers who repetitively vocalized one pitch or listened to complex tones of varying frequency such as singing, with the aim of comparing areas of the brain that were activated during both tasks. The authors based their study on the results of direct electric brain stimulation that were

characterized by the production of sounds. They demonstrated that sound production was associated with an increased blood flow to cortical regions such as the pre-central gyrus, supplementary motor region, and anterior cingulate cortex.

The localization of the supplementary motor region in repetitive singing was fundamentally identical with that of speech in the cingulate sulcus and cerebellum, yet with a peak corresponding to the lowest level of vocal motor control. The authors also identified interactions between the anterior cingulate and auditory cortices, which indicated that auditory cortical areas can perform decoding functions to offer *feedback* for desired vocalizations. This occurred to such an extent that the participants could ignore acoustic events when concentrating attention on the song itself, which is defined as figure-background³.

These findings consequently led to other studies with a focus on the cerebral areas involved in singing. Brown et al.¹, performed a cross-sectional, observational, interventional study, on song harmonization involving male and female participants who were all amateur singers. The study was conducted using PET, while the participants performed complete repetition of melodies, harmonic singing, vocalizing isochronic and monotonic sequences, or rested with closed eyes.

The authors identified that harmonized singing, where the individual produces two or more sounds simultaneously, resembled monophonic singing, in that the melody of the voice is lacking any accompaniment, such as the Gregorian chants. Both involve the creation of a single melody line, making it difficult to parse the predominant cerebral areas involved in one task or the other. However, there was greater bilaterality in areas of high electrical levels (Brodmann's Area [BA] 22 and 38) in harmonization, compared to monophonic singing. Nonetheless, this bilaterality cannot be exclusively attributed to singing harmonization. The authors attributed their finding to a specialization for harmony in the auditory area of the left hemisphere. Alternatively, an acoustic effect due to the presence of a greater number of notes and musical texture under harmonic conditions was also considered¹.

Extending their study, Brown et al.¹ also confirmed that the human singing system involved in imitation, repetition, and the adaptation of pitch depended on cerebral areas that can be hierarchically grouped into primary and secondary vocal and auditory cortex regions and high-level cognitive areas. The primary auditory cortex (BA 41) and motor cortex, which controls the mouth region (BA 4), were activated in all the study's tasks. The tasks also activated BA 42 in the auditory cortex, BA 22 in the motor region (i.e., BA 6), the frontal operculum (BA 44/6), and the left insula. Thus, the researchers hypothesized that the upper part of the bilateral temporal lobe could comprise a third specialized auditory level for the processing of melodies with high-level pitch.

Amusia has been another focus of studies on studying, based on neuroimaging findings. Amusia is the partial or total difficulty in perceiving melodic sounds or rhythms, due to a dysfunction in the neural processing of music¹⁴. Terao et al.⁹ related a case of amusia in a professional tango singer following a cerebrovascular event. Magnetic resonance imaging (MRI) was used to identify a lesion in the upper part of the temporal cortex of the right hemisphere, which they concluded caused the alterations in the patient's musical perception and recognition, related to pitch, timbre, and musicality. The singer's perception of tempo and rhythm, however, were preserved because the left hemisphere was not affected. As the lesion was present in the right posterior portion of the insula, the authors realized that the deficits in the patient's singing ability were related more to the motor performance of vocalization than to the auditory feedback. This confirmed the possibility that amusia was a result of the impairment of pitch processing involving specific connections between the motor and auditory cortical areas, which destabilized the effective transformation of the auditory mechanism or the memory of intentional vocal emission¹⁹.

Analogous to the study by Terao et al.¹³ five clinical cases based on amateur singers who underwent brain tumor removal surgery, in addition to speaking and singing tests, supported the hypothesis that there are common connections between the brain regions associated with speech and singing. Electrocortigraphical data generated by cerebral stimulation during the brain surgery to remove the tumors demonstrated that singing was always affected when the pre-central gyrus was stimulated, independent of the handedness of the patient. The stimulation of facial areas, the tongue, and vocal folds also altered the singing, since this function requires bilaterality. However, the stimulation of the medial frontal gyrus and right inferior gyrus only provided interference in the patient's singing. The authors concluded that the different alterations in singing and speech indicated that these functions activate different areas of the brain, at least at some stage, enabling better comprehension in cases of amusia in patients without speech impairments.

Wilson et al.¹⁴ further investigated the hypothesis that distinct areas are used in the processing of speech and singing, such that secondary and tertiary auditory areas are linked to pitch, musicality, monophonic singing, melodic vocalization, and harmonic singing, which is different from speech¹. However, to do this, they subjected high-performing opera singers to functional MRI (fMRI).

Wilson et al.¹⁴ demonstrated that non-high-performance singers used more cerebral areas of speech for singing, since there is an interconnecting neural network between these two areas. This behavior differentiated singers according to the complexity of their performance, in such a way that high-performance singers employed BA 6 with less intensity. Therefore, this study demonstrated that the professional singers' training did not solely include high-performance vocals and pitch adjustments, but rather changed areas of the brain required for this process, making the acts of singing and speaking more independent from one another. Briefly, training processes directed toward the development of singing ability are required to work on activities that explore various neural mechanisms.

Callan et al.¹⁶ also analyzed cerebral regions involved in the perception and production of speech and singing through fMRI. The authors accepted the premise that to sing, one needs to use the auditory-motor system and memory mechanics more intensely, thus accepting that this activity is more complex than speech. The study included 16 subjects (5 of whom were women), aged 19–47 years, who were right-handed and without any previous musical experience or training. The stimulus consisted of listening to six Japanese songs with the simultaneous presentation of the lyrics. Next, each participant had to read and sing the song presented on a screen, while their brain activity was recorded using fMRI. Among the most important findings was the observation that there was an overlap in the cerebral regions involved in the perception and production of song and speech, denoting the existence of an essential identity between lyrical song and speech. This suggested a mirrored neuronal system, capable of being activated by silently listening to music and producing a song. According to the authors, the most important finding was the increased activity in the right planum temporale during singing, compared to speaking, both for passive auditory perception and for production of songs, indicating that this brain region responded through the representative transformation between the auditory and motor domains. Another important finding of this study was regarding laterality, and statistical analysis of active voxels gave the conclusion more credibility. The authors identified more activity in the left temporal lobe during speech than during singing, which was comparable during listening or production of singing. Further, there was greater activity in the right lobe during singing than during speech.

Zarate, Wood, and Zatorre⁴ proceeded with a study employing fMRI to study professional opera singers, with the intention of identifying brain regions used for voluntary and involuntary correction of the pitch by means of vocal motor integration. Initially the authors emphasized the importance of considering the constellation of neural structures involved in

adjusting the *pitch* while singing. This complex network included motor/pre-motor cortical networks (including the primary motor cortex, supplementary motor area, and anterior cingulate cortex), subcortical regions (such as the basal ganglia and thalamus), as well as structures in the brain stem, including the periaqueductal gray matter, substantia nigra, the reticular formation, and the band of motor neurons. This entire network of structures and their interconnections were involved in the production of correct pitch, as seen in loud environments where the interlocutors augmented or reduced the intensity of their speech to facilitate communication without losing the emotion of the message. The authors⁴ compared 11 healthy subjects with no hearing problems and no history of singing with 13 professional singers, who were also healthy, with no hearing problems. The participants listened to their vocalizations with altered pitch and corrected their pitch if required. They were asked to maintain the pitch if no correction was needed. The fMRI results demonstrated that activation of the anterior portion of the rostral cingulate zone was required for the discrete correction of pitch. For tasks where no pitch correction was needed, activation of the posterior superior temporal sulcus was observed. However, this correction was not present in the opera singers. This suggested that large pitch corrections are voluntary, while smaller corrections are involuntary and occur due to an interaction between two cerebral areas, preceding the voluntary correction mechanism. These data revealed the extent of the complexity of the process of frequency modulation and the diversity in the areas of the brain that are involved in this complex vocal activity.

Zarate et al.^{2,4} demonstrated the existence of an organization of neural networks for the perception of music and speech, which suggested the modulation of musical and speaking abilities. The basis of their study was the assumption that professional singers and actors have intensively trained voices, which they use in different semantic, syntactic, and emotional processing contexts. Rosslau et al.¹⁵ was also a pioneer in analyzing the neural modifications required for singing and speech processing, induced by training. They used magnetoencephalography to evaluate brain activity, due to its high sensitivity in the evaluation of tempos and medium-to-high accuracy in determining the sources of brain activity during tasks. The researchers evaluated 15 singers (of whom 8 were women) and 15 actors (9 of whom were women), with a mean age of 29.2 years and 32.4 years, respectively. All the participants had more than 4 years of professional experience and practiced for at least 4 h daily.

Each participant had to judge the accuracy of the semantic congruity and the pitch of the last word of a song or spoken stimulus, and press a button to indicate the correctness or incorrectness of the stimulus. The participants underwent magnetoencephalography while completing the tasks. At the end of the experiment, each participant responded to a semi-structured interview to evaluate how fatigued they became when judging words and pitch. The authors identified the existence of a global syntactic system, which governed melodic and prosodic aspects. The right hemisphere was dominant if the factors involved violation of pitch. Comparatively, the right temporal area were dominant in the presence of musical alterations that required concentrated attention to analyze the frequency. Although these findings pertained to both singers and actors, more activity in the left parietal and right temporal areas were identified exclusively in singers. This was attributed to more intense mental machinery and a strong command of musical cognition, which could be attributed to extensive training or is a mere prerequisite for this professional activity.

In addition to studies on pitch and harmony, a study on the neural basis of rhythm was also conducted by Jungblut et al.¹⁸. A total of 30 non-musical and healthy subjects were analyzed in the study and they underwent fMRI while rhythmically repeating vowels sung in monotone. The results demonstrated that the same areas involved in speech (i.e., the bilateral supplementary motor area, cingulate gyrus, and pre-motor cortex in the left hemisphere) were

activated in the rhythmic emission of vowels. However, the bilateral pars orbitalis and left cingulate gyrus were also responsible for rhythmic complexity.

Some studies have also attempted to functionally investigate aspects, and the respective cerebral areas, which are related to emotions in the voice, to access intentions and feelings that are imprinted in the dynamics of communication,^{20,21} which can differ from the emotion elicited through song. However, further research is required on this topic.

CONCLUSION

Following a variable rhythm, harmonizing voices, and controlling fundamental frequency makes singing a unique human ability. It is a complex cerebral activity that combines the emission of speech and musicality, since it blends linguistic and acoustic components in a variety of ways.

Analyzing the areas of the brain involved in singing is challenging given the interconnection of cerebral areas and superimposition required to elicit speech and singing. Thus, the use of neuroimaging is of fundamental importance in enabling the identification of the brain areas and hemispheric lateralization that is activated by singing. Although there has been an advancement in this field over the past two decades, there is still a large knowledge gap, which still needs to be filled.

ACKNOWLEDGEMENTS

REFERENCES

1. Brown S, Martinez MJ, Hodges DA, Fox PT, Parsons LM. The song system of the human brain. *Cogn. Brain Res.* 2004;20(3):363-75.
2. Zarate JM. The neural control of singing. *Front. Hum. Neurosci.* 2013;7:237.
3. Perry DW, Zatorre RJ, Petrides M, Alivisatos B, Meyer E, Evans AC. Localization of cerebral activity during simple singing. *Neuroreport.* 1999;10(18):3979-84.
4. Zarate JM, Wood S, Zatorre RJ. Neural networks involved in voluntary and involuntary vocal pitch regulation in experienced singers. *Neuropsychologia.* 2010;48(2):607-18.
5. Watson R, Latinus M, Charest I, Crabbe F, Belin P. People-selectivity, audiovisual integration and heteromodality in the superior temporal sulcus. *Cortex.* 2014;50:125-36.
6. Ozdemir E, Norton A, Schlaug G. Shared and distinct neural correlates of singing and speaking. *Neuroimage.* 2006; 33(2):628-35.
7. Simonyan K, Horwitz B, Jarvis ED. Dopamine regulation of human speech and

- bird song: A critical review. *Brain Lang.* 2012;122(3):142-50.
8. Jones JA, Keough D. Auditory-motor mapping for pitch control in singers and nonsingers. *Exp. Brain Res.* 2008;190(3):279-87.
 9. Lo YL, Zhang HH, Wang CC, Chin ZY, Fook-Chong S, Gabriel C et al. Correlation of near-infrared spectroscopy and transcranial magnetic stimulation of the motor cortex in overt reading and musical tasks. *Motor Control.* 2009;13(1):84-99.
 10. Schlaug G, Norton A, Marchina S, Zipse L, Wan CY. From singing to speaking: facilitating recovery from nonfluent aphasia. *Future neurology.* 2010;5(5):657-65.
 11. Preti MG, Bolton TA, Ville DV. The dynamic functional connectome: State-of-the-art and perspectives. *Neuroimage.* in press. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.12.061
 12. Eippert F, Kong Y, Jenkinson M, Tracey I, Brooks JC. Denoising spinal cord fMRI data: Approaches to acquisition and analysis. *Neuroimage.* in press. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.09.065.
 13. Terao Y, Mizuno T, Shindoh M, Sakurai Y, Ugawa Y, Kobayashi S et al. Vocal amusia in a professional tango singer due to a right superior temporal cortex infarction. *Neuropsychologia.* 2006;44(3):479-88.
 14. Wilson SJ, Abbott DF, Lusher D, Gentle EC, Jackson GD. Finding your voice: A singing lesson from functional imaging. *Hum. Brain Mapp.* 2011;32(12):2115-30.
 15. Rosslau K, Herholz SC, Knief A, Ortmann M, Deuster D, Schmidt CM et al. Song perception by professional singers and actors: An MEG study. *PLoS One.* 2016;11(2):1-18.
 16. Callan DE, Tsytsarev V, Hanakawa T, Callan AM, Katsuhara M, Fukuyama H et al. Song and speech: Brain regions involved with perception and covert production. *Neuroimage.* 2006;31(3):1327-42.
 17. Roux F-E, Borsa S, Démonet J-F. The mute who can sing: a cortical stimulation study on singing. *J Neurosurg.* 2009;110(2):282-8.
 18. Jungblut M, Huber W, Pustelniak M, Schnitker R. The impact of rhythm complexity on brain activation during simple singing: An event-related fMRI study. *Restor. Neurol. Neurosci.* 2012;30(1):39-53.
 19. Cuervo L da C, Maffioletti L de A. Musicalidade e Amusia : interfaces de um mesmo ser musical. In: *Anais do XI Simpósio Internacional de Cognição e Artes Musicais.* Goiânia: Associação Brasileira de Cognição e Artes Musicais; 2015. p. 1-9.
 20. Brück C, Kreifelts B, Wildgruber D. Emotional voices in context: A neurobiological model of multimodal affective information processing. *Phys.*

Life Rev. 2011;8(4):383-403.

21. Frühholz S, Trost W, Grandjean D. The role of the medial temporal limbic system in processing emotions in voice and music. Prog. Neurobiol. 2014;123:1-17.

RECEIVED ON: 03/06/2017

ACCEPTED ON: 07/08/2017

Address for correspondence:

Geová de Oliveira Amorim

Technical School of Arts -ETA, Federal University of Alagoas-UFAL

Av. Dr. Maria Nunes Vieira, 126, apto 204

ZIP code: 57035-553 - Maceió, Alagoas, Brazil

E-mail: geovafono@uol.com.br

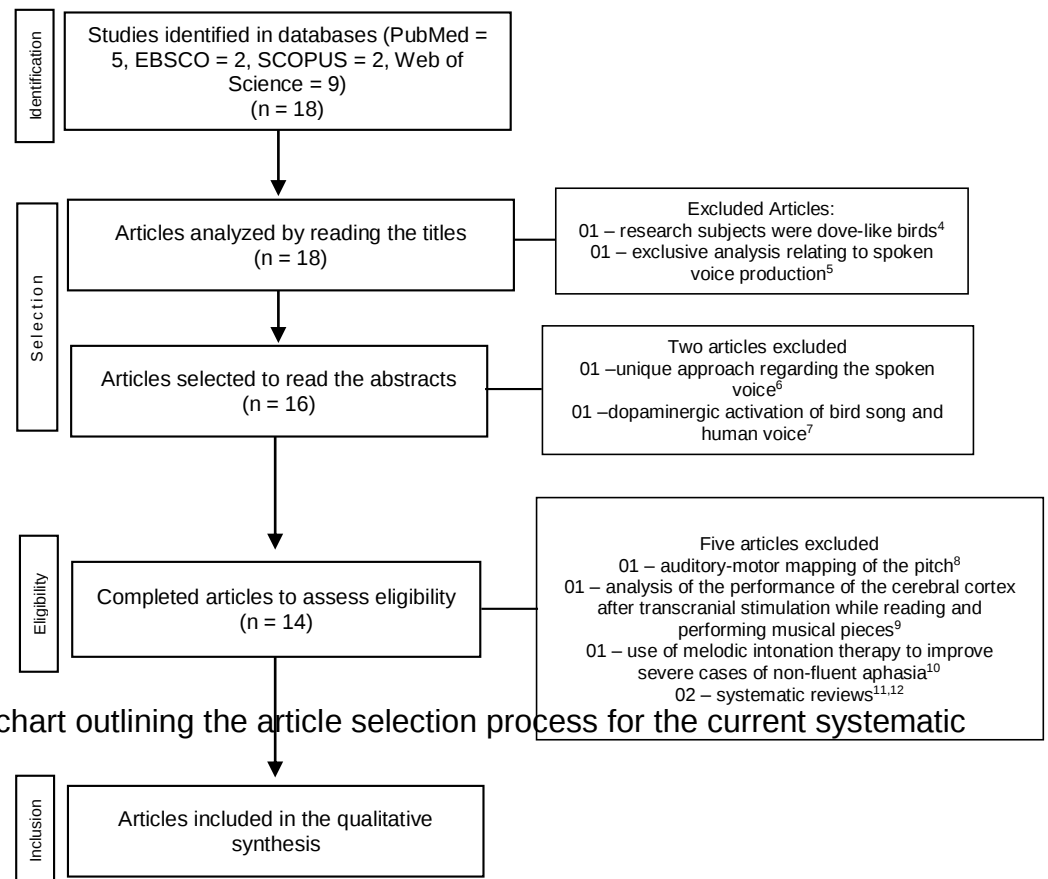


Figure 1: Flowchart outlining the article selection process for the current systematic review

Table 1 – Characteristics of the articles included in the systematic review

Author(s)	Year	Objective	Study Design	Findings	Conclusions
Perry et al. ³	1999	To investigate the cerebral blood flow during simple singing when compared to passive listening of complex-tones, using positron emission tomography (PET)	Primary, cross-sectional, observational study	Cerebral blood flow increases in brain areas related to motor control, as during the speech, but the changes in the Heschl's gyrus were related to the perception of fundamental frequency	Singing and the emission of a vowel in a single pitch seem to activate similar brain areas as speech; yet, in some regions an asymmetric activation, which was exclusively linked to singing was observed.
Brown et al. ¹	2004	To investigate the multifactorial vocal system using PET, to assess the listening and response system of non-professional singers, during repeated singing, harmonizing new melodies, or singing monotonically.	Primary, cross-sectional, observational study	In general, there was a greater increase in blood flow to the primary and secondary auditory cortex, primary motor cortex, frontal operculum, insula, posterior cerebellum and posterior Brodmann area 22	The three tasks of listening to a response activated the frontal operculum (Broca's area), which was involved in producing a sequence and motor cognitive imitation, implied in musical imitation and vocal learning
Terao et al. ¹³	2006	To describe psychophysical aspects of vocal amusia in a professional tango singer, following a stroke that affected the upper temporal cortex of the right hemisphere	Case report	Magnetic resonance imaging demonstrated damage in the right parietal cortex, which affected pitch perception	The damage in the cortex of the right brain hemisphere caused perceptive and expressive music loss

Author(s)	Year	Objective	Study Design	Findings	Conclusions
Roux et al. ¹⁷	2009	To identify the brain areas involved in singing and speech regions	Case report	Stimulation electrocorticography during surgery for tumor removal demonstrated the dissociation that exists between speech and singing, outside the primary sensorimotor brain area	Identifying the dissociation indicated that these two functions used distinct neural connections
Wilson et al. ¹⁴	2011	To investigate the relationship between musical and speech functions and their interaction with lyric singing tasks	Primary, cross-sectional, observational study	Functional magnetic resonance imaging (fMRI) demonstrated that singing and speech were elicited by contiguous brain areas. The interrelation between these areas was reduced as the singer became more specialized	The specialization of lyrical singers caused less interdependence of the cerebral areas devoted to singing and speech, demonstrating a more refined and less dependent speech process
Zarate, Wood, Zatorre ⁴	2010	To analyze the voluntary and involuntary pitch regulation and its correlation with the neural connections	Primary, cross-sectional, observational study	fMRI proved that lower pitch adjustments are under less voluntary control than the large variations	During pitch corrections, the superior posterior temporal sulcus interacts with the anterior region of the rostral cingulate area and the anterior part of the insula, before the voluntary pitch correction occurs.

Author(s)	Year	Objective	Study Design	Findings	Conclusions
Rosslau et al. ¹⁵	2016	To compare the activation of brain regions in singers and actors, who are professionally trained for singing or speech, using magnetoencephalography	Primary, cross-sectional, observational study	Magnetoencephalography proved that there was an interconnected neural network between speech and singing to identify and correct pitch variations	Pitch changes in speech activated the left temporal region. In contrast, singing activated the right temporal region.
Callan et al. ¹⁶	2006	To investigate brain regions that were similarly or differently involved in listening and singing, when compared to speech	Primary, cross-sectional, observational study	fMRI showed that regions of the left temporal plane and superior parietal-temporal areas, bilateral pre-motor cortex, lateral region of the sixth cerebellum lobule, superior anterior temporal gyrus and the planum polare were involved in listening, speech and singing.	There was a differential pattern between speech and singing. Speech activated the left temporal lobe, compared to singing, both in listening and production. However, activation of the right temporal lobe primarily occurred with singing
Jungblut et al. ¹⁸	2012	To investigate the brain areas responsible for music rhythm perception	Primary, cross-sectional, observational study	fMRI showed that activation of the bilateral supplementary motor area and pre-motor cortex in the left hemisphere were common to both singing and speech. Activation of other areas was greater in more complex rhythmical expressions	The rhythmic structure is a decisive factor for the lateralization and activation of specific areas while singing

APÊNDICE C – ARTIGO ORIGINAL

EVIDÊNCIAS CLÍNICAS DO BIOFEEDBACK ELETROMIOGRÁFICO PARA CANTORES COM QUEIXA DE DESCONFORTO VOCAL

Geová Oliveira de Amorim⁽¹⁾

Patricia Maria Mendes Balata⁽²⁾

Hilton Justino da Silva⁽³⁾

(1) Escola Técnica de Artes -ETA, Universidade Federal de Alagoas-UFAL, Maceió, Alagoas, Brasil.

(2) Hospital do Servidores do Estado de Pernambuco (HSE), Recife, Pernambuco, Brasil.

(3) Departamento de Fonoaudiologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

Fonte de auxílio: MCTI/CNPQ/Universal 14/2014 - Faixa A

Conflito de interesses: inexistente

Endereço para correspondência:

Geová de Oliveira Amorim

Escola Técnica de Artes -ETA, Universidade Federal de Alagoas - UFAL Av. Dr. Maria Nunes Vieira, 126, apto 204

Maceió, Alagoas, Brasil

CEP: 57035-553

E-mail: geovafono@uol.com.br

RESUMO

Introdução: Os padrões vocais desarmônicos em cantores profissionais, decorrentes de comportamentos vocais inadequados, podem resultar de desajustes musculares do trato vocal. Dessa forma, a disponibilização de uma ferramenta para auxílio no controle da representação cerebral do canto poderá facilitar novo engrama e propiciar melhor comportamento muscular e melhor desempenho vocal. **Objetivo:** estabelecer as evidências clínicas do biofeedback eletromiográfico para cantores com desconforto vocal. **Métodos:** Realizou-se ensaio clínico, prospectivo, com intervenção por seis semanas ininterruptas, incluindo 21 sujeitos com idade igual ou maior que 18 anos, independente de gênero, comprovando exercício de atividade de cantor por período mínimo de três anos, independente do estilo de canto; referência de queixa de desconforto vocal ao cantar e aceitação de participar do treinamento vocal. No ambulatório de artes vocais da Escola Técnica de Artes da Universidade Federal de Alagoas, de janeiro de 2015 a junho de 2017, empregaram-se seis instrumentos de coleta: a) questionário de identificação de queixas e sinais evidentes da presença de alterações na voz; b) autoavaliação do desconforto vocal; c) índice de desvantagem vocal ao cantar o repertório e ao cantar uma música escolhida pelo participante para ser avaliado (IDVCM); d) escala de desconforto do trato vocal (EDTV); e) avaliação funcional da voz cantada, realizada por três juízes independentes, e, finalmente, f) avaliação eletromiográfica de superfície dos músculos supra e infra-hioideos, bem como dos esternocleidomastoideos direito e esquerdo, durante repouso e no canto, com identificação subjetiva de desconforto vocal. As variáveis constituíram quatro grupos: características dos participantes; caracterização vocal; avaliações eletromiográficas dos músculos supra-hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideo e avaliação do grau global da facilidade em cantar, realizada por três especialistas em canto moderno. Os participantes foram alocados em um dos três grupos de pesquisa: treinamento por *biofeedback* (grupo 1), treinamento convencional associado ao *biofeedback* (grupo 2) ou treinamento tradicional isolado (grupo 3). Os dados foram organizados com o programa Epi-Info 7, na versão 7.2.0.10, de 27 de junho de 2016, e analisados com o programa estatístico IBM SPSS *Statistics* na versão 21.0. Para análise, procedeu-se à comparação das diferenças intrapessoais e intersujeitos da avaliação vocal por juízes externos, com índice Kappa. As variações de desconforto vocal, índice de desvantagem vocal no canto moderno, escala de desconforto vocal e das avaliações da facilidade para cantar foram analisadas pelo teste de t de Student, e teste ANOVA, com post-hoc de Bonferroni. Procedeu-se também à análise de correlação bivariada e multivariada com avaliações de desconforto vocal e facilidade para cantar e atividade elétrica dos músculos alvo do estudo. **Resultados:** Os três grupos de treinamento apresentaram redução de desconforto vocal, IDVCM e EDTV, variações na atividade elétrica dos músculos estudados, melhora do desempenho no canto após treinamento representados por maior facilidade para cantar. Constatou-se significância estatística na diferença entre o grupo 1 e os demais grupos para: redução de desconforto no canto do repertório ($p=0,006$ para grupo 2 e $p<0,001$ para grupo 3) e na música teste ($p=0,009$ para grupo 2 e $p<0,001$ para grupo 3); variação da atividade elétrica do ECOM direito durante o canto ($p=0,012$ para grupo 2 e $p=0,030$ para grupo 3) e ECOM esquerdo ($p=0,049$ para grupo 2); maior facilidade para cantar exceto para efeitos vocais. Houve associação significativa entre redução do desconforto vocal e aumento da facilidade para cantar. Para o grupo 1, houve associação positiva da maior facilidade para cantar com aumento da atividade elétrica dos músculos supra-hioideos durante o canto, antes do treinamento ($r=0,848$; $p=0,016$), desaparecendo após o treinamento, bem como maior atividade elétrica dos músculos infra-hioideos e menor desconforto vocal ($p=0,044$). Houve também associação negativa entre atividade elétrica do ECOM esquerdo e desconforto vocal após treinamento, para os cantores do grupo 2 ($r=0,433$; $p=0,017$). No grupo 3, houve associações restritas aos músculos supra-hioideos ($r=-0,855$; $p=0,014$, no canto do repertório, e $r=-0,764$; $p=0,045$, na música teste), após treinamento, e ECOM direito ($r=0,781$; $p=0,038$) antecedendo o treinamento, para o canto do repertório. **Conclusões:** o *biofeedback* eletromiográfico gera uma nova representação mental na forma de cantar contribuindo para a redução do desconforto vocal de cantores não eruditos.

Palavras-chave: Fonoaudiologia; Voz; Música; Feedback de Eletromiografia.

ABSTRACT

Introduction: Inharmonious vocal patterns in professional singers, due to inappropriate vocal behaviour, can result from muscular disorders of the vocal tract. Thus, the provision of a tool to aid the control of the singing brain representation may facilitate new engram and provide better muscle and better vocal performance. **Objective:** to establish the clinical evidence of electromyographic biofeedback for singers with vocal discomfort. **Methods:** A prospective clinical trial with intervention for six uninterrupted weeks, was performed including 21 subjects with age equal to or greater than 18 years old, regardless of gender, proving the exercise of singer activity for a minimum three years, regardless of singing style; vocal complaint of singing discomfort and acceptance of participating in vocal training. In the vocal arts outpatient clinic of the Technical School of Arts of the Federal University of Alagoas, from January 2015 to June 2017, six collection instruments were used: a) questionnaire to identify complaints and evident signs of voice alterations; b) self-assessment of vocal discomfort; c) vocal disadvantage index when singing the repertoire and a song chosen by the participant (IDVCM); d) vocal tract discomfort scale (EDTV); e) functional evaluation of the singing voice, performed by three independent judges, and finally f) surface electromyographic evaluation of supra and infrahyoid muscles, as well as right and left sternocleidomastoids, during rest and singing, with subjective identification of vocal discomfort. The variables consisted of four groups: characteristics of the participants; electromyographic evaluations of the suprahoid, infrahyoid and sternocleidomastoid muscles, and evaluation of the overall degree of ease of singing, performed by three modern singing specialists. Participants were assigned to one of three training groups: exclusive biofeedback (group 1), conventional training associated with biofeedback (group 2) or traditional isolated training (group 3). Data were organized with Epi-Info 7 program, version 7.2.0.10, of June 27, 2016, and analysed with the IBM SPSS Statistics program version 21.0. For the analysis, we compared the intrapersonal and intersubjective differences of the vocal evaluation by external judges. with Kappa index. Variations of vocal discomfort, vocal handicap index in the modern singing, vocal discomfort scale, and ease of singing scores were analysed by Student t-test and ANOVA test with Bonferroni post-hoc. Bivariate and multivariate correlation analysis with vocal discomfort and ease of singing or electrical activity of target muscles were also performed. **Results:** The three training groups presented reduction of vocal discomfort, IDVCM and EDTV, variations in the electrical activity of the studied muscles, improvement in singing performance after training represented by greater ease of singing. Statistical significance was found in the difference between group 1 and the other groups: reduction of discomfort in the repertory singing ($p = 0.006$ for group 2 and $p < 0.001$ for group 3) and in the test music ($p = 0.009$ for group 2 and $p < 0.001$ for group 3); change in the electrical activity of right ECOM during singing ($p = 0.012$ for group 2 and $p = 0.030$ for group 3) and left ECOM ($p = 0.049$ for group 2); easier to sing except for vocal effects. There was a significant association between reduction of vocal discomfort and increased ease of singing. For group 1, there was a positive association of singing with increased electrical activity of the suprahoid muscles during singing, before training ($r = 0.848$; $p = 0.016$), disappearing after training, as well as greater electrical activity of the infra-hyoid muscles and less vocal discomfort ($p = 0.044$). There was also a negative association between electrical activity of left ECOM and vocal discomfort after training, for the singers of group 2 ($r = 0.433$; $p = 0.017$). In group 3, there were associations restricted to the suprahoid muscles ($r = -0.855$, $p = 0.014$, on singing the repertoire, and $r = -0.764$, $p = 0.045$, in test music) and right ECOM ($r = 0.781$, $p = 0.038$) preceding training on singing the repertoire. **Conclusion:** electromyographic biofeedback generates a new mental representation in the form of singing contributing to the reduction of the vocal discomfort of non-erudite singers.

Keywords: Speech therapy; Voice; Music; Electromyography Feedback.

Introdução

Os padrões vocais desarmônicos em cantores profissionais, decorrentes de comportamentos vocais inadequados, podem resultar de desajustes musculares do trato vocal. Destarte os diversos tipos de alteração da voz podem ser resultantes de distúrbio na cinesiologia laríngea, cujos músculos intrínsecos e extrínsecos podem estar em situação de desequilíbrio.

O interesse em estudar as vozes dos cantores com desconforto, na perspectiva da neurociência, surge da constatação de que esses indivíduos, ainda que desempenhem função como cantores profissionais, podem apresentar dificuldades em aprimorar o padrão vocal, em decorrência do engrama da atividade muscular que automatizaram.

Nesse contexto, é plausível hipotetizar que a disponibilização de outra ferramenta, que auxilie o cantor no controle dessa representação, poderá facilitar novo engrama cerebral ensejando melhor comportamento muscular e melhor desempenho vocal já que o processo de canto envolve a ação conjunta e harmoniosa de diversos grupos musculares intrínsecos e extrínsecos.

Dessa feita, a ocorrência de desarmonia dessa ação conjunta, ou seja, o predomínio de contração de um grupo muscular de forma desarmoniosa pode causar ou agravar o desconforto vocal do cantor. Nesse caso, estará acompanhada por atividade elétrica alta (já que não se dispõe de dados para afirmar que tal atividade seria normal ou alterada, mas apenas alta ou baixa).

A ferramenta que vem sendo investigada para treinamento da voz é o *biofeedback* dado possibilitar ao emitente proceder a adaptações na tentativa de corrigir alterações vocais¹. A partir dessa base conceitual, aventa-se a hipótese de que o cantor, guiado pelo treinamento com *biofeedback* eletromiográfico, pode proceder a ajustes de forma a harmonizar a contração dos grupos musculares, o que contribuirá para minimização do desconforto vocal a um nível confortável e adequado à saúde vocal. Essa hipótese implica em admitir que a adequação poderá ser acompanhada por redução da atividade elétrica de um grupo muscular exclusivamente e, não necessariamente de todos os grupos.

O objetivo foi estabelecer as evidências clínicas do *biofeedback* eletromiográfico para cantores com desconforto vocal. Para tanto, foram

determinados: a relação entre o grau de desconforto vocal avaliado subjetivamente pelo cantor com a atividade elétrica avaliada pelo biofeedback eletromiográfico durante o canto e com o índice de desvantagem vocal; comparação da atividade elétrica dos grupos supra-hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideos de cantores segundo treinamento a que foram submetidos durante o canto, bem como comparação da avaliação da facilidade em cantar realizada por três professores de canto profissional, no início e ao final do treinamento vocal.

Sujeitos e métodos

Realizou-se ensaio clínico, prospectivo, com intervenção por seis semanas ininterruptas, incluindo 21 cantores profissionais que compareceram ao ambulatório de artes vocais da Escola Técnica de Artes da Universidade Federal de Alagoas (ETA/UFAL) no período de janeiro de 2015 a junho de 2017.

Os critérios de inclusão englobaram: idade igual ou maior que 18 anos, independente de gênero, exercício de atividade de cantor por período mínimo de três anos, independente do estilo de canto; referência de queixa de desconforto vocal ao cantar e aceitação de participar do treinamento vocal, independente do grupo em que fosse alocado. O intervalo etário adotado excluiu o período de muda vocal, ou seja, quando ocorrem as alterações vocais e estruturais em decorrência dos níveis hormonais².

Admitiu-se excluir da pesquisa, os sujeitos que não comparecessem às avaliações vocais e eletromiográficas e ao programa de treinamento vocal, bem como aqueles que desenvolvessem enfermidade que comprometesse a fonação ou os músculos extrínsecos da laringe, tais como: distúrbio do sistema osteomioarticular cervical; déficit auditivo e uso de órteses ou próteses metálicas. Todavia não houve qualquer exclusão de sujeitos de pesquisa.

Para contemplar todos os parâmetros necessários a atender aos objetivos da presente pesquisa, foram determinados quatro grupos de variáveis. O primeiro foi dedicado ao detalhamento das características relativas a idade, sexo e ocupação dos participantes. O segundo grupo esteve destinado à caracterização vocal; o terceiro grupo de variáveis disse respeito às avaliações eletromiográficas dos músculos supra-

hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideo e o quarto grupo esteve afeito à avaliação do grau global da facilidade em cantar, realizada por três juízes especialistas em canto moderno.

Foram adotados seis instrumentos de coleta, a saber: a) questionário de identificação de queixas e sinais evidentes da presença de alterações na voz; b) autoavaliação do desconforto vocal, expressa em escala visual analógica de 10 mm para configurar um índice passível de comparação semi-quantitativa nos 2 momentos avaliatórios; c) índice de desvantagem vocal ao cantar o repertório e ao cantar uma música escolhida pelo participante para ser avaliado, que descreve o impacto da alteração vocal na voz cantada, em três subescalas incapacidade, desvantagem e defeito, cada qual composta por 10 itens expressos em escala de Likert de cinco pontos, na versão para canto moderno (IDVCM); d) escala de desconforto do trato vocal (EDTV), com a finalidade de avaliar frequência e intensidade dos sintomas de queimação, aperto, secura, garganta dolorida, coceira, garganta sensível, garganta irritada e bolo na garganta, empregando escala de Likert com sete pontos, variando de zero (nunca) a seis (sempre), e) avaliação funcional da voz cantada, realizada por três juízes independentes, que se constitui no resumo da pontuação dos parâmetros de clareza articulatória, dinâmica respiratória, ataques vocais, uso de efeitos vocais, afinação, brilho, qualidade da voz, retomadas de ar ruidosas, projeção, expressividade, apoio respiratório, passagem de registros e pronúncia, expressos em escala visual analógica de 100 mm, variando de zero a 10, e, finalmente, f) a avaliação eletromiográfica de superfície dos músculos supra e infra-hioideos, bem como dos esternocleidomastoideos direito e esquerdo, durante repouso e no canto, com identificação subjetiva de desconforto vocal

Seleção dos participantes

Cumpridos os critérios de inclusão, mas não os de exclusão, os sujeitos que, por busca espontânea ou referência, compareceram ao ambulatório de artes vocais da Escola Técnica de Artes da Universidade Federal de Alagoas (ETA/UFAL), foram convidados a participar da presente pesquisa, após explicação de seus objetivos, obedecendo aos critérios de inclusão e assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE).

Cada um dos participantes respondeu ao protocolo de investigação de queixas e desconfortos vocais ao canto. Em havendo queixas ou desconforto vocal, o sujeito foi solicitado a responder à uma escala visual analógica de desconforto vocal percebido ao executar seu repertório musical habitual de shows, e outra para avaliar essa desconforto na música em que a percebia com maior intensidade, procedendo-se à gravação de áudio dessa música. Então o participante respondeu ao índice de desvantagem vocal no canto moderno e à escala de desconforto do trato vocal. Antes que o pesquisador avaliasse os resultados das escalas, o participante foi submetido à eletromiografia de superfície.

Exame de EMGS

Foi solicitado que o voluntário ficasse em pé de forma confortável, olhar dirigido para o horizonte obedecendo ao plano de Frankfurt, para que o pesquisador procedesse à inspeção da região de pescoço. Na existência de pelos nas regiões submandibular e anterior do pescoço, nas quais proceder-se-ia à aderência dos eletrodos para registro da eletromiografia de superfície, procedeu-se à tricotomia com lâmina de barbear de uso individual e descartável, mediante consentimento do voluntário, para reduzir impedância da pele.

A seguir, foi realizada limpeza da pele que recobre essas regiões do pescoço com compressa de gaze embebida em álcool 70°. Nesses locais, foram alocados os eletrodos para captar as respostas dos músculos supra-hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideos direito e esquerdo.

Foram utilizados oito sensores SDS500® com conexão por garras; cabo de referência (terra); calibrador; software *Miograph 2.0*®; cabo de comunicação USB; marca MIOTEC®, com eletrodos duplos descartáveis de superfície *Double Trace*, com distância de 2 cm entre polos, ideal para análise eletromiográfica em musculaturas pequenas com dimensões de 44 mm de comprimento, 21 mm de largura e 20 mm de centro a centro. É confeccionado em espuma de polietileno com adesivo medicinal hipoalérgico (importado), gel sólido aderente condutor (Hidrogel importado), contato bipolar de Ag/AgCl (prata/cloreto de prata), responsável pela captação e condução do sinal da EMGS.

Os eletrodos foram colocados em uma ordem padronizada, longitudinalmente às fibras musculares e fixados bilateralmente utilizando-se fita adesiva^{3,4}. Para estabilizar o sinal, foi afixado um eletrodo de referência em um ponto distante do local de registro dos músculos avaliados, sendo convencionado o olécrano da ulna do braço direito.

Para a coleta dos potenciais elétricos, avaliados em μV , dos músculos supra-hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideos direito e esquerdo, foi utilizado o *New Miotoool Face*[®]. Esse sistema de aquisição de dados permite analisar a atividade elétrica dos músculos por meio de sensores superficiais e está provido da possibilidade de seleção de quatro canais, com ganho de 2000.

O eletromiógrafo foi conectado ao computador portátil tipo *notebook* de marca DELL[®], sistema operacional Windows[®]10 *Home Single Language*, HD 1TB com 8GB SSD, Processador Intel[®] Core (TM) i7 – 5500U e preso ao braço do participante do estudo por uma cinta para fixação de cabos ou sensor junto ao corpo, para evitar artefato mecânico. Afim de reduzir as discrepâncias dos registros captados⁵, estando o voluntário na postura bípede, a normalização do sinal elétrico muscular foi realizada, mediante a máxima atividade voluntária resistida (MAVR)³, baseada nas provas de função muscular⁶ para cada músculo de interesse para o estudo, a saber:

- Músculos supra-hioideos – manobra de deglutição incompleta sustentada por 5 segundos e repetida três vezes consecutivas, com intervalos de 10 segundos entre cada execução⁴.
- Músculos infra-hioideos – manobra de manutenção da língua retraída com boca entreaberta, adotando a mesma sistemática de duração, repetição e intervalo utilizada com os músculos supra-hioideos⁴.

A contração máxima dos músculos esternocleidomastoideos (direito e esquerdo) foi obtida com a manobra de flexão cervical, de forma manualmente resistida, respeitando a mesma sistematização dos demais músculos avaliados nesse estudo³.

Após a obtenção das medidas de MAVR, o participante foi orientado a manter a respiração normal sem vocalização (repouso) por 30 segundos, para captação da atividade elétrica dos músculos supra-hioideos, infra-hioideos e esternocleidomastoideos em repouso, devendo ser evitadas inspirações profundas,

afim de não provocar contração de músculos acessórios do pescoço. A seguir, foi solicitado ao sujeito que cantasse a música que ele considerava desencadeadora do maior desconforto vocal, durante 30 segundos, quando foram extraídas as atividades elétricas dos músculos alvo de estudo.

Alocação dos sujeitos nos grupos de treinamento

Decorrida uma semana das avaliações, cada um dos sujeitos participantes foi orientado para se apresentar a um auxiliar de pesquisa, responsável pela alocação dos sujeitos participantes em um dos três grupos de pesquisa: treinamento por *biofeedback* (grupo 1), treinamento convencional associado ao *biofeedback* (grupo 2) ou treinamento tradicional isolado (grupo 3).

A alocação em um dos grupos de pesquisa obedeceu à ordem de apresentação dos sujeitos, de tal forma que o primeiro foi alocado no grupo 1, o segundo, no grupo 2 e o terceiro, no grupo 3. O quarto sujeito participante foi alocado no grupo 1, iniciando nova série, e, assim, até a alocação do sétimo sujeito em cada grupo.

Descrição do treinamento por biofeedback (grupo 1)

Foram adotados todos os cuidados relativos a postura, limpeza da região que recobre a região lateral do pescoço (correspondente à topografia dos músculos esternocleidomastoideos direito e esquerdo) para alocação dos eletrodos. Vale salientar que nessa modalidade de treinamento, os eletrodos só foram posicionados na região dos músculos esternocleidomastpideos em virtude desses músculos estarem envolvidos nas ações de rotação heterolateral, inclinação homolateral, extensão e flexão de cabeça, posturas essas facilmente observadas durante a execução do canto⁷.

Para o treinamento por *biofeedback* eletromiográfico, foi utilizado o *software Biotrainer*, sistema integrado ao equipamento *New Miotool Face*® e que faz parte do *Miotec Suite* (base centralizadora de softwares da Miotec).

No início do treinamento, o sujeito, mantendo posição ortostática, foi orientado para que cantasse a música desencadeadora de maior desconforto vocal, durante 30 segundos, observando a exibição da atividade elétrica dos músculos esternocleidomastoideos direito e esquerdo na tela do programa projetada por um

aparelho de *datashow*. Foi utilizado como cenário para exibição da atividade elétrica uma floresta lúdica, onde a atividade de cada músculo era representada na tela por uma fada.

Após três a quatro repetições do canto livre de desconforto, com observação atenta ao deslocamento das fadas, teve início uma série de comandos, cada um a ser realizado durante três minutos⁸ durante o canto de desconforto, entremeados por intervalo de 15 segundos, sempre com observação concentrada ao deslocamento das fadas, enfocando:

- f. Relaxamento - “Deixe a cabeça bem relaxada e cante enquanto visualiza o comportamento da fada na tela”;
- g. Respiração - “apoia a voz no diafragma enquanto canta”; “fique atento a sua respiração”; “controle os ruídos da respiração enquanto canta”;
- h. Qualidade vocal - “cante prestando mais atenção na qualidade sonora da voz”; “mantenha os ajustes estéticos do seu estilo sonoro”;
- i. Ressonância - “cante sentindo o som na face”; “não prenda a voz na garganta”; “equilibre o som”. “projete melhor a voz, deixando o som mais equilibrado”;
- j. Articulação - “cante articulando melhor os sons da letra da música”; “sinta a mandíbula livre enquanto canta”; “defina melhor a articulação”.

Na medida em que o sujeito foi colocando os comandos em prática, foi instruído para que observasse se a voz no canto ficava mais ou menos confortável e associasse a essa identificação a forma pela qual a musculatura se comportava e como a fada se movia na tela, mantendo todos os parâmetros em atenção concentrada. Houve reforço constante para que o sujeito identificasse se a fada se mantinha igual ou diferente, ou seja, ao longo do treinamento, foi mantida a orientação para que o sujeito associasse o conforto de sua voz, ao comportamento das fadas e de sua musculatura.

Ao final de cada sessão de treinamento, houve orientação para que o sujeito mantivesse o exercício de cantar a música desencadeadora do maior desconforto, três a quatro vezes ao dia, colocando os parâmetros instruídos em ação e imaginando

a curva do gráfico semelhante ao que foi observado no último canto do treinamento do dia (imaginando as fadas).

Descrição do treinamento tradicional isolado (grupo 3)

Durante essa modalidade de treinamento, o sujeito, em postura ortostática, cantava de três a quatro vezes livremente o canto autoreportado como de maior desconforto, prestando atenção à qualidade da voz e ao nível de desconforto. Em seguida, manteve-se uma sequência de técnicas universais amplamente utilizadas no treinamento vocal de cantores, obedecendo à ordem de realização de micromovimentos cervicais; apoio respiratório, vibração de lábios ou língua (fricativo sonoro “Z”, quando não conseguisse realizar a vibração), exercício de som nasal, sobrearticulação exagerando os movimentos articulatórios.

A cada sessão, enquanto o sujeito cantava o trecho da música desencadeadora de maior desconforto vocal, o sujeito executava cada técnica por três minutos⁸, com intervalos naturais de aproximadamente 15 segundos.

Ao final de cada sessão de treinamento, havia orientação para que o sujeito mantivesse o exercício de cantar três a quatro vezes ao dia, usando os parâmetros instruídos na ação.

Descrição do treinamento tradicional associado ao biofeedback (grupo 2)

O treinamento consistiu no emprego das mesmas técnicas universais utilizadas no treinamento convencional, na qual as emissões sonoras eram mantidas por três minutos⁸, com intervalos naturais de aproximadamente 15 segundos, e monitoradas pelo *biofeedback*, ou seja, pela observação concentrada, na tela do programa *Biotrainer*, da representação eletromiográfica da atividade muscular por meio dos deslocamentos das fadas, empregando a mesma temática lúdica de floresta.

Ao final de cada sessão de treinamento, houve orientação para que o sujeito mantivesse o exercício de cantar três a quatro vezes ao dia, colocando os parâmetros instruídos em ação e imaginando a curva do gráfico semelhante ao que foi observado no último canto do treinamento do dia.

Avaliação das vozes em trecho de canto

Ao final de cada modalidade terapêutica, a todos os sujeitos da pesquisa foi solicitado que repetisse a autoavaliação do desconforto vocal no repertório e na música de maior desconforto, do índice de desvantagem vocal no canto moderno e da escala de desconforto do trato vocal.

Nos mesmos períodos, procedeu-se a nova gravação da voz de cada sujeito de pesquisa ao cantar a música desencadeadora de maior desconforto vocal. Dessa forma, obtiveram-se gravações inicial e ao final do treinamento, denominadas genericamente GR seguida de uma numeração de cegamento do sujeito da pesquisa para o pesquisador principal e para os juízes externos. Dessa feita, a sigla GR2, referia-se à gravação do sujeito identificado na lista com o número dois.

Para controle do período a que cada gravação se referia, foram empregadas as siglas GRi e GRt, respectivamente para os períodos inicial e final do treinamento, porém a relação com tal discriminação ficou sob controle do auxiliar que procedeu à distribuição dos cantores nos grupos, ao início da pesquisa.

As gravações GRi e GRt foram enviadas a três juízes externos, professores de canto, para que pontuassem o grau global da facilidade em cantar, avaliado em milímetros, resultante do resumo das pontuações nos parâmetros clareza articulatória, dinâmica respiratória, ataques vocais, uso de efeitos vocais, afinação, brilho, qualidade da voz, retomadas de ar ruidosas, projeção, expressividade, apoio respiratório, passagem de registros e pronúncia. Importante ressaltar que todos os juízes externos eram cegos para o cantor e os períodos de gravação.

Análise estatística

Todos os dados recolhidos durante o treinamento de cada sujeito foram registrados em banco de dados construído com o programa Epi-Info 7, na versão 7.2.0.10, de 27 de junho de 2016, disponível na rede Internet gratuitamente pela Organização Mundial de Saúde, e analisados com o programa estatístico IBM SPSS *Statistics* na versão 21.0.

Considerando a existência de dois momentos distintos durante toda a pesquisa – início e final do treinamento - procedeu-se à comparação das diferenças intrapessoais e intersujeitos dos parâmetros relativos a atividade elétrica, índice de desvantagem vocal, escala de desconforto vocal e avaliação vocal por juízes externos.

As avaliações dos três juízes externos foram submetidas à análise de concordância intra e interavaliadores com índice Kappa, admitindo-se os limites propostos por Landis e Koch (1977) para interpretação.

As variações de desconforto vocal, índice de desvantagem vocal no canto moderno, escala de desconforto vocal e das avaliações da facilidade para cantar realizada pelos juízes foram analisadas pelo teste de t de Student, pareado para comparação intragrupo e teste ANOVA, com post-hoc de Bonferroni, para comparação intergrupos.

Procedeu-se também à análise de correlação bivariada e multivariada para identificar relações de causa-efeito entre as avaliações de desconforto vocal realizada pelos cantores e as de facilidade para cantar, realizada pelos juízes; entre facilidade para cantar e atividade elétrica dos músculos alvo do estudo.

Todos os testes foram realizados com nível de significância de 0,05, com exceção das análises univariadas realizadas para montagem da análise multivariada, quando o nível de significância foi admitido igual a 0,20.

Aspectos Éticos

A pesquisa foi submetida à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco, em obediência à Resolução nº. 466 de 2012, por meio da Plataforma Brasil, sendo aprovada sob CAAE nº. 43742114.8.0000.5208.

Todos os voluntários foram informados a respeito do conteúdo da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, contendo as explicações do objetivo do estudo e a garantia de segurança e sigilo de seus dados. Ao término da pesquisa, os dados de cada indivíduo integraram seu prontuário. Todos os dados coletados foram armazenados em um computador portátil de uso exclusivo do pesquisador, garantindo o sigilo das informações.

Resultados

Quanto às características sociodemográficas dos 21 participantes da pesquisa, houve predomínio do sexo masculino (11/ 52,4%), estado civil solteiro (19; 90,4%), ocupação como cantor (12; 57,2%) e escolaridade até nível universitário completo, com ou sem pós-graduação (13; 61,9%). As idades variaram entre 19,67 e 42,64 anos, do que resultou média igual a 27,7 anos, com erro-padrão de 1,3 anos.

Procedida à caracterização dos cantores quanto a classificação, sintomas e sinais relacionados ao uso da voz, constatou-se que, entre os homens, houve predomínio de barítonos (8; 72,8%) e, entre as mulheres, de mezzo sopranos (9; 90,0%). Note-se que uma cantora ao ingresso na pesquisa não conhecia sua classificação vocal.

Dentre as queixas vocais, as mais frequentes foram rouquidão (16; 76,2%), falhas na voz e garganta seca (13; 42,9%), além de pigarro constante (11; 52,4%). Ao cantarem, houve predomínio da dificuldade para alcançar notas mais agudas (16; 76,2%).

A maioria dos cantores declarou uso profissional da voz exclusivamente para canto (16; 76,2%). Ao usar a voz, afirmavam gostar dela (16; 76,2%), a qual apresentava melhor qualidade à noite (11; 52,4%), sofrendo influência das emoções (17; 81,0%) e modificando-se em ensaios ou apresentações (17; 81,0%). Dentre as características com prejuízo para o cantor, foram referidos falar alto com frequência (12; 57,1%), além de participar de ensaios ou apresentações em ambiente marcado pelo desassossego (14; 66,7%), fosse por infringir estresse, desmotivação ou desgaste ao cantor.

Quanto ao cuidado com a voz, a maioria dos cantores referiu ter consultado otorrinolaringologista (16; 76,2%), participar de treinamento vocal (16; 76,2%), hidratar-se durante ensaios ou apresentações consumindo no mínimo cinco copos de água por dia (19; 85,7%), mantendo sono tranquilo por no mínimo cinco horas (20; 95,2%). O tratamento fonoaudiológico foi citado por 9 (42,9%) cantores. No entanto houve também referência de alergia e tabagismo durante ensaios e apresentações.

Na Tabela 1, identifica-se redução nos parâmetros de desconforto vocal ao cantar, nos domínios do índice de desvantagem vocal no canto moderno e na escala

de desconforto do trato vocal. Observe-se que essas reduções foram sempre mais acentuadas para os cantores do grupo 1, quando comparados aos demais grupos terapêuticos. Ao comparar esses parâmetros nos três grupos de treinamento, constatou-se que, antes do treinamento, diferiam significativamente quando ao desconforto vocal ao cantar o repertório e a música teste, bem como na incapacidade vocal, porém eram semelhantes quanto ao IDCM e à frequência e intensidade da EDTV. Após o treinamento, mantiveram significância na redução do desconforto vocal ao cantar o repertório e na incapacidade vocal, que é um dos domínios do IDCM. A redução do desconforto ao cantar a música teste pode estar presente, porém irá requerer pesquisa com maior amostra, dado que o valor de p esteve maior que 0,05, porém menor que 0,10 (Tabela 1).

Tabela 1 – Médias e erros-padrão da média de autoavaliação das características vocais, segundo grupos de treinamento – Maceió, 2018

Autoavaliação das características da voz segundo período de treinamento	GRUPOS						Valor de p
	1		2		3		
	Média	Erro da média	Média	Erro da média	Média	Erro da média	
Desconforto vocal ao cantar o repertório							
Pré	7,5	0,4	8,3	0,3	8,8	0,1	0,040
Pós	2,5	0,2	4,1	0,4	5,4	0,4	0,000
Desconforto vocal na música teste							
Pré	8,0	0,4	8,8	0,2	9,1	0,2	0,043
Pós	2,4	0,3	4,0	0,4	5,4	0,3	0,080
Incapacidade vocal							
Pré	15,0	2,0	15,0	2,0	14,0	2,0	0,000
Pós	2,0	1,0	5,0	1,0	3,0	1,0	0,000
Desvantagem vocal							
Pré	12,0	3,0	10,0	1,0	9,0	3,0	0,777
Pós	2,0	1,0	3,0	0,0	1,0	1,0	0,400
Defeito vocal							
Pré	17,0	3,0	22,0	2,0	17,0	2,0	0,323
Pós	3,0	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0	0,310
IDCM							
Pré	44,0	8,0	46,0	4,0	40,0	6,0	0,756
Pós	7,0	2,0	13,0	3,0	9,0	2,0	0,216
EDTV frequência							
Pré	13,0	2,0	11,0	3,0	11,0	1,0	0,637
Pós	3,0	1,0	4,0	1,0	3,0	0,0	0,381
EDTV intensidade							
Pré	14,0	3,0	13,0	3,0	11,0	1,0	0,832
Pós	4,0	1,0	4,0	1,0	3,0	0,0	0,340

Legenda: IDCM – índice de desvantagem para o canto moderno; EDTV – escala de desconforto no trato vocal

Da comparação entre os grupos, se identificou que os cantores dos grupos 1 e 2, antes do treinamento, percebiam semelhante desconforto vocal ao cantar o repertório, porém após o treinamento, aqueles do grupo 1 identificaram redução significativamente maior desse desconforto quando comparados aos do grupo 2

($p=0,006$), o mesmo ocorrendo quando ao desconforto para cantar a música teste ($p=0,009$). No entanto esses grupos não diferiram quando ao índice de desvantagem do canto moderno ($p=0,142$) e aos domínios da escala de desconforto do trato vocal ($p=0,474$ e $p=0,558$ respectivamente para frequência e intensidade da EDTV).

Da comparação entre os cantores dos grupos 1 e 3, constatou-se que já diferiam significativamente no período pré-treinamento ($p=0,008$ para canto do repertório e $p=0,025$, para a música teste), já que os do grupo 3 atribuíram pontuações maiores para o desconforto vocal ao cantar o repertório e a música teste, bem como julgaram ter ocorrido menor redução desses desconfortos pós-treinamento, quando comparados aos cantores do grupo 1. Essas diferenças alcançaram significância estatística (respectivamente $p < 0,001$ nas duas condições).

Os cantores do grupo 2, em relação aos do grupo 3, perceberam menor desconforto vocal para cantar o repertório e na interpretação da música teste no período pré-treinamento, assim como avaliaram redução maior e significativa de tais desconfortos pós-treinamento ($p=0,041$ para canto do repertório e $p=0,025$ para canto da música teste). Em todos os domínios do índice de desvantagem vocal no canto moderno e na escala de desconforto do trato vocal, os grupos não diferiram significativamente, ainda que se identifique redução desses parâmetros no período pós-treinamento nos três grupos.

Observa-se, na Tabela 2, que para os três grupos de cantores ocorreram variações na atividade elétrica dos músculos em estudo após o treinamento, caracterizadas por aumento para os grupos submetidos ao *biofeedback* (grupos 1 e 2) nos músculos hioideos testados e redução para os cantores do grupo 3.

Tabela 2 – Resultados da eletromiografia de superfície, expressa em microvolts, segundo grupos de treinamento – Maceió, 2018

Músculos e período de avaliação do treinamento		GRUPOS					
		1		2		3	
		Média	Erro da média	Média	Erro da média	Média	Erro da média
Supra-hioideos	Pré	26,92	5,28	39,04	7,06	43,72	5,99
	Pós	31,95	4,84	42,29	7,32	37,93	5,47
Infra-hioideos	Pré	25,34	3,22	38,71	7,81	38,37	4,37
	Pós	33,44	9,48	42,81	2,82	36,17	5,71
ECOM direito	Pré	15,47	1,93	27,41	7,55	21,07	3,06
	Pós	14,89	0,71	32,40	5,83	21,57	3,75
ECOM esquerdo	Pré	13,05	3,04	27,06	7,89	19,89	1,44
	Pós	13,84	1,96	23,88	4,13	22,88	3,68

Legenda: ECOM – músculo esternocleidomastoideo

Comparando os três grupos com relação a atividades elétricas pré-treinamento com aquelas aferidas após treinamento, houve modificação com significância estatística nos músculos ECOM direito e esquerdo no canto (respectivamente $p=0,021$ e $p=0,097$). Todavia da comparação dos grupos aos pares, constatou-se que o grupo 1 diferiu dos grupos 2 ($p=0,012$) e 3 ($p=0,030$) na atividade elétrica do ECOM direito durante o canto, bem como do ECOM esquerdo em relação ao grupo 2 ($p=0,049$). Essas diferenças atingiram significância estatística e não estavam presentes no período pré-treinamento. Da comparação entre os grupos de treinamento 2 e 3, as diferenças de atividade elétrica muscular não atingiram significância ($p=0,144$), mas indicaram que o aumento do tamanho amostral pode revelar diferenças no repouso do ECOM esquerdo.

Os valores de Kappa para identificação de consenso entre os três juízes na avaliação da voz dos cantores realizada antecedendo o treinamento ($k=0,745$; $p<0,001$; IC95% 0,509-0,980) e logo após seu término ($k=0,874$; $p<0,001$; IC95% 0,638-1,000), bem como para concordância entre avaliações ($k=0,756$; $p<0,001$; IC95% 0,538-0,973) permitem afirmar ter havido concordância forte e quase perfeita entre juízes, bem como entre avaliações.

Comprovado o consenso, pode-se afirmar que os juízes observaram melhora do desempenho dos cantores após o treinamento, representada por aumento de clareza articulatória, dinâmica respiratória, efeitos vocais, afinação, brilho, qualidade vocal, projeção, expressividade vocal, apoio respiratório, passagem de registros e pronúncia, acompanhados de redução de ataques vocais e retomadas de ar ruidosas, do que resultou maior facilidade de canto da música escolhida (Tabela 3).

Da comparação entre os treinamentos, os juízes entenderam ter havido modificações significantes em todos os parâmetros vocais avaliados. Assim, o treinamento 1 diferiu dos treinamentos 2 e 3 quanto a todos os parâmetros, exceto efeitos vocais, para o qual não houve diferença significativa entre os treinamentos 1 e 2 ($p=0,479$). Os treinamentos 2 e 3 só diferiram com significância estatística nas modificações dos parâmetros de efeito vocais ($p=0,046$) e passagem de registros ($p=0,026$).

Tabela 3 – Resultados das características avaliadas pelos juízes - Maceió, 2018

Características avaliadas	Período do treinamento	GRUPOS					
		1		2		3	
		Média	Erro da média	Média	Erro da média	Média	Erro da média
Clareza	Pré	5,62	0,26	5,73	0,41	5,06	0,26
articulatória	Pós	8,61	0,17	7,50	0,37	6,84	0,33
Dinâmica	Pré	6,15	0,40	5,49	0,41	5,18	0,35
respiratória	Pós	8,80	0,14	7,77	0,32	7,03	0,31
Ataques vocais	Pré	7,70	0,36	8,33	0,22	8,07	0,17
	Pós	3,25	0,43	5,28	0,81	5,35	0,35
Efeitos vocais	Pré	5,77	0,38	5,61	0,48	4,70	0,26
	Pós	7,18	0,32	6,84	0,34	5,81	0,31
Afinação	Pré	7,12	0,21	6,26	0,55	5,63	0,41
	Pós	8,87	0,23	7,38	0,40	6,81	0,26
Brilho	Pré	6,57	0,41	5,88	0,34	5,90	0,41
	Pós	8,87	0,16	7,48	0,31	7,38	0,23
Qualidade vocal	Pré	6,52	0,35	6,02	0,38	5,99	0,37
	Pós	8,95	0,14	7,88	0,27	7,54	0,25
Retomadas de ar	Pré	7,69	0,34	8,08	0,28	7,76	0,28
ruidosas	Pós	3,29	0,31	5,30	0,62	5,15	0,35
Projeção vocal	Pré	7,14	0,25	5,46	0,55	5,15	0,41
	Pós	8,62	0,23	7,06	0,40	6,20	0,28
Expressividade vocal	Pré	6,72	0,34	5,64	0,57	5,57	0,40
	Pós	8,85	0,25	7,28	0,40	6,69	0,28
Apoio respiratório	Pré	6,18	0,29	5,34	0,49	5,09	0,37
	Pós	8,61	0,20	7,64	0,36	7,01	0,28
Passagem de registros	Pré	5,64	0,38	5,45	0,43	4,87	0,25
	Pós	8,31	0,20	7,41	0,33	6,41	0,22
Pronúncia	Pré	6,25	0,27	5,43	0,40	4,88	0,28
	Pós	8,80	0,22	7,71	0,36	6,98	0,26
Facilidade para cantar	Pré	6,12	0,29	5,34	0,42	4,94	0,30
	Pós	9,08	0,24	7,75	0,36	7,18	0,27

Identificadas modificações significantes de desconforto ao cantar, segundo autoavaliação dos cantores, e maior facilidade de canto, segundo opinião dos juízes, buscou-se correlacionar essas avaliações. Considerando os momentos avaliatórios pré e pós-treinamento, o desconforto vocal ao cantar o repertório antes do treinamento se associou positivamente a esse desconforto após o treinamento, bem como aos desconfortos para cantar a música teste. Analogamente, a redução do desconforto para cantar seja o repertório seja a música teste manteve associação com o aumento da facilidade para cantar após o treinamento, denotando concordância avaliativa entre avaliados e avaliadores (Tabela 4).

Tabela 4 – Correlação entre as percepções de desconforto ao cantar e na música teste e avaliação de facilidade de cantar determinada por três juízes, antes e após treinamento – Maceió, 2018

Auto-percepção das características da voz	Desconforto ao cantar pré	Desconforto ao cantar pós	Desconforto na música teste pré	Desconforto na música teste pós	Facilidade para cantar pré	Facilidade para cantar pós
Desconforto vocal ao cantar						
Pré-treinamento	--	0,516*(0,017)	0,628**(0,002)	0,479*(0,028)	-0,148(0,523)	-0,281(0,217)
Pós-treinamento				0,906**(0,000)	-0,334(0,139)	-0,578**(0,006)
Desconforto na música teste						
Pré-treinamento		0,538*(0,012)		0,544*(0,011)	-0,143(0,537)	-0,300(0,186)
Pós-treinamento					-0,251(0,272)	-0,555**(0,009)
Facilidade para cantar						
Pré-treinamento						0,796**(0,000)

Legenda: * significância em nível de 0,05 ** significância em nível de 0,001

A partir das constatações de que os treinamentos promoviam modificações nas características vocais de canto, buscou-se identificar a relação entre as atividades elétricas dos grupos musculares estudados e as características avaliadas pelos juízes (Tabela 5) como também com a autoavaliação de desconforto vocal no canto e na interpretação da música escolhida para teste (Tabela 6).

Duas foram as associações significantes entre atividade elétrica muscular e avaliação de facilidade para o canto realizada pelos três juízes. A primeira esteve presente na análise do grupo 1 de cantores e consistiu na associação positiva entre a atividade elétrica dos músculos supra-hioideos durante o canto, antes do treinamento, e a facilidade para cantar ($r=0,848$; $p=0,016$). No entanto é relevante ressaltar que essa associação não se manteve após a aplicação de qualquer das técnicas de treinamento vocal ($r=0,149$; $p=0,750$) (Tabela 5).

Tabela 5 – Correlação de Pearson entre atividades elétricas expressas em milivolts e facilidade de canto, segundo grupos de treinamento – Maceió, 2017

Músculos e período de avaliação do treinamento		GRUPOS					
		1		2		3	
		Facilidade pré Pearson (p)	Facilidade pós Pearson (p)	Facilidade pré Pearson (p)	Facilidade pós Pearson (p)	Facilidade pré Pearson (p)	Facilidade pós Pearson (p)
Supra-hioideos	Pré	0,848* (0,016)	0,541 (0,209)	0,374 (0,409)	0,404 (0,369)	-0,336 (0,462)	-0,198 (0,671)
	Pós	0,149 (0,750)	0,039 (0,933)	-0,027 (0,954)	0,297 (0,518)	-0,539 (0,212)	0,114 (0,808)
Infra-hioideos	Pré	0,308 (0,501)	0,523 (0,228)	0,373 (0,410)	0,467 (0,291)	-0,367 (0,418)	0,041 (0,931)
	Pós	-0,570 (0,182)	-0,070 (0,882)	0,379 (0,402)	0,597 (0,157)	-0,633 (0,127)	0,173 (0,711)
ECOM direito	Pré	0,306 (0,504)	-0,308 (0,502)	-0,046 (0,923)	0,127 (0,787)	-0,068 (0,885)	-0,460 (0,299)
	Pós	-0,234 (0,614)	-0,304 (0,508)	-0,035 (0,940)	0,267 (0,562)	-0,402 (0,371)	-0,193 (0,678)
ECOM esquerdo	Pré	0,679 (0,093)	0,368 (0,417)	0,261 (0,571)	0,509 (0,243)	-0,082 (0,861)	-0,429 (0,337)
	Pós	-0,316 (0,489)	0,310 (0,499)	-0,019 (0,967)	0,270 (0,558)	-0,245 (0,597)	-0,499 (0,254)

Legenda: ECOM – músculos esternocleidomastoideos

* significância em nível de 0,05 ** significância em nível de 0,001

Na Tabela 6, estão expressas as correlações entre atividade elétrica dos músculos estudados e autorreferência de desconforto vocal no canto e na interpretação da música escolhida como teste, em cada grupo de treinamento. Para o grupo submetido ao treinamento com biofeedback (grupo 1), houve associação significativa entre a autorreferência de redução do desconforto para cantar após treinamento e maior atividade elétrica dos músculos infra-hioideos ($p=0,044$). Para os cantores do grupo 2, as associações estiveram presentes nas atividades elétricas do músculo ECOM esquerdo aferidas no canto do repertório ($r=0,710$; $p=0,068$) bem como para interpretação da música teste ($r=0,433$; $p=0,017$) após o treinamento, e expressaram significância com o desconforto vocal. O grupo 3 teve como característica associações restritas aos músculos supra-hioideos ($r= -0,855$; $p=0,014$, no canto do repertório, e $r= -0,764$; $p=0,045$, na música teste), após treinamento, e ECOM direito ($r=0,781$; $p= 0,038$) antecedendo o treinamento, para o canto do repertório.

Tabela 6 – Correlação de Pearson entre atividades elétricas em microvolts e desconforto vocal autorreferido, segundo grupos de treinamento – Maceió, 2018

Músculos e período de avaliação	GRUPOS											
	1				2				3			
	Desconforto ao cantar Pearson (p)		Desconforto na música teste Pearson (p)		Desconforto ao cantar Pearson (p)		Desconforto na música teste Pearson (p)		Desconforto ao cantar Pearson (p)		Desconforto na música teste Pearson (p)	
	pré	pós	pré	pós	pré	pós	pré	pós	pré	pós	pré	pós
Supra-hioideos												
Pré	0,025 (0,958)	-0,138 (0,768)	-0,008 (0,986)	0,608 (0,147)	0,315 (0,491)	-0,362 (0,425)	0,328 (0,473)	-0,209 (0,652)	0,724 <u>(0,066)</u>	-0,855* (0,014)	-0,419 (0,350)	-0,764* (0,045)
Pós	-0,101 (0,830)	-0,187 (0,688)	-0,121 (0,797)	0,164 (0,725)	0,189 (0,685)	0,267 (0,562)	0,479 (0,277)	0,206 (0,657)	0,082 (0,861)	-0,199 (0,668)	-0,263 (0,568)	-0,027 (0,954)
Infra-hioideos												
Pré	0,705 <u>(0,077)</u>	-0,463 (0,296)	0,244 (0,599)	-0,019 (0,968)	0,320 (0,484)	-0,636 (0,125)	0,085 (0,857)	-0,319 (0,486)	-0,327 (0,474)	-0,094 (0,841)	-0,463 (0,296)	-0,319 (0,486)
Pós	-0,767* (0,044)	0,025 (0,957)	-0,048 (0,918)	-0,016 (0,973)	0,676 (0,095)	0,159 (0,733)	0,507 (0,246)	0,568 (0,184)	-0,578 (0,174)	0,128 (0,785)	-0,312 (0,496)	0,072 (0,878)
ECOM direito												
Pré	-0,407 (0,365)	-0,015 (0,974)	0,035 (0,941)	0,518 (0,234)	0,501 (0,252)	-0,407 (0,364)	-0,129 (0,783)	-0,124 (0,790)	0,781* (0,038)	-0,249 (0,590)	0,378 (0,403)	-0,052 (0,912)
Pós	-0,173 (0,711)	-0,056 (0,906)	-0,185 (0,699)	0,110 (0,814)	0,745 <u>(0,055)</u>	0,443 (0,320)	0,432 (0,333)	0,589 (0,165)	-0,172 (0,712)	0,062 (0,894)	0,184 (0,693)	0,041 (0,930)
ECOM esquerdo												
Pré	0,124 (0,792)	-0,314 (0,493)	0,006 (0,990)	0,659 (0,107)	0,397 (0,378)	0,715 <u>(0,071)</u>	0,600 (0,155)	0,833* (0,020)	0,505 (0,247)	-0,614 (0,142)	-0,025 (0,958)	-0,697 <u>(0,082)</u>
Pós	0,473 (0,284)	-0,226 (0,627)	0,051 (0,913)	-0,393 (0,383)	0,320 (0,268)	0,710 <u>(0,068)</u>	0,610 (0,167)	0,433* (0,017)	-0,421 (0,346)	0,178 (0,702)	0,303 (0,509)	0,048 (0,918)

Legenda: ECOM – músculos esternocleidomastoideos

* significância em nível de 0,05

valores sublinhados têm significância entre 0,05 e 0,10

Discussão

Cantores são profissionais da voz, que geralmente possuem grande demanda vocal, bem como uma gama enorme de graus de exigência e requintes específicos a depender do seu gênero musical⁹. Uma decorrência de tais características pode ser a influência de desconfortos na produção da voz cantada durante o desempenho vocal em performances artísticas, pois todos os ajustes específicos da dinâmica do canto são influenciados por ajustes laríngeos e supralaríngeos.

Na literatura são apontados alguns protocolos de autoavaliação destinados a cantores, cujo objetivo é lhes possibilitar a identificação do impacto de um possível desconforto vocal sobre suas questões vocais^{10,11}. O emprego de tais protocolos pode aligeirar a busca por atendimento fonoaudiológico por parte dos cantores, seja para treinamento da voz, seja para tratamento de desconfortos vocais ou distúrbios laríngeos. Afim de investigar o nível de desconforto vocal dos sujeitos dessa pesquisa, foram utilizadas três ferramentas de autoavaliação: uma escala visual analógica de 100 mm para configurar um índice passível de comparação em dois momentos avaliatórios; o índice de desvantagem vocal no canto moderno (IDCM) e a escala de desconforto de trato vocal (EDTV).

O emprego de três escalas teve por intuito investigar a coerência em relação ao desconforto autorreportado pelos cantores, pois o uso apenas da escala analógica poderia apenas sinalizar um certo encantamento com o treinamento vocal. Ao comparar o grau de desconforto em cada escala entre o pré e o pós-treinamento nas três escalas firmamos a coerência avaliatória dos cantores. Essa conduta propiciou também compensar a falta de hábito dos cantores populares de autoavaliação com rigor científico, empregando protocolos.

Em relação ao grau de desconforto vocal durante o canto do repertório e da música teste, bem como nos domínios do IDCM e na escala de desconforto de trato vocal, comprovou-se redução em todos os aspectos avaliados a partir dessas ferramentas, nos três grupos de treinamento, ao comparar os momentos pré e pós-treinamento, conforme expresso na Tabela 1. Identificar uma redução mais expressiva no grupo 1 quando comparado aos demais grupos parece mostrar que, ao monitorar a ação da musculatura extrínseca em tempo real durante o canto, por meio do

biofeedback eletromiográfico, o controle adquirido gerou maior redução do desconforto vocal ao cantar as músicas do repertório, embora não houvesse o mesmo comportamento na execução da música teste. É possível hipotetizar que, em uma amostra maior, o mesmo aconteceria no grupo 2, com uso de *biofeedback* associado ao treinamento convencional, pois a redução do desconforto também ocorreu, porém, sem alcançar significância estatística. Vislumbra-se ainda a possibilidade de a redução do desconforto vocal exclusivamente nas músicas do repertório decorrer da maior variação de ajustes vocais refinados próprios da dinâmica do canto, empregados em cada música, uma vez que, na música teste, os ajustes eram fixos e já pré-definidos.

Talvez a modificação mais expressiva deste estudo, no que concerne ao desconforto vocal, tenha sido aquela do IDCM, já que estudos incluindo professores^{12,13} ou cantores de um mesmo estilo musical¹⁴, demonstraram ser esse índice um instrumento sensível para avaliar as sensações de desconforto vocal.

A significância estatística do domínio de incapacidade, componente do IDCM, pareceu evidenciar que, em virtude de questões relacionadas à funcionalidade da voz durante o canto, esse domínio tenha sido mais expressivo, a denotar que melhoras na dinâmica funcional da voz propiciam maior redução do desconforto vocal ao cantar. Qualquer alteração na dinâmica vocal pode exigir maior esforço e desencadear consequente maior desconforto ao cantar¹⁵.

No tocante à EDTV, é mister admitir que seu emprego nesta pesquisa se constituiu em uma tentativa de aplicação para cantores, diferindo dos objetivos com que foi idealizada. Dessa forma, o fato de não ter se mostrado um instrumento sensível para avaliar desconforto vocal nessa população nos convida a aventar duas hipóteses. A primeira seria admitir que a EDTV tem baixa sensibilidade para detecção de alterações vocais em cantores. Uma outra hipótese é que sua sensibilidade tenha sido prejudicada pelo fato de os grupos serem formados por cantores de diferentes estilos musicais, portanto com necessidades diferentes de ajustes vocais, que poderiam desencadear desconfortos tão diversos que os cantores não os puderam quantificar adequadamente.

As aparentes disparidades de resultados relativos ao desconforto vocal dos cantores, aferido pelos instrumentos empregados nesta pesquisa, requerem cautela

na interpretação. Os instrumentos utilizados nessa pesquisa para aferir o grau de desconforto, antecedendo e após o treinamento, possuem escalas e grandezas diferentes, o que impossibilita comparações quantitativas. Esta restrição, entretanto, não reduz a relevância da redução do desconforto vocal que pode ser atribuída ao treinamento instituído a cada grupo, como também não inviabiliza comparações entre os treinamentos.

Na Tabela 2, verifica-se que ocorreram variações na atividade elétrica dos músculos após os treinamentos, caracterizadas como aumento nos músculos supra e infra-hioideos de cantores submetidos ao *biofeedback*. Uma possível hipótese para esse achado é que os cantores dos grupos 1 e 2 tinham eletrodos alocados nos ECOM direito e esquerdo e monitoravam suas emissões vocais com base no controle visual da atividade desses dois músculos, o que propiciava maior manejo durante as atividades de canto.

Na fonação, os músculos supra e infra-hioideos possuem uma ação ativa durante os movimentos de lábios, língua, mandíbula, véu palatino e laringe¹⁶, logo se pode admitir que o aumento da atividade elétrica desses músculos se deu devido aos movimentos ativos dessas estruturas durante os ajustes próprios do canto, como tempo de emissão de notas sustentadas, fôrmes e embocaduras dos articuladores e carga expressiva durante a execução das músicas. Um outro fator que pode ter contribuído para o aumento da atividade elétrica desses grupos musculares pode ser a tensão em região cervical e laríngea durante o canto, pois um estudo desenvolvido com cantores populares de diferentes estilos musicais mostra que a maioria dos cantores referiram dores e desconforto em regiões proximais e distais à laringe durante o canto, tais como dores no pescoço e garganta, que os forçaram a desenvolver mais esforço durante a execução de seus repertórios¹⁷.

Já, no grupo 3, não submetido ao biofeedback eletromiográfico, observou-se redução da atividade desses músculos e um discreto aumento da atividade dos ECOMs, talvez devido à dificuldade em manejar melhor esses músculos, decorrente da impossibilidade de adoção de qualquer estratégia de monitoramento da atividade elétrica.

Ao se comparar a atividade elétrica dos músculos aos pares, nos três grupos, entre os momentos pré e pós-treinamento, conforme expresso na Tabela 3, observou-se modificação com significância estatística nos músculos ECOM direito e esquerdo

no canto, o que parece evidenciar que o uso do *biofeedback* eletromiográfico pode facilitar o manejo proprioceptivo dessa musculatura durante o canto.

Estudo desenvolvido com 16 cantores clássicos, usando o *biofeedback* eletromiográfico para redução da atividade elétrica dos músculos trapézio e esternocleidomastoideo durante o canto, utilizou tarefas de canto de uma aria e emissões com variações de tom e intensidade durante as sessões de *biofeedback* com eletrodos alocados nos músculos trapézio, esternocleidomastoideo, intercostais, reto abdominal, abdominais laterais para captação da atividade elétrica para fins de comparação entre o pré e pós-treinamento¹⁸. Os resultados mostraram redução na atividade elétrica do ECOM durante o canto com maior atividade elétrica dos músculos intercostais, reto abdominal e abdominais laterais. Esses resultados sugerem que é possível reduzir o recrutamento de diferentes grupos musculares da região cervical quando se faz um melhor apoio diafragmático.

Em nosso estudo, foi solicitado que os sujeitos, ao cantar, destinassem uma atenção especial ao controle e apoio respiratório por meio dos comandos “apoia a voz no diafragma enquanto canta”; “fique atento a sua respiração”; “controle as retomadas de ar ruidosas enquanto canta”; o que pode ter proporcionado aos cantores maior facilidade e liberdade expressiva na execução dos ajustes vocais refinados de seu estilo musical.

Os ECOMs caracterizam-se como músculos robustos, com ação ativa nos movimentos de rotação heterolateral, inclinação homolateral, extensão, flexão de cabeça e função acessória na inspiração, posturas essas facilmente observadas durante a execução do canto e que podem também gerar tensões de fácil constatação⁷. Nos grupos em que foi utilizado o *biofeedback* eletromiográfico, pelo fato de os eletrodos terem sido alocados nos ECOMs direito e esquerdo, parece ter sido mais fácil aos cantores controlar os ajustes musculares durante o canto, experimentando maior liberdade para essas adequações.

Estudo realizado com oito estudantes de canto erudito, utilizando o *biofeedback* eletromiográfico nos músculos esternocleidomastoideos e trapézio durante o canto, mostrou que é possível reduzir a atividade elétrica desses músculos e que os procedimentos realizados durante as sessões de *biofeedback* (cantar músicas e sustentações de emissões) podem ser transferidos para o canto regular,

mas que a variação de ajustes posturais podem gerar aumento da atividade elétrica dos músculos trapézio e esternocleidomastoideos¹⁹.

Pode-se admitir a possibilidade de encontro de maior equilíbrio nos grupos musculares estudados, em testando uma amostra composta por cantores eruditos, cujo estilo possui uma estética definida de cantar sempre em pé, ereto e com poucos movimentos de corpo e cabeça, o que exige alto conhecimento e controle proprioceptivo.

A identificação de concordância forte e quase perfeita entre juízes, bem como entre avaliações, expressa pelos respectivos valores do índice Kappa, antecedendo o treinamento e ao término do mesmo, conferiu maior importância à pesquisa, na medida em que aumentou a fidedignidade da melhora do desempenho dos cantores após o treinamento, representada por aumento de clareza, dinâmica, efeito, afinação, brilho, voz, projeção, expressão, apoio, registros e pronúncia, acompanhados de redução de ataques e retomadas, do que resultou maior facilidade de canto da música escolhida (Tabela 6). Esses achados, tal como expressos comparativamente na Tabela 7, possibilitam afirmar haver uma melhora significativa nos parâmetros qualitativos da voz e mais expressiva facilidade ao cantar nos participantes que receberam treinamento por *biofeedback* eletromiográfico.

Ao associar maior facilidade de canto, segundo opinião dos juízes a modificações significantes, expressas como redução de desconforto ao cantar, segundo autoavaliação dos cantores (conforme se constata na Tabela 4), considerando os momentos avaliatórios pré e pós-treinamento, denotando concordância avaliatória entre avaliados e avaliadores, entendemos poder afirmar que os treinamentos promoveram modificações nos parâmetros qualitativos da voz e controle muscular durante o canto.

Conforme mostram alguns estudos^{19, 13}, o controle do apoio respiratório pode ter contribuído para essa maior facilidade ao cantar, pois o cantor pode ter recrutado menos a musculatura cervical, ganhando assim, mais facilidade, liberdade e expressividade durante o canto.

No intuito de aprofundar a análise, buscou-se identificar a relação entre as atividades elétricas dos grupos musculares estudados e as características avaliadas

pelos juízes (Tabela 5) como também com a autoavaliação de desconforto vocal no canto do repertório e na execução da música escolhida para teste (Tabela 6).

Duas foram as associações significantes entre atividade elétrica muscular e avaliação de facilidade para o canto realizada pelos três juízes. A primeira esteve presente na análise do grupo de cantores e consistiu na associação positiva entre a atividade elétrica dos músculos supra-hioideos durante o canto, antes do treinamento, e a facilidade para cantar. No entanto é relevante ressaltar que essa associação não se manteve após a aplicação de qualquer das técnicas de treinamento vocal (Tabela 5). Os dados demonstram uma mudança comportamental no uso da musculatura. Provavelmente por conta dos ajustes adquiridos com o treinamento vocal, o cantor demonstra maior controle dos ajustes musculares cervicais e respiratórios durante o canto.

Das correlações entre atividade elétrica dos músculos estudados e autoavaliação de desconforto vocal no canto do repertório e na execução da música escolhida como teste, em cada grupo de treinamento, identificou-se que no grupo submetido ao treinamento vocal com *biofeedback* (grupo 1), houve associação significativa entre a autorreferência de redução do desconforto para cantar após treinamento e maior atividade elétrica dos músculos infra-hioideos. Esse dado mostra que o treinamento vocal com uso do *biofeedback* eletromiográfico parece ter proporcionado um certo abaixamento da laringe, condição que propiciaria ajuste fonatório mais relaxado durante o canto. Esse dado corroborou um estudo desenvolvido com uma cantora erudita, utilizando *biofeedback* eletromiográfico, no qual foi demonstrado que o aumento da atividade elétrica dos músculos infra-hioideos favorece o abaixamento da laringe e conseqüentemente gera um padrão vocal mais relaxado com melhora na qualidade vocal²⁰.

Afirmção semelhante pode ser feita para os cantores do grupo 2, ao observar a associação entre atividades elétricas do músculo ECOM esquerdo aferidas no canto do repertório bem como para execução da música teste, antes do treinamento, com significância com o desconforto vocal. Este dado parece ser consequência dos meneios de cabeça executados durante a dinâmica do canto, pois alterações posturais ao cantar geram mudanças na atividade elétrica do ECOM¹⁹. Todavia, para o grupo 3, as associações restritas aos músculos supra-hioideos e ECOM direito, após treinamento, para o canto da música teste e do repertório nos parecem de explicação

mais complexa, possivelmente por se tratar de cantores populares cuja atividade cantante não se faz obedecendo a parâmetros mais rígidos posturais^{21,15}.

Ainda que os achados do presente estudo sejam interessantes e venham abrir um campo amplo de pesquisas em treinamento para voz de cantores, há que reconhecer uma grande dificuldade em compara-los com os da literatura dada a restrição de trabalhos que utilizaram o *biofeedback* eletromiográfico em cantores populares. Os estudos que utilizam o *biofeedback* eletromiográfico em cantores eruditos destacaram o papel importante da musculatura intercostal e abdominal no controle da respiração, gerando uma redução do recrutamento dos músculos da região cervical, propiciando assim maior equilíbrio na produção vocal durante o canto.

A mesma dificuldade se dá em relação à musculatura utilizada para a aplicação do *biofeedback* em cantores. A grande maioria dos estudos encontrados que utilizaram *biofeedback* eletromiográfico relatam melhora expressiva na qualidade vocal, porém se referem a programas terapêuticos aplicados a indivíduos não cantores com alterações do comportamento vocal^{22,23,24,25}.

No entanto os estudos que buscaram verificar a efetividade e aplicação do *biofeedback* eletromiográfico nos casos de alterações no comportamento vocal são em sua maioria estudos de casos, antigos, com variação quanto ao tempo de sessão e o número de sessões necessárias, além de não deixarem claras as atividades desenvolvidas durante a aplicação e a forma de controle da intensidade do *biofeedback*, o que dificulta sua reprodução.

O método é testado pela primeira vez em amostra pequena. Entendemos que, caso a amostra seja aumentada, resultados surpreendentes podem surgir, pois o *biofeedback* eletromiográfico mostra-se uma ferramenta interessante no treinamento das habilidades vocais de cantores.

Ao considerar os sujeitos a serem alocados em nova pesquisa, entendemos ser interessante investigar cantores de um único estilo, gerando melhores condições de homogeneidade de variáveis, do que poderiam derivar resultados diferentes. Finalmente entendemos que ao proceder a mapeamento da dinâmica vocal do cantor usando a ferramenta do *biofeedback* eletromiográfico, a avaliação do conforto fonatório na percepção do cantor e dos juízes (validação social), podemos afirmar ser possível a criação de uma nova representação mental do cantor ao cantar, a qual

gerou os resultados aqui relatados. Não pode ser descartada essa hipótese, pois existe uma grande diferença entre o que o cantor sente, o que se escuta e o que se observa em resultados quantitativos.

O uso do biofeedback eletromiográfico em cantores mostrou-se uma ferramenta muito interessante para o cantor, pois permitiu a ele monitorar o grau de esforço que implementava ao cantar e como ajustar os sinais de desconforto que autorreportaram ao cantar. Relatos dos cantores durante e após as sessões sempre giravam em torno do quanto é mais fácil cantar observando como a musculatura trabalha durante a execução da música e que essa ferramenta ajudar a mostrar que é possível cantar bem e sem esforço dando uma atenção especial a postura mesmo em movimentação, ao controle da articulação e clareza articulatória e a sustentação das notas sem perder a liberdade e expressividade que a atividade artística exigia. Muitos relatavam que cantar para eles estava parecendo jogar um bom jogo de vídeo game e que em ensaios e palco as informações adquiridas era algo fácil de ser implementado sem terem que estar atentamente presos aos comandos recebidos durante as sessões, era como se fossem já algo orgânico para eles, o que demonstra que o biofeedback eletromiográfico gera uma nova representação mental na forma de cantar.

Referências

- 1- Allen KD, Bernstein B, CHAIT DH. EMG *biofeedback* treatment of pediatric hyperfunctional dysphonia. J Behav Ther Exp Psychiatry. 1991 Jun;22(2):97–101.
- 2- Behlau M. *et al.* Disfonias funcionais. In: Behlau M. **Voz**. O livro do especialista. São Paulo, Revinter, 2001: 248-281.
- 3- Moraes KJR et al. Surface electromyography: proposal of a protocol for cervical muscles. Rev. CEFAC. 2012,14(5): 918-24.
- 4- Balata PM. *et al.*. Incomplete swallowing and retracted tongue maneuvers for electromyographic signal normalization of the extrinsic muscles of the larynx. Journal of Voice. 2012 Nov,26(60) :813-17
- 5- Regalo SCH, Vitti M, Oliveira AS, Santos CM, Semprini M, Siéssere S. Conceitos básicos em eletromiografia de superfície. In: Felício CM, Voitravitzki LV. **Interfaces da medicina, odontologia e fonoaudiologia no complexo cérvico-craniofacial**. São Paulo, Pró-fono: 2009: 31-50

- 6- Kendall FP.; McCreary EK.; Provance PG. *Músculos: Provas e Funções com Postura e Dor*. São Paulo: Editora Manole Ltda., 1995.
- 7- Costa, O. et al. Electromyographic study of the sternocleidomastoid muscle in head movements. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, v.30, n.7, Nov., 1990.
- 8- Menezes MH, Ubrig-Zancanella MT, Cunha MG, Cordeiro GF, Nemr K, Tsuji DH. The relationship between tongue trill performance duration and vocal changes in dysphonic women. *J Voice*. 2011;25(4):e167-75
- 9- Costa HO, Duprat A, Eckley C, Andrada e Silva MA. Caracterização do profissional da voz para o otorrinolaringologista. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2000;66(2):129-34.
- 10- Ávila MEB, Oliveira G, Behlau M. Índice de desvantagem vocal no canto clássico (IDCC) em cantores eruditos. *Pro Fono*. 2010;22(3):221-6. PMID:21103709. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-56872010000300011>
- 11- Moreti F, Rocha C, Borrego MCM, Behlau M. Desvantagem vocal no canto: análise do protocolo Índice de Desvantagem para o Canto Moderno – IDCM. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2011;16(2):146-51. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342011000200007>
- 12- Amaral AC, Zambom F; Moreti F; Behlau M. Desconforto do trato vocal em professores após atividade letiva, *CoDAS* 2017;29(2):e20160045 DOI: 10.1590/2317-1782/20172016045
- 13- Mendes AP, Brown WS, Sapienza C, Rothman H B. Effects of vocal training on respiratory kinematics during singing tasks. *Folia Phoniatr Logop*. 2006;58(5):363-77.
- 14- Pinheiro J. et al. Sintomas do trato vocal e índice de desvantagem vocal para o canto moderno em cantores evangélicos. *CoDAS*. 2017;29(4):e20160187 DOI: 10.1590/2317-1782/20172016187.
- 15- Loiola-Barreiro CM; Silva MAA. Índice de desvantagem vocal em cantores populares e eruditos profissionais. *CoDAS* 2016;28(5):602-609.
- 16- Faaborg-Andersen, K; Sonninen, A. The function of the extrinsic laryngeal muscles at different pitch - an electromyographic and roentgenologic investigation. *Acta Otolaryngology*, 1960;51:89-93.
- 17- Clara Rocha, C; Moraes, M; Behlau, M. Dor em cantores populares. *J Soc Bras Fonoaudiol*. 2012;24(4):374-80.
- 18- Pettersen V, Westgaard RH. Muscle activity in professional classical singing: a study on muscles in the shoulder, neck and trunk. *Logoped Phoniatr Vocol*. 2004;29(2):56-65.
- 19- Pettersen V, Westgaard RH. Muscle activity in the classical singer's shoulder and neck region. *Logoped Phoniatr Vocol*. 2002;27(4):169-78.

20- Kirkpatrick A. Training vocalists to achieve and maintain a lower laryngeal while singing using sEMG *biofeedback*. 2012. p. 1–6.

21- Mello E L, Ballesterio LRB, Silva MAA. Postura corporal, voz e autoimagem. *Per Musi*, Belo Horizonte, n.31, 2015, p.74-85.

22- Ma EP, Yiu GK, Yiu EM. The effects of self-controlled feedback on learning of a "relaxed phonation task". *J Voice*.2013;27(6):723-8. doi: 10.1016/j.jvoice.2013.04.003. Epub 2013 Sep 24.

23- Warnes E, Allen KD. *Biofeedback* treatment of paradoxical vocal fold motion and respiratory distress in an adolescent girl. *J Appl Behav Anal*. 2005;38(4):529–32.

24- Watson TS, Allen SJ, Allen KD. Ventricular fold dysphonia: application of *biofeedback* technology to a rare voice disorder. *Behav Ther*. 1993;24:439–46.

25- Peper E, Harvey R, Akabayashi N. *Biofeedback* an evidence based approach in clinical practice. *Japanese J Biofeedback Res*. 2009;36(1):3–10.

APÊNDICE D – PUBLICAÇÃO DO CAPÍTULO DE LIVRO PLANO TERAPÊUTICO FONOAUDIOLÓGICO (PTF) EM BIOFEEDBACK ELETROMIOGRÁFICO PARA DISFONIA

CAPÍTULO 59

PLANO TERAPÊUTICO FONOAUDIOLÓGICO (PTF) EM BIOFEEDBACK ELETROMIOGRÁFICO PARA DISFONIAS

Hilton Justino da Silva
Geová Oliveira de Amorim
Leandro de Araujo Pernambuco
Patricia Maria Mendes Balata

I. CLASSIFICAÇÃO ESTATÍSTICA INTERNACIONAL DE DOENÇAS E PROBLEMAS RELACIONADOS À SAÚDE (CID 10)

R 49.0 Disfonia.

R 49.8 Outros distúrbios da voz e os não especificados.

II. PRINCIPAIS ACHADOS

Achados da história clínica:

1. Relatos de hábitos e abusos vocais inadequados com alterações do comportamento vocal de longa e curta duração, seguidos de prováveis episódios de falhas na voz, disfonia e afonia.
2. Possíveis queixas de dores nas regiões cervical e laríngea.
3. Impacto negativo da voz nas atividades pessoais, sociais e laborais.

Achados da avaliação perceptivo-auditiva e acústica da voz:

4. Qualidade vocal pode apresentar-se com rouquidão, sprosidade, tensão e aspereza.
5. Tempos Máximos de Fonação (TMFs) podem apresentar-se reduzidos, aumentados ou adequados.
6. Incoordenação pneumofonoarticulatória.
7. Episódios de fadiga vocal com falhas na voz.
8. Ataques vocais bruscos ou soprosos.
9. Na avaliação acústica, pode-se encontrar medidas de frequência fundamental (F_0) e intensidade vocal aumentadas ou reduzidas; medidas de perturbação (*jitter* e *shimmer*) alteradas; aumento das medidas de ruído.
10. Na espectrografia acústica, alguns achados podem ser visualizados no envelope acústico, tais como: presença de primeiros harmônicos sobremarcados, ruído entre harmônicos, presença de sub-harmônicos, bifurcações e irregularidade do traçado.

Achados da avaliação Eletromiográfica de Superfície (EMGS):

11. Aumento ou redução na percentagem da atividade elétrica da musculatura extrínseca da laringe quando comparadas à Máxima Atividade Voluntária Sustentada (MAVS).
12. Desequilíbrio na percentagem da atividade elétrica entre a musculatura supra e infra-hioídea.

III. OBJETIVOS GERAIS

1. Promover reabilitação fonatória por meio da conscientização e propriocepção do uso balanceado da musculatura extrínseca da laringe.

IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS E RESPECTIVAS INTERVENÇÕES TERAPÊUTICAS

OBJETIVO ESPECÍFICO 1: REALIZAR TERAPIA VOCAL POR BIOFEEDBACK ELETROMIOGRÁFICO.

Intervenção terapêutica 1: Registro da Máxima Atividade Elétrica Voluntária Sustentada (MAVS) da musculatura extrínseca da laringe supra e infra-hioídea, seguindo as seguintes etapas dispostas no Quadro 1.

Quadro 1. Etapas para o registro da Máxima Atividade Voluntária Sustentada (MAVES) da musculatura extrínseca da laringe supra e infra-hioídea.

Etapa	Conduta
Etapa 1: limpeza da pele do paciente.	Limpar a região submandibular, região anterior do pescoço e olécrano ulnar do braço direito do paciente com gaze embebida em álcool etílico hidratado a 70°. Pacientes com pelos nessas regiões devem ser tricotomizados para evitar bloqueios na captação do sinal elétrico.
Etapa 2: posicionamento dos eletrodos.	Músculos Supra-Hioídeos (SH): posicionar dois eletrodos na região submandibular do paciente. Músculos Infra-Hioídeos (IH): posicionar dois eletrodos no nível da cartilagem tireoide, unilateralmente, preferencialmente à direita, a 1,0cm a partir da incisura tireoídea no sentido ântero-lateral. Eletrodo de referência: posicionar o eletrodo no olécrano ulnar do braço direito do paciente para dar estabilidade ao sinal.
Etapa 3: obtenção da MAVS.	Músculos SH: solicitar a realização da manobra de deglutição incompleta (Figura 1). Sustentar a contração durante cinco segundos e repetir três vezes consecutivas, com intervalo de dez segundos entre cada execução. Músculos IH: solicitar a manutenção da língua retraída com a boca entreaberta (Figura 2). Sustentar a contração durante cinco segundos e repetir três vezes consecutivas, com intervalo de dez segundos entre cada execução.

Intervenção terapêutica 2: obtenção dos registros eletromiográficos, perceptivo-auditivos e acústicos de tarefas fonatórias. Solicitar ao paciente que emita três amostras consecutivas da vogal sustentada /e/ e da contagem de 20 a 30, com intervalos de dez segundos entre cada captação. Para a fala espontânea, solicitar que o paciente faça apenas um relato sobre como foi seu final de semana. A obtenção das amostras de voz para avaliação perceptivo-auditiva e acústica deve ocorrer simultaneamente à EMGS por meio de gravação digital das mesmas tarefas fonatórias supracitadas (www.miotec.com.br).

Intervenção terapêutica 3: execução dos procedimentos para conscientização e propriocepção do uso balanceado da musculatura extrínseca da laringe (Quadro 2).

Intervenção terapêutica 4: informações adicionais acerca do mecanismo de produção vocal e hábitos saudáveis de conservação vocal devem ser fornecidas o longo do programa terapêutico com *biofeedback* eletromiográfico.



Continuação do Quadro 1.

Etapa	Conduta
Etapa 3: obtenção da MAVS.	Repouso: solicitar que o paciente permaneça trinta segundos em silêncio, sem deglutir ou executar qualquer outro movimento.

Figura 1. Manobra de deglutição incompleta com eletrodos alocados.



Figura 2. Manobra de língua retraída com a boca entreaberta com eletrodos alocados.



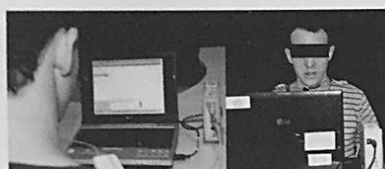
Quadro 2. Procedimentos para conscientização e propriocepção com o uso balanceado da musculatura extrínseca com a laringe.

Programação de Intervenção com Nove Sessões:	
Frequência: uma vez por semana durante 60 minutos (30 minutos - preparo do voluntário e registros eletromiográficos das MAVS e tarefas fonatórias; 30 minutos para os procedimentos com <i>biofeedback</i>). Sessões 1, 2 e 3: terapia com tarefa de vogal sustentada. Sessões 4, 5 e 6: terapia com tarefa de contagem (fala encadeada). Sessões 7, 8 e 9: fala espontânea. Ao final de cada bloco de três sessões, proceder as condutas descritas na Intervenção Terapêutica 2 para monitorar a evolução terapêutica.	
Procedimentos	
Procedimento 1	Conectar o eletromiógrafo com o <i>software</i> Biotrainer ao computador e posicionar o paciente em frente ao monitor a uma distância que possibilite a visualização da tela sem comprometer a postura de cabeça do paciente (Figura 3).
Procedimento 2	O fonoaudiólogo criará uma prancha eletromiográfica da atividade elétrica do grupo muscular específico na tela do computador. Incrementos de cinco microvolts (μV) acima ou abaixo são fixados a depender do objetivo a ser alcançado (aumentar ou reduzir a atividade elétrica dos grupos musculares). Uma vez alcançado o objetivo, novos incrementos são projetados a partir das necessidades a serem almejadas.

Continuação do Quadro 2.

Procedimentos	
Procedimento 3	Biofeedback eletromiográfico por meio da atividade fonatória de fala encadeada: emissão de vogais sustentadas produzidas em frequências habitual, graves, agudas e modulações em intensidade vocal forte ou fraca. Ao atingir a meta, um sinal sonoro é emitido e o paciente é incentivado a manter a atividade elétrica desejada mediante seu tempo máximo fonatório. Duração: três sessões (uma vez por semana).
Procedimento 4	Biofeedback eletromiográfico por meio da atividade fonatória de fala encadeada: emissão de sequências numéricas (contagem) com variações de frequência (habitual/grave/agudo) e intensidade (forte/fraco). Duração: três sessões (uma vez por semana).
Procedimento 5	Biofeedback eletromiográfico por meio da atividade fonatória de fala espontânea: emissões derivadas de conversas espontâneas com variações de frequência (habitual/grave/agudo) e intensidade (forte/fraco). Duração: três sessões (uma vez por semana).

Figura 3. Modelo de terapia por *biofeedback* eletromiográfico para disfonia.



V. BIBLIOGRAFIA SUGERIDA AO FONOAUDIÓLOGO CLÍNICO

- ANDREWS, S; WARNER, J; STEWART, R. EMG biofeedback and relaxation in treatment of hyperfunctional dysphonia. *British Journal of Disorders of Communication*, v. 21, p. 353-69, 1986.
- BALATA, PM et al. Incomplete swallowing and retracted tongue maneuvers for electromyographic signal normalization of the extrinsic muscles of the larynx. *Journal of Voice*, v. 26, n. 6, p. 1-7/813, nov. 2012.
- BALATA, PM et al. Protocolo de avaliação eletromiográfica na fonação. In: SILVA, HJ (Org.). *Protocolos de eletromiografia de superfície em fonoaudiologia*. São Paulo: Pró-Fono, 2013. p. 51-62.
- BALATA, PM et al. Electrical activity of extrinsic laryngeal muscles in subjects with and without dysphonia. *Journal of Voice*, 2014. (In press).
- DAVIS, SM; DRICHTA, CE. Biofeedback theory and application in allied health: speech pathology. *Biofeedback and Self Regulation*, v. 5, p. 159-74, 1980.
- HENSCHEN, TL; BURTON, NG. Treatment of spastic dysphonia by EMG biofeedback. *Biofeedback and Self Regulation*, v. 3, p. 91-6, 1978.
- LANE, H; PERKELL, JS. Control of voice-onset time in the absence of hearing: a review. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, Rockville, v. 48, n. 6, p. 1334-43, dec. 2005.
- MARYN, Y et al. Effects of biofeedback in phonatory disorders and phonatory performance: a systematic literature review. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, New York, v. 31, n. 1, p. 65-83, mar. 2006.
- PEPER, E; HARVEY, R; TAKABAYASHI, N. Biofeedback an evidence based approach in clinical practice. *Japanese Journal of Biofeedback Research*, Tokio, v. 36, n. 1, p. 3-10, 2009.
- RIGLER, I; PODNAR, S. Impact of electromyographic findings on choice of treatment and outcome. *European Journal of Neurology*, Oxford, v. 14, n. 7, p. 783-7, jul. 2007.

APÊNDICE E – ROTEIRO DE ENTREVISTA INICIAL PARA CANTORES

Universidade Federal de Pernambuco

Centro de Ciências da Saúde

Departamento de Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento

ROTEIRO DE ENTREVISTA INICIAL PARA CANTORES

Protocolo No. _____

Data: ____/____/____

VARIÁVEIS	
I. Dados de Identificação CPD	
Data: ____/____/____	
Nome: _____	
Endereço: _____	
Telefone: _____	
Data Nascimento: ____/____/____ Idade: ____	
Sexo: () Masculino () Feminino	
Natural de : _____	
Condição marital: () casado () solteiro () viúvo () separado () com companheiro	
Escolaridade: () iletrado () ensino fundamental incompleto	
() ensino fundamental completo () ensino médio incompleto	
() ensino médio completo () ensino superior incompleto	
() ensino superior completo () pós-graduação	

II. Histórico vocal:

1) Possui classificação vocal? 1.() Não 2.() Sim

Em caso afirmativo, qual?

1.() Baixo 2.() Barítono 3.() Tenor
4.() Contralto 5.() Mezzo soprano 6.() Soprano

2) Das queixas abaixo, qual ou quais você percebe em sua voz?

1.() Rouquidão 2.() Pigarro constante 3.() Perda de voz
4.() Dor na garganta 5.() Cansaço ao falar 6.() Desconforto ao falar
7.() Esforço para falar 8.() Dor no pescoço/nuca 9.() Ardência ao falar 10. Tosse constante
11.() Voz fraca 12.() Falhas na voz
13.() Garganta seca 14.() Ar na voz 15.() Dor ao engolir
16.() Queimação na garganta 17.() Azia 18.() Refluxo
19.() Rinite 20.() Sinusite 21.() Asma 22.() Bronquite 23.() Perda auditiva
24.() Coceira na garganta
25.() Sensação de corpo estranho na garganta 26.() Dificuldade para falar forte 27.() Dificuldade para falar fraco
28.() Dificuldade para alcançar notas mais graves
29.() Dificuldades para alcançar notas mais agudas

3) Exerce outra atividade em que faz uso profissional da voz?

1.() Não 2.() Sim: _____

4) Gosta da sua voz? 1.() Não 2.() Sim

- 5) Já teve algum problema na voz? 1.() Não 2.() Sim
- 6) Já deixou de trabalhar por apresentar problemas na voz? 1.() Não 2.() Sim
- 7) Você grita com frequência? 1.() Não 2.() Sim
- 8) Fala "alto" com frequência? 1.() Não 2.() Sim
- 9) A voz é melhor: 1.() manhã 2.() tarde 3.() noite 4.() fim de semana
- 10) Sua voz modifica-se durante a os ensaios e apresentações? 1.() Não 2.() Sim
- 11) Percebe influência da emoção sobre a voz? 1.() Não 2.() Sim
- 12) Como você considera seu ambiente de ensaios e apresentações?
- 1.() sossegado 2.() estressante 3.() desmotivador 4.() desgastante
- 5.() descontraído
-
- 13) Já foi ao otorrinolaringologista ? 1.() Não 2.() Sim
- 14) Faz ou fez tratamento fonoaudiológico? 1.() Não 2.() Sim
- 15) Faz aquecimento vocal? 1.() Não 2.() Sim
- 16) Já participou de algum treinamento vocal? 1.() Não 2.() Sim
- 17) Você é alérgico? 1.() Não 2.() Sim
- 18) Costuma se hidratar durante os ensaios e apresentações? 1.() Não 2.() Sim
- 19) Quantos copos de água ingere por dia?
- 1.() 1 a 2 2.() 3 a 4 3.() 5 a 6 4.() mais de 7
-
- 20) Você é fumante? 1.() Não 2.() Sim
- 21) Fuma durante os ensaios e apresentações (horário de descanso)?
- 1.() Não 2.() Sim
-
- 22) Ingere bebidas alcoólicas com frequência? 1.() Não 2.() Sim
- 23) Seu sono é: 1.() tranquilo 2.() agitado
- 24) Dorme quantas horas por noite?
- 1.() 3 a 4 h 2.() 5 a 6 h 3.() 7 a 8 h 4.() 9 a 10 h 5.() 11 a 12 h
-

APÊNDICE F – AUTOAVALIAÇÃO DO DESCONFORTO VOCAL

Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências da Saúde
Departamento de Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento

AUTOAVALIAÇÃO DO DESCONFORTO VOCAL

I - ATUALMENTE VOCÊ SENTE ALGUM DESCONFORTO VOCAL AO CANTAR?

Em caso afirmativo, graduar na reta abaixo o grau de desconforto

0 = ausência de desconforto

10 = desconforto intenso

0 10

II - QUAL O GRAU DE DESCONFORTO QUE VOCÊ SENTE AO CANTAR ESSA MÚSICA QUE VOCÊ ESCOLHEU?

Graduar na reta abaixo o grau de desconforto

0 = ausência de desconforto

10 = desconforto intenso

0 10

APÊNDICE G –ÍNDICE DE DESVANTAGEM VOCAL NO CANTO MODERNO - IDCM

Universidade Federal de Pernambuco

Centro de Ciências da Saúde

Departamento de Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento

ÍNDICE DE DESVANTAGEM VOCAL NO CANTO MODERNO –IDCM

Versão brasileira do protocolo *Modern Singing Handicap Index – MSHI 10*, chamado de *Índice de Desvantagem Vocal no Canto Moderno – IDCM* ⁽²⁷⁾

Marque a resposta que indica o quanto você compartilha da mesma experiência:

Chave de resposta: 0:nunca;1:quase nunca;2:às vezes;3:quase sempre;4:sempre

O impacto do problema de voz nas atividades profissionais

Disability – Incapacidade

1	Sinto minha voz cansada desde o começo de uma apresentação.	0	1	2	3	4
2	Minha voz fica cansada ou alterada durante a apresentação.	0	1	2	3	4
3	Tenho que ajustar minha técnica vocal, porque o problema de voz prejudica a minha emissão.	0	1	2	3	4
4	Meu problema vocal me obriga a modificar as músicas, limitar meu repertório ou mesmo mudar o tom.	0	1	2	3	4
5	Por causa do meu problema de voz sou forçado a limitar meu tempo de estudo/ensaio.	0	1	2	3	4
6	Sinto dificuldade nas apresentações por causa das alterações no meu rendimento vocal.	0	1	2	3	4
7	Não consigo fazer duas ou mais apresentações consecutivas.	0	1	2	3	4
8	Preciso da ajuda do operador de som para mascarar meu problema de voz.	0	1	2	3	4
9	Preciso tomar remédios continuamente para mascarar meu problema de voz.	0	1	2	3	4
10	Meu problema vocal me obriga a limitar o uso social da voz.	0	1	2	3	4

O impacto psicológico do problema de voz

Handicap – Desvantagem

1	Minha ansiedade antes das apresentações está maior que a habitual.	0	1	2	3	4
2	As pessoas com as quais convivo não compreendem minha queixa de voz.	0	1	2	3	4
3	As pessoas com as quais convivo têm criticado a minha voz.	0	1	2	3	4
4	Meu problema de voz me deixa nervoso e/ou menos sociável.	0	1	2	3	4
5	Fico preocupado quando me pedem para repetir um vocalize ou uma frase musical.	0	1	2	3	4
6	Sinto que minha carreira está em risco por causa do meu problema de voz.	0	1	2	3	4
7	Colegas ⁰ , empresários e críticos já perceberam minhas dificuldades vocais.	0	1	2	3	4
8	Sou obrigado a cancelar alguns compromissos profissionais por causa da voz.	0	1	2	3	4
9	Evito agendar futuros compromissos profissionais.	0	1	2	3	4
10	Evito conversar com as pessoas.	0	1	2	3	4

Auto-percepção das características de minha voz

Impairment – Defeito

1	Tenho problemas com o controle da respiração para o canto.	0	1	2	3	4
2	Meu rendimento vocal varia durante o dia.	0	1	2	3	4
3	Sinto que minha voz está fraca ou tem ar na voz.	0	1	2	3	4
4	Sinto minha voz rouca.	0	1	2	3	4
5	Sinto que tenho que forçar minha voz para produzir os sons.	0	1	2	3	4
6	Meu rendimento vocal varia de modo imprevisível durante as apresentações.	0	1	2	3	4
7	Tento modificar minha voz para melhorar a qualidade.	0	1	2	3	4
8	Cantar está sendo uma tarefa difícil ou cansativa.	0	1	2	3	4
9	Minha voz fica pior à noite.	0	1	2	3	4
10	Minha voz fica facilmente cansada durante as apresentações.	0	1	2	3	4

APÊNDICE H – ESCALA DE DESCONFORTO DO TRATO VOCAL – EDTV

Universidade Federal de Pernambuco

Centro de Ciências da Saúde

Departamento de Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento

ESCALA DE DESCONFORTO DO TRATO VOCAL – EDTV

MATHIESON L, HIRANI SP, EPSTEIN R, BAKEN RJ, WOOD G, RUBIN JS.

Laryngeal Manual Therapy: A Preliminary Study to Examine its Treatment Effects in the Management of Muscle Tension Dysphonia. J Voice 2009; 23:353-66.

Os sintomas e as sensações apresentados abaixo podem ser sentidos na sua garganta. Por favor, indique a frequência com a qual eles ocorrem e a intensidade do sintoma/sensação marcando o número na coluna apropriada.

Paciente: _____

Data: _____

	Frequência da sensação/sintoma							Intensidade da sensação/sintoma						
	nunca		às vezes		muitas vezes		sempre	Nenhuma		Leve		Moderada		Extrema
	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
1. Queimação	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
2. Aperto	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
3. Secura	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
4. Garganta dolorida	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
5. Coceira	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
6. Garganta sensível	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
7. Garganta irritada	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
8. Bola na garganta	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6

APÊNDICE I – ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE

Universidade Federal de Pernambuco
 Centro de Ciências da Saúde
 Departamento de Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento

ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE

Dados de Identificação CPD	GRUPO: Convencional ☐ Biofeedback ☐ Combinada ☐		
Data: ____ / ____ / ____			
Nome: _____			

Avaliação	Grupo	Pré	Pós
Língua retraída contra palato	supra		
Língua retraída com boca entreaberta	infra		
Resistência	ECOM dir		
	ECOM esq		
Repouso	supra		
	infra		
	ECOM dir		
	ECOM esq		
Canto	supra		
	infra		
	ECOM dir		
	ECOM esq		

APÊNDICE J – AVALIAÇÃO FUNCIONAL DA VOZ CANTADA

Universidade Federal de Pernambuco

Centro de Ciências da Saúde

Departamento de Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento

AVALIAÇÃO FUNCIONAL DA VOZ CANTADA

Iniciais do professor avaliador: _____

Identificação da gravação: nº. _____

Por favor, escute a gravação e em cada escala variando de zero a dez, marque sua avaliação do parâmetro. Ao final, por favor, verifique se todos os parâmetros foram avaliados.

Clareza articulatória	0	10	
Dinâmica respiratória	ausente	máxima	
	0	10	
Ataques vocais	incoordenada	coordenada	
	0	10	
Uso de efeitos vocais	ausente	máxima	
	0	10	
Afinação	ausente	máximo	
	0	10	
Brilho	ausente	máxima	
	0	10	
Qualidade da voz (voz suja, limpa)	ausente	máximo	
	0	10	
Retomadas de ar ruidosas	suja	máxima limpa	
	0	10	
Projeção	ausente	máximo	
	0	10	
Expressividade	ausente	máxima	
	0	10	
Apoio respiratório	ausente	máxima	
	0	10	
Passagem de registros	máximo		ausente
	0	10	
Pronúncia	ausente	máxima	
	0	10	
Facilidade em cantar (este parâmetro resume todos os anteriores – é a avaliação global da voz)	imperfeita	perfeita	
	0	10	
	difícil	fácil	

APÊNDICE K – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências da Saúde
Departamento de Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS - Resolução 466/12)

Convidamos o(a) Sr(a). para participar como voluntário(a) da pesquisa **EVIDÊNCIAS CLÍNICAS DO BIOFEEDBACK ELETROMIOGRÁFICO EM CANTORES COM DESCONFORTO VOCAL**, que está sob a responsabilidade do pesquisador Geová Oliveira de Amorim, com endereço à Rua Maria Carolina, 713, apto 404, Boa Viagem, Recife, Pernambuco, CEP 51020-220 e proprietário do telefone (082) 99122-3751 e endereço eletrônico (e-mail) geovafono@uol.com.br, os quais poderão ser utilizados para contato, inclusive em ligações a cobrar. Esta pesquisa está sob a orientação do Prof. Dr. Hilton Justino da Silva (telefone para contato (81) 9973-2857) (email para contato hiltonfono@hotmail.com) e sob a co-orientação da Dr^a; Patrícia Maria Mendes Balata (telefone para contato (81) 9964-4200) (email pbalata@uol.com.br).

Caso este Termo de Consentimento contenha informações que não lhe sejam compreensível, as dúvidas podem ser tiradas com a pessoa que está lhe entrevistando e apenas ao final, quando todos os esclarecimentos forem dados, caso concorde com a realização do estudo pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Caso não concorde não haverá penalização, bem como será possível retirar o consentimento a qualquer momento, também sem qualquer penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

- Descrição da pesquisa: O objetivo da pesquisa é determinar as evidências clínicas do *biofeedback* eletromiográfico em cantores populares com desconforto vocal.
- Esclarecimento da participação do voluntário na pesquisa: Durante o estudo, você será submetido a uma terapia composta por 06 sessões com duração de 400 minutos, uma vez por semana, respeitando a um agendamento que seja adequado para você. Para mudar a forma pela qual você usa sua voz e gerar um novo comportamento que poderá corrigir ou minimizar seu desconforto vocal durante o canto, você deverá concordar em participar deste estudo, no qual: 1) você irá se submeter, individualmente, a uma entrevista inicial, respondendo 03 questionários na primeira sessão; depois disso, a sua voz será gravada diretamente no computador por meio de microfone tipo *head set* (igual àquele das telefonistas) e a atividade dos músculos do pescoço (supra, infra-hióideos e esternocleidomastoídeos) será captada através de eletrodos afixados bilateralmente abaixo de seu queixo e na porção inferior e lateral do pescoço. Você deverá manter a respiração normal e fazer 30 segundos de repouso e em seguida cantar um trecho de música que você considera desconfortável. Nesse momento, estarão sendo captadas as atividades elétricas dos músculos que serão coletados conforme as orientações do pesquisador, Dr. Geová. Esses procedimentos serão repetidos ao final das 06 sessões. Ao longo das sessões poderá ser necessário fixar 02 eletrodos lateralmente ao pescoço enquanto realiza-se os exercícios vocais cantando. Todas as etapas deverão durar cerca de 60 minutos em cada sessão. Todos os procedimentos são indolores, não furam sua pele e não deixam marcas. Para melhorar a captação dos sinais de seu pescoço, poderá ser necessário retirar os pelos de sua face, com uma lâmina de barbear descartável, o que poderá ser realizado por você mesmo previamente a avaliação, caso prefira, ou pelo pesquisador responsável.
- **RISCOS diretos:** A entrevista poderá trazer risco ou inconveniente mínimo, pois se trata de perguntas referentes às condições da sua voz e à ocorrência de problemas na região cervical. Quanto aos exames, poderá ocorrer algum desconforto pela manutenção dos eletrodos na região do pescoço enquanto você canta, mas, mantendo o estado de tranquilidade, o incômodo poderá ser eliminado ou minimizado. Você terá a sua disposição, água mineral para ingeri-la em copos descartáveis. A sala onde serão realizados os exames é silenciosa e com temperatura média de 18°C, podendo ser aumentada ou diminuída, caso você solicite.

➤ **BENEFÍCIOS diretos e indiretos** para os voluntários. Sua participação pode lhe trazer quatro benefícios. O primeiro é o benefício de oportunizar a você a realização de uma avaliação da voz e dos músculos extrínsecos da fonação e, se necessário, um tratamento de voz. O segundo benefício é você poder ter os resultados dos exames que serão feitos durante o estudo, o que poderá lhe ser útil no futuro. O terceiro benefício será a possibilidade de assistir a uma palestra sobre comportamento saudável da voz, a qual se acompanhará da entrega de manual ilustrativo sobre os cuidados com a voz e com exercícios de alongamento e relaxamento da musculatura cervical, que podem ajudar a manter sua voz saudável. O quarto e último benefício será a possibilidade de se submeter a uma terapia vocal com um especialista em voz, o que ajudará você a cantar melhor e otimizar sua performance.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa sob forma de entrevista e gravação de registros vocais ficarão armazenados em pasta de arquivo e em computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador, no endereço Rua Maria Carolina, 713, apto 404, Boa Viagem, Recife, Pernambuco, CEP 51020-220, pelo período de mínimo 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).**

(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo _____ (colocar o nome completo da pesquisa), como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/tratamento).



Local e data _____

Assinatura do participante: _____

(02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:

Nome:

Assinatura:

Assinatura:

APÊNDICE L – RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO

Neste Apêndice estão apresentadas tabelas a partir das quais foram elaborados os dados constantes do Terceiro Artigo, de resultados da pesquisa de campo.

Tabela 1 – Variáveis sociodemográficas dos participantes – Maceió, 2018

	Variável sociodemográfica	Frequência	Percentual
Sexo	Masculino	11	52,4
	Feminino	10	47,6
Estado civil	Casado	1	4,8
	Divorciada	1	4,8
	Solteiro	19	90,4
Ocupação	Cantor(a)	12	57,2
	Profissional Liberal	4	19,0
	Outras ocupações	5	23,8
Escolaridade	Ensino médio completo	2	9,5
	Ensino superior incompleto	6	28,6
	Ensino superior completo	9	42,9
	Pós-graduação	4	19,0

Tabela 2 – Caracterização dos cantores quanto a classificação, sintomas e sinais relacionados ao uso da voz – Maceió, 2018

	Variáveis relacionadas à voz	Frequência	Percentual
Classificação vocal	Barítono	6	28,5
	Tenor	4	19,0
	Mezzo soprano	9	42,9
	Soprano	1	4,8
	Sem classificação vocal	1	4,8
Queixas vocais referidas			
	Rouquidão	16	76,2
	Pigarro constante	11	52,4
	Tosse constante	2	9,5
	Azia	7	33,3
	Refluxo gastroesofágico	9	42,9
	Rinite	10	47,6
	Sinusite	7	33,3
	Asma	1	4,8
	Perda auditiva	1	4,8
	Perda da voz	2	9,5
	Dor no pescoço ou na nuca	2	9,5
	Dor na garganta	7	33,3
	Garganta seca	13	42,9
	Queimação na garganta	4	19,0
	Coceira na garganta	5	23,8
	Sensação de corpo estranho na garganta	2	9,5
	Cansaço ao falar	7	33,3
	Desconforto ao falar	1	4,8
	Esforço para falar	7	33,3
	Voz fraca	2	9,5
	Falhas na voz	13	61,9
	Ar na voz	6	28,6
	Dificuldade para falar forte	2	9,5
	Dificuldade para falar fraco	3	14,3
	Dificuldade para alcançar notas mais graves	7	33,3
	Dificuldade para alcançar notas mais agudas	16	76,2

Tabela 3 – Caracterização do uso da voz segundo opinião dos cantores – Maceió, 2018

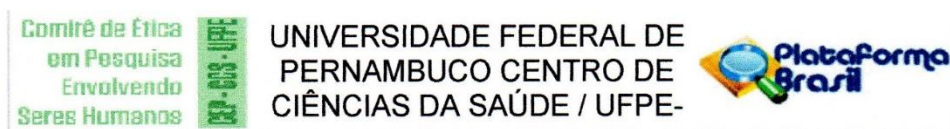
Variáveis relacionadas ao uso da voz	Frequência	Percentual
Uso da voz em outra atividade profissional		
Não	16	76,2
Sim	5	23,8
Proferindo palestras	1	20,0
Lecionando	2	40,0
Em vendas	1	20,0
Em atendimento psicológico	1	20,0
Apreciações sobre a voz		
Gosta da voz	16	76,2
História de problemas com a voz	9	42,9
História de impedimento de trabalho por problema com a voz	7	33,3
Referência de gritar com frequência	8	38,1
Referência de falar alto com frequência	12	57,1
Período em que percebe voz com melhor qualidade		
Manhã	3	14,3
Tarde	7	33,3
Noite	11	52,4
Percepção de mudança na voz durante ensaios ou apresentações	17	81,0
Percepção de influência da emoção sobre a voz	17	81,0
Caracterização do ambiente de ensaios e apresentações		
Sossegado	7	33,3
Estressante	2	9,5
Desmotivador	2	9,5
Desgastante	10	47,7

Tabela 4 – Caracterização dos cuidados com a voz – Maceió, 2018

Variáveis relacionadas ao cuidado com a voz	Frequência	Percentual
Consulta com otorrinolaringologista	16	76,2
História atual ou pregressa de tratamento fonoaudiológico	9	42,9
Referência de aquecimento vocal	15	71,4
Referência de participação em treinamento vocal	16	76,2
História de alergia	11	52,4
Hábito de hidratação durante ensaios ou apresentações	20	95,2
Consumo diário de água		
3 a 4 copos	3	14,3
5 a 6 copos	8	38,1
Mais de 7 copos	10	47,6
Referência de tabagismo durante ensaios ou apresentações	2	9,5
Referência de ingestão de bebida alcoólica com frequência	5	23,8
Referência de qualidade do sono		
Tranquilo	12	57,1
Agitado	9	42,9
Duração do sono por noite		
3 a 4 horas	1	4,8
5 a 6 horas	9	42,9
7 a 8 horas	8	38,1
9 a 10 horas	3	14,3

ANEXOS

ANEXO A – APROVAÇÃO DA PESQUISA PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFICÁCIA DA UTILIZAÇÃO DO BIOFEEDBACK ELETROMIOGRÁFICO NA REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM DISFONIA

Pesquisador: Geová Oliveira de Amorim

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 43742114.8.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.117.232

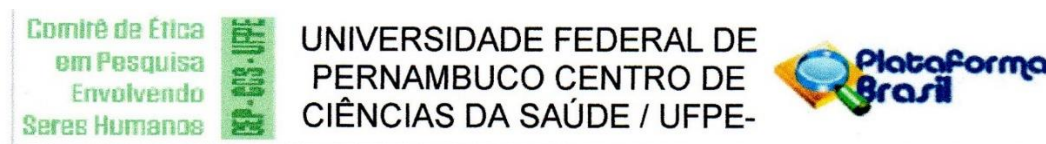
Data da Relatoria: 24/06/2015

Apresentação do Projeto:

Trata-se de resposta a pendências do protocolo de pesquisa em epígrafe a ser desenvolvido como tese de doutorado do Programa de Pós-graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco.

A pesquisa tem por objetivo determinar a eficácia do biofeedback eletromiográfico em pacientes com disfonias. Padrões vocais alterados decorrentes de disfonia resultam em ajustes musculares cujo engrama (impressão deixada nos centros nervosos pelos acontecimentos vivenciados, ativa ou passivamente, pelo indivíduo) pode ser alterado por terapia. Com o objetivo de determinar a eficácia do biofeedback eletromiográfico em pacientes com disfonias, será elaborado ensaio clínico com intervenção por 12 semanas ininterruptas, envolvendo sujeitos disfônicos distribuídos em três grupos. Segundo terapia a que serão submetidos. O local de estudo será o ambulatório de artes vocais da Escola Técnica de Artes da Universidade Federal de Alagoas, no período de novembro de 2014 a julho de 2015. A amostra será aleatória simples, estratificada segundo grau de disfonia e pareada por idade nos grupos. O tamanho amostral será igual a 60 indivíduos, divididos igualmente nos grupos, admitindo como critério de inclusão ter idade maior que 18 anos, presença de diagnóstico de disfonia firmado pela avaliação perceptivo-auditiva. Para avaliação da

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 1.117.232

eficácia da terapia será empregado análise perceptivo-auditiva, acústica, além dos índices de desvantagem vocal e de gravidade de disfonia. Todos os sujeitos da amostra serão submetidos a terapia para disfonia dentre biofeedback simples, biofeedback associado à terapia convencional de exercícios vocais e com essa terapia isolada, durante 12 sessões, com duração de 30 minutos, para que sejam realizados exercícios vocais, ou emissão de vogais, de contagem e de fala espontânea. Após cada comparação dos grupos serão empregados os testes de sinais e o ANOVA com post-hoc de Bonferroni. Ao final será realizada análise multivariada, considerados os valores de avaliação.

O biofeedback eletromiográfico traz informações da atividade muscular em tempo real, fornecendo ao paciente e ao terapeuta a quantificação do movimento realizado, com possibilidade de armazenamento das informações para posterior comparação e avaliação, além de favorecer a atenção e motivação do paciente.

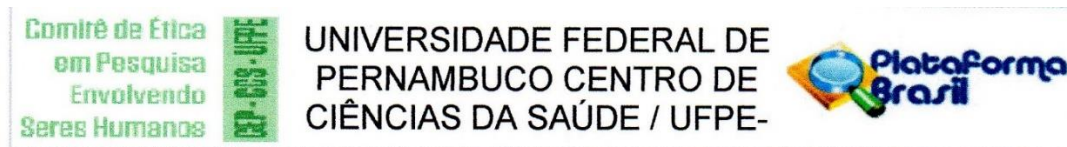
O estudo será realizado no ambulatório de artes vocais da Escola Técnica de Artes da Universidade Federal de Alagoas que se destina a oferecer assistência fonoaudiológica aos profissionais da voz (atores, cantores, professores), bem como aos demais membros que compõem a referida Universidade, por apresentarem alterações do comportamento vocal, contando com um fonoaudiólogo especialista em voz.

Objetivo da Pesquisa:

A pesquisa tem por objetivo primário Determinar a eficácia do biofeedback eletromiográfico em pacientes com disfonias e, por objetivos secundários:

- 1) Classificar sujeitos segundo grau de disfonia, por meio da análise perceptivo-auditiva da voz;
- 2) Determinar o grau de desvantagem vocal de sujeitos disfônicos;
- 3) Classificar a disfonia dos sujeitos de acordo com o índice acústico de gravidade;
- 4) Correlacionar a atividade elétrica dos músculos extrínsecos supra e infra-hióideos de sujeitos disfônicos com o grau de desvantagem vocal e da gravidade da disfonia;
- 5) Avaliar os sujeitos disfônicos, ao longo do tratamento, pela análise perceptivo-auditiva da voz e pelos índices de desvantagem vocal e de gravidade da disfonia, segundo terapia instituída;
- 6) Estabelecer a modificação da atividade elétrica dos músculos extrínsecos supra e infra-hióideos de sujeitos disfônicos, segundo terapia instituída ao longo do tratamento;
- 7) Correlacionar a modificação da atividade elétrica dos músculos extrínsecos supra e infra-hióideos de sujeitos disfônicos com as modificações identificadas na escala analógica visual e nos

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 1.117.232

índices de desvantagem vocal e de gravidade da disfonia, segundo terapia instituída ao longo do tratamento.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conteúdo avaliado anteriormente pelo CEP tendo sido considerado aprovado.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma pesquisa relevante visto estudar as disfonias, na perspectiva da neurociência, surge da constatação de que esses indivíduos podem apresentar dificuldades em mudar o padrão vocal desviado, em decorrência do engrama da atividade muscular que o automatizou.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória foram anexados à Plataforma Brasil

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Atendeu a pendência anexando a carta de anuência do Ambulatório de Artes Vocais da Escola Técnica de Artes da Universidade Federal de Alagoas. Protocolo aprovado.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O Protocolo foi avaliado na reunião do CEP e está APROVADO para iniciar a coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio do Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar Relatório Final", disponível no site do CEP/CCS/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br

Comitê de Ética
em Pesquisa
Envolvendo
Serres Humanos

CEP-CCS-UFPE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO CENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-



Continuação do Parecer: 1.117.232

Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética relatórios parciais das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (item X.1.3.b., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). O CEP/CCS/UFPE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (item V.5., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). É papel do/a pesquisador/a assegurar todas as medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e ainda, enviar notificação à ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, junto com seu posicionamento.

RECIFE, 22 de Junho de 2015

Assinado por:
LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
(Coordenador)

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 50.740-600

UF: PE **Município:** RECIFE

Telefone: (81)2126-8588

E-mail: cepccs@ufpe.br

