

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**Faculdade de Medicina**

**Programa de Pós Graduação em Ciências Fonoaudiológicas**

Viviane Souza Bicalho Bacelete

**EFEITOS IMEDIATOS DA FOTOBIMODULAÇÃO COM LASER DE BAIXA  
POTÊNCIA EM MULHERES SEM ALTERAÇÃO VOCAL E EM MULHERES  
DISFÔNICAS**

Belo Horizonte

2023

Viviane Souza Bicalho Bacelete

**EFEITOS IMEDIATOS DA FOTOBIMODULAÇÃO COM LASER DE BAIXA  
POTÊNCIA EM MULHERES SEM ALTERAÇÃO VOCAL E EM MULHERES  
DISFÔNICAS**

Trabalho apresentado à banca de defesa  
de tese de doutorado do Programa de Pós-  
graduação em Ciências Fonoaudiológicas  
da Faculdade de Medicina da Universidade  
Federal de Minas Gerais (UFMG).

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ana Cristina Côrtes  
Gama

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Andréa Rodrigues  
Motta

Belo Horizonte

2023

B117e Bacelete, Viviane Souza Bicalho.  
Efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser de baixa potência em mulheres sem alteração vocal e em mulheres disfônicas [recursos eletrônicos]. / Viviane Souza Bicalho Bacelete. - - Belo Horizonte: 2023.  
177f.: il.  
Formato: PDF.  
Requisitos do Sistema: Adobe Digital Editions.

Orientador (a): Ana Cristina Côrtes Gama.  
Coorientador (a): Andréa Rodrigues Motta.  
Área de concentração: Ciências Fonoaudiológicas.  
Tese (doutorado): Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina.

1. Laringe. 2. Disfonia. 3. Reabilitação. 4. Terapia com Luz de Baixa Intensidade. 5. Voz. 6. Dissertação Acadêmica. I. Gama, Ana Cristina Côrtes. II. Motta, Andréa Rodrigues. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina. IV. Título.

NLM: WB 320



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FONOAUDIOLÓGICAS

### DECLARAÇÃO

Declaramos, para os devidos fins, que **ANA CRISTINA CORTES GAMA- ORIENTADOR, ANDRÉA RODRIGUES MOTTA- COORIENTADOR, RENATA MARIA MOREIRA MORAES FURLAN, GIORVAN ANDERSON DOS SANTOS ALVES, RENATA RANGEL AZEVEDO** como membros titulares e **ADRIANE MESQUITA DE MEDEIROS, UALISSON NOGUEIRA DO NASCIMENTO** como membros suplentes participaram da banca de defesa da tese de **VIVIANE SOUZA BICALHO BACELETE**, número de registro 2019711863, aluno do Programa de Pós- Graduação em CIÊNCIAS FONOAUDIOLÓGICAS da Universidade Federal de Minas Gerais, intitulada **EFEITOS IMEDIATOS DA FOTBIOMODULAÇÃO COM LASER DE BAIXA POTÊNCIA EM MULHERES SEM ALTERAÇÃO VOCAL E EM MULHERES DISFÔNICAS**, defendida em 06/12/2023.

CAROLINE ALVES DE MENEZES



Documento assinado eletronicamente por **Caroline Alves de Menezes, Assistente em Administração**, em 19/12/2023, às 09:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2850140** e o código CRC **8B79442E**.



## **DEDICATÓRIA**

### **Agradecimento especial**

Aos meus queridos pais: Marcelo e Mercês

As palavras tornam-se incapazes de expressar o amor e gratidão por vocês: é  
inexplicável!

Obrigada por serem seres humanos tão grandiosos.

### **Dedicatória**

Com todo amor e carinho ao meu amado esposo José Neto e amados filhos Sara e  
João

Vocês são os maiores presentes que Deus me deu nesta vida. Obrigada por tornar a  
minha vida mais simples, leve....FELIZ! Amo demais!

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me colocar em lugares que jamais imaginei e por me dar todo o sustento durante a caminhada. A caminhada não é fácil, somente quem trilha esse caminho conhece as imensas dificuldades. Reconheço hoje mais do que nunca as minhas limitações e sei claramente que se não fosse a vontade de Deus, eu não estaria aqui. A ELE toda honra e toda a glória.

Aos amores da minha vida, pais, filhos, esposo e irmão, a base e motivo de tudo. Qualquer coisa que eu faça é insuficiente para retribuir todo o carinho e gratidão que tem sido me dados ao longo de todos esses anos. Amo vocês sempre!

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Cristina Côrtes Gama, por abrir a porta de um sonho...Obrigada por ter acreditado em meu trabalho e ter aceito esse desafio. Seus ricos ensinamentos e a humildade em transferir conhecimento são inesquecíveis. Com você é possível apreender muito mais além do que a ciência pode ensinar.

À professora Andréa Motta por colaborar com meu conhecimento científico e para maior clareza do estudo.

Aos otorrinolaringologistas Alan, Elisa Lin Plec, Prof. Dr. Flávio Nunes e Prof. Dr. Marco Aurélio Rocha pelas sugestões e trocas de ideia no decorrer do trabalho.

À banca de exame de qualificação, Prof. Dr. Doutor Giorvan Ânderson e Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Renata Azevedo por colaborarem na estruturação desse trabalho. Com certeza, contribuíram para maior objetividade e entendimento da pesquisa.

Às colegas e equipe de Fonoaudiologia do Hospital Alberto Cavalcanti que sempre se dispuseram em me auxiliar no recrutamento de participantes, assim como na participação na pesquisa. Obrigada pelo tempo dispensado para serem minhas voluntárias.

Ao colega da informática, Wagner, que infinitas vezes me deu suporte todas as vezes que precisei.

Às participantes do estudo que gentilmente aceitaram todas as etapas da pesquisa com disposição e bem-humor. Vocês contribuíram e muito para o avanço da ciência.

À colega de doutorado Bárbara Lopes, pelo auxílio imenso no recrutamento de participantes e pelos momentos de descontração. A você todo sucesso e felicidade.

Aos colegas de doutorado pela prontidão infinita para ajudar, sempre “quebrando o galho” nos momentos necessários.

À UFMG onde entrei como graduanda há alguns anos, imatura e cheia de incertezas, que me proporcionou a honra da obtenção de titulação de Doutora. Espero um dia voltar novamente. O futuro a Deus pertence.

Enfim, gratidão a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização e concretização de mais essa etapa da minha vida. Sozinha não chegaria a lugar algum.

## RESUMO

**Introdução:** Na clínica fonoaudiológica, o uso de recursos adjuvantes tem aumentado com o intuito de potencializar ganhos terapêuticos. Dentre outras abordagens, a Terapia por fotobiomodulação (PBMT) a partir do LASER de baixa potência (LBP) é uma alternativa de tratamento em avanço na Fonoaudiologia e tem sido utilizada como recurso ergogênico para melhorar desempenho e retardar a fadiga muscular em diversos modos de exercício. Isso porque, a PMBT que se refere à aplicação de luz a um sistema biológico é capaz de induzir um processo fotoquímico, podendo aumentar o metabolismo celular. Apesar de sua ampla utilização na clínica vocal, não há evidências robustas sobre seus efeitos como técnica terapêutica, considerando aspectos de protocolo clínico como parâmetros dosimétricos, área irradiada e fator tempo-resposta. Visto que a seleção dos parâmetros de irradiação surge muitas vezes como um dilema, a busca pela padronização é desejável para melhor direcionamento clínico. **Objetivos:** Realizar revisão de literatura sobre efeitos terapêuticos da PBMT aplicáveis à Fonoaudiologia, bem como analisar a segurança e efeitos imediatos da aplicação do LBP em mulheres vocalmente saudáveis e com disfonia comportamental. **Métodos:** Trata-se de um estudo experimental randomizado aprovado pelo Comitê de ética da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (parecer 4.704.038). Para a estruturação da Tese, três estudos foram delineados: uma revisão integrativa da literatura e dois experimentais, duplo-cego e controlados por placebo. No estudo 1: *“Efeitos imediatos da fotobiomodulação na clínica fonoaudiológica: uma revisão integrativa da literatura”* foi realizada uma busca na literatura sobre efeitos terapêuticos da PBMT aplicáveis à Fonoaudiologia. Para isso, foram incluídos artigos originais, com textos completos disponíveis, publicados entre os anos de 2010 e 2020 que avaliaram os efeitos terapêuticos da PBMT em situações aplicáveis às áreas fonoaudiológicas. Os textos foram lidos na íntegra e analisados considerando as variáveis: ano e local da publicação, idioma, formação do primeiro autor, delineamento do estudo, classificação do nível de evidência científica, objetivos, amostra, tipos de PBMT, comprimento de onda, número de sessões, áreas de aplicação, energia por ponto, tempo de aplicação e desfechos em cada temática identificada. Foram selecionadas 23 referências, sendo 10 artigos nacionais e 13 artigos internacionais.

No estudo 2 (fase 1 da pesquisa) com delineamento experimental intitulado “*Efeitos imediatos da fotobiomodulação com LASER de baixa potência em mulheres sem alteração vocal e laríngea: resultados preliminares*”, 36 mulheres sem alterações vocais/laríngeas foram submetidas a um protocolo de exercício associado ao LASER de baixa potência em uma única sessão para análise de efeito imediato em diferentes grupos de tratamento. A partir da randomização e alocação, as participantes foram distribuídas em quatro grupos: grupo 1, submetido à simulação de tratamento com aparelho desligado (LASER placebo aplicado em sete pontos durante 60 segundos imediatamente antes da realização de técnica de vibração sonorizada de língua por três minutos). No grupo 2, o experimento foi realizado da mesma maneira, entretanto o LBP foi empregado com espectro infravermelho à 3 joules de energia por ponto (total de 21 joules). O grupo 3 foi irradiado com 6 joules por ponto no comprimento de onda infravermelho durante 60 segundos (total 42 joules) e, por fim, o grupo 4, irradiado à 9 joules, também no espectro infravermelho, durante 90 segundos em cada ponto (total de 63 joules de energia). Os grupos experimentais receberam a luz terapêutica imediatamente antes da técnica vocal de forma pontual em sete pontos anatômicos em região cervical (em ambas hemilaringes) com objetivo de alcançar topografia de comissura anterior de pregas vocais, músculos tireoaritenoideo, cricoaritenoideo lateral e cricotireoideo. Após a irradiação, as participantes realizaram a técnica de vibração sonorizada por três minutos. As variáveis de desfecho consideradas foram análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal, análise acústica e autopercepção do esforço fonatório, mensuradas pré e imediatamente após intervenção. A análise perceptivo-auditiva foi realizada de forma comparativa, aos pares, por cinco fonoaudiólogos experientes, cegados quanto à intervenção e momento de avaliação. Os parâmetros selecionados para análise acústica foram *Jitter*, quociente de perturbação de frequência (PPQ), *Shimmer* e quociente de perturbação de intensidade (APQ), relação harmônico-ruído (NHR), tempo máximo de fonação (TMF) para vogal /a/, bem como extração de medidas cepstrais de Cepstral Peak Prominence (CPP) e o Cepstral Peak Prominence-Smoothed (CPPS) para vogal /a/ e fala encadeada. Para análise da autopercepção do esforço fonatório, foi utilizada a Escala Borg CR10-BR, respondida a partir de uma escala tipo Likert, onde a participante referia após procedimentos de “0 nenhum esforço vocal” a “10 o máximo

de esforço”. O estudo 3 (Fase II) “*Efeitos imediatos da fotobiomodulação com LASER de baixa potência em mulheres com alteração vocal e laríngea*”, foi realizado com 30 mulheres com diagnóstico de disfonia comportamental secundária a fendas glóticas ou lesões benignas de pregas vocais randomizadas e aleatorizadas em dois grupos: grupo placebo (utilização do equipamento sem emissão de energia seguida de realização de técnica de vibração de língua por cinco minutos) e grupo experimental, em que o LASER infravermelho foi aplicado à 9 joules (total 63 joules), durante 90 segundos, em sete pontos na região cervical, conforme protocolo estabelecido na fase I da pesquisa, seguido de técnica vocal por cinco minutos. As vozes foram registradas antes e imediatamente após procedimentos e analisadas perceptivo-auditiva e acusticamente. Na análise perceptivo-auditiva, as vozes foram avaliadas por quatro fonoaudiólogos experientes a partir de escala numérica. Para análise acústica foram selecionados os parâmetros de TMF, CPP, CPPs de fala encadeada e vogal sustentada, assim como extração dos índices multiparamétricos Acoustic Breathiness Index (ABI) e Acoustic Voice Quality Index (AVQI). Para análise da autopercepção do esforço fonatório, foi utilizada a Escala Borg CR10-BR. As imagens laríngeas foram avaliadas aos pares e de forma comparativa por quatro otorrinolaringologistas de forma independente. **Resultados:** Os resultados do estudo 1 demonstraram que Brasil é o líder de publicações. Há grande concentração de estudos voltados à Motricidade Orofacial e na maioria, a formação do primeiro autor é da Fisioterapia, Medicina ou Odontologia. Os resultados do estudo 2 indicaram que o LASER infravermelho à 9 Joules por ponto antes do exercício provocou melhora das medidas acústicas de *Shimmer* e *APQ* em mulheres normofônicas. Além disso, não se observou sensação significativa de piora da produção vocal. No estudo 3, os achados evidenciaram aumento de TMF e de CPPS vogal, redução do esforço fonatório e melhora dos parâmetros vibratórios de pregas vocais. **Conclusões:** Os resultados sugerem que a fotobiomodulação traz benefícios em diferentes distúrbios tratados por fonoaudiólogos, no entanto, considerando a diversidade metodológica, os dados na literatura são controversos e as evidências questionáveis. A energia de 9 joules (total de 63 joules) na laringe pode se constituir uma possível janela terapêutica a ser recomendada na clínica vocal em mulheres sem alteração vocal e laríngea, de pele clara e índice de massa corporal normal, além disso, esses parâmetros dosimétricos

se apresentam promissores, com possível efeito potencializador de resultados vocais no tratamento de mulheres disfônicas.

**Palavras-chave:** Laringe; Disfonia; Reabilitação; Terapia com Luz de Baixa Intensidade, Voz

## ABSTRACT

**Introduction:** Adjuvant resources has been increasingly used in speech-language-hearing clinical practice to enhance therapeutic gains. Among other approaches, photobiomodulation (PBM) therapy with low-level LASER (LLL) is an advancing treatment alternative in speech-language-hearing therapy and has been used as an ergogenic resource to improve performance and delay muscle fatigue in different exercise modes. PBM therapy applies light to a biological system to induce a photochemical process, which can increase cell metabolism. Despite its wide use in voice clinics, there is no robust evidence of its effects as a therapeutic technique, considering clinical protocol aspects such as dosimetric parameters, irradiated area, and time-response factor. Since the selection of irradiation parameters often pose a dilemma, the search for standardization is desirable for better clinical guidance.

**Objectives:** To conduct a literature review on the PBM therapeutic effects applicable to speech-language-hearing therapy and analyze the safety and immediate effects of applying LLL in vocally healthy women and those with behavioral dysphonia. **Methods:** This randomized experimental study was approved by the Ethics Committee of the Federal University of Minas Gerais (UFMG) (evaluation report no. 4,704,038). Three studies were designed to structure the thesis: an integrative literature review and two experimental, double-blind, placebo-controlled studies. Study 1, entitled “Immediate effects of photobiomodulation in speech-language-hearing clinical practice: An integrative literature review”, searched the literature on PBM therapeutic effects applicable to speech-language-hearing practice. It included original articles whose full texts were available, published between 2010 and 2020, assessing the PBM therapeutic effects in situations applicable to the various areas of speech-language-hearing practice. The full texts were read and analyzed considering their year and place of publication, language, first author’s academic degree, study design, classification of the level of scientific evidence, objectives, sample, PBM therapy types, wavelength, number of sessions, application areas, energy per point, application time, and outcomes regarding each topic. Altogether, 23 references were selected – 10 national and 13 international articles. Study 2 (phase 1 of the research) had an experimental design and was entitled “Immediate effects of photobiomodulation with



low-level LASER in women without vocal or laryngeal changes: Preliminary results". Its sample included 36 women without vocal/laryngeal changes, who were submitted to an exercise protocol associated with low-power LASER in a single session to analyze their immediate effect in different treatment groups. After randomization and allocation, participants were distributed into four groups: group 1, submitted to simulated treatment with the device turned off (placebo LASER applied to seven points for 60 seconds immediately before performing the voiced tongue trill technique for 3 minutes). In group 2, the experiment was carried out in the same way, but with infrared LLL applied at 3 joules per point (totaling 21 joules). In group 3, it was irradiated at 6 joules per point in the infrared wavelength range for 60 seconds (totaling 42 joules). Lastly, it was irradiated at 9 joules in group 4, likewise in the infrared spectrum, for 90 seconds at each point (totaling 63 joules). The experimental groups received therapeutic light immediately before the vocal technique at seven specific anatomical points on the neck (in both hemilarynges) to reach the topography of the anterior commissure of the larynx and the thyroarytenoid, lateral cricoarytenoid, and cricothyroid muscles. After irradiation, participants performed the voiced tongue trill technique for 3 minutes. The auditory-perceptual evaluation of voice, acoustic analysis, and self-perceived phonatory effort, measured before and immediately after intervention, were the outcome variables. Five experienced speech-language-hearing pathologists, blinded to the intervention and moment of assessment, conducted the comparative auditory-perceptual evaluation in pairs. The following parameters were selected for the acoustic analysis: jitter, period perturbation quotient (PPQ), shimmer, amplitude perturbation quotient (APQ), noise-to-harmonic ratio (NHR), vowel /a/ maximum phonation time (MPT), and vowel /a/ and linked speech cepstral peak prominence (CPP) and cepstral peak prominence-smoothed (CPPS). The self-perceived phonatory effort was analyzed with the CR10-BR Borg Scale after the procedures, when participants answered on a Likert-type scale, ranging from "0: no vocal effort" to "10: maximum effort". Study 3 (phase 2), entitled "Immediate effects of photobiomodulation with low-level LASER in women with vocal and laryngeal changes", comprised 30 women diagnosed with behavioral dysphonia secondary to glottal gaps or benign vocal fold lesions, randomized into two groups: placebo group (using the equipment without energy emission followed by the voice tongue trill

technique for 5 minutes); and experimental group, in which the infrared LASER was applied at 9 joules (totaling 63 joules) for 90 seconds at seven points on the neck, according to the protocol established in phase 1 of the research, followed by the voice tongue trill technique for 5 minutes. Voices were recorded before and immediately after procedures and submitted to auditory-perceptual evaluation and acoustic analysis. Four experienced speech-language-hearing therapists performed the auditory-perceptual evaluation of voice with a numerical scale. The acoustic analysis addressed the jitter, PPQ, shimmer, APQ, NHR, MPT, and CPPS of linked speech and sustained vowel and extracted the multiparametric index (AVQI). The self-perceived phonatory effort was analyzed with the CR10-BR Borg Scale. Four otorhinolaryngologists independently evaluated the laryngeal images by comparing them in pairs. **Results:** The results of study 1 demonstrated that Brazil is the leader in publications. There is a large concentration of studies focused on oral motor therapy, and their first authors mostly had a physical therapy, medical, or dental degree. The results of study 2 indicated that the infrared LASER at 9 joules per point before exercise improved acoustic measures of shimmer and APQ in normophonic women. Furthermore, there was no significant sensation of worsened voice production. In study 3, the findings demonstrated increased vowel MPT and CPPS, decreased phonatory effort, and improved vocal fold vibration parameters. **Conclusions:** The results suggest that photobiomodulation brings benefits in different disorders treated by speech-language-hearing pathologists. However, given the methodological diversity, the data in the literature are controversial, and the evidence is questionable. The energy of 9 J (total of 63 joules) in the larynx may be a therapeutic window to be recommended in voice clinical practice in light-skinned women without vocal or laryngeal disorders, with normal body mass index. Moreover, these are promising dosimetric parameters with a possible enhancing effect on vocal results in the treatment of dysphonic women.

**Keywords:** Larynx; Dysphonia; Rehabilitation; Low-Level Light Therapy; Voice

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ADP	Adenosina Difosfato
ATP	Adenosina Trifosfato
AVQI	Acoustic Voice Quality Index
CAL	Cricoaritenóideo Lateral
CCO	Citocromo C Oxidase
CFFa	Conselho Federal de Fonoaudiologia
CPPS	Cepstral Peak Prominence-Smoothed
CSID	Cepstral Spectral Index of Dysphonia
DTM	Disfunção Temporomandibular
ECR	Ensaio Clínico Randomizado
EROS	Espécies Reativas de Oxigênio
ETVSO	Exercício de Trato Vocal Semiocluído
EVA	Escala Visual Analógica
$f_0$	Frequência fundamental
GRBASI	Grau geral; Rugosidade; Soprosidade; Astenia; Tensão; Instabilidade
ILIB	Irradiation Laser Intravenous of Blood
K	potássio
J	Joules
$J/cm^2$	Joules por centímetros quadrados
LBI	Laser de Baixa Intensidade
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
LED	Light Emitting Diode
LBP	LASER de baixa potência
mW	miliWatt
$mW/cm^2$	miliWatt por centímetro quadrado
Na <sup>+</sup>	sódio
nm	nanômetro
NO	óxido nítrico
PBMT	Terapia por fotobiomodulação

PPVV	Pregas vocais
TA	Tireoaritenoideo
TMO	Terapia miofuncional orofacial
TVSL	Técnica de vibração sonorizada de língua
W	watt
W/cm <sup>2</sup>	watt por centímetro quadrado

## LISTA DE FIGURAS

### REFERENCIAL TEÓRICO

Figura 1. Espectro eletromagnético.....	25
Figura 2. Representação esquemática de Arndt-Schultz em que (a) representa repouso (condição pré-limiar, sem ativação biológica); (b) representa bioestimulação (ativação de processos biológicos, uma “janela terapêutica”); e (c) bionibição: inibição de processos biológicos.....	32

### ARTIGO 1

Figura 1. Seleção e análise de artigos.....	61
Figura 2. Número de publicações por país.....	62
Figura 3. Número de publicações por ano.....	63
Figura 4. Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação relacionados à área de Audiologia.....	65
Figura 5. Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação relacionados à área de Linguagem.....	66
Figura 6. Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação relacionados à área de Motricidade Orofacial (tratamento de Disfunções Temporomandibulares).....	67
Figura 7. Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação relacionados à área de Motricidade Orofacial (tratamento de Fissuras Mamilares).....	68
Figura 8. Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação relacionados à área de Motricidade Orofacial (tratamento de Paralisia Facial).....	69
Figura 9. Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação relacionados à área de Voz....	70

### ARTIGO 2

Figura 1. Study groups.....	88
Figura 2. Low-level laser application on the larynx.....	89
Figura 3. Schematic representation of the laser application points in the larynx.....	90
Figura 4. Flowchart of the study stages.....	91

### ARTIGO 3

Figura 1. Seleção da amostra.....	121
Figura 2. Aplicação do LASER de baixa potência na laringe.....	123

Figura 3. Representação esquemática dos pontos de aplicação do LASER na laringe. .....	124
Figura 4. Etapas envolvidas no estudo.....	125

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

### REFERENCIAL TEÓRICO

Quadro 1. Parâmetros envolvidos na determinação da "medicação" em fotobiomodulação.....	29
Quadro 2. Parâmetros envolvidos na determinação da "dose" em fotobiomodulação .....	30

### ARTIGO 2

Table 1. Photobiomodulation parameters with low-level laser .....	89
Table 2. Comparison of auditory-perceptual evaluation results between groups .....	94
Table 3. Acoustic measures before and after VTTT alone (placebo laser).....	95
Table 4. Acoustic measures before and after VTTT in combination with 3 J energy.	96
Table 5. Acoustic measures before and after VTTT in combination with 6 J energy.	97
Table 6. Acoustic measures before and after VTTT in combination with 9 J energy.	98
Table 7. Comparison of acoustic measures between groups after the experiment...	99
Table 8. Vocal effort evaluation result in comparison between groups.....	100

### ARTIGO 3

Tabela 1. Parâmetros de fotobiomodulação com LASER de baixa potência .....	122
Tabela 2. Resultado da análise perceptivo-auditiva pela Escala Visual Analógica em comparação entre os grupos experimental e placebo.....	130
Tabela 3. Análise comparativa do tempo máximo de fonação nos grupos experimental e placebo .....	130
Tabela 4. Análise comparativa de medidas cepstrais e índices multiparamétricos entre grupos experimental e placebo .....	131
Tabela 5. Análise de autopercepção de esforço fonatório nos grupos experimental e placebo .....	132
Tabela 6. Análise comparativa entre grupos experimental e placebo na análise perceptivo-visual da laringe.....	132

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	25
2.1	Terapia por fotobiomodulação e LASER de baixa potência .....	25
2.1.1	Princípios gerais .....	25
2.1.2	Parâmetros de irradiação .....	28
2.1.3	Resposta bifásica dose-dependente na Terapia por fotobiomodulação .....	31
2.1.4	Fundamentos ópticos, fotoquímicos e fotobiológicos do LASER de baixa potência .....	34
2.1.5	Penetração da luz na pele e interação com tecidos biológicos .....	35
2.1.6	Terapia por fotobiomodulação e respostas musculares .....	38
2.1.7	LASER de baixa potência e Fonoaudiologia .....	43
2.1.7.1	Fotobiomodulação aplicada em laringe: modulação da inflamação e cicatrização .....	45
2.1.7.2	LASER de baixa potência e voz .....	47
2.2	Reabilitação vocal convencional .....	50
2.2.1	Técnica de vibração sonorizada de língua .....	50
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES</b> .....	53
3.1	Hipóteses gerais .....	53
3.2	Estudo Fase 1 .....	53
3.3	Estudo Fase 2 .....	53
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	54
4.1	Objetivo geral .....	54
4.2	Objetivos específicos .....	54
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	55
5.1	Artigo 1 .....	56
5.2	Artigo 2 .....	81
5.3	Artigo 3 .....	112
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	145
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	147



<b>ANEXOS</b> .....	159
ANEXO 1- Resolução que regulamenta formato de teses do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas da UFMG .....	160
ANEXO 2 – Aprovação do Comitê de ética e Pesquisa da UFMG .....	162
ANEXO 3 – Escala Borg CR10-BR adaptada para esforço vocal.....	166
ANEXO 4 – Escala de Sintomas Vocais.....	167
ANEXO 5 – Escala de Fitzpatrick.....	168
ANEXO 6 – AVALIAÇÃO VISO-PERCEPTIVA DE IMAGENS LARÍNGEAS .....	169
<b>APÊNDICES</b> .....	170
APÊNDICE 1: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (mulheres vocalmente saudáveis) .....	170
APÊNDICE 2:TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (mulheres com queixas/alterações vocais) .....	173
APÊNDICE 3: ANAMNESE E AVALIAÇÃO VOCAL.....	176

## 1 INTRODUÇÃO

A produção vocal é o produto do conjunto de processos fisiológicos correlacionados a fenômenos aerodinâmicos, mecânicos e acústicos resultante da interação complexa de músculos da laringe, vias aéreas inferiores e trato vocal<sup>1,2</sup>. O sistema vocal humano inclui os pulmões e as vias aéreas inferiores que fornecem pressão e fluxo de ar, as pregas vocais cuja vibração modula o fluxo de ar e produz a fonte sonora e o trato vocal que modula os sons da voz<sup>1</sup>. Fisiologicamente, a dinâmica do fluxo aéreo glótico, as pregas vocais e suas propriedades biomecânicas e a geometria do trato vocal podem definir parâmetros vocais a partir de ajustes feitos por meio da ativação da musculatura laríngea que controla a configuração glótica<sup>3-5</sup>. Especificamente em relação à musculatura intrínseca, as fibras musculares laríngeas apresentam contração rápida e resistência à fadiga, sendo que as vias bioenergéticas demonstram alto conteúdo mitocondrial mediante demandas funcionais especializadas da laringe<sup>2-5</sup>.

A qualidade da voz é um fenômeno complexo com manifestação multidimensional cuja gênese de distúrbios ou disfonia está relacionada a fatores comportamentais, orgânicos ou combinados mediante diferentes fatores etiológicos<sup>6-8</sup>. Etiologicamente, as disfônias comportamentais derivam de eventos fonotraumáticos decorrentes de comportamentos abusivos ou uso indevido da voz, técnica vocal deficiente e/ou desequilíbrio muscular, com ou sem envolvimento psicoemocional. Já as disfônias orgânicas são resultantes de lesões em músculos ou nervos que controlam a fonação e independem do comportamento vocal<sup>8</sup>.

A disfonia afeta quase um terço da população em algum momento de sua vida<sup>9</sup>. Estudos epidemiológicos relatam prevalência entre 2% e 17% na população geral com estimativa de até 44% em profissionais que são mais propensos ao desenvolvimento de distúrbios vocais mediante alta demanda vocal<sup>10-11</sup>.

De maneira geral, a intervenção fonoaudiológica na clínica vocal pode incluir a reabilitação das disfônias ou o treinamento para o aperfeiçoamento comunicativo<sup>12</sup>. No contexto da reabilitação, a terapia de voz é recomendada como tratamento de primeira linha em lesões benignas de pregas vocais, na qual a adesão ao tratamento e demanda vocal ocupacional são fatores prognósticos para resultados<sup>12,13</sup>. Na

literatura, é reportado um amplo escopo de intervenções, baseado em exercícios, técnicas e programas selecionados de acordo com tipo e grau de desvio da voz dos distúrbios vocais<sup>12</sup>. Abordagens terapêuticas visando melhora do desempenho muscular e tratamento de distúrbios da voz constituem uma prática amplamente difundida na clínica fonoaudiológica, em que a necessidade de elucidação das modificações vocais e laríngeas mediante intervenções específicas tem aumentado gradativamente a realização de pesquisas nos últimos anos<sup>13-18</sup>. Embora a terapia de voz leve a resultados vocais positivos, ainda não está claro quais abordagens específicas dentro da terapia são eficazes<sup>14</sup>.

Recentemente, novas abordagens, denominadas taxonomia da terapia vocal e sistema de especificação de intervenção surgiram como propostas de descrição e classificação das intervenções, além de padronização de terminologia, a fim de fornecer melhor compreensão dos componentes terapêuticos que proporcionam ganhos específicos para cada aspecto vocal tratado, tornando possível realização de estudos que estabeleçam protocolos de procedimentos específicos para cada distúrbio da voz<sup>19,20</sup>.

O uso de exercícios vocais promove equilíbrio entre a tríade dos subsistemas de respiração, fonação e ressonância, além de fortalecimento, resistência e flexibilidade à musculatura laríngea a partir de uma abordagem fisiológica que permite manipulação de estruturas anatômicas e da fisiologia subjacente à produção vocal<sup>16,21</sup>. Dentre os vários exercícios reportados na literatura, podemos citar aqueles que compõem a Técnica dos Sons Vibrantes, com destaque para o exercício de vibração sonorizada de língua com ampla aplicabilidade clínica<sup>21</sup>. Suas principais indicações são aquecimento vocal, uso ocupacional da voz, disfonias hipercinéticas e lesões de massa em pregas vocais<sup>21</sup>. A literatura elenca como os principais efeitos desta técnica vocal: suavização do contato entre as pregas vocais, equilíbrio das pressões sub e supraglótica, otimização do movimento muco-ondulatório e aumento da resistência vocal<sup>21</sup>. Estudos recomendam tempo de execução com melhores respostas no terceiro minuto em mulheres normofônicas e, cinco minutos em caso de disфонia secundária a nódulos vocais, lesões tipicamente femininas<sup>22,23</sup>.

Outras abordagens podem potencializar o ganho terapêutico no treinamento vocal seja nos casos de habilitação ou reabilitação, como o uso da terapia por

fotobiomodulação (PBMT), uma modalidade terapêutica em avanço na Fonoaudiologia. A PBMT é uma forma de terapia luminosa não invasiva que utiliza formas não ionizantes de fontes de luz de LASER (Amplificação da Luz por Emissão de Radiação Estimulada) e LED (Diodo Emissor de Luz) nos espectros visível e infravermelho. Uma vez absorvida em células humanas, principalmente em nível mitocondrial, a luz desencadeia eventos fotofísicos e fotoquímicos em várias escalas biológicas com consequente aumento no potencial de membrana e síntese de adenosina trifosfato (ATP) com pico de resposta entre três e seis horas após estimulação<sup>24,25</sup>.

Mais recentemente, a fotobiomodulação com LASER de baixa potência (LBP) tem ganho atenção dos profissionais da área de saúde e pesquisadores mediante às múltiplas aplicações e evidências de resultados positivos no tratamento de condições fisiopatológicas diversas a partir da ação biomoduladora da luz. Os efeitos mais citados são analgesia<sup>26</sup>, modulação do processo inflamatório<sup>27</sup>, aceleração de processo cicatricial<sup>28</sup>, melhora do desempenho muscular, ganho de força e redução de fadiga<sup>29</sup>.

Na Fonoaudiologia, a literatura traz informações a respeito de analgesia no tratamento de Disfunção Temporomandibular (DTM)<sup>30</sup>, efeitos imediatos na fadiga do músculo orbicular da boca<sup>31</sup> e na voz<sup>32</sup>. Além disso, pesquisadores tem se engajado a realizar levantamentos acerca do conhecimento do fonoaudiólogo brasileiro quanto à utilização da PBMT além de desenvolver um consenso acerca dos critérios de recomendação para aplicação da luz terapêutica na clínica vocal, a partir de diretrizes pautadas na prática baseada em evidências<sup>33</sup>. Nesse sentido, espera-se fornecer suporte ao exercício profissional com eixos norteadores para um melhor direcionamento clínico.

Especificamente em relação à aplicação da PBMT em região de laringe, são encontrados estudos que investigaram os efeitos da aplicação do LASER em pregas vocais in vitro e in vivo, com evidências que sugerem modulação dos processos inflamatório e cicatricial em tecidos da laringe<sup>34-36</sup>. Apenas um estudo avaliou a resposta da terapia de luz de baixa potência com utilização de LED para irradiação no tratamento da fadiga vocal em 16 indivíduos vocalmente saudáveis<sup>32</sup>. Apesar de melhora nas medidas acústicas, aerodinâmicas e perceptivo-auditivas, os autores

sugerem que trabalhos futuros sejam realizados para determinar doses ideais de luz e quais os comprimentos de onda são mais eficazes<sup>32</sup>.

Embora haja uma impressão clínica sobre benefícios terapêuticos na voz, pesquisas ainda são incipientes e faltam dados que demonstrem sua eficácia na prática vocal<sup>32,34-36</sup>. A literatura classifica as pesquisas experimentais na área da Ciência da Reabilitação em cinco fases: 1) Fase 0 compreende pesquisas observacionais que objetivam definir a prevalência e variáveis associadas a uma determinada condição clínica; 2) Fase 1 são pesquisas experimentais com delineamento de sujeito único sem a condição clínica para avaliar a segurança e efeito da dose de uma determinada intervenção clínica; 3) Fase 2 são pesquisas experimentais com delineamento de sujeito único com a condição clínica para analisar o efeito da intervenção no quadro clínico do sujeito de pesquisa; 4) Fase 3 são estudos experimentais do tipo Ensaios Clínicos Randomizados (ECR) para avaliar a eficácia de uma intervenção; e 5) Fase 4 são estudos em população heterogênea sobre a efetividade de uma intervenção e sua aplicabilidade em políticas públicas<sup>37</sup>.

Considerando que as pesquisas de Fase 1 e 2 são importantes para fomentar o desenvolvimento de estudos futuros com níveis de evidência mais elevados, para a consecução do estudo, duas etapas foram seguidas conforme as pesquisas experimentais na área da Ciência da Reabilitação<sup>37</sup>, na qual a Fase 1 compreendeu análise de segurança do uso da PBMT e dose para biomodulação na clínica vocal e; Fase 2 que se propôs a analisar efeito imediato da PBMT em mulheres disfônicas.

Com intuito de aproximar a ciência da rotina clínica, a análise de efeito imediato do LBP na voz nos permitirá maior direcionamento para tomada de decisão, para desenvolvimento de protocolos e identificação de melhores práticas, além de subsidiar pesquisas futuras de delineamentos com maiores níveis de evidência<sup>37</sup>.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse capítulo está estruturado de acordo com assuntos que fundamentam o presente estudo.

### 2.1 Terapia por fotobiomodulação e LASER de baixa potência

#### 2.1.1 Princípios gerais

A luz é uma energia eletromagnética cuja emissão ou transmissão de energia ocorre na forma de ondas a partir da vibração de partículas (fótons) que cria uma perturbação nos campos elétrico e magnético<sup>38</sup>. A luz visível aos olhos humanos é uma pequena porção do espectro entre 400-700 nanômetros (nm) que juntamente com a luz ultravioleta (100-400 nm) e infravermelha (750 nm a 1 milímetro), compõe a região óptica de todo o espectro<sup>38,39</sup>.

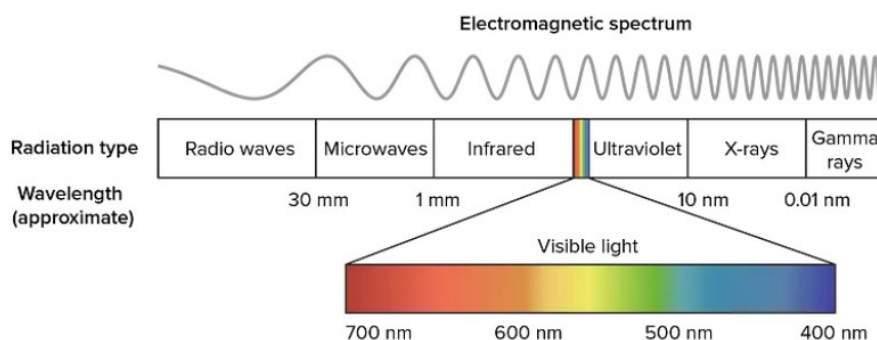


Figura 1 – Espectro eletromagnético

Legenda: nm- nanômetros; mm- milímetros

Fonte: <https://medium.com/ciencia-descomplicada/super-poderes-10-raio-x-8b3fb4812997>

O estudo da natureza da luz, dos fenômenos luminosos, assim como o desenvolvimento de aplicações terapêuticas ocorre desde a antiguidade, sendo que o emprego da luz solar sobre os sistemas biológicos se iniciou desde os primórdios<sup>40</sup>. A terapia de fotobiomodulação é o termo mais preciso para a aplicação terapêutica de luz de baixa intensidade e se refere a abordagens baseadas no princípio de mudanças

biológicas secundárias a interações de fótons de luz com moléculas nas células ou tecidos<sup>40-42</sup>. É uma forma de terapia com efeitos não térmicos que utiliza fontes não ionizantes de luz, cujos tratamentos com LASER ou LED são realizados tipicamente com densidade de potência (ou intensidade) entre 5 a 500 mW/cm<sup>2</sup> (miliwatts por centímetro quadrado) e comprimentos de onda de visível e infravermelho próximo, em onda contínua ou uma luz pulsada, consistindo de uma dose (fluência) relativamente baixa, entre 0,5 e 50 J/cm<sup>2</sup> (joules por centímetro quadrado)<sup>42</sup>.

A PBMT tem sido amplamente utilizada por mais de 50 anos, sendo que a partir da invenção do LASER em 1960, a terapia com luz tornou-se uma modalidade de tratamento amplamente difundida em uma variedade de aplicações clínicas<sup>26-28</sup>. O termo LASER se origina de um acrônimo "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" que significa "Amplificação da Luz por Emissão de Radiação Estimulada"<sup>40</sup>. Apesar de o LASER só ter sido inventado em 1960, o conceito físico de seu funcionamento foi pesquisado nas duas primeiras décadas do século XX, com o desenvolvimento da física ou teoria quântica<sup>43</sup>. Em 1917, Einstein desenvolveu a teoria quântica e, deste modo, lançou os fundamentos da invenção do LASER ao propor o conceito de emissão estimulada<sup>43</sup>. De acordo com a mecânica quântica, os átomos encontram-se, de forma preferencial, no estado fundamental que é o estado de menor energia e, por isso, o mais estável. Quando o átomo recebe um fóton (=energia) passa a um estado excitado, instável e tende a emití-lo o mais rapidamente possível para regressar novamente ao seu estado estável. Ou seja, quando os elétrons em um átomo estão no estado de maior energia (excitado), eles podem mudar para o estado de menor energia espontaneamente ou podem ser estimulados com emissão de fótons iniciais a partir de uma fonte externa de energia. Os fótons reemitidos pelos átomos adjacentes são idênticos aos fótons estimulantes, o que desencadeia um efeito cascata com estimulação de átomos vizinhos e "amplificação da radiação"<sup>43-45</sup>.

A luz do LASER carrega altas concentrações de energia mediante três aspectos que a diferenciam de outras fontes de luz: monocromaticidade, coerência e colimação<sup>40,46-47</sup>. A luz monocromática é composta por fótons ou partículas de energia com o mesmo comprimento de onda, sendo uma luz pura é composta de uma única cor. A radiação LASER, além de possuir um único comprimento de onda, apresenta

coerência, isto é, as ondas se propagam no mesmo espaço e mesmo tempo. E o efeito colimado apresenta todas as ondas sempre paralelas entre si, não divergentes e concentradas, ou seja, são capazes de percorrer longas distâncias sem dispersão<sup>40,44,46</sup>.

Todo equipamento LASER possui três elementos essenciais: (1) o meio LASER, como dióxido de carbono, de argônio, de hélio-neônio, diodos semicondutores, como o de arseneto de gálio e alumínio, entre outros; (2) a fonte de excitação, que elevará as moléculas ou átomos do meio de irradiação LASER do estado de repouso até um estado de excitação, cujo retorno ao estado de repouso gera a emissão espontânea de um fóton; e, por fim, (3) dois espelhos, situados nas extremidades de uma câmara ressonante, que refletem a luz emitida de volta às moléculas ou átomos do meio<sup>47</sup>. Dessa maneira, o funcionamento desses três elementos gera uma emissão de luz que, ao incidir sobre outras moléculas ou átomos do meio, acaba por elevar ao estado de excitação novos elétrons que estavam em órbitas menores, os quais, por sua vez, ao retornarem ao estado de repouso, liberam novos fótons, ou seja, novas ondas de luz, que incidirão sobre outros átomos em repouso, formando uma reação em cadeia<sup>47</sup>.

Conhecido pelos efeitos biomoduladores que provocam mudanças fotofísicas e bioquímicas dentro células em várias escalas biológicas, o processo da irradiação resulta em efeitos terapêuticos positivos, incluindo analgesia, modulação da inflamação e promoção de regeneração tecidual<sup>26-28,42</sup>. Comprimentos de onda na faixa de 600 a 700 nm são usados para tratar tecidos superficiais e comprimentos de onda mais longos, na faixa de 780-950 nm, que penetram mais, são usados para tratar tecidos mais profundos<sup>39</sup>. Além dos fatores inerentes do LASER, a interação com tecido biológico será influenciada pelas características peculiares de cada tecido, principalmente aquelas que controlam as reações moleculares e bioquímicas, como coeficientes de absorção e espalhamento do tecido, índice de refração, tipos de célula, perfusão sanguínea, condução térmica, oxigenação do tecido, inflamação, infecção ou necrose<sup>47</sup>.

A tendência dos tratamentos na área de saúde é a incorporação de métodos menos invasivos, como aplicação da luz terapêutica com a finalidade de minimizar a dor e o desconforto após procedimentos, além de utilizar os recursos como adjuvantes



a tratamentos já estabelecidos após as intervenções. Por isso, acredita-se que a fotobiomodulação seja uma excelente opção de tratamento por provocar efeitos benéficos nos tecidos irradiados, como ativação da microcirculação, produção de novos capilares, efeitos anti-inflamatórios e analgésicos, além de estímulo ao crescimento e à regeneração celular<sup>26,27,47</sup>.

### 2.1.2 Parâmetros de irradiação

Para que seja possível alcançar a resposta biológica desejada, é necessário que a energia luminosa interaja com os tecidos e seja capaz de desencadear reações celulares e teciduais<sup>46</sup>. Ao incidir sobre um tecido biológico, o feixe luminoso poderá ser refletido, transmitido, espalhado ou absorvido<sup>46,48</sup>. Na reflexão, o feixe de luz incide, porém, é refletido pela superfície, sendo redirecionado para fora, sem efeito sobre o tecido alvo. Na transmissão, a luz passa através do tecido sem apresentar interação com ele. No espalhamento, há uma mudança na direção dos fótons no interior do tecido, sendo espalhada por uma vasta área. E a absorção da luz ocorre quando um fóton interage com um átomo ou molécula e toda a energia do fóton é transferida para a estrutura e captada pelo tecido, ocorrendo a ressonância com o cromóforo absorvedor<sup>40,46,49</sup>.

A resposta biológica sofre influência de algumas variáveis, como as características ópticas específicas da região que está sendo irradiada, além dos parâmetros de irradiação<sup>48</sup>. A administração de qualquer terapia medicamentosa é baseada em diversos parâmetros como o cálculo da dose a ser prescrita, o tempo, a frequência de uso do medicamento, o princípio ativo deste, as características da patologia em questão, o quadro clínico do paciente, dentre outros<sup>49</sup>. Da mesma maneira, o LASER também tem parâmetros de modulação ou irradiação que devem ser devidamente prescritos. A literatura aponta que a dosimetria é melhor descrita em duas partes, considerando a prescrição da fotobiomodulação similar à terapia medicamentosa, ou seja, os parâmetros de irradiação seriam “o medicamento” e como a luz é fornecida, “a dose”<sup>39,40,49</sup>.

Os parâmetros de irradiação são comprimento de onda, potência, área do feixe e estrutura do pulso e os parâmetros de dose, a energia, densidade de energia,

intervalo de tratamento, tempo de irradiação e área tratada<sup>39,40,49</sup>. A dosimetria de luz depende em certa medida das características específicas de cada paciente (como cor da pele) e do tecido fisiológico (quantidade de gordura subcutânea) e, desta forma, as características da luz terapêutica alinhadas aos fatores específicos do paciente tornam a dosimetria na PBMT bastante complexa<sup>50</sup>.

Para que o PBMT seja eficaz, os vários parâmetros prescritos precisam estar dentro de uma janela terapêutica (faixa ótima para biomodulação) e ser aplicado por um período de tempo adequado<sup>39,49</sup>. Os parâmetros mais importantes em relação à fonte de luz e a “medicação” são descritos nos quadros a seguir<sup>39,49</sup>.

### Quadro 1. Parâmetros envolvidos na determinação da "medicação" em fotobiomodulação

Parâmetros	Unidade de medida	Definições
Comprimento de onda	nanômetros (nm)	Representa a extensão espacial de um ciclo completo de uma onda, ou seja, consiste na distância entre dois picos (ponto mais alto) ou dois vales (ponto mais baixo) de cada onda. A unidade representa uma fração do metro, na qual 1 nm corresponde à $10^{-9}$ metros. É considerado um dos parâmetros mais importantes da fotobiomodulação, pois determina quais moléculas absorverão a radiação aplicada
Potência	W (watts)	É a quantidade de energia emitida por unidade de tempo e pode ser calculada como: Potência (W) = $\frac{\text{energia (J)}}{\text{tempo (s)}}$
Densidade de Potência	W/cm <sup>2</sup>	Frequentemente chamada de intensidade ou irradiância, consiste na potência de saída por unidade de área de irradiação. É calculada como: Densidade de Potência = $\frac{\text{Potência (W)}}{\text{área (cm}^2\text{)}}$

Legenda: nm: nanômetros; J: joule; s:segundos W (watts); w/cm<sup>2</sup>: watts por centímetro quadrado

O comprimento de onda de uma fonte terapêutica tem grande importância, por assegurar a absorção dos fótons incidentes em dada profundidade, sendo provavelmente uma das considerações mais importantes em biomodulação porque

sem absorção, não pode haver reação<sup>51</sup>. A absorção da luz depende da quantidade de cromóforo presente no tecido e da correspondência entre o comprimento de onda utilizado e as características de absorção daquele cromóforo<sup>52</sup>. A profundidade de penetração tecidual depende da absorção e da dispersão, na qual a dispersão da energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda. E quanto maior o comprimento de onda, mais profunda é a penetração da energia do LASER. Comprimentos de onda entre 300 e 400 nm dispersam mais e penetram menos e entre 1.000 e 1.200 nm dispersam menos e penetram mais<sup>47</sup>.

Os parâmetros mais importantes em relação à fonte de luz e a “dose” são descritos nos quadros a seguir<sup>39,49</sup>.

#### **Quadro 2. Parâmetros envolvidos na determinação da "dose" em fotobiomodulação**

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidade de medida</b>	<b>Definições</b>
Energia	Joules (J)	Energia total emitida, transferida ou recebida como radiação eletromagnética. Calculada como: Energia (J) = Potência (W) x tempo (s)
Densidade de energia	J/cm <sup>2</sup>	Fluência ou dose consiste na energia total transmitida por um feixe de luz por unidade de área. Para cálculo, utiliza-se a seguinte fórmula: $\text{Fluência (J/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Potência (W)} \times \text{tempo (s)}}{\text{área (cm}^2\text{)}}$
Total de tempo de irradiação	Segundos (seg)	Tempo total de irradiação é o intervalo de tempo permitido para entrega da energia  Tempo (s) = Densidade de energia (J/cm <sup>2</sup> ) x área do spot (cm <sup>2</sup> )

Legenda: J: joule; J/cm<sup>2</sup>: joule por centímetro quadrado; s:segundos W: watts

Os efeitos de diferentes intervalos de tratamento são pouco explorados, embora haja evidências suficientes para sugerir que este é um parâmetro importante<sup>39,49</sup>. Geralmente, os tratamentos requerem pelo menos duas intervenções por semana durante várias semanas para atingir significância clínica<sup>39,49</sup>.

### 2.1.3 Resposta bifásica dose-dependente na Terapia por fotobiomodulação

Estudos clínicos mostraram que PBMT tem uma ampla gama de benefícios em várias populações de pacientes, diferentes indicações e condições sem risco de efeitos adversos significativos<sup>26,53,54</sup>.

Desde a década de 1960 com a invenção do LASER, o campo da terapia com luz tem sido conflitante por inconsistências nos resultados clínicos devido a variáveis como a complexidade das interações biofotônicas com sistemas biológicos que medeiam as respostas terapêuticas e que necessitam de ser abordadas rigorosamente<sup>55</sup>. Uma grande limitação das pesquisas é relatar dosagem e parâmetros de entrega da luz, que precisam de ser cuidadosamente explorados em relação aos cenários anatômicos e fisiopatológicos<sup>56</sup>.

Está bem estabelecida a existência de uma curva dose-resposta em que doses ou fluências ( $J/cm^2$ ) baixas podem trazer efeitos estimulatórios, enquanto que entrega excessiva de luz pode não gerar nenhum resultado significativo ou resultar em efeitos inibitórios indesejados<sup>57</sup>. Essa resposta bifásica à dose segue a "Lei de Arndt-Schultz" que postula que todo estímulo em uma célula viva elicia uma atividade, que é inversamente proporcional à intensidade do estímulo<sup>58,59</sup>. Em 1887, Hugo Schultz publicou um artigo mostrando que vários venenos em doses baixas têm um efeito estimulador no metabolismo da levedura quando administrados em doses baixas. Então, mais tarde, com Rudolph Arndt, eles desenvolveram o princípio afirmando que um estímulo fraco acelera levemente a atividade, estímulos mais fortes aumentam ainda mais, mas um pico é alcançado até que a resposta seja suprimida, ou seja, doses adequadas de energia irradiada resultam em efeitos positivos sobre células, enquanto subdoses não apresentam resultados e overdoses podem inibir os processos celulares<sup>39,57-59</sup>. Nesse sentido, estudos referem que a estimulação de processos biológicos ocorre em níveis relativamente baixos de densidade de energia ou de potência, em que o efeito positivo diminui à medida que a dose é aumentada e os efeitos inibitórios predominam eventualmente, o que piora o quadro clínico em doses muito altas<sup>39,41,57-60</sup>(Figura 2).

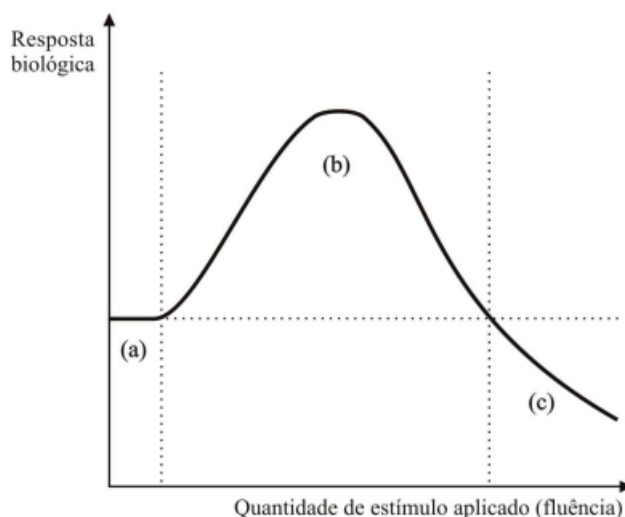


Figura 2 – Representação esquemática da Lei de Arndt-Schultz em que (a) representa repouso (condição preliminar, sem ativação biológica); (b) representa bioestimulação (ativação de processos biológicos, uma “janela terapêutica”); e (c) bionibição: inibição de processos biológicos. FONTE: Bossini, 2007<sup>(60)</sup>

Em nível celular, as teorias atuais sugerem que o potencial de membrana mitocondrial, tendo atingido um máximo na dose ótima, diminui de volta à linha de base e pode ser reduzido abaixo da linha de base por doses excessivas de luz<sup>57</sup>. As reservas de ATP dentro da célula começam a ser esgotadas por doses muito altas de luz comprometendo a função celular positiva. Isso porque a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (ERO) pode ser tóxica, a liberação de óxido nítrico (NO) livre pode danificar as células e a ativação de uma via de sinalização mitocondrial citotóxica pode levar à apoptose<sup>57</sup>. Logo, em níveis muito altos de irradiação, o esgotamento das reservas de energia celular ou níveis excessivos dos fatores mencionados acima tornam-se tão significativos que o metabolismo celular reduz abaixo dos níveis normais e a função é realmente inibida, levando à morte celular<sup>57</sup>.

Para determinar os efeitos dose-resposta da terapia de baixa potência em capacidade metabólica oxidativa do músculo esquelético, ratos foram expostos a três doses de LED no comprimento de onda vermelho nos músculos temporais para análise da atividade da citocromo oxidase (CCO) 24 horas após a irradiação. Das três doses testadas (10,8; 21,6 e 32,42 J/cm<sup>2</sup>), a dose intermediária (21,6 J/cm<sup>2</sup>) induziu o maior aumento (30%) da atividade média da CCO em comparação com a controle não tratado. Em contraste, a dose mais baixa (10,8 J/cm<sup>2</sup>) induziu um aumento de 23%,

enquanto o grupo de dose mais alta ( $32,4 \text{ J cm}^2$ ) produziu um aumento de atividade de apenas 8% da enzima. Os dados sugerem existência de uma curva dose-resposta típica em que doses baixas e altas produzem respostas que são menos robustas em comparação com doses médias<sup>61</sup>.

Na perspectiva de modulação de processo inflamatório e controle algico, a eficácia de três diferentes dosimetrias de fotobiomodulação no tratamento de pacientes com disfunção temporomandibular foi estudada. Trata-se de um ensaio clínico randomizado, duplo-cego, controlado por placebo com 44 indivíduos divididos nos grupos  $8 \text{ J/cm}^2$ ,  $60 \text{ J/cm}^2$ ,  $105 \text{ J/cm}^2$  e controle. Dor, gravidade dos sintomas e mobilidade articular foram avaliadas antes e após um protocolo de dez sessões de fotobiomodulação com LASER (830 nm; a densidade de potência de  $30 \text{ mW/cm}^2$ ). O tratamento foi eficaz por reduzir dor e sintomas da disfunção temporomandibular em todas as doses testadas, porém, apenas a dose de  $8 \text{ J/cm}^2$  foi efetiva quanto à máxima abertura e protrusão da mandíbula<sup>62</sup>.

Os efeitos imediatos e de curto prazo do LED na intensidade da dor e movimentos mandibulares também foram pesquisados em 60 mulheres com DTM tratadas com luz nos espectros vermelho e infravermelho (doses de 2,62 J; 5,24 J; 7,86 J) nos músculos masséter (três pontos) e temporal (dois pontos) bilateralmente em sessão única. Houve uma redução significativa na intensidade da dor entre 24 e 48 horas após irradiação nas três doses testadas, sem diferenças no movimento mandibular<sup>63</sup>.

É extremamente importante que protocolos corretos sejam desenvolvidos que incluam o comprimento de onda apropriado, a dose, a densidade de potência ou irradiância, densidade de energia ou fluência, profundidade do tecido a ser tratado, tempo de irradiação, tamanho do ponto do feixe atingindo a superfície do tecido alvo, bem como a frequência e número de sessões para evitar controvérsias e empirismo nas conclusões<sup>57</sup>.

A literatura aponta com eloquência que apesar de haver um progresso contínuo significativo e avanços na fotobiomodulação, a padronização e análises rigorosas dos parâmetros de irradiação são inestimáveis para aumentar a clareza e impulsionar o progresso crítico no campo, movendo a PBMT em direção a uma legitimidade<sup>56</sup>.

#### 2.1.4 Fundamentos ópticos, fotoquímicos e fotobiológicos do LASER de baixa potência

Como organelas fontes de energia celular, as mitocôndrias geram ATP utilizando o potencial de gradiente eletroquímico de prótons gerado pela redução de elétrons através da cadeia respiratória<sup>64</sup>. Embora os mecanismos celulares da fotobiomodulação ainda não sejam totalmente compreendidos, a teoria mais aceita é a de que a luz atue sobre as mitocôndrias no intuito de aumentar a produção de ATP, ou seja, os comprimentos de onda são absorvidos por estruturas fotossensíveis em nível mitocondrial, promovendo o deslocamento e aumento do transporte de elétrons e, portanto, aumento da síntese de energia celular<sup>49,65-67</sup>. Assim, a interação da luz com tecidos biológicos leva a alterações nos níveis molecular, celular e tecidual, em que a absorção de fótons converte a luz em sinais que podem estimular processos biológicos<sup>46</sup>.

As reações fotobiológicas são determinadas pela absorção de energia pelo tecido alvo de um comprimento de onda específico e a primeira lei da fotoquímica afirma que a luz só é absorvida quando se tem um fotorreceptor molecular ou cromóforo<sup>65</sup>.

A molécula absorvente pode transferir a energia para outra molécula e esta molécula ativada pode então causar reações químicas no tecido circundante. Os cromóforos primários foram identificados como citocromo c oxidase (CCO)<sup>67</sup>. A CCO, que é um dos complexos protéicos da cadeia transportadora de elétrons (correspondente à unidade IV na cadeia respiratória celular), realiza o transporte de elétrons na membrana mitocondrial, gerando finalmente um gradiente eletroquímico para a enzima final ATP sintase transformar o ADP (adenosina difosfato) em ATP<sup>68</sup>. Assim, após os eventos iniciais de absorção de fótons, há desencadeamento de uma cascata de reações conhecidas como vias de sinalização celular que levam à dissociação de NO, aumento no transporte de elétrons, de produção de ERO e maior síntese energética. Essa cascata de reações resulta em ativação de fatores de transcrição que podem levar ao aumento da expressão de genes relacionados à síntese proteica, migração e proliferação celular, sinalização anti-inflamatória, proteínas anti-apoptóticas e enzimas antioxidantes<sup>69-70</sup>. Uma

pesquisa demonstrou aumento da atividade enzimática dos complexos da cadeia respiratória mitocondrial a partir da radiação com LASER (904 nm; 5 J/cm<sup>2</sup> de fluência e potência variando de 15 a 30 mW) após lesão muscular traumática do gastrocnêmio de ratos. Os resultados sugerem que o tratamento com luz terapêutica pode induzir aumento da síntese de ATP e, assim, acelerar o processo de cicatrização muscular<sup>71</sup>.

Em outro experimento animal, houve irradiação do músculo tibial anterior de ratos com três diferentes doses de LBP (1, 3 e 10 J) e diferentes comprimentos de onda (660, 830 e 905 nm), com potência de saída de 50 mW. Após a irradiação, as análises de expressão da CCO por imuno-histoquímica foram realizadas em 5, 10, 30 minutos e em 1, 2, 12 e 24 horas após irradiação. Os resultados mostraram aumento da expressão da CCO principalmente no espectro entre 660 e 830 nm com 1 J de energia em todos os momentos. Os autores concluíram que fotobiomodulação pode aumentar a atividade da CCO no músculo esquelético, podendo melhorar o desempenho e proteger os músculos contra o desenvolvimento de fadiga e danos teciduais<sup>72</sup>.

Uma vez que os principais cromóforos para PBMT estão localizados dentro das mitocôndrias, as células com um grande número de mitocôndrias e uma alta atividade metabólica são particularmente responsivas à luz, tendendo a responder a menores doses de luz, como células musculares, neuronais (especialmente neurônios do Sistema Nervoso Central), células do fígado, rim e outros órgãos internos<sup>41</sup>. Estudos ineficazes em células com alta atividade mitocondrial parecem ser mais frequentemente devido à superdosagem do que à subdosagem<sup>70</sup>.

#### 2.1.5 Penetração da luz na pele e interação com tecidos biológicos

Os tecidos são heterogêneos do ponto de vista óptico e, portanto, absorvem e refletem energia de maneira distinta<sup>73</sup>. Diferentes comprimentos de onda apresentam diferentes coeficientes de absorção para um mesmo tecido e, portanto, tem penetração distinta nesse tecido. A magnitude de absorção e penetração tecidual são pontos chave para interação com tecidos biológicos<sup>46</sup>.

A eficácia da fotobiomodulação é determinada pela quantidade de luz que atinge a profundidade do tecido alvo<sup>40,74</sup>. Existe uma distinção entre penetração e



absorção. Penetração da luz no tecido pode ser determinada pelo comprimento de onda, pela dispersão e absorção, correspondendo à profundidade do alcance da luz. E a absorção, tipo de interação desejada, corresponde à energia captada pelo tecido<sup>40,74</sup>.

Conhecimento completo da penetração e distribuição da luz dentro dos tecidos biológicos é difícil de adquirir porque a absorção e a dispersão dependem do comprimento de onda, da bioquímica e anatomia do tecido<sup>40,74-75</sup>. Embora a energia necessária para causar reação fotoquímica e o quanto está sendo absorvido por estruturas em várias profundidades não seja claro, levar em consideração as propriedades ópticas teciduais é de grande importância para previsão de distribuição de luz e absorção de energia para fins terapêuticos<sup>74-75</sup>.

A pele humana é um meio heterogêneo, altamente espalhador e absorvente que se apresenta em multicamadas<sup>76</sup>. Estima-se que 5-6% da radiação incidente sofra reflexão, mais de 50% transmissões e, o restante, absorção<sup>51</sup>. Tanto a espessura quanto as propriedades ópticas do corpo humano afetam a transmitância da luz ao longo dos tecidos<sup>50</sup>. A espessura do corpo varia de acordo com a constituição e peso corporal e as propriedades ópticas, como absorção e espalhamento dependem dos constituintes do tecido (pele, músculo, gordura, osso), bem como da concentração de água, hemoglobina e melanina<sup>52,77-78</sup>. A hemoglobina é o absorvedor dominante de luz na derme, enquanto que a melanina está normalmente contida na epiderme. Ambas respondem a comprimentos de onda curtos<sup>52,73</sup>.

A entrega de energia em tecidos mais profundos deve ultrapassar as barreiras da pele que apresenta propriedades fotoprotetoras e dispersoras mediante concentração de melanina e gordura de subcutâneo, dentre outros constituintes da pele<sup>75,79-84</sup>. A melanina não é um cromóforo biológico com uma estrutura molecular bem definida, constituindo-se como um cromóforo com desordem química e estrutural, cuja absorção exibe uma dependência exponencial do comprimento de onda<sup>73,79-81</sup>. A pele fortemente pigmentada tem maior absorção por seu maior teor de melanina, o que resulta em níveis de refletância mais baixos<sup>82</sup>.

Uma ampla gama de propriedades ópticas é encontrada dentro da mesma raça, entre raças, diferentes fototipos cutâneos e localização anatômica do tecido. Um estudo avaliou os espectros de absorção e reflectância em 28 sítios da pele humana

em indivíduos asiáticos, europeus e africanos. Para indivíduos asiáticos e europeus, os valores de refletância variaram na mesma faixa, enquanto que valores significativamente mais baixos foram registrados para indivíduos africanos, nos quais os coeficientes de absorção de melanina epidérmica foram maiores. Além disso, os coeficientes ópticos da pele diferiram em relação à localização anatômica do tecido, com maior refletância em regiões do corpo com menor exposição solar<sup>85</sup>.

Pesquisas têm avaliado penetração da luz em diferentes fototipos cutâneos a partir da Escala de Fitzpatrick<sup>86</sup>. Descrita pela primeira vez por Thomas B. Fitzpatrick em 1972, a atual classificação é subjetiva e denota seis tipos de pele diferentes de acordo com características à exposição solar que varia de muito clara (pele tipo I) a muito escura (pele tipo VI). A escala pode ser usada para avaliar a resposta de diferentes tipos de pele a procedimentos e seu uso tem se mostrado valioso como ferramenta para avaliação diagnóstica e terapêutica em situações diversas<sup>86-87</sup>.

Um estudo empregou uma técnica para caracterizar propriedades ópticas da pele humana em 10 localizações anatômicas de 15 indivíduos com vários níveis de pigmentação (Fitzpatrick tipos I a VI). Os resultados apontaram que em comprimentos de onda mais curtos, indivíduos com tipos de pele Fitzpatrick indicativos de pigmentação mais baixa (I, II e III) tiveram maior dispersão que indivíduos com tipos de pele correspondentes a maior pigmentação (IV à VI). Houve diferença nas propriedades de dispersão entre as localizações anatômicas, sendo maior em áreas expostas à luz solar, como regiões da face por variações estruturais anatômicas como espessura da pele<sup>88</sup>.

Quando analisados os efeitos a cor da pele e da espessura cutânea na transmitância da luz com o uso do LASER, foi verificada menor transmitância nas peles mais escuras quando avaliada uma mesma espessura cutânea, tanto nos espectros vermelho quanto infravermelho. Quando se aumentou a espessura cutânea, os efeitos relacionados a cor da pele se tornaram menos importantes<sup>50</sup>. Já outro estudo analisou a transmitância da luz em pregas cutâneas verificou que a transmitância da luz vermelha diminuiu de mais forma mais significativa do que a da luz infravermelha em peles mais escuras. Além disso, os valores de transmitância diminuiram exponencialmente a medida em que se aumentou a espessura cutânea em ambos os espectros luminosos<sup>89</sup>.

Portanto, a interação da luz com tecidos biológicos depende das características peculiares de cada tecido, principalmente as que controlam as reações moleculares e bioquímicas, como coeficientes de absorção e de espalhamento, das características específicas de cada paciente (cor da pele) e do tecido fisiológico (quantidade de gordura subcutânea), tipos de célula, perfusão sanguínea, condução térmica, oxigenação e estado fisiológico do tecido, assim como dos parâmetros de irradiação prescritos<sup>50,89</sup>. Todas essas considerações inter-relacionadas e fatores específicos do paciente tornam a dosimetria de fotobiomodulação bastante complexa, em que para otimização das técnicas terapêuticas, as interações luz-tecido devem ser melhor compreendidas.

#### 2.1.6 Terapia por fotobiomodulação e respostas musculares

Conforme previamente abordado, acredita-se que a PBMT atue principalmente no metabolismo energético celular, com aumento do potencial de membrana mitocondrial e da atividade enzimática da cadeia transportadora de elétrons, refletindo em mudanças metabólicas e síntese de energia nas células<sup>65,67-68</sup>. O aumento no aporte de ATP, decorrente da aplicação da PBMT pode reduzir a fadiga neuromuscular e influenciar a excitação de fibras musculares a partir da melhoria da eficiência das bombas de sódio e potássio (Na<sup>-</sup>/K<sup>+</sup>) dependentes de ATP<sup>90</sup>.

Diversos autores têm investigado efeitos da PBMT sobre respostas musculares, tanto na força quanto na resistência muscular com análise de desfechos funcionais e bioquímicos como tempo até exaustão, número de repetições do exercício e nível de lactato sanguíneo<sup>29,90-91</sup>. Como proposta do mecanismo de ação do treinamento de força ou de alta intensidade, há ocorrência das seguintes respostas: 1) maior recrutamento de energia do metabolismo anaeróbio; 2) aumento da área de secção transversal do músculo esquelético (hipertrofia) via microlesões e; 3) adaptação estrutural do músculo a partir de modificações das características contráteis das fibras musculares. Em contraste, os exercícios de resistência ou de baixa intensidade promovem: 1) maior recrutamento de energia do metabolismo aeróbio; 2) maior biogênese mitocondrial nas fibras musculares e aumento das mitocôndrias existentes e de enzimas oxidativas nas fibras musculares e; 3) aumento

da produção de ATP pela via mitocondrial e da resistência à fadiga muscular nos exercícios físicos<sup>90</sup>.

Para investigar os efeitos da irradiação do LASER associado ao programa de treinamento de hipertrofia e força, foi desenvolvido um estudo triplo-cego controlado por placebo, com 22 idosas randomizadas aleatoriamente para receber PBMT placebo ou tratamento ativo. Os parâmetros de irradiação foram aplicados em seis pontos nos quadríceps à 7 J por ponto (espectro infravermelho; potência 100 mW; fluência 250 J/cm<sup>2</sup>; energia total 42 J) imediatamente antes das sessões de treinamento muscular, durante 10 semanas (duas vezes por semana). Os achados indicam que o treinamento muscular isolado pode ser clinicamente importante para neutralizar os efeitos do envelhecimento na força e equilíbrio muscular e que a aplicação da fotobiomodulação antes das sessões de treinamento pode potencializar os ganhos na hipertrofia muscular<sup>92</sup>.

A ação da PBMT para aumentar a resistência foi pesquisada em 20 mulheres pós-menopausa submetidas a treinamento físico em esteira ergométrica durante 12 semanas em duas sessões semanais com duração de 30 minutos. Durante todas as sessões de treinamento, o grupo LED recebeu 850 nm de comprimento de onda, densidade de potência de 31 mW/cm<sup>2</sup>, 14.400 J de energia total e 55,8 J/cm<sup>2</sup> de fluência. Os autores concluíram que o grupo LED aumentou a potência e o trabalho dos músculos e, portanto, a fotobiomodulação associada ao treinamento melhora a potência e resistência muscular, podendo ser usada como auxiliar durante exercício de alta intensidade<sup>93</sup>. Meta-análises demonstraram que a PBMT aumentou significativamente o tempo e o número de repetições de exercícios, atrasou o início da exaustão, bem como reduziu os níveis de biomarcadores de dano muscular em adultos saudáveis, atletas ou indivíduos fisicamente ativos<sup>29,94-95</sup>.

Delineamentos experimentais foram realizados associando a aplicação da PBMT antes e após protocolo de exercício na tentativa de compreender como a atua no processo de fadiga e desempenho muscular<sup>96</sup>. Considera-se a premissa de que a terapia com a luz antes de exercícios acelera mudanças metabólicas e estruturais no músculo, desempenhando um papel ergogênico, que além de resultar em melhora da performance e aceleração da recuperação muscular, posterga o processo de fadiga e reduz dano muscular. Já irradiação pós exercício atua na recuperação e reparo de

lesões<sup>94-95</sup>.

Uma revisão sistemática com 15 ensaios clínicos concluiu que a aplicação prévia da PBMT parece amenizar o dano muscular induzido pelo exercício por melhorar a recuperação bioquímica e funcional, reduzir os níveis de marcadores inflamatórios e estresse oxidativo<sup>96</sup>. Outra revisão sistemática também refere existência de efeito protetor celular da luz que favorece o sistema antioxidante a combater e controlar a produção de espécies reativas de oxigênio induzida pelo exercício intenso, promovendo efeito preventivo contra a disfunção mitocondrial e dano muscular por modulação do metabolismo energético quando aplicada PBMT prévia ao treinamento<sup>95</sup>. Já a irradiação pós-exercício também é capaz de prevenir disfunção mitocondrial e metabólica, por reduzir o dano oxidativo e aumentar a atividade antioxidante enzimática, bem como reparar microlesões produzidas pelo estresse mecânico e metabólico resultantes da contração muscular<sup>90,95</sup>.

Embora vários estudos tenham mostrado os efeitos ergogênicos da PBMT aplicada imediatamente antes em diferentes modos de exercício, parâmetros de irradiação ideais para maximizar o efeito da PBMT nos exercícios de força e resistência ainda não estão claros<sup>29</sup>. A PBMT tem uma clara janela terapêutica de dose, ou seja, um efeito dose-resposta para melhoria do desempenho e recuperação pós-exercício, o que torna imprescindível a identificação de doses ideais para objetivos propostos<sup>97-98</sup>. Nesse sentido, mais estudos envolvendo diferentes doses de energia devem ser testados para que uma “faixa ótima” seja identificada quando o objetivo é a melhora de parâmetros neuromusculares<sup>97-98</sup>.

Os efeitos ergogênicos de diferentes doses de energia (15, 30 e 60 J por ponto) nos parâmetros fisiológicos e de desempenho durante a corrida foram medidos em 15 atletas do sexo masculino em cinco sessões de treinamento com LED (espectros vermelho e infravermelho em 14 pontos em membros inferiores). Embora todas as doses de PBMT tenham afetado positivamente os parâmetros fisiológicos e/ou de desempenho (economia de corrida, taxa de esforço percebido, velocidade no consumo máximo de oxigênio, velocidade máxima de corrida e tempo total até a exaustão) dentro da “janela ergogênica de PBMT”, a dose de 30 J promoveu os maiores efeitos ergogênicos em corredores<sup>97</sup>.

Outra pesquisa comparou diferentes doses de LED nos espectros vermelho e

infravermelho sobre a performance e fadiga muscular durante o exercício de extensão do joelho em 18 homens durante seis sessões, sendo uma semana de intervalo entre elas. Os autores aplicaram 135, 270 ou 540 J de energia seis horas e imediatamente antes do protocolo de exercício em nove pontos nos quadríceps. Os picos de torque foram avaliados antes e após o protocolo de exercícios e os achados demonstram que todas as doses foram capazes de produzir o mesmo trabalho total com menor fadiga, mas incapazes de melhorar o desempenho durante um protocolo de força<sup>98</sup>.

Em geral, os estudos utilizaram uma dose total de energia entre 1,92 J e 300 J, com valor mínimo por ponto de 0,24 J e o máximo 50 J, com resultados mais significativos e consistentes nas doses de 5 e 6 J por ponto (spot)<sup>94,99</sup>. Diretrizes com recomendações clínicas e científicas para o uso da PBMT para melhorar o desempenho e recuperação pós-exercício consideram uma faixa de dose de 20 J a 60 J para pequenos grupos musculares e de 120 J a 300 J para grandes grupos musculares<sup>100</sup>. Apesar do crescente corpo de evidências apoiando o uso de PBMT para desempenho e recuperação muscular, a qualidade das evidências precisa de ser melhorada, além da necessidade de mais estudos para investigação de dose-resposta nas respostas neuromusculares em humanos<sup>59</sup>.

Outro fator relativo à aplicação da PBMT que parece influenciar nas respostas musculares é o tempo-resposta, ou seja, quanto tempo antes ou depois de um protocolo de exercícios a fotobiomodulação deve ser aplicada para efeitos clínicos positivos<sup>101-103</sup>. Apesar de os resultados dos mecanismos envolvidos no tempo-resposta serem reveladores, ainda carecem de maior compreensão, especialmente nos fatores que tangem ao tempo de ação da luz no organismo com respostas musculares<sup>102-103</sup>. Considerando que uma janela de tempo-resposta inadequada pode levar à falta de resposta biológica devido a um curto intervalo entre o tratamento/irradiação, a janela de tempo e duração dos efeitos após a aplicação da luz precisam de ser elucidadas com objetivo de resultados ótimos<sup>102-103</sup>.

Em uma pesquisa desenvolvida em modelo animal, os pesquisadores aplicaram a PBMT (LED vermelho e infravermelho à 7,2 J/cm<sup>2</sup> em membros inferiores de camundongos) 5 minutos, 3, 6 e 24 horas antes de um protocolo de fadiga que envolvia subir escadas. Os desfechos avaliados foram a relação ATP/proteína dos músculos e também o número de repetições máximas. Os autores observaram que a

aplicação de PBMT seis horas antes do protocolo de exercícios apresentou os melhores desempenhos no teste de repetições até a fadiga e também maiores concentrações de ATP<sup>101</sup>. Diretrizes futuras devem ser baseadas nas mais altas evidências científicas, evitando exageros e extrapolações baseados em experimentos com animais por frequentemente serem preditores fracos de reações humanas à exposição, devido à variedade de vias metabólicas e variações de eficácia e toxicidade<sup>25,101</sup>.

Uma pesquisa desenvolvida com 60 homens saudáveis investigou quatro janelas de tempo de resposta: 5 minutos, 3, 6 e 24 horas para aplicação da PBMT antes do exercício. O tratamento foi administrado com LED nos espectros do vermelho ao infravermelho aplicados em três pontos no quadríceps com total de 180 J de energia. Os desfechos analisados foram pico de torque de contração máxima voluntária, creatina quinase e dor muscular imediatamente ou 1, 24 ou 48 horas após procedimentos. Todos os grupos aumentaram a contração máxima uma hora após exercício e diminuíram a concentração de proteína quinase e dor em todos os tempos. Os resultados sugerem que a fotobiomodulação pode ser utilizada de 5 min a 24 horas antes do exercício para promover efeitos ergogênicos, no entanto, os efeitos começam a reduzir quando uma janela de tempo de resposta de um dia é usada<sup>103</sup>.

Em outro estudo, os efeitos das respostas temporais na fadiga de extensor do joelho foram avaliados, cujo tratamento foi administrado com diferentes comprimentos de onda de LED (670 nm; 880 nm; 905 nm) e dose de 30 J por ponto em 16 homens. Os resultados evidenciaram que a combinação de tratamento (PBMT aplicada 6 horas antes e imediatamente antes de um protocolo de exercício de alta intensidade) foi capaz de reduzir fadiga muscular. Os autores recomendam que treinamento de força e condicionamento considerem a abordagem combinada de PBMT aplicada 6 horas e imediatamente antes do exercício de resistência para otimizar o desempenho<sup>102</sup>.

De acordo com diretrizes recentes, para efeitos agudos (um único evento) a irradiação deve ser realizada entre 5 minutos a 6 horas antes da atividade e para efeitos crônicos associados ao treinamento de força, a aplicação da luz irradiação deve ser realizada imediatamente antes de cada sessão de exercício (5 a 10 minutos)<sup>100</sup>.

O número de pontos de irradiação parece ser um parâmetro importante para

cobrir a maior área e distribuir melhor a energia aplicada nos músculos envolvidos em uma dada função, com aplicações pontuais no trajeto muscular em pontos equidistantes e distância inferior à 2 centímetros<sup>100</sup>.

Outro parâmetro valioso nas respostas biológicas e musculares é o comprimento de onda, isso porque, a magnitude do efeito biomodulatório ou fotorregulador atribuído à terapia de baixa potência é referida como dependente do comprimento de onda por influenciar a propagação, o fluxo e a taxa de distribuição dos fótons nos tecidos irradiados<sup>51,74,104</sup>. A profundidade de penetração aumenta com o aumento do comprimento de onda, sendo que a penetração de sistemas ópticos de luz atinge uma profundidade de até 50 mm entre 630nm e 1100nm<sup>51,74,104-105</sup>.

Apesar do grande número de estudos clínicos e revisões sistemáticas produzidas nos últimos anos enfatizando a aplicação da PBMT no desempenho muscular, ainda existe uma lacuna no que diz respeito aos aspectos metodológicos, tais como a área irradiada (densidade de energia aplicada), o tempo-resposta (quanto tempo antes do protocolo de exercícios a PBMT deve ser aplicada) e a energia irradiada (dose de energia por ponto de aplicação) para efeitos terapêuticos positivos<sup>55</sup>.

### 2.1.7 LASER de baixa potência e Fonoaudiologia

Mediante avanço do uso da fotobiomodulação como recurso adjuvante a tratamentos diversos na área da saúde, o Conselho Federal de Fonoaudiologia (CFF) publicou em 2019 a Resolução CFFa nº 541 que regulamenta sobre o uso do recurso de LASER de Baixa Intensidade (LBI) por fonoaudiólogos<sup>106</sup>. Em 2021, a Resolução CFFa Nº 606, normatizou o uso da terapia por fotobiomodulação por fonoaudiólogos como recurso terapêutico associado a procedimentos fonoaudiológicos convencionais, cujo tratamento pode ser aplicado nas modalidades direta e/ou indireta (ILIB – Intravascular Laser Irradiation of Blood), adaptada ou transdérmica para intervenção sistêmica<sup>107</sup>.

Os benefícios da terapia com a luz vêm sendo estudados há anos por áreas diversas da saúde e, mais recentemente, tem ganho atenção de fonoaudiólogos clínicos e pesquisadores, mediante resultados promissores desse recurso terapêutico



como aliado à reabilitação fonoaudiológica<sup>108-109</sup>. Nesse sentido, pesquisadores tem se engajado a realizar levantamentos acerca do conhecimento do fonoaudiólogo brasileiro quanto à utilização da fotobiomodulação, além dos efeitos na reabilitação fonoaudiológica<sup>110-112</sup>. O Brasil é um polo de publicações sobre o uso da PBMT nos músculos de cabeça e pescoço, nas quais a maioria aborda efeitos analgésicos, principalmente relacionados à Disfunção Temporomandibular<sup>112</sup>.

O perfil dos fonoaudiólogos brasileiros e o seu nível de informação quanto ao uso da fotobiomodulação com o LBP foi investigado a partir de um questionário online respondido por 261 profissionais. A pesquisa apontou que a maioria conhece o LBP e suas aplicações na Fonoaudiologia, bem como concorda com sua utilização como recurso terapêutico, no entanto, ainda não era utilizada pela maioria dos profissionais<sup>110</sup>.

Pesquisadores realizaram uma análise comparativa dos conhecimentos do fonoaudiólogo especialista em Motricidade Orofacial acerca do LBP a partir de um questionário aplicado em dois momentos distintos; em 2016 (antes da aprovação da resolução com participação de 25 fonoaudiólogos) e, em 2020 (após a publicação da normativa na qual 49 especialistas responderam ao questionário). Nos dois momentos, a maioria dos profissionais indicou saber o que é fotobiomodulação e concordou que o especialista pode atuar com a técnica, principalmente nos casos de Disfunção Temporomandibular e paralisia facial<sup>111</sup>.

Recentemente, os efeitos imediatos do LBP (100 mW de potência; 4 J de energia por ponto e 133,3 J/ cm<sup>2</sup> de fluência) na fadiga do músculo orbicular da boca de 60 mulheres foram investigados. As participantes foram divididas em quatro grupos: o grupo que recebeu irradiação com LASER no comprimento de onda de 660 nm em quatro pontos do orbicular da boca; o grupo com irradiação no espectro de 808 nm nos mesmos pontos; o grupo controle, em que não houve aplicação da luz e; o grupo placebo, no qual o equipamento não foi acionado. A avaliação eletromiográfica foi realizada antes e após a aplicação da luz, concomitantemente ao exercício de protrusão labial sustentada até a sensação de fadiga. O tratamento com o LASER não resultou em efeitos imediatos sobre a fadiga do músculo orbicular da boca<sup>31</sup>.

Em outra pesquisa foram testadas doses placebo, 1, 4 e 7 J em seis pontos do músculo orbicular da boca (808 nm; 100 mW de potência) em 23 mulheres e 17

homens. Os resultados apontaram que LASER na dose de 7 J promoveu mudanças no desempenho do músculo orbicular da boca em tarefa de pressão máxima<sup>108</sup>.

O impacto do tratamento com PBMT na qualidade de vida de indivíduos com DTM foi mensurado em 34 voluntários distribuídos aleatoriamente em dois grupos: grupo que recebeu a Terapia Miofuncional Orofacial (TMO) associada à fotobiomodulação e grupo tratado com TMO associada ao LASER inativo. A intervenção foi semanal com duração de 45 minutos (total de 13 sessões) e o grupo tratado recebeu LASER de baixa potência em cinco locais na região da articulação temporomandibular (830 nm; 6 J e fluência de 51 J/cm<sup>2</sup> para analgesia e; 4 J de energia e fluência de 34 J/cm<sup>2</sup> para bioestimular os ganhos funcionais). Com este estudo, foi possível constatar que tanto indivíduos tratados com a TMO associada ao LASER ativo quanto aqueles tratados apenas com terapia convencional apresentaram respostas positivas igualmente<sup>109</sup>.

Há grande inconsistência entre as pesquisas que avaliaram efeitos do LASER de baixa potência em funções miofuncionais e nos movimentos mandibulares, com alto risco de viés, mediante múltiplas variáveis quanto aos parâmetros metodológicos e desfechos pretendidos, bem como baixa qualidade metodológica nos estudos<sup>113</sup>. É bastante evidente a necessidade da elaboração de protocolos de intervenção para padronização de parâmetros dosimétricos, assim como do número e periodicidade de sessões na busca por resultados terapêuticos efetivos<sup>113</sup>.

#### 2.1.7.1 Fotobiomodulação aplicada em laringe: modulação da inflamação e cicatrização

Na literatura são encontrados estudos que avaliaram potencial efeito anti-inflamatório e cicatricial da PBMT na região laríngea de animais<sup>34-36</sup>.

O efeito da fotobiomodulação foi investigado em um modelo de laringite induzida por refluxo em ratos. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em três grupos: seis no grupo controle, seis na intubação nasogástrica e seis na intubação nasogástrica com fotobiomodulação. Para simular o mesmo estresse em todos os animais, os grupos controle e de intubação receberam irradiação simulada com LASER desligado. Os animais tratados foram submetidos à irradiação transcutânea

por contato perpendicular à região da laringe em três pontos, na dose de 4,2 J à 780 nm, em quatro sessões em dias alternados, sendo a primeira sessão 24 horas após a intubação. Ao final do período de intubação (uma semana), os animais foram eutanasiados e a laringe removida para análise da resposta inflamatória e deposição de colágeno. A análise histológica demonstrou diferença entre os grupos analisados, com infiltração proeminente de linfócitos e macrófagos, bem como presença de células recém-formadas de vasos sanguíneos e melhora na colagenização no grupo tratado. Os autores concluíram que a fotobiomodulação com comprimento de onda infravermelho reduziu o influxo de neutrófilos para a área lesada e melhorou a colagenização reparadora dos tecidos laríngeos na laringite induzida por refluxo<sup>34</sup>.

Um estudo *in vitro* se propôs avaliar os potenciais efeitos de cicatrização em células epiteliais primárias de prega vocal humana. As células foram irradiadas em comprimento de onda vermelho (635 nm) com fluências de 1, 4, 8, 12, 16 e 20 J/cm<sup>2</sup>. A irradiação com dose de 8 J/cm<sup>2</sup> resultou em aumento de 4% na proliferação celular, enquanto irradiações sucessivas em intervalos de 24 horas evidenciaram aumento de até 9,8% e 19,5% de proliferação após 48 e 72 horas de irradiação, respectivamente. Também, houve maior migração celular e expressão de alguns genes envolvidos no processo de cicatrização tecidual. Portanto, a PBMT foi capaz de estimular a proliferação e migração de células epiteliais de prega vocal humana em cultura, bem como aumentar a expressão de alguns genes envolvidos no processo de reparo tecidual. Além disso, sucessivos tratamentos a LASER em intervalos de 24 horas têm um efeito benéfico aditivo na cicatrização de tecidos lesados<sup>36</sup>.

No estudo *in vivo*, as pregas vocais de 12 coelhos foram extirpadas unilateralmente para análise de cicatrização. Seis deles compuseram o grupo experimental (grupo tratado com PBMT no espectro vermelho à 8 J/cm<sup>2</sup> de densidade de energia e 50 mW/cm<sup>2</sup> de densidade de potência a cada quatro dias durante um mês) enquanto os outros seis compuseram o grupo placebo (sem tratamento). A irradiação resultou em um aumento de 2,8% na proliferação celular, com maior diferença entre grupos após 48 e 72 horas subsequentes à aplicação da luz, com aumento da proliferação em até 7,6 % e 18,9%, respectivamente. O exame histológico mostrou que o ácido hialurônico aumentou significativamente, a deposição de colágeno diminuiu e sua configuração foi mais organizada após o tratamento com

PBMT. Assim, os autores concluíram que a PBMT pode inibir a reação inflamatória e promover maior secreção de ácido hialurônico, diminuir a deposição de colágeno e regenerar o tecido da prega vocal sem cicatriz<sup>35</sup>.

Logo, os resultados das pesquisas fornecem uma base teórica de que a fotobiomodulação pode modular a resposta inflamatória, aumentar a produção de ácido hialurônico e regenerar tecido de prega vocal<sup>34-36</sup>. Espera-se, portanto, que estudos sejam realizados em humanos para respaldar a aplicação da PBMT na clínica tanto na cicatrização e modulação de inflamação de tecidos na laringe, quanto para condicionamento e reabilitação vocal.

#### 2.1.7.2 LASER de baixa potência e voz

No Brasil, observa-se crescente tendência do uso do LASER de baixa potência por fonoaudiólogos clínicos tanto para aperfeiçoamento/condicionamento vocal quanto para reabilitação nos distúrbios de voz. A prática adotada encontra-se embasada nas evidências científicas advindas de outras áreas de conhecimento que possuem manifestações também tratadas por fonoaudiólogos<sup>114</sup>. Nesse sentido, a tomada de decisão mostra-se atrelada ao raciocínio clínico de que os mecanismos da ação biomoduladora da luz no tecido irradiado aumenta a disponibilidade de energia celular o que na clínica vocal pode melhorar o desempenho muscular em profissionais da voz<sup>29,65</sup>. Além disso, acredita-se que a luz possa favorecer o tratamento de distúrbios vocais. Considerando que as lesões fonotraumáticas frequentemente abrangem alterações edematosas e processos inflamatórios nas PPVV, os possíveis benefícios na clínica vocal são pautados na premissa de existência de efeitos antiedematoso e inflamatório desse recurso, além do aumento da bioenergética celular para desempenho de exercícios, com base em achados de estudos em áreas afins<sup>27,29,115</sup>.

Apesar do seu potencial, o uso da fotobiomodulação deve somente ser indicado como um recurso terapêutico adjuvante, já que seus efeitos ainda não são cientificamente comprovados na área de voz. No que diz respeito à técnica de aplicação, deve-se proceder com adequada palpação da região cervical e

identificação correta dos pontos anatômicos para irradiação laríngea, a fim de obter segurança e precisão da área a ser irradiada<sup>116</sup>.

A região cervical é altamente vascularizada, sendo fundamental o conhecimento de anatomofisiologia e do histórico do paciente previamente a este procedimento, assim como solicitação de exames complementares, uma vez que quadros como hemorragias de prega vocal, neoplasias, papiloma ou leucoplasias requerem precaução no uso, inclusive se constituindo muitas vezes contraindicações para irradiação<sup>115</sup>.

A fotobiomodulação foi investigada na atenuação de sintomas de fadiga vocal em 16 adultos vocalmente saudáveis divididos em quatro grupos: LED (628 nm), LED (828 nm), calor e placebo. Os participantes realizaram uma prova de esforço vocal (leitura em voz alta por 15 minutos por três vezes, com pausas de cinco minutos). Os desfechos avaliados foram análise acústica, aerodinâmica e autoavaliação do esforço vocal. O equipamento de LED foi colocado na região sobre a lâmina da cartilagem tireóidea bilateralmente, por 20 minutos. Todos os grupos apresentaram piora após o exercício de fadiga vocal e melhora após o tratamento, na avaliação imediata e após uma hora, no entanto, apenas para o grupo LED vermelho a melhora foi significativa após uma hora. Os autores concluíram que a fotobiomodulação no comprimento de onda vermelho pode ter um efeito normalizador em medidas objetivas e subjetivas de fadiga vocal, porém, sugerem que trabalhos futuros sejam necessários para determinar doses ideais de luz e para compreender se os comprimentos de onda em combinação são mais eficazes que aplicados isoladamente<sup>32</sup>.

Outra pesquisa também avaliou o efeito imediato da aplicação da fotobiomodulação associada à TVSL na voz de 32 cantores amadores na faixa etária de 18 a 45 anos. Os participantes foram alocados por randomização simples em dois grupos, sendo grupo experimental formado por sujeitos submetidos à irradiação associada à TVSL e grupo controle, submetido ao LASER placebo associado à TVSL. As aplicações foram realizadas de modo pontual e contínuo (630-1000nm; dose de 6 J por ponto; dosimetria total 36 J) na laringe, em três pontos em cada hemilaringe, nas porções anterior, média e posterior correspondentes à localização do músculo vocal. Logo em seguida, foi realizada a TVSL em glissando ascendente e descendente por 3 minutos. Antes e após a aplicação da fotobiomodulação e execução da técnica, os

cantores executaram uma música e responderam a Escala Borg CR10-BR para avaliar o esforço vocal (pontuação de 0 a 10, em que 0 corresponde a “nenhum esforço” e 10 “máximo esforço vocal”). Os cantores perceberam menor esforço vocal após os exercícios, porém, sem diferença entre os grupos. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que houve uma diminuição na intensidade do esforço vocal nos dois grupos de acordo com a autopercepção dos cantores após a técnica de vibração sonorizada de língua, com ou sem aplicação da luz terapêutica e, portanto, não foi possível comprovar o efeito imediato da fotobiomodulação em cantores amadores<sup>117</sup>.

Pesquisadores buscaram desenvolver premissas e balizadores de como o LASER de baixa potência vem sendo utilizado por especialistas na clínica vocal. Todos os participantes da pesquisa (29 fonoaudiólogos) conhecem os preceitos da fotobiomodulação; entre eles, 28 (96,6%) conhece sua utilização especificamente na área de voz; 25 (86,2%) possui aparelho particular e todos estes costumam utilizar em sua prática clínica de voz. A maioria utiliza o recurso nos casos de aperfeiçoamento/condicionamento de voz cantada. Nesse contexto, os resultados encontrados fornecem base de evidência científica com base na opinião de especialistas para subsidiar este procedimento na terapia vocal, especificamente, quanto à abordagem de aperfeiçoamento e condicionamento vocal<sup>33</sup>.

Os efeitos do LASER de baixa potência foram analisados em 18 adultos entre 20 e 28 anos sem queixas vocais e/ou alteração de laringe em um estudo clínico prospectivo. Os sujeitos foram divididos em grupos controle e experimental, em que o grupo controle não recebeu nenhum tipo de intervenção, passando apenas por gravações de voz, enquanto o experimental passou por quatro sessões de fotobiomodulação durante o período de um mês com intervalo de uma semana entre elas. Os participantes do grupo tratado foram submetidos a três minutos de exposição à luz vermelha e infravermelha, com aparelho posicionado dois centímetros atrás da proeminência laríngea com angulação de 90°, sendo 90 segundos à direita e à esquerda das lâminas da cartilagem tireóidea. A gravação vocal ocorreu em quatro momentos: antes e após a primeira e antes e após a última sessão. Os desfechos avaliados foram qualidade vocal por meio da escala GRBASI (grau geral; rugosidade; sopro; astenia; tensão; instabilidade), conforto fonatório a partir da Escala

Visual Analógica (EVA) de 10 pontos (0 = sem desconforto e 10 = intenso desconforto) e parâmetros acústicos a partir da medida cepstral Cepstral Peak Prominence-Smoothed (CPPS) e dos índices multiparamétricos como o Cepstral Spectral Index of Dysphonia (CSID) e o Acoustic Vocal Quality Index (AVQI). Os resultados não evidenciaram diferença estatisticamente significativa entre os grupos em relação aos parâmetros acústicos, perceptivos auditivos e de autopercepção da produção vocal, exceto no terceiro momento de gravação no qual o grupo estudo apresentou melhores valores de AVQI e a avaliação perceptivo auditiva apresentou maior ocorrência de seleção como áudio com melhor qualidade vocal. Logo, os resultados indicam que o LASER de baixa potência não influenciou nos parâmetros acústicos, perceptivo auditivo e de autopercepção de produção vocal, embora não tenha sido evidenciada piora nos parâmetros após irradiação, trazendo segurança para a utilização deste recurso na clínica<sup>118</sup>.

## **2.2 Reabilitação vocal convencional**

### **2.2.1 Técnica de vibração sonorizada de língua**

Considerando diferentes tipos e graus de desvio vocal, na literatura é reportado um amplo escopo de abordagens terapêuticas que visam exercícios que promovam equilíbrio entre a tríade dos subsistemas de respiração, fonação, ressonância, além de fortalecimento, resistência e flexibilidade à musculatura laríngea<sup>14,16-17,21</sup>.

Dentre os vários exercícios citados em pesquisas, podemos citar aqueles que compõem a Técnica dos sons vibrantes, com destaque para o exercício de Vibração Sonorizada de Língua com ampla aplicabilidade clínica. A literatura elenca como benefícios suavização do contato entre as pregas vocais, equilíbrio das pressões sub e supra glótica, otimização do movimento muco-ondulatório e aumento da resistência vocal<sup>21</sup>.

As vibrações sonorizadas promovem mudanças nos padrões vibratórios a partir da aproximação suave das pregas vocais, minimizando o impacto das colisões durante a vibração, considerando que há duas fontes de vibração, uma na laringe e outra na frente da boca, alimentadas pela mesma corrente de ar<sup>119-120</sup>. São exercícios

de trato vocal semiocluído (ETVSO) nos quais a produção de voz combinada com semioclusão da porção anterior do trato vocal, resulta em o aumento da interação fonte-filtro cujo resultado promove aumento da intensidade vocal, eficiência, economia de energia e menos trauma mecânico<sup>119-120</sup>. Isso ocorre porque o trato vocal está ativamente envolvido na produção de energia, permitindo que mais energia aerodinâmica seja convertida em energia acústica. A interação fonte e filtro e a geometria semelhante a um megafone invertido durante a apresentação da vibração de língua favorece alta pressão atrás do ponto de constrição no filtro (ou seja, atrás da língua) e menor pressão na glote e, como resultado, as pregas vocais passam de forte adução para adução mais suave<sup>119-120</sup>. Em termos de ativação muscular, a atividade de cricoaritenóideo lateral (CAL) é trocada por um pouco mais de atividade de tireoaritenóideo (TA)<sup>190-120</sup>.

Pelo menos três grupos de músculos são ativados pela vibração de língua: o oral, o laríngeo e torácico, para os quais o sistema nervoso central envia impulsos nervosos que resultam em um complexo sistema de contrações e relaxamentos<sup>22</sup>. Essa complexidade consome energia que é fornecida pelo metabolismo celular e se não for bem administrada, a energia pode se perder, levando à fadiga muscular. Portanto, programas de treinamento devem considerar sua frequência, duração e intensidade, pois a recomendação inadequada pode resultar em resultados prejudiciais, como superaquecimento e reação inflamatória<sup>22</sup>.

As modificações vocais e laríngeas a partir da execução do exercício de vibração sonorizada de língua foram investigadas em 30 indivíduos normofônicos (15 mulheres e 15 homens) entre 20 e 42 anos. Os efeitos do exercício foram mensurados considerando a variável tempo a partir da observação dos desfechos análise perceptivo-auditiva, imagem laríngea e autopercepção de sinais e sintomas vocais após o primeiro, terceiro, quinto e sétimo minuto de execução do exercício. Os resultados evidenciaram que a projeção vocal melhora significativamente ao terceiro minuto, além do aumento do fechamento glótico entre zero e três minutos nas mulheres e melhora da amplitude de vibração a partir de três minutos no grupo masculino. Houve diferença entre gêneros, sendo que as respostas positivas predominaram no terceiro minutos no sexo feminino e a no quinto minuto entre



homens. As respostas negativas e de sintomas vocais predominaram no sétimo minuto em ambos os gêneros<sup>22</sup>.

Outra pesquisa também se propôs a avaliar o tempo de execução da TVSL em 43 mulheres normofônicas (entre 18 e 31 anos). A partir das variáveis acústicas analisadas, os resultados evidenciaram aumento na frequência fundamental ( $f_0$ ) a partir de três minutos da execução da técnica e diminuição do ruído. Os parâmetros de *jitter*, *shimmer* e nível de ruído glótico não apresentaram diferença entre os períodos comparados. Os pesquisadores concluíram que a TVSL foi mais efetiva a partir de três minutos<sup>121</sup>.

A relação entre a duração da performance da vibração de língua e modificações vocais e acústicas também foi mensurada em 27 mulheres com nódulos vocais. Os desfechos mensurados foram análise perceptivo-auditiva e acústica após o primeiro, terceiro, quinto e sétimo minuto de performance. Os resultados mostraram predominância de melhora vocal no quinto minuto de exercício, com a melhor classificação geral, menor aspereza e soprosidade e aumento no nível do pitch. No sétimo minuto, houve aumento da tensão em queda da qualidade vocal. A  $f_0$  aumentou significativamente a partir do terceiro minuto, porém, as mudanças de *jitter* e *shimmer* não foram estatisticamente significativas. A duração da performance da vibração de língua interferiu na resposta vocal de mulheres disfônicas, com predominância de respostas positivas no quinto minuto<sup>23</sup>.

A literatura indica que todos os ETVSO (fonação em tubo, vibração de língua, vibração de lábios e vibração de língua e lábios simultaneamente) melhoram a qualidade vocal autopercebida imediatamente após os exercícios, com estabilidade após uma semana de treinamento<sup>123</sup>. A sensação de melhora da qualidade vocal ocorre a partir da maior percepção de relaxamento muscular provavelmente associado ao efeito de massagem atribuído aos ETVSO, porém, variáveis objetivas aparentemente não refletiram totalmente os resultados positivos subjetivos ou elas não são sensíveis o suficiente para capturar mudanças<sup>122-123</sup>.

### **3 HIPÓTESES**

#### **3.1 Hipóteses gerais**

- a) A irradiação com LASER de baixa potência em laringe é segura e não traz impacto negativo ou desconforto durante a produção fonatória;
- b) A PBMT com LASER de baixa potência otimiza resultados terapêuticos na clínica vocal;
- c) A aplicação prévia da PBMT com LASER de baixa potência imediata ao protocolo de exercício vocal apresentará os melhores resultados para desempenhos muscular e vocal quando comparada ao exercício isolado.

#### **3.2 Estudo Fase 1**

- a) Há uma janela terapêutica da PBMT com LASER de baixa potência para respostas vocais imediatas em mulheres normofônicas a partir do efeito dose-resposta;
- b) A PBMT com LASER de baixa potência é capaz de promover efeitos imediatos positivos na análise perceptivo-auditiva e acústica quando aplicada imediatamente antes de protocolo de exercício em mulheres vocalmente saudáveis.

#### **3.3 Estudo Fase 2**

- a) A PBMT com LASER de baixa potência promove efeitos imediatos positivos na qualidade vocal de mulheres com disfonia comportamental quando aplicada imediatamente antes de protocolo de exercício a partir de uma dose ótima de bioestimulação.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo geral**

Avaliar a segurança e efeitos imediatos da aplicação da fotobiomodulação com LASER de baixa potência no comprimento de onda infravermelho em mulheres sem alteração vocal e em mulheres disfônicas.

### **4.2 Objetivos específicos**

- a) Realizar uma revisão integrativa da literatura sobre os efeitos terapêuticos da fotobiomodulação aplicáveis à Fonoaudiologia;
- b) Avaliar a segurança (efeitos colaterais) e efeitos terapêuticos da fotobiomodulação com LASER de baixa potência na qualidade vocal de mulheres sem queixas vocais (Estudo Fase 1);
- c) Analisar os efeitos da fotobiomodulação com LASER de baixa potência em diferentes doses de energia (3, 6 e 9 joules) quando aplicado de forma placebo e associado à técnica de vibração sonorizada de língua nas medidas acústicas, perceptivo-auditivas e na autopercepção de esforço fonatório de mulheres sem queixas vocais (Estudo Fase 1);
- d) Identificar janela terapêutica da aplicação da fotobiomodulação com LASER de baixa potência a partir da aplicação desse recurso terapêutico em mulheres vocalmente saudáveis (Estudo Fase 1);
- e) Verificar os efeitos da aplicação da fotobiomodulação com LASER de baixa potência nas medidas acústicas, perceptivo-auditivas, na autopercepção de esforço fonatório e na configuração laríngea de mulheres com disfonia comportamental (Estudo fase 2).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desse volume foram apresentados sob o formato de artigos científicos, conforme as normas da Resolução 09/2020 de 04 de junho de 2020 (Anexo 1) que regulamenta o formato de teses do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas da Universidade Federal de Minas Gerais.

Para a consecução desses estudos, duas etapas de pesquisa foram seguidas conforme as pesquisas experimentais na área da Ciência da Reabilitação<sup>37</sup>, nas quais a Fase 1 compreende pesquisas experimentais com delineamento de sujeito único sem a condição clínica para avaliar a segurança e efeito da dose de uma determinada intervenção clínica e, pesquisas de Fase 2, que envolvem delineamento de sujeito único com a condição clínica para analisar o efeito da intervenção no quadro clínico do sujeito de pesquisa.

Dessa forma, a seção de resultados será dividida em três partes, correspondentes aos artigos que foram elaborados para responder os objetivos estabelecidos. O estudo 1, uma revisão de literatura intitulada “*Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação na clínica fonoaudiológica: uma revisão integrativa da literatura*” foi publicado no periódico *Revista CEFAC*; o segundo artigo, correspondente à fase 1 da pesquisa, “*Immediate effects of photobiomodulation with low-level laser in women with no laryngeal or voice changes: Preliminary results*” será submetido no periódico *Lasers in Medical Science* e; o terceiro artigo “*Efeitos imediatos da fotobiomodulação com LASER de baixa potência em mulheres com alteração vocal e laríngea*”, produto da fase 2, também será submetido no periódico *Lasers in Medical Science*. No contexto da presente tese, figuras e tabelas estão dispostas no corpo do texto de cada artigo para facilitação da leitura.

## 5.1 Artigo 1

# REVISTA CEFAC

SPEECH, LANGUAGE, HEARING SCIENCES AND EDUCATION JOURNAL

Rev. CEFAC. 2021;23(1):e9120

<https://doi.org/10.1590/1982-0216/20212319120>

## Artigos de revisão

## Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação na clínica fonoaudiológica: uma revisão integrativa da literatura

*Therapeutic effects of photobiomodulation in the speech-language-hearing clinic: an integrative literature review*

Viviane Souza Bicalho Bacelete<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-4483-4125>Ana Cristina Côrtes Gama<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-7814-5328>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Faculdade de Medicina, Programa de Ciências Fonoaudiológicas, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Faculdade de Medicina, Departamento de Fonoaudiologia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Trabalho realizado no Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Fonte de financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil (CNPq - nº 309108/2019-5).

Conflito de interesses: Inexistente



Recebido em: 23/07/2020

Aceito em: 05/01/2021

**Endereço para correspondência:**  
Viviane Souza Bicalho Bacelete  
Avenida Alfredo Balena, 190, sala 249,  
Santa Efigênia  
CEP: 30130-100 - Belo Horizonte,  
Minas Gerais, Brasil  
E-mail: [vvissouzafo@ yahoo.com.br](mailto:vvissouzafo@ yahoo.com.br)

## RESUMO

**Objetivo:** realizar revisão de literatura sobre efeitos terapêuticos da fotobiomodulação aplicáveis à Fonoaudiologia.

**Métodos:** foram utilizadas as bases de dados Biblioteca Cochrane, Biblioteca Virtual de Saúde, Medical Literature Analysis and Retrieval System online (Medline) via PubMed e Web of Science/ISI. Foram selecionados artigos originais e com resumos disponíveis que avaliaram o efeito terapêutico da fotobiomodulação em situações relacionadas à prática fonoaudiológica.

**Resultados:** a amostra consistiu em 23 artigos, a maioria indexada na PubMed. As áreas da Saúde com maior número de publicações foram Fisioterapia e Medicina. O tamanho das amostras variou de 1 a 99 indivíduos, faixas etárias entre 15 e 77 anos e o comprimento de onda mais aplicado foi o infravermelho. A maioria das pesquisas evidenciou resultados positivos da aplicação da fotobiomodulação, embora, em poucas publicações tenham sido avaliados os efeitos dessa modalidade de tratamento associados a exercícios de reabilitação.

**Conclusão:** a fotobiomodulação traz benefícios em diferentes distúrbios tratados por fonoaudiólogos, no entanto, há grande diversidade metodológica e ausência de protocolos específicos da dosimetria ideal para cada distúrbio.

**Descritores:** Audiologia; Fonoaudiologia; Sistema Estomatognático; Terapia com Luz de Baixa Intensidade; Voz

## ABSTRACT

**Purpose:** to conduct a literature review on the therapeutic effects of photobiomodulation applicable to speech-language-hearing therapy.

**Methods:** the databases searched were the Cochrane Library, Virtual Health Library, Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE) via PubMed, and Web of Science/ISI. The selected articles were original ones whose abstracts were available and that evaluated the therapeutic effect of photobiomodulation in situations related to speech-language-hearing practice.

**Results:** the sample comprised 23 articles, most of them being indexed in PubMed. The fields of health with the largest number of publications were Physical Therapy and Medicine. The sample size ranged from 1 to 99 people, aged 15 to 77 years, and the most applied wavelength was the infrared one. Most of the studies had positive photobiomodulation application results – although in a few publications the effects of this treatment modality were assessed in a combination with rehabilitation exercises.

**Conclusion:** photobiomodulation benefits different disorders treated by speech-language-hearing therapists, however, there is a broad methodological diversity, lacking specific protocols for the ideal dosimetry for each disorder.

**Keywords:** Audiology; Speech, Language and Hearing Sciences; Stomatognathic System; Low-Level Light Therapy; Voice

## EFEITOS TERAPÊUTICOS DA FOTOBIMODULAÇÃO NA CLÍNICA FONOAUDIOLÓGICA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

### *Therapeutic effects of photobiomodulation on the speech-language-hearing clinic: an integrative literature review*

**Viviane Souza Bicalho Bacelete<sup>1</sup>, Ana Cristina Côrtes Gama<sup>2</sup>**

1. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Faculdade de Medicina, Programa de Ciências Fonoaudiológicas, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

2. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Faculdade de Medicina, Departamento de Fonoaudiologia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Viviane Souza Bicalho Bacelete: <https://orcid.org/0000-0002-4483-4125>

Ana Cristina Côrtes Gama: <https://orcid.org/0000-0002-7814-5328>

Trabalho realizado no Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Área: Fonoaudiologia Geral

Tipo de manuscrito: Artigo de Revisão de Literatura

Título resumido: Fotobiomodulação na Fonoaudiologia

Fonte de financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -Brasil (CNPq- nº 309108/2019-5).

Conflitos de interesses: Inexistente

### **RESUMO**

**Objetivo:** realizar revisão de literatura sobre efeitos terapêuticos da fotobiomodulação aplicáveis à Fonoaudiologia. **Métodos:** foram utilizadas as bases de dados Biblioteca Cochrane, Biblioteca Virtual de Saúde, Medical Literature Analysis and Retrieval System online (Medline) via PubMed e Web of Science/ISI. Foram selecionados artigos originais e com resumos disponíveis que avaliaram o efeito terapêutico da

fotobiomodulação em situações relacionadas à prática fonoaudiológica. **Resultados:** a amostra consistiu em 23 artigos, a maioria indexada na PubMed. As áreas da Saúde com maior número de publicações foram Fisioterapia e Medicina. O tamanho das amostras variou de 1 a 99 indivíduos, faixas etárias entre 15 e 77 anos e o comprimento de onda mais aplicado foi o infravermelho. A maioria das pesquisas evidenciou resultados positivos da aplicação da fotobiomodulação, embora, em poucas publicações tenham sido avaliados os efeitos dessa modalidade de tratamento associados a exercícios de reabilitação. **Conclusão:** a fotobiomodulação traz benefícios em diferentes distúrbios tratados por fonoaudiólogos, no entanto, há grande diversidade metodológica e ausência de protocolos específicos da dosimetria ideal para cada distúrbio.

**Descritores:** Audiologia; Fonoaudiologia; Sistema Estomatognático; Terapia com Luz de Baixa Intensidade; Voz

## **ABSTRACT**

**Purpose:** to conduct a literature review on the therapeutic effects of photobiomodulation applicable to speech-language-hearing therapy. **Methods:** the databases searched were the Cochrane Library, Virtual Health Library, Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE) via PubMed, and Web of Science/ISI. The selected articles were original ones whose abstracts were available and that evaluated the therapeutic effect of photobiomodulation in situations related to speech-language-hearing practice. **Results:** the sample comprised 23 articles, most of them being indexed in PubMed. The fields of health with the largest number of publications were Physical Therapy and Medicine. The sample size ranged from 1 to 99 people, aged 15 to 77 years, and the most applied wavelength was the infrared one. Most of the studies had positive photobiomodulation application results – although in a few publications the effects of this treatment modality were assessed in a combination with rehabilitation exercises. **Conclusion:** photobiomodulation benefits different disorders treated by speech-language-hearing therapists, however, there is a broad methodological diversity, lacking specific protocols for the ideal dosimetry for each disorder.

Descriptors: Audiology; Speech, Language and Hearing Sciences; Stomatognathic System; Low-Level Light Therapy; Voice

## INTRODUÇÃO

A terapia a laser de baixa intensidade para modular as fisiologias celular e tecidual pode ser aplicada a partir de fontes de luz, como o Diodo Emissor de Luz (LED) e a Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação (LASER) de baixa intensidade<sup>1</sup>.

A fotobiomodulação se refere à aplicação de luz a um sistema biológico capaz de induzir um processo fotoquímico, principalmente nas mitocôndrias, com estimulação da produção de energia em forma de adenosina trifosfato (ATP)<sup>2</sup>, o que pode aumentar o metabolismo celular e produzir efeitos como analgesia<sup>3</sup>, regeneração de tecidos e cicatrização de feridas<sup>4</sup>, redução de fadiga muscular<sup>5</sup>, dentre outros. Além desses, há evidências de aplicação de neuromodulação em diferentes regiões do Sistema Nervoso (SN), resultando em aumento da perfusão cerebral e consequente, melhora cognitiva e comportamental em doenças neurológicas como Demências, Doenças Traumáticas e no Parkinson, além de possibilidade de aprimoramento cognitivo em indivíduos saudáveis<sup>6</sup>.

O fonoaudiólogo começa a despertar o interesse em integrar o grupo de profissionais que fazem uso da fotobiomodulação, por ser um recurso terapêutico não invasivo e sem toxicidade, com resultados promissores. Recentemente, alguns estudos avaliaram seus resultados na reabilitação fonoaudiológica nas áreas de Audiologia e Motricidade Orofacial e observaram, respectivamente, redução do zumbido<sup>7</sup> e melhora da atividade elétrica do músculo orbicular da boca<sup>8</sup>.

Apesar da escassez de estudos voltados à Fonoaudiologia, a aplicação da fotobiomodulação em distúrbios também tratados por fonoaudiólogos já foi relatada na literatura. Na área de Audiologia, há estudos com zumbido<sup>9,10</sup> e perda auditiva<sup>11</sup>. Na área da Linguagem, há pesquisas sobre o uso de neuromodulação em indivíduos saudáveis<sup>12</sup>, em doenças isquêmicas<sup>13</sup>, neurodegenerativas<sup>13,14</sup> e traumáticas<sup>15</sup> com relatos de melhora da capacidade de nomeação em indivíduos afásicos, além de melhora de outras habilidades cognitivas<sup>16</sup>. Na Motricidade Orofacial, área que concentra grande parte das pesquisas, há destaque para tratamento de Disfunção



Temporomandibular (DTM)<sup>17-22</sup>, de Fissuras mamilares<sup>23-25</sup>, além de Paralisia Facial (PF)<sup>26-30</sup>. Por fim, na área de Voz, um estudo em fadiga vocal já foi realizado<sup>31</sup>.

Embora a fotobiomodulação venha sendo utilizada na clínica fonoaudiológica, não há evidências robustas sobre seus efeitos como técnica terapêutica, considerando aspectos de protocolo clínico como: 1) forma mais eficaz de aplicação (antes, durante, após exercícios); 2) seleção do comprimento de onda; 3) tempo de aplicação; e 4) parâmetros dosimétricos. Portanto, há necessidade de padronização das intervenções fonoaudiológicas com aplicação da fotobiomodulação, utilizando protocolos clínicos estruturados na reabilitação de diferentes quadros clínicos.

Frente ao exposto, nosso objetivo foi realizar revisão de literatura sobre efeitos terapêuticos da fotobiomodulação aplicáveis à Fonoaudiologia.

## **MÉTODOS**

### **Estratégias de pesquisa**

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura. As etapas seguidas para a seleção dos estudos foram: elaboração da pergunta norteadora, busca da literatura e análise crítica dos estudos<sup>32</sup>.

A pergunta norteadora da investigação que subsidiou a revisão foi: quais os efeitos terapêuticos da fotobiomodulação em distúrbios tratados por fonoaudiólogos?

Para a seleção dos artigos foram utilizadas as bases de dados Biblioteca Cochrane, Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), Medical Literature Analysis and Retrieval System online (Medline) via PubMed e Web of Science/ISI. Os descritores utilizados foram “Audiologia”, “Fonoaudiologia”, “Sistema Estomatognático”, “Terapia com luz de baixa intensidade” e “Voz” em inglês, português e espanhol e suas combinações. As outras especialidades da Fonoaudiologia, por não serem descritores, foram utilizadas para busca em formato de termos livres.

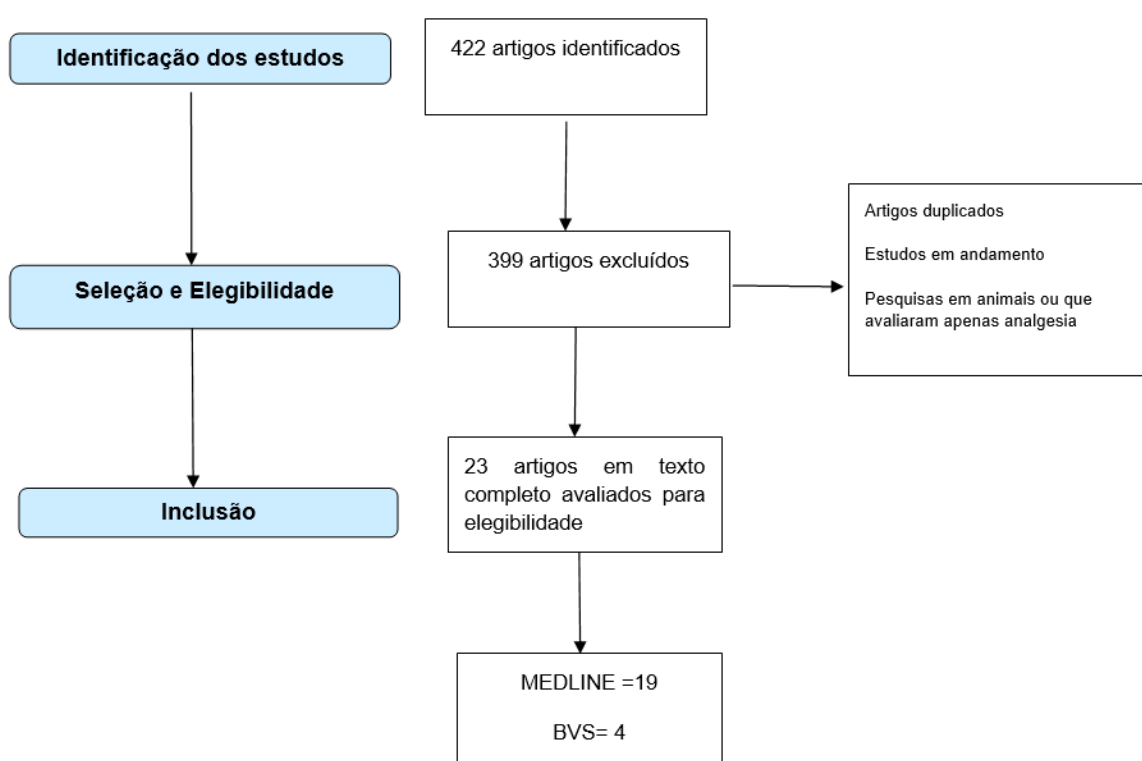
### **Crerérios de seleção**

Após a localização dos estudos foi realizada triagem considerando o título e resumo dos artigos. Esta etapa foi desenvolvida por dois avaliadores fonoaudiólogos, de forma independente. Ao final foram selecionados 23 artigos, considerando os critérios de inclusão e exclusão, para que fossem lidos na íntegra.

Foram incluídos artigos originais, com textos completos disponíveis, publicados entre os anos de 2010 e 2020 que avaliaram os efeitos terapêuticos da fotobiomodulação em situações aplicáveis à Fonoaudiologia.

Foram excluídos os artigos duplicados encontrados em mais de uma base de dados; que avaliaram apenas analgesia ou outros efeitos da fotobiomodulação sem consideração de aspectos funcionais; estudos em animais e; pesquisas em andamento, cujos resultados finais ainda não foram publicados.

A amostra foi constituída, portanto, de 23 artigos, sendo que 19 encontravam-se na base Medline/ PubMed e quatro na BVS (Figura 1).



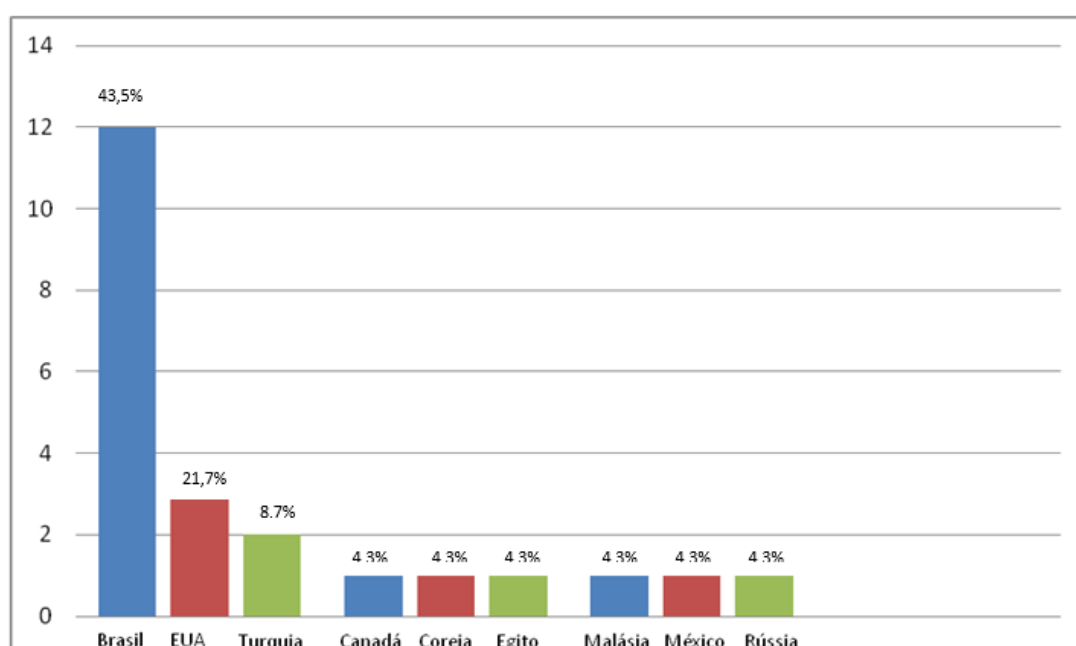
**Figura 1.** Seleção e análise de artigos

Os textos foram lidos na íntegra e analisados considerando as variáveis: ano e local da publicação, idioma, formação do primeiro autor, delineamento do estudo, classificação do nível de evidência científica pela Escala de Oxford<sup>33</sup>, objetivos, amostra, tipos de fotobiomodulação, comprimento de onda, número de sessões, áreas de aplicação, energia por ponto, tempo de aplicação e desfechos em cada temática

identificada. A escala de Oxford<sup>33</sup> classifica especialmente o delineamento dos estudos, sendo a evidência classificada em níveis, da melhor para a pior, 1a, 1b, 1c, 2 a, 2b, 2c, 3 a, 3b, 4 e 5.

## REVISÃO DE LITERATURA

A partir da metodologia aplicada, foram selecionadas 23 referências, sendo 10 artigos nacionais e 13 artigos internacionais. Em relação ao idioma, 21 artigos foram publicados em inglês (91,3%), um português (4,35%) e um em espanhol (4,35%). O Brasil liderou o número de artigos, seguido pelos Estados Unidos (Figura 2).

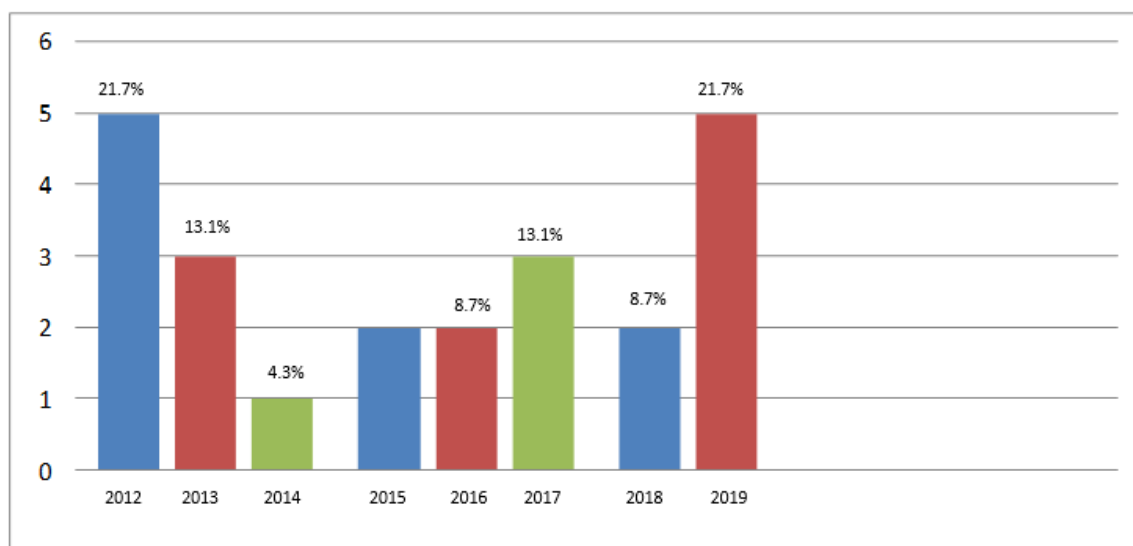


Legenda

EUA: Estados Unidos

**Figura 2.** Número de publicações por país

Com relação ao ano de publicação, pode-se verificar maior número de publicações nos anos de 2012 e 2019 (Figura 3).



**Figura 3.** Número de publicações por ano

Quanto à área de formação do primeiro autor, seis (26,1%) eram da Fisioterapia, seis (26,1%) da Medicina, quatro (17,4%) da Odontologia, dois (8,7%) da Enfermagem, dois (8,7%) da Fonoaudiologia, um (4,3%) da Psicologia e dois (8,7%) estudos não informaram.

Considerando-se o desenho das pesquisas, 17 (73,9%) foram ensaios clínicos (nível de evidência 2B) e, seis (26,1%) descritivos (nível de evidência 4). Dos ensaios clínicos selecionados, 12 estudos (70,5%) utilizaram placebo e sete (41,1%) descreveram cegamento dos avaliadores, dos pacientes ou de ambos.

O tamanho das amostras variou de um a 99 indivíduos, com faixas etárias entre 15 e 77 anos. Apenas um artigo foi realizado com crianças.

Em relação ao tipo de fotobiomodulação, 16 artigos utilizaram Laser (69,6%), seis LED (26,1%) e um artigo (4,3%) não descreveu. O comprimento de onda infravermelho foi aplicado em 13 pesquisas (56,5%), o vermelho em cinco (21,7%) e a associação de ambos foi realizada em quatro publicações (17,4%).

A análise das publicações permitiu a identificação dos seguintes eixos temáticos: efeitos terapêuticos da fotobiomodulação na Audiologia, com destaque para publicações em perda auditiva e zumbido (n=3); na Motricidade Orofacial, com ênfase em Tratamento das Disfunções Temporomandibulares (DTMs) (n=6), de

Fissuras mamilares (n=3) e Paralisia Facial (PF) (n=5) e em áreas da Linguagem (n=5) e Voz (n=1).

Os resultados foram descritos separadamente, por áreas de especialidades (Figuras de 4 a 9).

**Figura 4.** Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação relacionados à área de Audiologia (tratamento de perda auditiva e zumbido)

Referência	Local de publicação/Idioma /Formação profissional do primeiro autor	Delimitação do estudo/Nível de Evidência	Objetivos/amostra	Tipo de fotobiomodulação/ Comprimento de onda/Número de sessões	Áreas de aplicação/Energia por ponto/Tempo de aplicação	Desfechos
<b>Ngao et al., 2013<sup>(9)</sup></b>	Malásia Inglês Medicina	Ensaio clínico, controlado, randomizado, duplo cego com placebo 2B	Examinar a eficácia da estimulação a laser transmeatal de baixa intensidade no tratamento do zumbido de 43 pacientes com média de 58 anos G1- tratamento com laser G2- dispositivo placebo para uso e medicamento oral - 24 miligramas duas vezes por dia	Laser Vermelho 10 semanas (diário)	Laser através MAE 5 mW de potência 20 minutos	A estimulação a laser transmeatal de baixa intensidade não demonstrou eficácia como medida terapêutica no tratamento do zumbido.
<b>Choi et al., 2019<sup>(10)</sup></b>	Coreia Inglês Medicina	Ensaio clínico controlado, randomizado, cego com placebo 2B	Avaliar a eficácia e a segurança da LBI para tratamento de zumbido unilateral crônico em 38 participantes com disfunção coclear com média de 55,5 anos G1- grupo laser G2- grupo placebo	Laser Infravermelho 10 sessões	Irradiação através da membrana timpânica 120 J 20 minutos por dia	A duração de zumbido diminuiu significativamente no grupo tratado com laser.
<b>Goodman et al., 2019<sup>(11)</sup></b>	Estados Unidos Inglês Sem descrição da formação	Ensaio clínico controlado, randomizado duplo cego, com placebo 2B	Determinar se a LBI melhora a audição, compreensão de fala e função coclear em 30 adultos com perda auditiva e média de 52,8 anos G1- laser G2- placebo G3- controle	Laser Vermelho 3 sessões	Região temporomandibular e MAE Sem descrição da dosimetria 4 minutos	Não foi encontrada diferença significativa entre os grupos em nenhum dos testes de audição.

Legenda:

G- grupo; J- Joules; J/cm<sup>2</sup>- Joules por centímetros quadrados; LBI: Laser de baixa intensidade, MAE: Meato Acústico Externo; mW: miliwatts

**Figura 5.** Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação relacionados à área de Linguagem

Referência	Local de publicação/Idioma/Formação profissional do primeiro autor	Delineamento do estudo/Nível de Evidência	Objetivos/amostra	Tipo de fotobiomodulação/ Comprimento de onda/Número de sessões	Áreas de aplicação/energia por ponto/tempo de aplicação	Desfechos
<b>Blanco et al., 2015<sup>(12)</sup></b>	Estados Unidos Inglês Psicologia	Ensaio clínico controlado com placebo 2B	Avaliar o efeito da estimulação transcraniana na função executiva de 30 participantes saudáveis, com média de 20,4 anos (grupo ativo e placebo) G1- grupo fotobiomodulação G2 – grupo placebo	Laser Infravermelho 8 sessões	Córtex pré-frontal 60 J/cm <sup>2</sup> 4 minutos	A estimulação transcraniana pode melhorar o funcionamento executivo em adultos jovens saudáveis.
<b>Maksimovich et al., 2015<sup>(13)</sup></b>	Rússia Inglês Medicina	Ensaio clínico controlado 2B	Avaliar o uso da fotobiomodulação no tratamento de lesões isquêmicas e neurodegenerativas em 37 pacientes com DB (média 78 anos) e 62 com PV (média 77 anos) G1- grupo fotobiomodulação G2- tratamento conservador	Laser Vermelho 2 sessões/ano (8 anos)	Laser intravascular 29 a 196 J por sessão 1200 a 2400 segundos/sessão	Houve restauração do suprimento sanguíneo, neurogênese e melhora das funções mentais e cognitivas, de distúrbios de movimento e o nível de demência em pacientes com DB e PV tratados com fotobiomodulação.
<b>Saltmarche et al., 2017<sup>(14)</sup></b>	Canadá Inglês Medicina	Série de casos 4	Investigar se cinco pacientes com DA apresentaram melhora cognitiva e comportamental quando tratados com estimulação transcraniana e intranasal (média de 77,9 anos)	LED Infravermelho 12 sessões	Córtex pré-frontal bilateral, giro cingulado posterior, giro angular e hipocampo 10,65 a 24,6 J 20-25 minutos/sessão	Houve melhora da cognição e da funcionalidade durante o tratamento ativo.
<b>Hipskind et al., 2019<sup>(15)</sup></b>	Estados Unidos Inglês Medicina	Série de casos 4	Avaliar efeitos da estimulação transcraniana em aspectos neuropsicológicos e fluxo sanguíneo em 12 pacientes com TCE crônico (média de 41,5 anos)	LED Vermelho Infravermelho 18 sessões	Dispositivo projetado para cobertura de todo crânio 3994 J por tratamento 20 minutos	A fotobiomodulação contribuiu para o aumento do fluxo sanguíneo, cerebral e dos escores neuropsicológicos.
<b>Naeser et al., 2019<sup>(16)</sup></b>	Estados Unidos Inglês Medicina	Série de casos 4	Examinar efeitos de quatro diferentes protocolos de estimulação transcraniana na capacidade de nomeação de seis indivíduos afásicos após AVE no hemisfério esquerdo (idade entre 46 a 69 anos)	LED Vermelho Infravermelho 18 sessões	Córtex frontal, temporal, parietal 13 a 39 J/cm <sup>2</sup> 12 a 36 minutos/sessão	Houve melhor capacidade de nomeação quando a estimulação transcraniana foi realizada unilateralmente no hemisfério esquerdo.

**Legenda:** AVE - Acidente Vascular Encefálico; DA – Demência de Alzheimer; DB - Doença de Binswanger ; J- Joules; J/cm<sup>2</sup> - Joules por centímetros quadrados; LED - Laser de emissão de diodo; PV-Parkinsonismo Vascular; TCE- Traumatismo Cranioencefálico

**Figura 6.** Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação relacionados à área de Motricidade Orofacial (tratamento de Disfunções Temporomandibulares)

Referência	Local de publicação/ Idioma/Formação profissional do primeiro autor	Delineamento do estudo/Nível de Evidência	Objetivos/amostra	Tipo de fotobiomodulação/ Comprimento de onda/Número de sessões	Áreas de aplicação/energia por ponto/tempo de aplicação	Desfechos
<b>Gokçen-Rohlig et al., 2013</b> <sup>(17)</sup>	Turquia Inglês Odontologia	Ensaio clínico controlado com placebo 2B	Avaliar efeitos da LBI na área de contato oclusal, pressão de oclusão e força de mordida em 20 participantes com DTM com média de 33,1 anos G1- grupo laser G2- grupo placebo	Laser Infravermelho 10 sessões	Aplicação nos trigger points (musculatura mastigatória) 3 J/cm <sup>2</sup> (2 milímetros de distância) 10 segundos	Houve melhora dos movimentos mandibulares em todos os pacientes e diminuição da dor, no entanto, não foi encontrada mudança significativa na força máxima de mordida, área de contato ou pressão oclusal
<b>De Moraes et al., 2014</b> <sup>(18)</sup>	Brasil Inglês Odontologia	Ensaio clínico controlado com placebo 2B	Investigar efeitos da TMO no desempenho mastigatório, limiar e intensidade de dor em 20 sujeitos com dor miofacial com média de idade de 27,7 anos G1 – grupo laser G2 – grupo placebo	Laser Infravermelho 8 sessões	5 pontos no masseter e no temporal 1,9 J por ponto (1cm de distância) 19 segundos	Ambos os grupos apresentaram diminuição da dor, sendo que o LBI promoveu melhora na performance dos músculos mastigatórios.
<b>Borges et al., 2016</b> <sup>(19)</sup>	Brasil Inglês Fisioterapia	Ensaio clínico controlado, randomizado, duplo-cego com placebo 2B	Avaliar diferentes dosimetrias no tratamento da DTM em 44 sujeitos entre 15 a 59 anos G1 – 8J/cm <sup>2</sup> ; G2 – 60 J/cm <sup>2</sup> ; G3= 105 J/cm <sup>2</sup> ; G4- controle	Laser Infravermelho 10 sessões	4 pontos (região pré-auricular e MAE) 0,96 a 12,64 J por ponto 15 segundos em contato com a superfície	Houve redução da dor em todas as doses testadas, porém, apenas a dose de 8 J/cm <sup>2</sup> foi efetiva na abertura mandibular.
<b>Melchior et al., 2016</b> <sup>(20)</sup>	Brasil Inglês Fonoaudiologia	Descritivo 4	Avaliar efeito da TFMO após analgesia com LBI no tratamento cinco mulheres com DTM entre 50 e 61 anos	Não avaliado	Não avaliado	A TMO após a analgesia com LBI promoveu equilíbrio das funções orofaciais e diminuição dos sinais e sintomas de DTM.
<b>Brochado et al., 2018</b> <sup>(21)</sup>	Brasil Inglês Fisioterapia	Ensaio clínico controlado randomizado 2B	Comparar a eficácia fotobiomodulação e da terapia manual, isoladas e combinadas no tratamento de 51 indivíduos com DTM entre 21 e 77 anos G1- grupo fotobiomodulação; G2- terapia manual; G3- terapia combinada	Laser Infravermelho 12 sessões	12 pontos na ATM e 7 nos músculos temporal, masseter e pterigoideo medial 4 J por ponto 40 segundos com contato pontual	Houve alívio da dor, melhora da função mandibular e dos aspectos psicossociais em ambos tratamentos, sem aumento da eficácia na combinação de terapias.
<b>Herpich et al., 2018</b> <sup>(22)</sup>	Brasil Inglês Fisioterapia	Ensaio clínico controlado, randomizado, duplo cego com placebo 2B	Avaliar os efeitos do LBI na dor, no movimento mandibular e a atividade elétrica dos músculos masseter e temporal em 60 mulheres entre 18 e 40 anos G1- 2,62 J; G2– 5,24 J; G3 – 7,86 J; G4 - controle	LED Vermelho Infravermelho 1 sessão	2 pontos no masseter 3 pontos no temporal 2,62 J a 7,86 J 20 a 60 segundos de aplicação	Houve redução significativa da dor com diferentes doses de fototerapia, sem diferenças no movimento mandibular ou atividade elétrica dos músculos.

**Legenda:**ATM- Articulação Temporomandibular; Cm - centímetros; DTM - Disfunção Temporomandibular; G- Grupo; J- Joules; J/cm<sup>2</sup>- Joules por centímetros quadrados; LBI - Laser de baixa intensidade;

LED - Laser de emissão de diodo; MAE- meato acústico externo; TMO - terapia manual orofacial; TFMO- terapia fonoaudiológica miofuncional orofacial



**Figura 7.** Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação relacionados à área de Motricidade Orofacial (tratamento de Fissuras mamilares)

Referência	Local de publicação/Idioma /Formação profissional do primeiro autor	Delineamento do estudo/Nível de Evidência	Objetivos/amostra	Tipo de fotobiomodulação/ Comprimento de onda/Número de sessões	Áreas de aplicação/energia por ponto/tempo de aplicação	Desfechos
<b>Coca et al., 2012<sup>(23)</sup></b>	Brasil Inglês Enfermagem	Ensaio clínico controlado, randomizado, triplo cego 2B	Investigar a eficácia do LBI como tratamento para dor nos mamilos devido à amamentação em 59 mulheres entre 20 e 30 anos G1- grupo laser G2 – grupo placebo	Laser Vermelho 3 sessões	Aplicação em contato na mama acometida 0,6 J por ponto 5 segundos	Houve redução na intensidade da dor 24 horas após a primeira intervenção, além de menores níveis de dor em relação ao controle, o que proporcionou aleitamento materno exclusivo.
<b>Chaves et al., 2012<sup>(24)</sup></b>	Brasil Inglês Fisioterapia	Ensaio clínico controlado, randomizado, duplo cego, com placebo 2B	Avaliar a eficácia da fototerapia com LED no tratamento de trauma mamilar em 16 mulheres amamentando com média de 31,5 anos G1- Cuidados com mamilos+ técnicas de amamentação+LED ativa. G2- Cuidados com mamilos+técnicas de amamentação+LED placebo	LED Infravermelho 12 sessões	Sem descrição exata do local 4 J/cm <sup>2</sup> 79 segundos	Houve redução na área de lesão do mamilo em ambos os grupos, porém, com diferença significativa em relação à cicatrização e diminuição da dor apenas no grupo experimental.
<b>Camargo et al., 2019<sup>(25)</sup></b>	Brasil Inglês Enfermagem	Ensaio clínico controlado, randomizado com placebo 2B	Avaliar o efeito de aplicação única e efeitos colaterais de LBI em 80 mulheres com média de 26 anos com dor nos mamilos durante amamentação G1- grupo laser G2 – grupo placebo	Laser Vermelho Única sessão	Aplicação no centro da lesão 2 J em contato pontual e perpendicular 20 segundos	O protocolo laser de uma única aplicação não foi eficaz de reduzir a dor em mulheres com mamilos danificados e 36% relataram sensação de formigamento.

Legenda:

G- grupo; J- Joules; J/cm<sup>2</sup>- Joules por centímetros quadrados ; LED - Laser de emissão de diodo

**Figura 8.** Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação relacionados à área de Motricidade Orofacial (tratamento de Paralisia Facial)

Referência	Local de publicação/Idioma/Formação profissional do primeiro autor	Delineamento do estudo/Nível de Evidência	Objetivos/amostra	Tipo de fotobiomodulação/ Comprimento de onda/Número de sessões	Áreas de aplicação/energia por ponto/tempo de aplicação	Desfechos
<b>Alfaya et al., 2012<sup>(26)</sup></b>	Brasil Português Odontologia	Relato de caso 4	Relatar o caso clínico de um paciente do sexo masculino, de 29 anos com PB e DTM (uso de placas ortodônticas, laser, farmacoterapia e fonoterapia)	Laser Infravermelho 13 sessões	27 pontos (trajeto do nervo facial) 4 J/cm <sup>2</sup> por ponto	Houve remissão da sintomatologia dolorosa, porém, não houve recuperação motora completa do nervo facial.
<b>Fontana et al., 2012<sup>(27)</sup></b>	Brasil Inglês Odontologia	Relato de caso 4	Aplicar LBI para acelerar o processo de recuperação de um paciente de três anos de idade com PB	Laser Vermelho Infravermelho 11 sessões	Máximo 80 pontos 17,5 J/cm <sup>2</sup> (trajeto do nervo facial contato direto) 10 segundos	Houve recuperação completa da movimentação da face após 11 sessões de LBI.
<b>Maciaz Hernandez et al., 2012<sup>(28)</sup></b>	México Espanhol Fisioterapia	Ensaio clínico controlado, randomizado com placebo 2B	Demonstrar o uso de laser como tratamento complementar para recuperação do nervo facial em 21 indivíduos com média de 43 anos G1- placebo+termoterapia e exercícios faciais G2- tratamento reabilitador convencional+laser placebo	Laser Infravermelho 15 sessões	Sem descrição de pontos 20J/cm <sup>2</sup> (trajeto do nervo facial, técnica perpendicular e pontual) Sem descrição do tempo	Ambos os grupos apresentaram melhora da força muscular (94,84% grupo laser; 87,83% grupo controle)
<b>Alayat et al., 2013<sup>(29)</sup></b>	Egito Inglês Fisioterapia	Ensaio clínico controlado, randomizado com placebo 2B	Avaliar e comparar efeitos do laser de baixa e alta intensidade no tratamento da PB em 48 indivíduos com média de 43 anos G1- laser de alta intensidade+exercícios faciais+massagens G2- laser de baixa intensidade+exercícios+massagens G3- placebo+exercícios+ massagens	Laser Infravermelho 18 sessões	8 pontos (trajeto do nervo facial) 80 J por sessão 7 segundos (alta intensidade) 2 minutos e 5 segundos (baixa intensidade)	Tanto laser de alta quanto de baixa intensidade promoveram a recuperação na PB, embora o laser de baixa intensidade seja mais eficaz.
<b>Ordahan et al., 2017<sup>(30)</sup></b>	Turquia Inglês Sem descrição da formação	Ensaio clínico controlado randomizado 2B	Avaliar os efeitos da terapia a laser na PB em 46 indivíduos com média de 45 anos G1- exercícios faciais G2- laser+exercícios faciais	Laser Infravermelho 18 sessões	8 pontos (trajeto do nervo facial) 10 J/cm <sup>2</sup> por ponto 2 minutos	Os tratamentos combinados de LBI e exercícios apresentam melhor recuperação facial comparado a exercícios isolados.

Legenda:

DTM - Disfunção Temporomandibular ; G- grupo; J- Joules; J/cm<sup>2</sup> - Joules por centímetros quadrados; LBI - Laser de baixa intensidade; PB- Paralisia de Bell

**Figura 9.** Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação relacionados à área de Voz

Referência	Local de publicação, idioma e formação do primeiro autor	Delineamento do estudo	Objetivos/amostra	Tipo de fotobiomodulação/ comprimento de onda/número de sessões	Áreas de aplicação/energia por ponto/tempo de aplicação	Desfechos
<b>Kagan et al., 2017</b> <sup>(31)</sup>	Estados Unidos Inglês Fonoaudiologia	Ensaio clínico randomizado 2B	Investigar eficácia do LBI em atenuar sintomas de fadiga vocal criados por uma tarefa de sobrecarga vocal medida pelo esforço vocal acústico, aerodinâmico e autorreferido em 16 adultos vocalmente saudáveis entre 22 e 35 anos G1- aplicação de laser infravermelho G2- aplicação de laser vermelho G3 (controle)- aplicação de calor G4 (controle) -sem aplicação de calor ou LBI	LED Vermelho Infravermelho 1 sessão	Superfície ventral do pescoço Energia aplicada abaixo dos limites internacionais de segurança (1/20) 20 minutos	A luz vermelha se mostrou mais eficaz nos marcadores de todos os parâmetros avaliados, sendo as respostas melhores após uma hora do tratamento.

Legenda:

G- Grupo; LBI- Laser de baixa intensidade; LED - Laser de emissão de diodo

## **Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação na Audiologia**

No campo da Audiologia, os esforços para o uso da fotobiomodulação para tratamento estão em andamento há várias décadas e esse tem sido utilizado principalmente para o tratamento de zumbido<sup>9,10</sup>.

Nos dois estudos localizados, o número de sessões de tratamento variou de três a 10<sup>9-11</sup> e dois estudos utilizaram o comprimento de onda vermelho<sup>9,11</sup>. As áreas de aplicação foram meato acústico externo e membrana timpânica, com tempo de aplicação entre quatro e 20 minutos.

A estimulação transmeatal a laser de baixa intensidade em 43 pacientes não demonstrou eficácia nesse recurso como medida terapêutica no tratamento do zumbido<sup>9</sup>. Já em outra pesquisa, a duração de zumbido diminuiu significativamente no grupo tratado com laser<sup>10</sup>. Há escassez de estudos na literatura nacional bem como de protocolos de tratamento. A discrepância de resultados pode estar associada à amostra reduzida, assim como diferentes tipos de protocolos de tratamento utilizados, fatores que dificultam a comparação adequada entre os resultados.

Embora uma pesquisa não tenha evidenciado melhora da audição, da compreensão de fala e função coclear após aplicação de laser de baixa intensidade<sup>11</sup>, há evidências que comprovam aumento da produção de ATP após fotobiomodulação<sup>2</sup> o que poderia sustentar teoria de efeitos benéficos nos casos de perda auditiva.

## **Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação na Linguagem**

Foram selecionados cinco estudos que avaliaram efeitos da neuroestimulação transcraniana tanto em participantes saudáveis<sup>12</sup>, com evidência de melhora da função executiva, quanto em casos de lesões do SN por fatores isquêmicos<sup>13</sup>, neurodegenerativos<sup>14</sup> e traumáticos<sup>15</sup>. Um estudo demonstrou melhora da capacidade linguística em afásicos após neuroestimulação<sup>16</sup>.

A dosimetria variou entre 10,65 a 196 Joules (J) por sessão, o tratamento entre 8 e 18 sessões, tempo de estimulação entre quatro e 36 minutos, sendo utilizado tanto Laser quanto LED e, na maioria, comprimento de onda infravermelho. A estimulação a laser transcraniana é um método novo, seguro e não invasivo de fotobiomodulação cerebral que fornece benefícios como aumento do fluxo sanguíneo, redução de

edema, neuroproteção, neurogênese, além de efeito anti-inflamatório<sup>5</sup>. Na maioria dos estudos, houve estimulação do córtex frontal e em nenhum houve associação entre exercícios de linguagem e neuroestimulação.

Em relação à lesão cerebral traumática, um estudo evidenciou melhora dos escores neuropsicológicos a partir da estimulação transcraniana<sup>15</sup>. Destaca-se a crescente necessidade de estratégias de reabilitação, sendo que diferentes técnicas e combinações de reabilitação cognitiva podem ser úteis no enfrentamento de vários déficits cognitivos após traumas no SN<sup>34</sup>.

As pesquisas com fotobiomodulação em caso de doenças isquêmicas, neurodegenerativas e traumáticas demonstram melhora cognitiva provavelmente em decorrência de fatores como aumento do fluxo sanguíneo cerebral e neurogênese<sup>5</sup>.

O comprimento de onda ideal, duração, dose, fluência e densidade de energia para cada tratamento ainda não foram determinados e não está claro quanto tempo duram os efeitos da neuroestimulação, apesar de as evidências sugerirem que a estimulação transcraniana constitui-se de uma ferramenta médica importante no tratamento de deterioração cognitiva.

## **Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação na Motricidade Orofacial**

### **Tratamento de disfunções temporomandibulares (DTMs)**

Os estudos apresentaram objetivos diversos, como avaliação de força de mordida<sup>17</sup>, desempenho mastigatório e analgesia<sup>18</sup>, efeitos de diferentes dosimetrias no tratamento de DTM<sup>19</sup> na função orofacial<sup>20</sup>, comparação dos efeitos de fotobiomodulação de forma isolada ou associada à terapia manual<sup>21</sup> e impacto na amplitude dos movimentos mandibulares<sup>22</sup>.

Em apenas um estudo, foi utilizada a eletromiografia para avaliação da atividade elétrica muscular<sup>22</sup>. Em quatro estudos, as intervenções foram aplicadas a grupos experimentais e placebos<sup>17-19,23</sup>. Em um, os efeitos da fotobiomodulação foram associados à terapia manual que não evidenciou aumento da eficácia terapêutica quando associadas as respectivas modalidades de tratamento<sup>21</sup>, dados que concordam com um estudo que evidenciou redução de dor, melhora da função mastigatória e de condições miofuncionais orofaciais tanto com utilização de terapia

miofuncional isolada quanto com associação à laserterapia<sup>8</sup>. Já uma pesquisa não evidenciou mudança em movimentos mandibulares ou atividade elétrica dos músculos mastigatórios<sup>22</sup> com o laser. A ausência de um protocolo padronizado pode contribuir para as discrepâncias nos achados, uma vez que a dosimetria, tempo de exposição, comprimento de onda, pontos de irradiação e número de aplicações são fatores importantes para a determinação da aplicação da terapia a Laser de baixa intensidade (LBI) nos tecidos danificados. Na única pesquisa realizada por fonoaudiólogos<sup>20</sup>, foi evidenciado que a terapia fonoaudiológica instituída após a analgesia com LBI promoveu equilíbrio das funções orofaciais na DTM, no entanto, a fonoterapia se iniciou um mês após finalização da LBI e não houve descrição do tratamento prévio com laserterapia.

O número de sessões variou entre seis e 10 e o comprimento de onda mais utilizado foi infravermelho. Houve cinco estudos que aplicaram laser, sendo a musculatura mastigatória, ATM e meato acústico externo os principais pontos de aplicação<sup>17-21</sup>. A dosimetria variou de 0,96 a 12,64 J e tempo de aplicação por ponto entre 10 e 60 segundos.

Assim, as evidências não permitem determinar uma janela de dosagem de aplicação e a falta de consenso sobre as medidas tornam as conclusões a respeito da fotobiomodulação limitadas.

## **Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação na Motricidade Orofacial**

### **Tratamento de fissuras mamilares**

No presente estudo, foram selecionadas três pesquisas que avaliaram efeitos da fotobiomodulação no tratamento de fissuras mamilares durante o processo de amamentação. O número de sessões variou entre 1 e 12, a energia aplicada entre 0,6 e 2 J por ponto e tempo de aplicação entre cinco e 79 segundos na região da mama afetada.

Verificou-se que os artigos selecionados tiveram objetivo de avaliar cicatrização e redução da intensidade da dor durante a amamentação<sup>24-26</sup> e dois, evidenciaram efeitos positivos tanto no uso de LED quanto de Laser, nos comprimentos de onda vermelho e infravermelho<sup>23,24</sup>. Um estudo que não identificou

melhora, realizou apenas uma sessão, o que pode ter influenciado nos resultados<sup>25</sup>. Pesquisas demonstram efeitos positivos da fotobiomodulação em processo de cicatrização e redução de processo inflamatório, inclusive após procedimento cirúrgico<sup>3</sup>. O efeito cicatrizante pode ser atribuído a processos fisiológicos que ocorrem a partir do aumento da produção de ATP<sup>2</sup> nas células, o que estimula mitose, metabolismo e conseqüente aumento da proliferação celular do endotélio, angiogênese e aceleração do reparo tecidual.

A literatura carece de ensaios clínicos, controlados e randomizados que avaliem de forma objetiva a redução da área de fissuras mamilares, assim como, a dosimetria ideal e tempo de tratamento para alcance de resultados desejados.

## **Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação na Motricidade Orofacial**

### **Tratamento de paralisia facial**

Foram selecionadas cinco publicações sobre o uso da fotobiomodulação na paralisia facial periférica, sendo quatro casos na Paralisia de Bell (PB). Na paralisia facial idiopática ou PB, podem ocorrer sequelas funcionais, como incompetência oral, contraturas, disgeusia, sincinesias e espasmo hemifacial<sup>35</sup>.

Em relação ao desenho dos estudos, dois foram relatos de casos<sup>26,27</sup> e, três, ensaios clínicos<sup>28-30</sup>. Apenas um estudo foi realizado em criança<sup>28</sup>. O LBI tem sido proposto como uma modalidade de tratamento indolor, sem efeitos colaterais, com melhora clínica mais rápida, sendo também uma abordagem não invasiva<sup>30</sup>.

O laser infravermelho foi o mais utilizado e os pontos irradiados, dosagem, tempo de aplicação de contato a laser, número de sessões variaram amplamente entre os estudos. O número de pontos estimulados variou entre oito e 80, densidade de energia de quatro a 20 J/cm<sup>2</sup>, duração de irradiação de 10 segundos a 2,7 minutos e média de 11 a 18 sessões de tratamento.

Um estudo realizado com 48 pacientes com PB demonstrou que o laser de alta e baixa intensidade associados a exercícios orofaciais são mais eficazes para o tratamento que exercícios isolados<sup>29</sup> o que corrobora outra pesquisa com 46 sujeitos que também demonstrou resultados superiores nos resultados, quando aplicação de tratamentos combinados<sup>30</sup>. A intervenção pode ser potencializada pela aplicação do

LBI já que ele promove a aceleração da regeneração do nervo por agir como estimulante celular e modulador do tecido conjuntivo<sup>36</sup>.

Uma revisão sistemática com metanálise que avaliou os efeitos da fotobiomodulação antes de exercícios para grandes grupos musculares evidenciou que a terapia com laser é eficaz para melhorar a capacidade de exercício do músculo esquelético<sup>4</sup>.

Dois estudos não demonstraram recuperação motora completa<sup>26</sup> ou diferença entre grupo experimental ou placebo<sup>28</sup>. Os resultados podem variar quando se utiliza diferentes doses ou técnicas de aplicação, já que não há consenso na literatura quanto à dosagem, ao tempo da aplicação e aos pontos irradiados para procedimentos em paralisia facial periférica<sup>37</sup>.

Embora os estudos avaliem recuperação do nervo facial utilizando exercícios orofaciais associados à laserterapia, em nenhuma pesquisa, havia fonoaudiólogo como primeiro autor.

Portanto, o laser pode representar uma terapia complementar para recuperação da paralisia facial, mas vale ressaltar que a literatura carece de grandes ensaios clínicos controlados e randomizados que considerem características do paciente, como cor da pele, se a condição é aguda, subaguda ou crônica, além da janela de estimulação ideal para comprovação da eficácia desse recurso terapêutico.

### **Efeitos terapêuticos da fotobiomodulação na Voz**

Há escassez de estudos sobre a eficácia da fotobiomodulação no tratamento de distúrbios vocais. Apenas um estudo avaliou a eficácia da terapia de luz de baixa intensidade, a partir da irradiação com LED, no tratamento da fadiga vocal em 16 indivíduos vocalmente saudáveis<sup>31</sup>. Os resultados demonstraram que a luz vermelha se mostrou mais eficaz nas medidas acústicas, aerodinâmicas e perceptivo-auditivas, com melhores respostas uma hora após o procedimento. Pesquisas recentes têm demonstrado efeitos benéficos da fotobiomodulação sobre fadiga muscular a partir de seus efeitos metabólicos e fotoquímicos que contribuem para o aumento da energia celular<sup>5</sup>. Além disso, há evidências de maior proliferação e migração de células epiteliais da prega vocal humana em cultura, bem como aumento de expressão de



alguns genes envolvidos no processo de cicatrização tecidual a partir da aplicação de fotobiomodulação<sup>38</sup>.

Trabalhos futuros são necessários para determinar doses ideais de luz, se os comprimentos de onda em combinação são mais eficazes ou se aplicados isolados e quando as doses devem ser aplicadas (antes, durante ou após a técnica vocal) para fornecer resistência à fadiga, aceleração da recuperação ou melhora do desempenho muscular.

## **CONCLUSÃO**

Esta revisão integrativa permitiu identificar pesquisas que abordaram efeitos terapêuticos da fotobiomodulação em situações relacionadas à prática fonoaudiológica. Há grande concentração de estudos voltados à Motricidade Orofacial, com destaque para publicações no tratamento de DTMs. Também há estudos nas áreas de Audiologia, Linguagem e Voz, porém, em quase todos, a formação do primeiro autor é em outras da área da saúde, com destaque para Fisioterapia, Medicina e Odontologia.

Os resultados sugerem que a fotobiomodulação traz benefícios em diferentes distúrbios tratados por fonoaudiólogos, no entanto, considerando a diversidade metodológica, escassez de estudos realizados por profissionais da área, ausência de protocolos específicos e padronização da dosimetria ideal para cada distúrbio, os dados na literatura apresentam-se controversos, com evidências questionáveis da aplicação desse recurso.

Assim, sugere-se realização de ensaios clínicos controlados randomizados por fonoaudiólogos, em diferentes áreas de atuação, com descrição detalhada dos parâmetros dosimétricos e técnicas fonoaudiológicas utilizadas nos procedimentos, a fim de comprovar seus resultados, direcionar melhor seu uso pelos profissionais da área e construir evidência dentro da Fonoaudiologia.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -Brasil (CNPq- nº 309108/2019-5) pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

1. Anders JJ, Arany PR, Baxter GD, Lanzafame RJ. Light-emitting diode therapy and low-level light therapy are photobiomodulation therapy. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019;37(2):63-5.
2. Ferraresi C, Kaippert B, Avci P, Huang YY, de Sousa MV, Bagnato VS et al. Low-level Laser (Light) Therapy increases mitochondrial membrane potential and ATP synthesis in C2C12 myotubes with a peak response at 3-6 H. *Photo chem Photobiol.* 2015;91(2):411-6.
3. Bjordal JM, Johnson MI, Iversen V, Aimbire F, Lopes-Martins RAB. Low-level laser therapy in acute pain: a systematic review of possible mechanisms of action and clinical effects in randomized placebo-controlled Trials. *Photomed Laser Surg.* 2006;24(2):158-68.
4. Ojea AR, Madi O, Neto RML, Lima SE, Carvalho BT, Ojea MJR et al. Beneficial effects of applying low-level laser therapy to surgical wounds after bariatric surgery. *Photomed Laser Surg.* 2016;34(11):580-4.
5. Nampo FK, Cavalheri V, Soares FS, Ramos SP, Camargo EA. Low-level phototherapy to improve exercise capacity and muscle performance: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2016;31(9):1957-70.
6. Hennessy M, Hamblin MR. Photobiomodulation and the brain: a new paradigm. *J Opt.* 2017;19(1):1-17.
7. Silva MR. O uso de laser de baixa intensidade em indivíduos com zumbido e sem perda auditiva [Dissertação]. São Paulo (SP): Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo; 2019.
8. Alves VMN. Efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade sobre o músculo orbicular da boca [Dissertação]. Belo Horizonte (MG): Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais; 2019.
9. Ngao CF, Tan TS, Narayanan P, Raman R. The effectiveness of transmeatal low-power laser stimulation in treating tinnitus. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2014;271(5):975-80.

10. Choi JE, Lee MY, Chung OS, Jung JY. A preliminary study on the efficacy and safety of low level light therapy in the management of cochlear tinnitus: a single blind randomized clinical trial. *Int Tinnitus J.* 2019;23(1):52-7.
11. Goodman SS, Bentler RA, Dittberner A, Mertes IB. The effect of low-level laser therapy on hearing. *Otolaryngol.* 2013;2013:1-9.
12. Blanco NJ, Maddox WT, Gonzalez-Lima F. Improving executive function using transcranial infrared laser stimulation. *J Neuropsychol.* 2017;11(1):14-25.
13. Maksimovich IV. Intracerebral transcatheter laser photobiomodulation therapy in the treatment of Binswanger's disease and vascular parkinsonism: research and clinical experience. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019;37(10):606-14.
14. Saltmarche AE, Naeser MA, Ho KF, Hamblin MR, Lim L. Significant improvement in cognition in mild to moderately severe dementia cases treated with transcranial plus intranasal photobiomodulation: case series report. *Photomed Laser Surg.* 2017;35(8):432-41.
15. Hipskind SG, Grover FL, Fort TR, Helffenstein D, Burke TJ, Quint AS et al. Pulsed transcranial red/near-infrared light therapy using light-emitting diodes improves cerebral blood flow and cognitive function in veterans with chronic traumatic brain injury: a case series. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019;37(2):77-84.
16. Naeser MA, Ho MD, Martin PI, Hamblin MR, Koo BB. Increased functional connectivity within intrinsic neural networks in chronic stroke following treatment with red/near-infrared transcranial photobiomodulation: case series with improved naming in aphasia. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2020;38(2):115-31.
17. Gökçen-Röhlig B, Kipirdi S, Baca E, Keskin H, Sato S. Evaluation of orofacial function in temporomandibular disorder patient safter low-level laser therapy. *Acta Odontol Scand.* 2013;71(5):1112-7.
18. de Moraes, Maia ML, Ribeiro MA, Maia LG, Stuginski-Barbosa J, Costa YM et al. Evaluation of low-level laser therapy effectiveness on the pain and masticatory performance of patients with myofascialpain. *Lasers Med Sci.* 2014;29(1):29-35.
19. Borges RMM, Cardoso DS, Flores BC, da Luz RD, Machado CR, Cerveira GP et al. Effects of different photobiomodulation dosimetries on temporomandibular dysfunction: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2018;33(9):1859-66.
20. Melchior MO, Machado BCZ, Magri LV, Mazzetto MO. Effect of speech-language therapy after low-level laser therapy in patients with TMD: a descriptive study. *CoDAS.* 2016;28(6):818-22.
21. Brochado FT, Jesus LH, Carrard VC, Freddo AL, Chaves KD, Martins MD. Comparative effectiveness of photobiomodulation and manual therapy alone or combined in TMD patients: a randomized clinical trial. *Braz Oral Res.* 2018;32:e50:1-12.

22. Herpich CM, Leal-Junior ECP, Gomes CAFP, Gloria IPDS, Amaral AP, Amaral MFRS et al. Immediate and short-term effects of phototherapy on pain, muscle activity, and joint mobility in women with temporomandibular disorder: a randomized, double-blind, placebo-controlled, clinical trial. *Disabil Rehabil.* 2018;40(19):2318-24.
23. Coca KP, Marcacine KO, Gamba MA, Corrêa L, Aranha AC, Abrão AC. Efficacy of low-level laser therapy in relieving nipple pain in breastfeeding women: a triple-blind, randomized, controlled trial. *Pain Manag Nurs.* 2016;17(4):281-9.
24. Chaves ME, Araújo AR, Santos SF, Pinotti M, Oliveira LS. LED phototherapy improves healing of nipple trauma: a pilot study. *Photomed Laser Surg.* 2012;30(3):172-8.
25. Camargo BTS, Coca KP, Amir LH, Corrêa L, Aranha ACC, Marcacine KO et al. The effect of a single irradiation of low-level laser on nipple pain in breastfeeding women: a randomized controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2020;35(1):63-9.
26. Alfaya TA, Nivoloni TP, Castro DE, Uemoto L, Barcelos R, Gouvêa CVD. Associação entre paralisia facial de Bell e disfunção temporomandibular: manejo clínico. *RFO UPF.* 2012;17(2):222-7.
27. Fontana CR, Bagnato VS. Low-level laser therapy in pediatric Bell's palsy: case report in a 3-year old child. *J Altern Complement Med.* 2013;19(4):376-82.
28. Macias-Hernández SI, Lomeli-Rivas, Bãnos T, Flores J, Sanches M, Miranda-Duarte A. Efectos del laser periférica de baja potencia em el tratamiento de la parálisis facial periférica aguda. *Rehabilitación.* 2012;46(3):187-92.
29. Alayat MS, Elsodany AM, El Fiky AA. Efficacy of high and low level laser therapy in the treatment of Bell's palsy: a randomized double blind placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2014;29(1):335-42.
30. Ordahan B, Karahan AY. Role of low-level laser therapy added to facial expression exercises in patients with idiopathic facial (Bell's) palsy. *Lasers Med Sci.* 2017;32(4):931-6.
31. Kagan LS, Heaton JT. The effectiveness of low-level light therapy in attenuating vocal fatigue. *J Voice.* 2017;31(3):384-93.
32. Souza MT, Silva MD, Carvalho R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein.* 2010;8(1):102-6.
33. Baracat EC, Jatene FB, Nobre MRC, Bernardo WM. Projeto Diretrizes. [cited 2020 Mai 18].
- Available from: [[http://projetodiretrizes.org.br/projeto\\_diretrizes/texto\\_introdutorio.pdf](http://projetodiretrizes.org.br/projeto_diretrizes/texto_introdutorio.pdf)]
34. Barman A, Chatterjee A, Bhide R. Cognitive impairment and rehabilitation strategies after traumatic brain injury. *Indian J Psychol Med.* 2016;38(3):172-81.

35. Valença MM, Valença PA, Lima MAM. Paralisia facial periférica idiopática de Bell: a propósito de 180 pacientes. *Arq Neuro-Psiquiatr.* 2001;59(3-B):733-9.
36. Buchaim RL, Andreo JC, Barraviera B. Effect of low-level laser therapy (LLLT) on peripheral nerve regeneration using fibrin glue derived from snake venom. *Injury.* 2015;46(4):655-60.
37. Vanderlei T, Bandeira RN, Canuto MSB, Alves GAS. Low level light therapy and peripheral facial paralysis: integrating literature review. *Distúrb Comum.* 2019;31(4):557-64.
38. Lou Z, Gong T, Kang J, Ulmschneider C, Jiang J. The effects of photobiomodulation on vocal fold wound healing: in vivo and in vitro studies. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019;37(9):532-8.

**Endereço para correspondência:**

Viviane Souza Bicalho Bacelete

Avenida Alfredo Balena, 190, sala 249, Santa Efigênia

CEP: 30130-100 - Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

E-mail: [vivisouzafono@yahoo.com.br](mailto:vivisouzafono@yahoo.com.br)

Recebido em: 23/07/2020

Aceito em: 05/01/2021

## 5.2 Artigo 2

### **Immediate effects of photobiomodulation with low-level laser in women with no laryngeal or voice changes: Preliminary results**

Viviane Souza Bicalho Bacelete<sup>a</sup>, Elisa Meiti Ribeiro Lin Plec<sup>b</sup>, Flávio Barbosa Nunes<sup>c</sup>, Andréa Rodrigues Motta<sup>d</sup>, Ana Cristina Côrtes Gama<sup>e</sup>

a. Federal University of Minas Gerais – UFMG, Medical School, Speech-Language-Hearing Sciences Program, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

b. Federal University of Minas Gerais – UFMG, Medical School, Speech-Language-Hearing Sciences Program, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

c. Federal University of Minas Gerais – UFMG, Medical School, Department of Otorhinolaryngology and Ophthalmology, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

d. Federal University of Minas Gerais – UFMG, Medical School, Department of Speech-Language-Hearing Sciences, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

e. Federal University of Minas Gerais – UFMG, Medical School, Department of Speech-Language-Hearing Sciences, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

Viviane Souza Bicalho Bacelete: <https://orcid.org/0000-0002-4483-4125>

Elisa Meiti Ribeiro Lin Plec: <https://orcid.org/0000-0003-1070-1954>

Flávio Nunes Barbosa: <https://orcid.org/0000-0002-4353-4331>

Andréa Rodrigues Motta: <https://orcid.org/0000-0002-1582-3785>

Ana Cristina Côrtes Gama: <https://orcid.org/0000-0002-7814-5328>

#### Corresponding author:

Viviane Souza Bicalho Bacelete

Avenida Professor Alfredo Balena, 190

Santa Efigênia – Belo Horizonte – MG – Brazil

CEP: 30130-100

Phone: +55 (31) 8536-9376

[vivisouzafono@yahoo.com.br](mailto:vivisouzafono@yahoo.com.br)

This study was carried out in the Postgraduation Program in Speech-Language-Hearing Sciences at the Medical School of the Federal University of Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

Area: Voice

Type of manuscript: Experimental study

Short running title: Photobiomodulation in voice

Conflict of interest: Nonexistent

## ABSTRACT

**Objective:** To assess the safety and immediate effect of photobiomodulation with placebo and 3, 6, and 9 J doses of low-level laser in vocally healthy women. **Methods:** Experimental research in 36 vocally healthy women aged 18 to 45 years, with skin phototype I to III and body mass index below 25. Participants were randomized to form four groups with nine members each: Group 1: placebo laser photobiomodulation followed by voiced tongue trill technique (VTTT); Group 2: 3 J infrared laser per seven points (total 21 J) followed by VTTT; Group 3: 6 J infrared laser per seven points (total 42 J) followed by VTTT; and Group 4: 9 J infrared laser per seven points (total 63 J) followed by VTTT. Point application was made in anatomical points to locate the glottic level and main intrinsic laryngeal muscles. The following outcomes were assessed: auditory-perceptual evaluation, acoustic analysis (jitter, shimmer, amplitude perturbation quotient [APQ], noise-to-harmonic ratio, period perturbation quotient, cepstral peak prominence, and cepstral peak prominence smoothed), and self-perceived phonatory effort. All participants' records were taken before and immediately after the experiments. **Results:** They were 18 to 45 years old (mean 28.5), with BMI between 16 and 24.5 (mean 21.4). Groups were homogeneous regarding age, skin phototype, and BMI. There was no significant difference in voice quality, acoustic parameters, or self-perceived phonatory effort between intervention moments in the placebo, VTTT + 3 J, and VTTT + 6 J groups. G4 (VTTT + 9 J) decreased shimmer and APQ aperiodicity measures (respective p-values: 0.033; 0.044). **Conclusion:** Results indicate aperiodicity measures improved with VTTT preceded by 9 J low-level

laser application per point, commending this irradiation dosimetry as a possible therapeutic window for voice therapy in light-skinned and normal-BMI women. There was no evidence of worsened measures or increased discomfort with this resource, indicating it is safe for clinical practice.

**Keywords: Larynx; Low-Level Light Therapy; Voice**

## **INTRODUCTION**

Voice is produced with a series of physiological processes correlated with aerodynamic, mechanical, and acoustic phenomena that result from the complex interaction between intrinsic and extrinsic laryngeal muscles<sup>1,2</sup>. Concerning specifically the intrinsic musculature, laryngeal muscle fibers contract quickly and are resistant to fatigue, and their bioenergetic pathways have high mitochondrial content due to the specialized functional demands of the larynx<sup>3</sup>.

Voice quality is a complex phenomenon manifested multidimensionally, whose disorders or dysphonia are triggered by behavioral or organic factors or a combination of both<sup>4</sup>. Epidemiological studies have reported the prevalence of dysphonia ranging from 2% to 17% of the general population while estimating it at 44% among professionals more likely to develop voice disorders due to their constant voice use<sup>5,6</sup>. Vocal techniques to improve muscle performance and treat voice disorders are widely used in speech-language-hearing clinical practice. Hence, the need to clarify voice and laryngeal changes achieved with specific therapeutic approaches has increasingly motivated scientific research<sup>7-9</sup>.

The literature reports a wide range of therapeutic approaches based on exercises, techniques, and programs selected according to the type and degree of voice disorders<sup>7-9</sup>. Vocal exercises provide balance to the three subsystems – breathing, phonation, and resonance – and strength, resistance, and flexibility to the laryngeal musculature, with a physiological approach that directly manipulates the anatomical structures and physiology underlying voice production<sup>10-12</sup>.

The various exercises reported in the literature include voiced trill techniques, among which the voice tongue trill technique (VTTT) stands out with wide clinical



applicability<sup>13</sup>. The literature lists its benefits: smoothed contact between vocal folds, balanced subglottal and supraglottal pressures, optimized mucosal wave movement, and increased vocal resistance<sup>13</sup>. To obtain better responses, studies recommend 3-minute exercises in normal-speaking women and 5-minute exercises in cases of dysphonia secondary to vocal nodules<sup>14-15</sup>.

Other approaches – such as photobiomodulation (PBM), a modality that has been advancing in speech-language-hearing therapy – can potentialize therapeutic gain in both habilitation and rehabilitation voice training. PBM is a noninvasive light therapy that uses nonionizing low-level light sources in the visible and infrared spectra – e.g., light-emitting diodes (LEDs), light amplification by stimulated emission of radiation (LASER), and other light sources<sup>16</sup>. Once absorbed by chromophores in human cells (particularly, cytochrome c oxidase at the mitochondrial level), the light triggers photophysical and photochemical events on various biological scales. Hence, it increases the membrane potential and adenosine triphosphate (ATP) synthesis, with peak response between 3 and 6 hours after stimulation<sup>17</sup>.

Light interacts with biological tissues according to its optical reflection, refraction, absorption, dispersion/scattering, and transmission properties<sup>18,19</sup>. Human skin is a non-homogeneous, highly scattering and absorbing medium. Thus, it is greatly important to know optical properties to predict light distribution in tissues and energy absorption for therapeutic purposes. The physical constituents of the human body, especially fat and melanin concentration, are the mechanisms that influence its optical properties and affect light transmittance through its tissues<sup>19-20</sup>.

PBM with low-level laser (LLL) has drawn the attention of health professionals and researchers thanks to its multiple applications and the evidence of positive results to treat various physiopathological conditions with biomodulation. The most cited effects are analgesia<sup>21</sup>, inflammatory process modulation<sup>22</sup>, healing process acceleration<sup>23</sup>, fatigue reduction, and muscle performance improvement<sup>24</sup>.

Concerning specifically PBM application in the region of the larynx, studies have investigated the effects of using laser on the vocal folds of humans and animals in vitro and in vivo, finding evidence that suggests modulation of the inflammatory and healing processes in laryngeal tissues<sup>25,26</sup>. Only one study assessed the effectiveness of low-level light therapy, irradiating LED to treat vocal fatigue in 16 vocally healthy individuals immediately after a vocal loading task<sup>27</sup>. Despite the improvement in acoustic,

aerodynamic, and auditory-perceptual measures, the authors suggest further studies to determine the ideal light doses and the most effective wavelengths<sup>27</sup>. Even though there is a clinical impression of the therapeutic benefits of laser to clinical voice treatment, research is still incipient<sup>27-31</sup>, lacking both data on the ideal therapeutic procedure protocol and research demonstrating its effectiveness in dysphonic people.

Advancements in the construction of scientific evidence require a better understanding of LLL effects specifically on laryngeal muscles, based on acoustic and auditory-perceptual responses, to demonstrate the benefits of this therapeutic resource. Selecting irradiation parameters often poses a challenging dilemma; hence, it is desirable to attain a standardization for normal-speaking subjects to better guide the development of clinical protocols.

The literature<sup>32</sup> classifies experimental research on rehabilitation science into five phases: 1) Phase 0 comprises observational research aimed at defining the prevalence of a clinical condition and variables associated with it; 2) Phase 1 includes single-subject experimental research without the clinical condition to assess the safety and effect of clinical intervention doses; 3) Phase 2 involves single-subject experimental research with the clinical condition to analyze the effect of the intervention on the research subject's clinical condition; 4) Phase 3 encompasses experimental studies designed as randomized clinical trials to assess the effectiveness of an intervention; and 5) Phase 4 includes studies in heterogeneous populations to assess the effectiveness of an intervention and its applicability in public policies<sup>32</sup>.

Phase 1 studies are important to foment further studies with higher levels of evidence. Hence, this study was based on the following research question: "What is the effect and safety of different infrared LLL doses (3 J, 6 J, and 9 J) combined with VTTT on the quality and self-perception of voice in vocally healthy women?".

Given the importance of standardizing and recommending clinical treatment guidelines, this research aimed to assess the safety and immediate effects of LLL irradiation parameters in combination with VTTT in vocally healthy women, using placebo, 3 J, 6 J, and 9 J doses.

This research is justified as it presents scientific knowledge on the safety and immediate effects of different LLL doses, providing the basis for further research on the effectiveness of this therapeutic approach in voice rehabilitation, designed to have higher levels of evidence, such as randomized clinical trials.

## METHODS

This randomized experimental (Phase 1)<sup>32</sup> was approved by the Ethics Committee of the Federal University of Minas Gerais (UFMG) (4.704.038). This subject design without the clinical condition (Phase 1)<sup>32</sup> was defined based on the need to understand the safety and effect of laser in 3 J, 6 J, and 9 J doses on the quality and self-perception of voice in vocally healthy women.

The research sample comprised 36 women aged 18 to 45 years with neutral voice quality, without vocal/laryngeal complaints or symptoms, with skin phototypes I to III according to the Fitzpatrick scale<sup>33</sup>, and body mass index (BMI) below 25<sup>34</sup>.

The study was carried out at the Observatory of Speech-Language-Hearing Functional Health of the UFMG Medical School and the Otorhinolaryngological Service at the UFMG Clinics Hospital. The volunteers were informed of the research objectives and procedures, read the informed consent form, had their questions answered, and signed the form. They were recruited as personally invited university students and employees and announced the research on social media, characterizing it as a convenience sample.

Participants who had a self-perceived positive voice quality (good or very good voice) and did not have voice symptoms (fatigue and/or discomfort) were invited to undergo speech-language-hearing and otorhinolaryngological assessment for sample selection. The speech-language-hearing assessment was made by one of the researchers with more than 10 years of experience in auditory-perceptual evaluation. It included the analysis of the grade of hoarseness (G) on a 4-point scale (neutral, mild, moderate, and intense), with tasks of habitual sustained vowel /a/ and linked speech (days of the week). The otorhinolaryngological assessment was conducted by a single otorhinolaryngologist, with flexible fiberoptic nasolaryngoscopy. Laryngeal examination results were considered normal when they revealed full glottal closure and no vocal fold lesions. The presence of posterior glottic chink was considered physiological<sup>35</sup>.

The study included participants with a neutral voice quality (G0) and no laryngeal lesions. The exclusion criteria were pregnant women; women in the premenstrual period, with an allergic reaction, and/or respiratory condition on the day of the assessment; with a systemic, neurological, and/or neoplastic disease; smokers; women who had been previously submitted to speech-language-hearing and/or surgical treatment due to voice changes; who were photosensitive or had a skin

disease/lesion; who had a tattoo in the region where light would be applied; and those who reported taking skin treatment medications.

The participants' skin phototypes were defined based on their self-assessed sensitivity to the sun, considering six skin color phototypes ranging from fair (type I skin) to darkest brown (type VI skin) on the Fitzpatrick scale<sup>33</sup>.

BMI was calculated by dividing the body mass by the square of the body height. The participants were weighed and measured by the main researcher. Hence, the women's nutritional statuses were classified based on the cutoff scores established in the literature (BMI < 25: normal weight; BMI ≥ 25: overweight)<sup>34</sup>.

The age range of the four groups was set from 18 to 45 years to exclude the interference of voice changes in the lower end and presbyphonia in the upper end<sup>36</sup>. The groups were matched for age ( $p = 0.095$ ), BMI ( $p = 0.103$ ), and skin phototype ( $p > 0.05$ ). The participants' mean age was 28.5 years (minimum = 18; maximum = 45; SD: 6.9) and their mean BMI was 21.3 (minimum: 17; maximum: 24.5; SD: 2.7). On the Fitzpatrick scale, 52.3% of the participants had a white skin (types I and II), and 47.3% had a golden honey skin (type III).

Participants were randomly allocated in blocks to form groups with an even fixed number of individuals according to their treatments. Envelopes were organized with papers numbered 1 to 4. Each envelope represented a randomization block, and each block was randomly defined in a draw conducted by the researcher, allocating them to experimental and placebo groups. Participants were blind to this procedure.

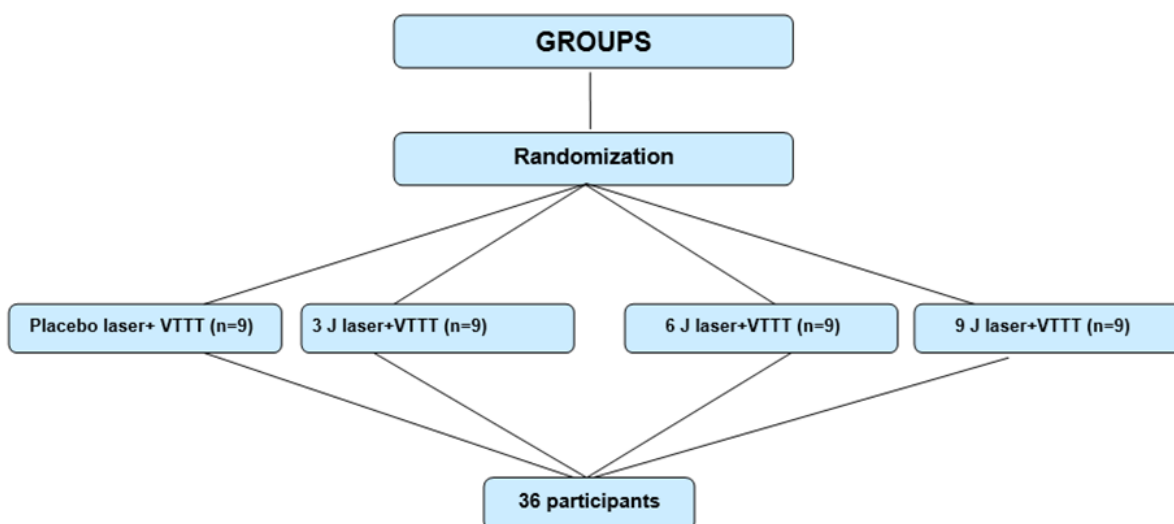
The randomization and allocation process distributed all participants blindly into four equal groups, with nine of them in each one:

- **Group 1 (G1)** – Application of placebo infrared laser (the equipment emitted light but not energy) for 60 seconds, immediately followed by VTTT for 3 minutes<sup>14</sup>. The anatomical points were outlined for PBM application as in experimental group procedures, but the equipment was manipulated to sound a beep without emitting therapeutic light.
- **Group 2 (G2)** – Application of infrared laser for 30 seconds in 3 J doses per point, as follows: a central point in the larynx and three points in each hemilarynx, corresponding respectively to the anatomical locations of the anterior commissure of the larynx and the thyroarytenoid (TA), lateral cricoarytenoid (LCA), and cricothyroid muscles (CT)<sup>28</sup>, totaling a 21 J dose in

the larynx. Immediately after applying the laser, participants performed VTTT for 3 minutes<sup>14</sup>.

- **Group 3 (G3)** – Application of infrared laser for 60 seconds in 6 J doses per point, as follows: a central point in the larynx and three points in each hemilarynx, corresponding respectively to the anatomical locations of the anterior commissure of the larynx and the TA, LCA, and CT muscles<sup>28</sup>, totaling a 42 J dose in the larynx. Immediately after applying the laser, participants performed VTTT for 3 minutes<sup>14</sup>.
- **Grupo 4 (G4)** – Application of infrared laser for 90 seconds in 9 J doses per point, as follows: a central point in the larynx and three points in each hemilarynx, corresponding respectively to the anatomical locations of the anterior commissure of the larynx and the TA, LCA, and CT muscles<sup>28</sup>, totaling a 63 J dose in the larynx. Immediately after applying the laser, participants performed VTTT for 3 minutes<sup>14</sup>.

Figure 1 shows the distribution of the study groups.



**Figure 1 – Study groups**

## PHOTOBIMODULATION

The laser was applied with equipment manufactured by DMC, model Therapy EC, with 100 mW power, spot measuring 0.0984 cm<sup>2</sup>, and infrared wavelength (808 ± 10 nanometers), either placebo or with 3 J, 6 J, or 9 J doses, always before VTTT.

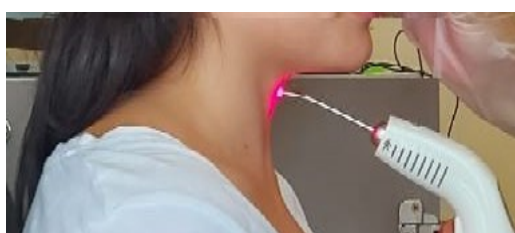
The dosimetry parameters are described in detail in Table 1.

**Table 1. Photobiomodulation parameters with low-level laser.**

Dosimetric parameters	Placebo	G2 (3 J+VTTT)	G3 (6 J+VTTT)	G4 (9 J+VTTT)
Wavelength (nm)	NA	808 ± 10	808 ± 10	808 ± 10
Equipment power (mW)	NA	100	100	100
Output spot (cm <sup>2</sup> )	NA	0.0984	0.0984	0.0984
Irradiance or power density (W/cm <sup>2</sup> )	NA	1.01	1.01	1.01
Flow or energy density (J/cm <sup>2</sup> )	NA	30.5	61	91.5
Emission mode	NA	continuous	continuous	continuous
Irradiation application mode	NA	point	point	point
Energy per point (J)	NA	3	6	9
Total irradiated points	NA	7	7	7
Irradiation time per point (s)	NA	30	60	90
Total energy (J)	NA	21	42	63

**Caption:** cm<sup>2</sup>: square centimeter; J: joule; J/cm<sup>2</sup>: joule per square centimeter; G2: group 2; G3: group 3; G4: group 4; VTTT: voiced tongue trill technique; mW: milliwatts; NA: not applicable; nm: nanometers; W/cm<sup>2</sup>: power per square centimeter.

During the application, participants were sitting on a chair, and both they and the professional wore eye protection equipment. The participant's head remained in a neutral position during the procedure to stimulate the indicated anatomical points. Their skin was cleaned before beginning therapeutic light irradiation, rubbing the neck with 70% alcohol. Then, the tip of the equipment was wrapped with PVC film. The laryngeal region received continuous point application – i.e., the tip of the equipment was in direct perpendicular contact with the skin (Figure 2).

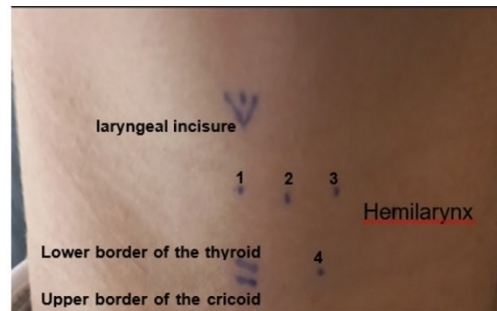


**Figure 2 – Low-level laser application on the larynx**

The anatomical limits were established for the irradiation, defining the approximate location of the glottic level and the main intrinsic laryngeal muscles, based on previous research, in which the speech-language-hearing therapist palpated the participants' neck structures<sup>28</sup>. Seven points (one central and three in each hemilarynx) were identified to apply therapeutic light in the neck region, according to the anatomical references established in the previous study<sup>28</sup>. **Point 1** was defined as the midpoint between the laryngeal incisure and the lower border of the thyroid cartilage, in the

topography of the anterior commissure of the larynx; **point 2** was located 1 cm away from the midpoint, in the region of the TA muscle; **point 3** was located 1 cm away from point 2, aiming at the LCA muscle; lastly, **point 4** was defined as the point in the cricothyroid space 1.5 cm away from the midpoint, in the topography of the CT muscle<sup>28</sup>.

Figure 3, below, shows the anatomical points delimited for LLL application in the larynx.



**Figure 3 – Schematic representation of the laser application points in the larynx.**

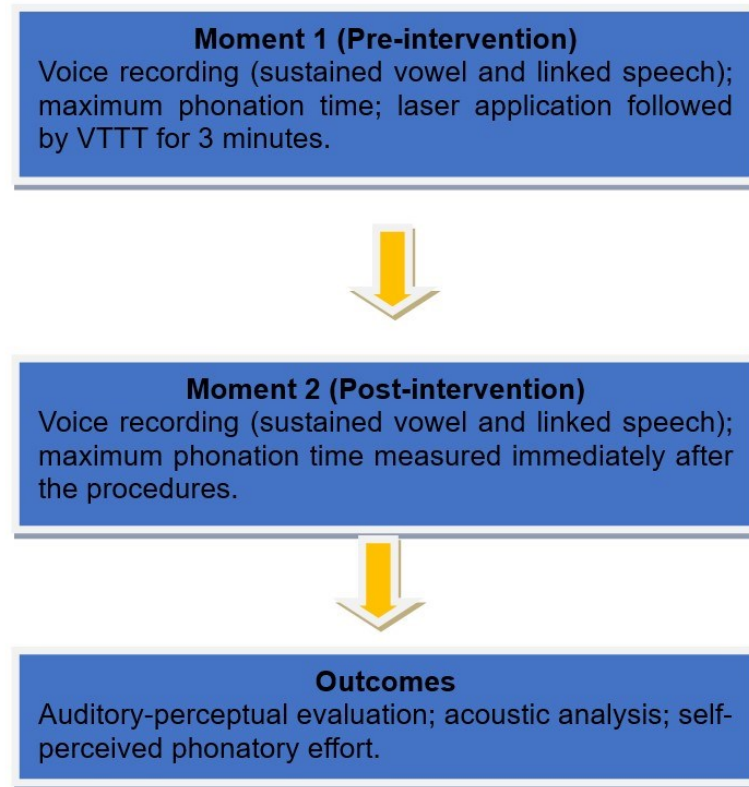
**Caption:** 1- Point 1 (anterior commissure of the larynx); 2 - Point 2 (membranous portion of the vocal fold – TA); 3- Point 3 (cartilaginous portion of the vocal folds – LCA); 4- Point 4 (CT muscle).

## TONGUE TRILL TECHNIQUE VOICED

Participants performed VTTT standing upright, making comfortable and habitual emissions for 3 minutes<sup>14</sup>, while the researcher monitored to ensure they maintained the rhythm. Exercises were timed with a digital stopwatch, also counting the number of exercise repetitions per period.

## ASSESSMENT OF THE OUTCOME VARIABLES

The following dependent variables were considered to analyze the immediate LLL effect on normal-speaking women: 1) auditory-perceptual evaluation of voice quality; 2) acoustic analysis of voice; and 3) self-perceived phonatory effort. The outcome variables were assessed both before (moment 1) and immediately after the intervention (moment 2) in all groups. The procedures were carried out in a single session (Figure 4).



**Figure 4 – Flowchart of the study stages**

**Caption:** VTTT: voiced tongue trill technique.

All collection procedures of the dependent variables are detailed below.

### **Voice recording and auditory-perceptual evaluation**

Voice samples were obtained with a unidirectional condenser microphone manufactured by Shure<sup>®</sup>, positioned at 45° in front of the mouth, 4 cm away from the corner of the mouth, and recorded directly in a computer system (Dell computer, model Optiplex GX260, with a professional sound card manufactured by DirectSound<sup>®</sup>). They were recorded in an acoustically treated room, and the voices were edited in Audacity program, 2.0.6. Volunteers stood throughout the recording and emitted a sustained vowel /a/ in habitual pitch and loudness.

The auditory-perceptual evaluation of voice quality was performed by five speech-language-hearing therapists with more than 10 years of experience in such evaluations, blinded to the intervention and assessment moment. The pairs of voices named A or B were randomized, not revealing the moment of the intervention. Hence, the evaluators analyzed them in pairs by comparison, not previously knowing whether



the voices had been recorded before or after the experiment. Evaluators were instructed to rest their ears for 15 minutes every 22 voices to minimize the risk of response errors due to fatigue<sup>14</sup>.

Evaluators were instructed to consider whether one of the voices in each pair was better than the other (A or B) or whether they were the same regarding the grade of hoarseness. Responses were categorized and tabulated as follows:

- If the voice after the experiment was considered better = improved.
- If the voice before the experiment was considered better = worsened.
- If the voices were considered equal = unchanged.

The intrarater agreement in the auditory-perceptual evaluation was assessed with the Gwet AC1 statistics in R software, version 3.3.1. The degree of agreement was analyzed as follows: values below zero – no agreement; from 0 to 0.20 – small agreement; from 0.21 to 0.40 – weak agreement; from 0.41 to 0.60 – moderate agreement; from 0.61 to 0.80 – good agreement; and from 0.81 to 1.00 – almost perfect agreement<sup>37</sup>. The evaluators' degrees of agreement were respectively 47%, 50%, 68%, 73%, and 82%. Thus, the responses of the three evaluators who had a good or almost perfect agreement were considered for the auditory-perceptual evaluation of voice, using the mode of the three judges' responses. They diverged in three pairs of voices; hence, a fourth evaluator, a speech-language-hearing therapist specialized in voice with more than 20 years of experience in the area, assessed the voices to define the most concordant response.

### **Analysis of the acoustic measures**

The voices were recorded using the Computerized Speech Lab (CSL) program by Kay Pentax<sup>®</sup>, model 6103, Multi-Dimensional Voice Program (MDVP) module<sup>38</sup>, installed in a Dell<sup>®</sup> computer, model Optiplex GX260, with a professional soundcard manufactured by DirectSound<sup>®</sup>, and a unidirectional condenser microphone manufactured by Shure<sup>®</sup>. Participants stood in front of the microphone, which was placed on a pedestal at mouth height, 4 cm away from the mouth. They were instructed to prolong the vowel /a/ emission habitually and fully and count from 1 to 20. All recordings were made in an acoustically treated room.

The following parameters were used for acoustic analysis:

- 1) Fundamental frequency ( $f_0$ ): mean of all extracted frequency periods. The

program's handbook indicates 243.97 Hertz (Hz) as the normal value for women<sup>38</sup>.

- 2) Jitter and pitch perturbation quotient (PPQ): parameters that measure short-term pitch perturbation, presented in percentages – the normal value for women is 0.36%<sup>38</sup>.
- 3) Shimmer and amplitude perturbation quotient (APQ): parameters that measure short-term amplitude perturbation, presented in percentages – the normal value for women is 1.39%<sup>38</sup>.
- 4) Noise-to-harmonic ratio (NHR): a measure that relates harmonic to noise in the acoustic wave. The normal value for women is 0.11 dB<sup>38</sup>.
- 5) Maximum phonation time: participants were instructed to emit a sustained vowel (/a/) while sitting comfortably on a chair in an acoustically treated room. The normal time for women is 15 to 25 seconds<sup>39</sup>.
- 6) Cepstral measures: these were taken with the Praat program, version 6.0.52, selecting the best, middle 3-second excerpt of the sustained vowel /a/ emission, dismissing its beginning and end, as well as the full linked speech emission. The cepstral peak prominence (CPP) and cepstral peak prominence smoothed (CPPS) were extracted from the vowel /a/ and linked speech, selecting the parameters proposed in the literature<sup>40</sup>.

### **Analysis of self-perceived phonatory effort**

The self-perceived phonatory effort was analyzed with the Borg Scale CR10-BR, in which 0 indicates no vocal effort and 10 indicated maximum effort. After the procedure, subjects respond to it on a Likert-type scale, as follows: 0 “No phonatory effort”; 0.5 “Very slight, barely perceivable vocal effort”; 1 “Very mild vocal effort”; 2 “mild vocal effort”; 3 “Moderate vocal effort”; 4 “Somewhat severe vocal effort”; 5 “Severe vocal effort”; 6, 7, and 8 “Very severe vocal effort”; 9 “Extremely severe, almost maximum vocal effort”, and 10 “maximum vocal effort”<sup>41</sup>.

### **Statistical analysis**

Data were statistically analyzed with the MINITAB statistical program, version 17. The distribution of quantitative variables analyzed with the Anderson-Darling test defined the statistical paired t-test for intragroup parametric analysis before and after

the experiment. The Wilcoxon test was used for the intragroup analysis of data that did not have a normal distribution.

Categorical variables were statistically analyzed with the chi-square test. In all analyses, the level of significance was set at 5%.

## RESULTS

The mean laryngeal midpoint (distance between the laryngeal incisure and the lower border of the thyroid cartilage) was 10 mm (minimum: 9 mm; maximum: 13 mm; SD = 1.12), with no statistical difference between the placebo and experimental groups ( $p = 0.192$ ). The mean number of tongue trills was 23 in G1 (placebo), 29 in G2 (VTTT + 3 J), 26 in G3 (VTTT + 6 J), and 23 in G4 (VTTT + 9 J) with no difference between the groups ( $p = 0.504$ ).

Table 2 presents the auditory-perceptual evaluation results comparing the groups before and after the procedures. There was a greater occurrence of unchanged voice quality after the experiments, with no statistical significance between the groups.

**Table 2. Comparison of auditory-perceptual evaluation results between groups**

Voice quality	G1 (placebo)		G2 (3 J+VTTT)		G3 (6 J+VTTT)		G4 (9 J+VTTT)		Total		p-value
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
Improved	1	11	1	11	2	22.3	1	11	5	13.9	0.985
Worsened	2	22.3	2	22.3	1	11	2	22.3	7	19.4	
Unchanged	6	66.7	6	66.7	6	66.7	6	66.7	24	66.7	

\*Chi-square test.

Caption: G: group; J: joule; n: number; VTTT: voiced tongue trill technique

Tables 3, 4, 5, and 6 present the groups' acoustic parameter results before and after the intervention. They reveal no acoustic changes in the groups after VTTT alone or in combination with 3 and 6 J. However, the group that used VTTT in combination with 9 J had a significant decrease in amplitude aperiodicity measures (shimmer and APQ).

**Table 3. Acoustic measures before and after VTTT alone (placebo laser)**

Parameters		Before VTTT	After VTTT	p-value (before/after)	
<b>MPT (s)</b> <i>/a/</i>	mean	11	10.7	0.590	
	median	10	10		
	minimum	8	6		
	maximum	18	18		
	SD	3.27	3.095		
<b>f<sub>0</sub> (Hz)</b>	mean	214.1	210.74	0.772	
	median	223.22	216.57		
	minimum	175.15	164.32		
	maximum	234.85	248.84		
	SD	20.79	27.06		
<b>Jitter (%)</b>	mean	1.135	1.072	0.810	
	median	1.104	1.055		
	minimum	0.387	0.640		
	maximum	2.542	1.669		
	SD	0.680	0.338		
<b>Shimmer (dB)</b>	mean	3.459	3.424	0.926	
	median	3.443	3.303		
	minimum	2.2	2.916		
	maximum	4.907	4.064		
	SD	1.007	0.399		
<b>PPQ (%)</b>	mean	0.658	0.625	0.828	
	median	0.643	0.615		
	minimum	0.229	0.362		
	maximum	1.495	0.981		
	SD	0.394	0.206		
<b>APQ (%)</b>	mean	2.364	2.347	0.942	
	median	2.401	2.277		
	minimum	1.53	1.971		
	maximum	3.23	2.804		
	SD	0.639	0.281		
<b>NHR (dB)</b>	mean	0.118	0.128	0.244	
	median	0.124	0.158		
	minimum	0.08	0.110		
	maximum	0.143	0.154		
	SD	0.021	0.013		
<b>CPP (dB)</b>	vowel	mean	21.6	21.15	0.769
		median	20.65	20.55	
		minimum	16.29	14.9	
		maximum	26.15	28.5	
		SD	3.129	4.059	
	speech	mean	14.84	14.75	0.924
		median	14.55	13.75	
		minimum	12.3	12.3	
		maximum	17.2	17.6	
		SD	2.02	2.07	
<b>CPPS (dB)</b>	vowel	mean	13.13	12.83	0.767
		median	13.1	12.35	
		minimum	10.25	9.85	
		maximum	16	17.5	
		SD	1.87	2.418	
	speech	mean	6.33	6.35	0.982
		median	6.35	5.5	
		minimum	4.4	4.5	
		maximum	8.2	8.85	
		SD	1.45	1.581	

**Caption:** APQ: amplitude perturbation quotient; CCP: cepstral peak prominence-smoothed; dB: decibel; f<sub>0</sub>: fundamental frequency; SD: standard deviation; Hz: hertz; NHR: noise-to-harmonic ratio; PPQ: pitch perturbation quotient; s: seconds; MPT: maximum phonation time; VTTT: voiced tongue trill technique.

**Table 4. Acoustic measures before and after VTTT in combination with 3 J energy**

Parameters		Before	After	p-value (before/after)	
<b>MPT (s)</b> <i>/a/</i>	mean	10.55	11.77	0.193	
	median	10	11		
	minimum	9	9		
	maximum	14	15		
	SD	1.74	2.048		
<b>f<sub>0</sub> (Hz)</b>	mean	196.87	198.87	0.830	
	median	199.82	205.75		
	minimum	174.7	156.64		
	maximum	214.95	225.94		
	SD	14.67	23.16		
<b>Jitter (%)</b>	mean	1.126	1.155	0.920	
	median	1.1	1.114		
	minimum	0.273	0.56		
	maximum	2.603	2		
	SD	0.67	0.5		
<b>Shimmer (dB)</b>	mean	3.886	3.581	0.588	
	median	3.641	3.378		
	minimum	1.748	2.26		
	maximum	5.32	5.97		
	SD	1.2	1.12		
<b>PPQ (%)</b>	mean	0.657	0.654	0.984	
	median	0.67	0.65		
	minimum	0.158	0.324		
	maximum	1.53	1.15		
	SD	0.394	0.287		
<b>APQ (%)</b>	mean	2.67	2.42	0.520	
	median	2.49	2.26		
	minimum	1.26	1.56		
	maximum	3.69	3.965		
	SD	0.838	0.761		
<b>NHR (dB)</b>	mean	0.136	0.118	0.088	
	median	0.136	0.126		
	minimum	0.109	0.072		
	maximum	0.16	0.146		
	SD	0.014	0.024		
<b>CPP (dB)</b>	vowel	mean	23.16	22.48	0.701
		median	21.7	23	
		minimum	18.7	18	
		maximum	29.5	29.15	
		SD	3.835	3.5	
	speech	mean	14.41	14.09	0.612
		median	14.5	14.15	
		minimum	12.25	12.7	
		maximum	16.9	15.3	
		SD	1.521	1.073	
<b>CPPS (dB)</b>	vowel	mean	14.12	12.6	0.357
		median	13.35	13.4	
		minimum	11.25	4.25	
		maximum	19.3	18.2	
		SD	2.97	3.74	
	speech	mean	5.79	5.39	0.531
		median	5.25	5.5	
		minimum	4	4.25	
		maximum	8.3	6.8	
		SD	1.53	1.06	

**Caption:** APQ: amplitude perturbation quotient; CCP: cepstral peak prominence-smoothed; dB: decibel; f<sub>0</sub>: fundamental frequency; SD: standard deviation; Hz: hertz; NHR: noise-to-harmonic ratio; PPQ: pitch perturbation quotient; s: seconds; MPT: maximum phonation time; VTTT: voiced tongue trill technique.

**Table 5. Acoustic measures before and after VTTT in combination with 6 J energy**

Parameters		Before	After	p-value (before/after)	
<b>MPT (s)</b> <i>/a/</i>	mean	12	13.8	0.332	
	median	10	13		
	minimum	9	9		
	maximum	18	22		
	SD	3.162	4.676		
<b>f<sub>0</sub> (Hz)</b>	mean	197.49	199.82	0.693	
	median	201.25	195.39		
	minimum	180	186.02		
	maximum	215.03	218.3		
	SD	12.58	11.96		
<b>Jitter (%)</b>	mean	1.1337	1.4028	0.076	
	median	0.906	1.219		
	minimum	0.541	0.706		
	maximum	2.197	2.477		
	SD	0.63	0.673		
<b>Shimmer (dB)</b>	mean	3.9	3.937	0.936	
	median	4.238	3.881		
	minimum	2.222	2.786		
	maximum	5.21	5.37		
	SD	1.019	0.888		
<b>PPQ (%)</b>	mean	0.656	0.818	0.058	
	median	0.529	0.724		
	minimum	0.329	0.424		
	maximum	1.25	1.46		
	SD	0.354	0.395		
<b>APQ (%)</b>	mean	2.818	2.7169	0.775	
	median	2.844	2.62		
	minimum	1.57	1.939		
	maximum	4.42	3.625		
	SD	0.856	0.611		
<b>NHR (dB)</b>	mean	0.132	0.125	0.445	
	median	0.134	0.129		
	minimum	0.111	0.096		
	maximum	0.153	0.15		
	SD	0.014	0.018		
<b>CPP (dB)</b>	vowel	mean	23.6	23.5	0.960
		median	23.6	24	
		minimum	18.9	18.5	
		maximum	28.6	28.8	
		SD	3.312	3.19	
	speech	mean	15.5	15.6	
		median	15.15	15.35	
		minimum	13.7	13.8	
		maximum	18.9	17.8	
		SD	1.56	1.244	
<b>CPPS (dB)</b>	vowel	mean	14.252	14	0.910
		median	15.2	15.6	
		minimum	9.15	9.3	
		maximum	18.45	18	
		SD	3.181	3.056	
	speech	mean	6.5	6.73	
		median	5.9	6.6	
		minimum	4.63	4.3	
		maximum	8.7	9.2	
		SD	1.59	1.82	

**Caption:** APQ: amplitude perturbation quotient; CCP: cepstral peak prominence-smoothed; dB: decibel; f<sub>0</sub>: fundamental frequency; SD: standard deviation; Hz: hertz; NHR: noise-to-harmonic ratio; PPQ: pitch perturbation quotient; s: seconds; MPT: maximum phonation time; VTTT: voiced tongue trill technique.

**Table 6. Acoustic measures before and after VTTT in combination with 9 J energy**

Parameters		Before	After	p-value (before/after)
<b>MPT (s)</b> <i>/a/</i>	mean	10.8	10.7	0.942
	median	10	9	
	minimum	8	6	
	maximum	14	18	
	SD	2.261	3.898	
<b>f<sub>0</sub> (Hz)</b>	mean	201.88	210.22	0.058
	median	193.77	208.95	
	minimum	183.5	184.99	
	maximum	259.48	266.46	
	SD	23.2	23.43	
<b>Jitter (%)</b>	mean	1.2113	1.097	0.695
	median	1.113	1.183	
	minimum	0.414	0.518	
	maximum	2.476	1.727	
	SD	0.734	0.435	
<b>Shimmer (dB)</b>	mean	4.49	3.5	<b>0.033</b>
	median	4.17	3.43	
	minimum	2.889	0.336	
	maximum	7.95	5.716	
	SD	1.398	1.447	
<b>PPQ (%)</b>	mean	0.694	0.617	0.629
	median	0.644	0.688	
	minimum	0.263	0.326	
	maximum	1.443	0.952	
	SD	0.417	0.216	
<b>APQ (%)</b>	mean	3.036	2.677	<b>0.044</b>
	median	2.916	2.646	
	minimum	2.012	1.999	
	maximum	5.126	3.98	
	SD	0.867	0.592	
<b>NHR (dB)</b>	mean	0.1211	0.125	1
	median	0.126	0.112	
	minimum	0.09	0.104	
	maximum	0.149	0.197	
	SD	0.02	0.029	
<b>CPP (dB)</b>	mean	22.97	22.92	0.979
	median	23.5	23.75	
	minimum	16.4	16.3	
	maximum	29.35	29	
	SD	3.866	3.75	
<b>CPPS (dB)</b>	mean	15.1	15.73	0.617
	median	15	15.8	
	minimum	12.5	12.7	
	maximum	20.4	20	
	SD	2.524	2.712	
<b>CPPS (dB)</b>	mean	12.95	13.88	0.545
	median	13.7	14.4	
	minimum	7.6	8.7	
	maximum	18.3	18.4	
	SD	3.39	2.98	
<b>CPPS (dB)</b>	mean	6.78	7.27	0.678
	median	6.9	6.9	
	minimum	4.4	4.7	
	maximum	11.7	11.45	
	SD	2.35	2.53	

**Caption:** APQ: amplitude perturbation quotient; CCP: cepstral peak prominence; CPPS: cepstral peak prominence-smoothed; dB: decibel; f<sub>0</sub>: fundamental frequency; SD: standard deviation; Hz: hertz; NHR: noise-to-harmonic ratio; PPQ: pitch perturbation quotient; s: seconds; MPT: maximum phonation time; VTTT: voiced tongue trill technique.

**Table 7. Comparison of acoustic measures between groups after the experiment**

Parameters(after)		Placebo	3 J	6 J	9 J	p-value	
<b>MPT(s)</b> /a/	mean	10.7	11.7	13.8	10.7	0.255	
	median	10	11	13	9		
	minimum	6	9	9	6		
	maximum	18	15	22	18		
	SD	3.905	2.048	4.676	3.898		
<b>f<sub>0</sub> (Hz)</b>	mean	210.74	198.87	199.82	210.22	0.524	
	median	216.57	205.75	195.39	208.95		
	minimum	164.32	156.64	186.02	184.99		
	maximum	248.84	225.94	218.3	266.46		
	SD	27.06	23.16	11.96	23.43		
<b>Jitter (%)</b>	mean	1.072	1.155	1.402	1.097	0.494	
	median	1.055	1.114	1.219	1.183		
	minimum	0.64	0.56	0.706	0.518		
	maximum	1.669	2	2.477	1.727		
	SD	0.338	0.5	0.673	0.435		
<b>Shimmer (dB)</b>	mean	3.424	3.581	3.937	3.504	0.736	
	median	3.303	3.378	3.881	3.43		
	minimum	2.916	2.26	2.786	0.336		
	maximum	4.064	5.97	5.374	5.716		
	SD	0.399	1.12	0.888	1.447		
<b>PPQ (%)</b>	mean	0.625	0.654	0.818	0.617	0.414	
	median	0.615	0.65	0.724	0.688		
	minimum	0.362	0.324	0.424	0.326		
	maximum	0.981	1.15	1.46	0.952		
	SD	0.206	0.287	0.395	0.216		
<b>APQ (%)</b>	mean	2.347	2.42	2.716	2.677	0.469	
	median	2.277	2.26	2.62	2.646		
	minimum	1.971	1.56	1.939	1.999		
	maximum	2.804	3.965	3.625	3.98		
	SD	0.281	0.761	0.611	0.592		
<b>NHR (dB)</b>	mean	0.128	0.118	0.125	0.125	0.796	
	median	0.128	0.126	0.129	0.112		
	minimum	0.11	0.072	0.096	0.104		
	maximum	0.154	0.146	0.15	0.197		
	SD	0.013	0.024	0.018	0.029		
<b>CPP (dB)</b>	vowel	mean	21.15	22.48	23.5	22.92	0.55
		median	20.55	23	24	23.75	
		minimum	14.9	18	18.5	16.3	
		maximum	28.5	29.15	28.8	29	
		SD	4.059	3.5	3.19	3.75	
	speech	mean	14.75	14.09	15.6	15.73	
		median	13.75	14.15	15.35	15.8	
		minimum	12.3	12.7	13.8	12.7	
		maximum	17.6	15.3	17.8	20	
		SD	2.07	1.073	1.244	2.712	
<b>CPPS (dB)</b>	vowel	mean	12.83	12.6	14	13.88	0.672
		median	12.35	13.4	15.6	14.4	
		minimum	9.85	4.25	9.3	8.7	
		maximum	17.5	18.2	18	18.4	
		SD	2.418	3.74	3.056	2.98	
	speech	mean	6.35	5.39	6.73	7.27	
		median	5.5	5.5	6.6	6.9	
		minimum	4.5	4.25	4.3	4.7	
		maximum	8.85	6.8	9.2	11.45	
		SD	1.58	1.06	1.82	2.53	

**Caption:** APQ: amplitude perturbation quotient; CCP: cepstral peak prominence; CPPS: cepstral peak prominence-smoothed; dB: decibel; f<sub>0</sub>: fundamental frequency; SD: standard deviation; Hz: hertz; NHR: noise-to-harmonic ratio; PPQ: pitch perturbation quotient; s: seconds; MPT: maximum phonation time; VTTT: voiced tongue trill technique.



The results of comparing acoustic parameters after the experiment between the groups, shown in Table 7, do not reveal statistical differences ( $p > 0.05$ ).

The self-perceived effort was reported after the experiment in the placebo group (G1) ( $n = 2$ ) and experimental groups G2 ( $n = 1$ ) and G4 ( $n = 4$ ), though with no statistical difference between the groups, according to the results shown in Table 8. As for the level of phonatory effort verified with the Borg Scale CR10-BR<sup>41</sup>, most participants (80.5%) did not feel it worsened during voice production after the procedures. Concerning the participants that perceived some effort (19.5%), most of them (85.7%) reported it at level 1 (very mild vocal effort), while only one subject (14,3%), who was from the placebo group, reported it at level 2 (mild vocal effort).

**Table 8. Vocal effort evaluation result in comparison between groups**

Vocal effort	G1 (placebo)		G2 (3J+VTTT)		G3 (6J+VTTT)		G4 (9J+VTTT)		Total		p-value
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
present	2	22.3	1	11.2	0	0	4	45.5	7	19.5	0.063
absent	7	77.7	8	88.8	9	100	5	55.5	29	80.5	

\* Chi-square test.

Caption: G: group; J: joule; n: number; VTTT: voiced tongue trill technique.

## DISCUSSION

Using LLL along with techniques that are already established in voice clinical practice may be an important therapeutic strategy to reduce inflammatory processes and edema, improve muscle performance, and reduce fatigue after intensively using the voice<sup>22,24</sup>. PBM uses red and near-infrared (660-1000 nm) electromagnetic waves that stimulate cell functions, leading to various therapeutic effects<sup>16,42</sup>.

Researchers are increasingly interested in the mechanism of action and biological effects on tissues of this nonthermal, painless therapeutic approach, which has no side effects and, therefore, ensures safe treatment<sup>16,24-27</sup>.

Various authors have investigated PBM effects on muscle responses regarding both strength and resistance, hypothesizing increased cell energetic metabolism due to light absorption by target chromophores and increased potential of the mitochondrial

membrane and enzymatic activity of the electron transport chain, which reflect on metabolic changes<sup>43-46</sup>. Increased ATP supply due to applying irradiation may reduce muscle fatigue and influence muscle fiber excitation, as the efficiency of the sodium-potassium pump improves and the mitochondrial energy synthesis increases<sup>17,24</sup>.

The increasing use of LLL in voice clinical practice requires that a series of issues be addressed to guide such procedures and identify the best methods. Voice researchers are engaged in reaching a consensus on recommendation criteria to apply PBM, according to evidence-based practice guidelines<sup>30</sup>. Animal studies suggest that PBM modulated inflammatory and healing processes in laryngeal tissues<sup>25,26</sup>. In humans, only one study assessed the effectiveness of low-level LED to treat vocal fatigue in 16 vocally healthy individuals, with improved acoustic, aerodynamic, and auditory-perceptual measures 1 hour after the procedure<sup>27</sup>. The authors suggest future studies to determine the ideal light doses and the most effective wavelengths<sup>27</sup>.

Many clinical studies and systematic reviews produced in the last years had positive PBM results in tissue regeneration<sup>23</sup>, analgesia<sup>21</sup>, and muscle performance<sup>24</sup>. However, their methodology and irradiation parameters vary widely, impairing the comparison of results and leading to conflicting findings<sup>24,47</sup>. The lack of specification details regarding laser irradiation parameters and the wide range of experimental methods limit the comparison of results and the replication of benefits in new experimental studies, also making unfeasible the replication of protocols in professional clinical practice<sup>47</sup>.

Thus, it is important to understand the effects of applying LLL in the laryngeal region and discuss possibilities to construct speech-language-hearing scientific evidence.

Randomized clinical trials are the best study design for researchers to collect precise information to answer logical clinical research hypotheses<sup>32</sup>. Such design furnishes strong evidence regarding specific research questions to determine the effectiveness of a given clinical intervention. Phase-1 studies are useful to assess the safety and dosage of an intervention<sup>32</sup>. Hence, infrared LLL was used with different irradiation parameters in women with no laryngeal or voice changes to assess PBM safety, immediate effects, and therapeutic window.

LLL application must break the skin barrier, regardless of the type of target tissue. Therefore, the skin color and percentage of body fat were controlled, as the

optical properties of biological tissues vary according to skin pigmentation, the location of the target tissue, and the fat in the subcutaneous tissue<sup>48-50</sup>. Laser doses must be individualized and adjusted to compensate for skin interference<sup>49</sup>. Both red and infrared light transmittance is lower in darker skins, considering skins with the same thickness. However, the transmittance of red light reduces more significantly as the skin grows darker, as well as that of both spectra, as skins grow thicker<sup>49-50</sup>.

This study used infrared wavelength because it ensures greater penetration into biological tissues<sup>51</sup> and is the one most used in clinical trials<sup>52</sup>. Wavelengths interact differently with each tissue, which makes it important to choose the most adequate one for each treatment, even though the best option for each dysfunction had not yet been determined. The spectral range of a therapeutic source must ensure the absorption of photons reaching the target chromophores at the depth in which they are located. Hence, this is probably the most important issue in PBM, as there will be no reaction if there is no absorption<sup>51</sup>.

Another important parameter is the number of irradiation points that must be projected to effectively cover a larger area of the muscle group and better distribute the energy applied to the muscles<sup>52</sup>. Point applications must address the muscle path in equidistant points. Given the length of the intrinsic laryngeal musculature, it was considered that only one point per target muscle would be the most indicated. They were accessed by marking seven anatomical regions in the neck 1 cm away from each other, according to muscle extension, and following the recommendation to apply to points less than 2 cm apart<sup>52,53</sup>.

The anatomical markings were defined based on the midpoint of the distance between the laryngeal incisure and the lower border of the thyroid cartilage, with a mean of 10 mm in the sample. The mean thyroid height in this research was 20 mm, whereas the literature describes measures of 21 mm among females<sup>28</sup>. Hence, the study established a point in the anterior laryngeal region compatible with the location of the anterior commissure of the larynx; two lateral points in each thyroid cartilage lamina, one in the middle region and the other more posterior, to reach the TA and LCA muscles; and a point in the inferior region of each hemilarynx, in the cricoarytenoid membrane, to stimulate the CT muscle. The infrared light reaches the larynx in the points marked according to anatomical references<sup>28</sup>.

Considering specific wavelengths, laser therapeutic effects depend on its doses. In this regard, the Arndt-Schultz rule predicts the existence of a dose-response curve represented by flow in relation to biological response, postulating a biostimulation therapeutic window, reverted to bioinhibition above a threshold value<sup>54</sup>. Thus, there is a clear therapeutic window (i.e., a biphasic response dose to improve performance and recover after exercises), which makes it indispensable to identify the ideal doses and anatomical locations of the tissues in treatment to reach the proposed objectives<sup>53</sup>.

The total dose in the larynx in this research ranged from 21 to 63 J, as 3, 6, and 9 J irradiation was applied in one point per target muscle, totaling seven anatomical points. A recently published study presents clinical and scientific recommendations to use PBM to improve exercise performance and recovery from exercises. It indicates doses from 20 J to 60 J for small muscle groups and from 120 J to 300 J for large muscle groups<sup>53</sup>.

Time-response is another PBM application factor that seemingly influences muscle performance – i.e., how long before or after an exercise protocol irradiation must be applied to obtain better responses. In studies involving exercises, it is believed that light has an ergogenic role when applied before the exercise protocols, modulating the energetic mechanism<sup>43</sup>. An animal study identified that LED applications 3 to 6 hours before analyses provided greater membrane potentials and ATP synthesis than PBM applications 5 minutes before them<sup>17</sup>. The collection was made by applying the laser immediately before VTTT and analyzing the effects immediately after it.

Voice therapy consists of specific exercises to control and coordinate the different aspects of voice production. This study chose VTTT as an experimental treatment after LLL irradiation due to its wide application in voice clinical practice and its benefits in attenuating the contact between vocal folds and changing vibration patterns<sup>55</sup>. As recommended, the performance lasted 3 minutes for normal-speaking women<sup>14</sup>.

Activating oral, laryngeal, and thoracic muscles with VTTT consumes much energy, which is furnished by cell metabolism<sup>14</sup>. Considering the principle of increasing energetic metabolism by applying light, PBM in the intrinsic laryngeal musculature before exercise may potentialize therapeutic gains because bioenergetic pathways in the muscles provide high mitochondrial content with specialized functional demands of

the larynx<sup>3</sup>.

The results of the auditory-perceptual evaluation revealed that most participants' voices remained unchanged after VTTT alone or in combination with different laser doses, with no statistical differences between the groups. It is possible that the findings did not demonstrate an improvement in voice quality because study participants had neutral voice quality and the auditory-perceptual evaluation was not sensitive to perceive subtle changes in voice production<sup>56</sup>. Another study likewise did not find voice improvement after 3 minutes of VTTT<sup>57</sup>.

The acoustic analysis results did not find significant differences in any of its analyzed parameters before and after VTTT in the placebo group – i.e., alone. Similar results were found in studies that demonstrated that  $f_0$ , jitter, shimmer, NHR, and CPPS were not sensitive to assess immediate VTTT effects in normal speaking subjects<sup>56,57</sup>. The combination of VTTT with 3 J and 6 J laser revealed no significant effect immediately after the treatment on the auditory-perceptual or acoustic measures. Similarly, a previous study did not find effects on acoustic, auditory-perceptual, and self-perceived voice production parameters after four sessions of 6 J laser over 1 month<sup>29</sup>. However, it applied laser alone, which may be why no changes were demonstrated in muscle adjustments after repeatedly applying this therapeutic resource<sup>29</sup>. Another study also did not demonstrate auditory-perceptual or acoustic changes after immediately applying LED, although it found positive results 1 hour after intervention<sup>27</sup>. Other authors likewise did not find an immediate effect of 6 J PBM in combination with VTTT in amateur singers<sup>31</sup>. On the other hand, VTTT in combination with 9 J energy per point had a trend (without statistical significance) toward increasing  $f_0$ , decreasing frequency aperiodicity measures (jitter and PPQ), and increasing CPPS measures, besides a statistically significant difference in amplitude aperiodicity measures (shimmer and APQ).

Among the assessed acoustic parameters, increased  $f_0$  may be associated with repetitive TA contraction during the exercise. The literature demonstrates that semi-occluded vocal tract exercises result in muscle and functional laryngeal adjustments, replacing LCA activity with greater TA activity<sup>14,55</sup>. Decreased PPQ measures may suggest greater vibration regularity in the vocal folds<sup>39</sup>. Increased CPPS indicates an increased harmonical structure of the voice signal because the cepstral peak is the acoustic energy that overshadows the background noise and may be related to

improvements in the mucosal wave<sup>58</sup>. The results in this research indicate that 9 J LLL application in combination with VTTT decreases amplitude aperiodicity measures, improving vocal fold vibration periodicity – which suggests that this is the ideal application dose.

The self-assessment revealed no difference in the perception of greater phonatory effort after laser application in the study groups. The absence of significantly worse effort sensation in voice production after applying irradiation suggests that this resource can be safely used in clinical practice<sup>29</sup>.

Applying a 9 J infrared laser in seven laryngeal points may be promising dosimetry to potentialize the effects of vocal exercises. However, the sample size and laser effect assessment time immediately after exercises are limitations of this research. It is necessary to know light delivery parameters to the target tissues to optimize treatment – which poses the challenge of quantifying doses based on factors that interfere with the biophysical capacity of light penetrating the skin and reaching structures in a certain depth<sup>18-20,47,48</sup>. Thus, this research controlled variables that can interfere with tissue penetration (such as sex, age, physiological status of the tissue, and skin pigmentation and thickness), and the homogeneous groups regarding these characteristics were randomly distributed to diminish the risk of selection bias. Although the selection of a sample with rather specific characteristics was a limiting factor of this study regarding sample size, we believe that the correct prescription of irradiation parameters must be individualized and adjusted to personal characteristics.

It is fair to assume that investigating therapeutic light application with immediate assessment is not enough to verify cell changes capable of changing muscle patterns and immediate objective responses. Muscle adjustments and voice changes may take longer to occur. Hence, programs with repeated applications and longitudinal follow-up to assess the cumulative PBM effect or analyze vocal responses hours after laser application may elucidate the time necessary for the biochemical increase and biomodulator effects on cell functions, potentializing therapeutic gains.

Future research with larger samples, assessing vocal responses hours and days after irradiation, whose samples have different ages, sex, and skin pigmentation and thickness characteristics, and with other designs (such as randomized clinical trials) are important to add further knowledge on LLL application in voice clinical practice.

The clinical reasoning behind PBM recommendation in the area of voice is based on knowledge obtained from related areas and the experience of professionals who witness potentialized therapeutic gains<sup>21-24</sup>. However, recommendation criteria to apply LLL must be grounded on evidence-based practice guidelines, which include not only experts' opinions but also evidence from scientific research and the patient's values and preferences. There are still gaps regarding the irradiated area (density of applied energy), time-response (how long before the exercise protocol the light must be applied, and how long after it the responses occur), and the irradiated energy (energy dose per application point). Hence, professional practice must be given support with guidance in various topics to better define voice clinical procedures.

## **CONCLUSION**

PBM therapy with an infrared laser before exercise improved shimmer and APQ after applying 9 J energy per point in seven laryngeal points in the experimental group. Hence, it suggests optimal irradiation dosimetry and, consequently, a possible therapeutic window to be recommended for voice clinical practice in women with no voice or laryngeal changes and with light skin and normal BMI.

The comparison of results obtained with VTTT alone or in combination with LLL did not reveal a significantly worse sensation in voice production or difference between groups in the perception of phonatory effort – which suggests that this therapeutic resource can be safely applied in voice clinical practice.

## **Acknowledgement**

This paper was prepared with the support of CNPq, the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (Grant No. 309108/2019-5).

**REFERENCES**

1. Calvache C, Solaque L, Velasco A, Peñuela L. Biomechanical models to represent vocal physiology: A systematic review. *J Voice*. 2023;37(3):465.e1-465.e18. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2021.02.014>
2. Sataloff RT, Heman-Ackah YD, Hawkshaw MJ. Clinical anatomy and physiology of the voice. *Otolaryngol Clin North Am*. 2007;40(5):909-29. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2007.05.002>
3. Sandage MJ, Smith AG. Muscle bioenergetic considerations for intrinsic laryngeal skeletal muscle physiology. *J Speech Lang Hear Res*. 2017;60(5):1254-1263. [https://doi.org/10.1044/2016\\_JSLHR-S-16-0192](https://doi.org/10.1044/2016_JSLHR-S-16-0192)
4. Behlau M, Zambon F, Moreti F, Oliveira G, Couto Junior EB. Voice self-assessment protocols: Different trends among organic and behavioral dysphonias. *J Voice*. 2017;31(1):112.e13-112.e27. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.03.014>
5. Oliveira P, Ribeiro VV, Constantini AC, Cavalcante MEOB, Sousa MS, Silva K. Prevalence of work-related voice disorders in voice professionals: Systematic review and meta-analysis. *J Voice*. Published online August 31, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2022.07.030>
6. Cohen SM, Kim J, Roy N, Asche C, Courey M. Prevalence and causes of dysphonia in a large treatment-seeking population. *Laryngoscope*. 2012;122(2):343-348. <https://doi.org/10.1002/lary.22426>
7. LeBorgne WD, Donahue EN. Voice therapy as primary treatment of vocal fold pathology. *Otolaryngol Clin North Am*. 2019;52(4):649-656. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2019.03.009>
8. Desjardins M, Halstead L, Cooke M, Bonilha HS. A systematic review of voice therapy: What "effectiveness" really implies. *J Voice*. 2017;31(3):392.e13-392.e32. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.10.002>
9. White A. Management of benign vocal fold lesions: current perspectives on the role for voice therapy. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2019;27(3):185-190. DOI: 10.1097/MOO.0000000000000536
10. Angadi V, Croake D, Stemple J. Effects of vocal function exercises: A systematic review. *J Voice*. 2019;33(1):124.e13-124.e34. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.08.031>
11. Alegria R, Vaz Freitas S, Manso MC. Effectiveness of voice therapy in patients with vocal fold nodules: a systematic search and narrative review. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2020;277(11):2951-2966. <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06059-8>
12. Stemple JC, Lee L, D'Amico B, Pickup B. Efficacy of vocal function exercises as a method of improving voice production. *J Voice*. 1994;8(3):271-278. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80299-1](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80299-1)



13. Vasconcelos D, Gomes AD, Araújo CM. Voiced lip and tongue trill technique: literature review. *Disturb Comun.* 2016;28(3):581-593.
14. Menezes MH, Duprat AC, Costa HO. Vocal and laryngeal effects of voiced tongue vibration technique according to performance time. *J Voice.* 2005;19(1):61-70. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2003.11.002>
15. 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;1;25(4):e167-e175. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.03.009>
16. Anders JJ, Arany PR, Baxter GD, Lanzafame RJ. Light-emitting diode therapy and low-level light therapy are photobiomodulation therapy. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019;37(2):63-65. <https://doi.org/10.1089/photob.2018.4600>
17. Ferraresi C, Kaippert B, Avci P et al. Low-level laser (Light) therapy increases mitochondrial membrane potential and ATP synthesis in C2C12 myotubes with a peak response at 3-6 h. *Photochem Photobiol.* 2015;91(2):411-416. <https://doi.org/10.1111/php.12397>
18. Marshall RP, Vlková K. Spectral dependence of laser light on light-tissue interactions and its influence on laser therapy: an experimental study. *Insights Biomed.* 2020;5(1):1-5. DOI: 10.36648/2572-5610.4.4.66
19. Lister T, Wright PA, Chappell PH. Optical properties of human skin. *J Biomed Opt.* 2012;17(9):90901-1. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.17.9.090901>
20. Phan T, Rowland R, Ponticorvo A et al. Characterizing reduced scattering coefficient of normal human skin across different anatomic locations and Fitzpatrick skin types using spatial frequency domain imaging. *J Biomed Opt.* 2021;26(2):026001. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.26.2.026001>
21. Bjordal JM, Johnson MI, Iversen V, Aimbire F, Lopes-Martins RAB. Low-level laser therapy in acute pain: A systematic review of possible mechanisms of action and clinical effects in randomized placebo-controlled Trials. *Photomed Laser Surg.* 2006;24(2):158-168. <https://doi.org/10.1089/pho.2006.24.158>
22. Alves ACA, Vieira RP, Leal-Junior ECP et al. Effect of low-level laser therapy on the expression of inflammatory mediators and on neutrophils and macrophages in acute joint inflammation. *Arthritis Res Ther.* 2013;15(5):1-11. <https://doi.org/10.1186/ar4296>
23. Bjordal JM, Bensadoun RJ, Tuner J, Frigo L, Gjerde K, Lopes-Martins RAB. A systematic review with meta-analysis of the effect of low-level laser therapy (LLLT) in cancer therapy-induced oral mucositis. *Support Care Cancer.* 2011;19(8):1069-1077. <https://doi.org/10.1007/s00520-011-1202-0>
24. Vanin AA, Verhagen E, Barboza SD, Costa LOP, Leal-Junior ECP. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: A systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2018;33(1):181-214.

<https://doi.org/10.1007/s10103-017-2368-6>

25. Lou Z, Gong T, Kang J, Xue C, Ulmschneider C, Jiang J. The effects of photobiomodulation on vocal fold wound healing: in vivo and in vitro studies. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019;37(9):532-538. <https://doi.org/10.1089/photob.2019.4641>
26. Lou Z, Zhang C, Gong T, Xue C, Sholp A, Jiang JJ. Wound-healing effects of 635-nm low-level laser therapy on primary human vocal fold epithelial cells: an in vitro study. *Lasers Med Sci.* 2019;34:547-554. <https://doi.org/10.1007/s10103-018-2628-0>
27. Kagan LS, Heaton JT. The effectiveness of low-level light therapy in attenuating vocal fatigue. *J Voice.* 2017;31(3):384.e15-384.e23. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.09.004>
28. Bacelete VSB, Lin Plec EMR, Santos MAR, Nunes FB, Gama ACC. Pontos anatômicos para aplicação do LASER de baixa potência em musculatura intrínseca da laringe. In: *Anais do 30º Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia.* 2022; João Pessoa, Brasil: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia; 2022. Trabalho 2765.
29. Wood R. Efeitos do uso de Laser de Baixa Potência em indivíduos sem queixa de voz [Monograph]. São Paulo: Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo; 2021.
30. Pontes ES. Fotobiomodulação aplicada à voz: consenso baseado na opinião dos fonoaudiólogos brasileiros pelo método Delphi [Dissertation]. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba; 2021.
31. Souza MK, Ximenes CRC, Pimenta ASI. Fotobiomodulação associada à técnica de vibração de língua: autopercepção do esforço vocal em cantores amadores. In: *Anais do 29º Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia.* 2021; São Paulo, Brasil: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia; 2021. Trabalho 2765.
32. Whyte J, Barrett AM. Advancing the evidence base of rehabilitation treatments: a developmental approach. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(8 Suppl):S101-S110. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.11.040>
33. Sachdeva S. Fitzpatrick skin typing: Applications in dermatology. *Indian J Dermatol Venereol Leprol.* 2009;75(1):93-96. DOI: 10.4103/0378-6323.45238
34. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a World Health Organization Consultation. Geneva: World Health Organization; 2000. Accessed 22 March 2023 <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42330>
35. Cielo CA, Schwarz K, Finger LS, Lima JM, Christmann MK. Glottal closure in women with no voice complaints or laryngeal disorders. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2019;23(4):384-388. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1676108>
36. Bruzzi C, Salsi D, Minghetti D, Negri M, Casolino D, Sessa M. Presbiphony. *Acta Biomed.* 2017;88(1):6-10.

37. Gwet KL. Computing inter-rater reliability and its variance in the presence of high agreement. *Br J Math Stat Psychol.* 2008;61(1):29-48. <https://doi.org/10.1348/000711006X126600>
38. Georgieva D, Stefanovska A. Role of the Computerized Speech Lab (CSL) and Multi-Dimensional Voice Program (MDVP) in voice disorders' instrumental diagnostics. *JSER.* 2007;8(3-4):113-27.
39. Behlau M. *Voz: O livro do especialista (Volume I)*. 1<sup>st</sup> ed. Revinter; 2008.
40. Phadke KV, Laukkanen AM, Ilomäki I, Kankare E, Geneid A, Švec JG. Cepstral and perceptual investigations in female teachers with functionally healthy voice. *J Voice.* 2020;34(3):485.e33-485.e43. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.09.010>
41. Camargo MRM, Zambom F, Moretti F, Behlau M. Translation and cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the Adapted Borg CR10 for Vocal Effort Ratings. *CoDAS.* 2019;31(5): p. e20180112. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20192018112>
42. Karu T. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near IR radiation on cells. *J Photochem Photobiol B: Biol.* 1999;49(1):1-17. [https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(98\)00219-X](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(98)00219-X)
43. Nampo FK, Cavalheri V, Soraes FS, Ramos SP, Camargo EA. Low-level phototherapy to improve exercise capacity and muscle performance: A systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2016;31(9):1957-1970. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-1977-9>
44. Haymorth CR, Rojas JC, Padilla E, Holmes GM, Sheridan EC, Gonzales-Lima FL. In vivo low-level light therapy increases cytochrome oxidase in skeletal muscle. *Photochem Photobiol.* 2010;86(3):673-680. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2010.00732.x>
45. Leal-Junior ECP, Vanin AA, Miranda EF, Carvalho PTC, Dal Corso S, Bjordal JM. Effect of phototherapy (low-level LASER therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2015;30:925-939. <https://doi.org/10.1007/s10103-013-1465-4>
46. Iversen VV, Bjordal JM. Effects of low-level LASER therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to postexercise recovery. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40:524-532. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2010.3294>
47. Ferreira GS. *Aplicação do laser de baixa intensidade no processo de cicatrização de ferida cirúrgica: padronização dos parâmetros dosimétricos [Dissertation]*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2016.
48. Bashkatov AN, Genina EA, Kochubey VI, Tuchin VV. Optical properties of human skin, subcutaneous and mucous tissues in the wavelength range from 400 to 2000 nm. 2005. *J Phys D Appl Phys.* 2005;38(15):2543-2555. DOI 10.1088/0022-3727/38/15/004

49. Souza-Barros L, Dhaidan G, Maunula M, Solomon V, Gabison S, Lilge L, Nussbaum EL. Skin color and tissue thickness effects on transmittance, reflectance, and skin temperature when using 635 and 808 nm lasers in low intensity therapeutics. *Lasers Surg Med.* 2018;50(4):291-301. <https://doi.org/10.1002/lsm.22760>
50. Nussbaum EL, Zuylen JV. Transmission of light through human skinfolds: Effects of physical characteristics, irradiation wavelength and skin-diode coupling relevant to phototherapy. *Physiother Can.* 2007;59(3):194-20.
51. Ash C, Dubec M, Donne K, Bashford T. Effect of wavelength and beamwidth on penetration in light-tissue interaction using computational methods. *Lasers Med Sci.* 2017;32:1909-1918. <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2317-4>
52. Alves V, Furlan R, Motta ARR. Immediate effects of photobiomodulation with low-level laser therapy on muscle performance: an integrative literature review. *Rev CEFAC.* 2019;21(4):e12019. <https://doi.org/10.1590/1982-0216/201921412019>
53. Leal-Junior EC, Lopes-Martins RAB, Bjordal JM. Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. *Braz J Phys Ther.* 2019;23(1):71-75. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.12.002>
54. Huang YY, Sharma SK, Carrol J, Hamblin MR. Biphasic dose response in low level light therapy – An update. *Dose Response.* 2011;9:602-618. <https://doi.org/10.2203/dose-response.11-009.Hamblin>
55. Titze IR. Voice training and therapy with a semi-occluded vocal tract: rationale and scientific underpinnings. *J Speech Lang Hear Res.* 2006;49(2):448-459. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2006/035\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2006/035))
56. Bonette MC, Ribeiro VV, Xavier-Fadel CB, Costa CDC, Dassie-Leite AP. Immediate effect of semiocluded vocal tract exercises using resonance tube phonation in water on women without vocal complaints. *J Voice.* 2020;34(6):962.e19-962.e25. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.06.020>
57. Azevedo LL, Passaglio KT, Rosseti MB, Silva CB, Oliveira BFV, Azevedo RCC. Vocal performance evaluation before and after the voiced tongue vibration technique. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2010(15):343-348. <https://doi.org/10.1590/S1516-80342010000300006>
58. Lopes LW, Sousa ESS, Silva ACF, Silva IM, Paiva MAA, Vieira VJD, Almeida AA. Cepstral measures in the assessment of severity of voice disorders. *CoDAS.* 2019;31(4):e20180175. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182018175>

### 5.3 Artigo 3

#### **EFEITOS IMEDIATOS DA FOTOBIMODULAÇÃO COM LASER DE BAIXA POTÊNCIA EM MULHERES COM ALTERAÇÃO VOCAL E LARÍNGEA**

#### **IMMEDIATE EFFECTS OF PHOTOBIMODULATION WITH LOW-LEVEL LASER IN WOMEN WITH VOCAL AND LARYNGEAL CHANGES**

Viviane Souza Bicalho Bacelete<sup>1</sup>, Andréa Rodrigues Motta<sup>2</sup>, Elisa Meiti Ribeiro Lin Plec<sup>3</sup>, Ana Cristina Côrtes Gama<sup>4</sup>

1. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Faculdade de Medicina, Programa de Ciências Fonoaudiológicas, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

2. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Faculdade de Medicina, Departamento de Fonoaudiologia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

3. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Faculdade de Medicina, Programa de Ciências Fonoaudiológicas, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

4. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Faculdade de Medicina, Departamento de Fonoaudiologia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Viviane Souza Bicalho Bacelete: <https://orcid.org/0000-0002-4483-4125>

Andréa Rodrigues Motta: <https://orcid.org/0000-0002-1582-3785>

Elisa Meiti Ribeiro Lin Plec: <https://orcid.org/0000-0003-1070-1954>

Ana Cristina Côrtes Gama: <https://orcid.org/0000-0002-7814-5328>

Trabalho realizado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Área: Voz

Tipo de manuscrito: Estudo experimental

Título resumido: Fotobiomodulação em voz

Conflitos de interesses: Inexistente

## RESUMO

**Objetivo:** Avaliar efeito imediato da fotobiomodulação com LASER (Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação) infravermelho de baixa potência à 9 joules (J) de energia em mulheres com disfonia comportamental caracterizada por alterações vocal e laríngea, além de presença de queixas vocais. **Métodos:** Trata-se de uma pesquisa experimental (Fase 2 de estudos experimentais) realizada com 30 mulheres disfônicas entre 18 e 55 anos e Índice de massa corporal (IMC) abaixo de 30. As participantes foram randomizadas por sorteio simples, para a composição de dois grupos, com 15 em cada, sendo: Grupo 1 (G1): LASER placebo seguido de técnica de vibração sonorizada de língua (TVSL) e; Grupo 2 (G2): LASER infravermelho à 9 J por ponto (total 63 J) seguida de TVSL. O LASER foi aplicado de forma pontual na região cervical em pontos anatômicos estabelecidos para localização do nível glótico e dos principais músculos intrínsecos da laringe. Foram realizadas análise perceptivo-auditiva da voz, da medida aerodinâmica tempo máximo de fonação (TMF), análise acústica a partir das medidas cepstrais Cepstral Peak Prominence (CCP) e Cepstral Peak Prominence-Smoothed (CPPS), extração dos índices multiparamétricos Acoustic Breathiness Index (ABI) e Acoustic Voice Quality Index (AVQI), avaliação da autopercepção do esforço fonatório a partir da Escala Borg CR10-BR e análise perceptivo-visual de imagens laríngeas com a Videolaringoscopia de Alta Velocidade (VAV). Todas foram submetidas a gravações antes e imediatamente após experimentos. **Resultados:** A idade variou entre 19 e 49 anos (média 36) e IMC entre 20 e 29 (média 21,4). Os grupos foram homogêneos quanto às características relativas à idade, fototipo cutâneo, IMC, número de vibrações de língua, pontuação na Escala de Sintomas Vocais e pareados em relação ao diagnóstico laríngeo ( $p > 0,05$ ). A pontuação total do protocolo Escala de Sintomas Vocais variou de 16 a 87 (média=40 pontos), sem diferença estatística entre os grupos ( $p = 0,884$ ). A maioria da amostra apresentou fenda dupla e triangular médio-posterior. Não houve diferença significativa na qualidade vocal entre os momentos de intervenção ou entre grupos na vogal sustentada, porém mudanças positivas na fala encadeada no grupo controle. O G2 apresentou aumento de TMF ( $p$ -valor=0,016), de CPPS vogal ( $p$ -valor=0,025) e da autopercepção do esforço fonatório ( $p$ -valor=0,012), com melhora dos parâmetros vibratórios de pregas vocais ( $p$ -valor=0,017). **Conclusão:** Os resultados evidenciaram

que a aplicação do LASER de baixa potência no espectro infravermelho provocou melhora imediata de medidas aerodinâmica e cepstral, de autopercepção do esforço fonatório e do exame visual laríngeo em mulheres disfônicas, sugerindo um efeito potencializador desse recurso nos resultados vocais.

**Descritores:** Disfonia; Laringe; Terapia com Luz de Baixa Intensidade, Voz

## **ABSTRACT**

**Objective:** To evaluate the immediate effect of photobiomodulation with low-level 9-joule (J) infrared LASER (light amplification by stimulated emission of radiation) in women with voice complaints and behavioral dysphonia characterized by vocal and laryngeal changes. **Methods:** This experimental research (phase 2) had a sample of 30 dysphonic women aged 18 to 55 years, whose body mass index (BMI) was below 30. They were randomized in a simple draw into the following two groups with 15 participants each: Group 1 (G1): placebo LASER followed by voiced tongue trill technique (VTTT); and Group 2 (G2): infrared LASER at 9 J per point (totaling 63 J) followed by VTTT. The LASER was applied to specific anatomical points established on the neck to locate the level of the glottis and the main intrinsic laryngeal muscles. The analyses included auditory-perceptual evaluation of voice, aerodynamic measurement of maximum phonation time (MPT), acoustic analysis based on cepstral measures (cepstral peak prominence [CCP] and cepstral peak prominence-smoothed [CPPS]), multiparametric indices (Acoustic Breathiness Index [ABI] and Acoustic Voice Quality Index [AVQI]), self-perceived phonatory effort assessment with the CR10-BR Borg Scale, and visual-perceptual analysis of laryngeal images with high-speed videolaryngoscopy (HSV). All participants had their voices recorded before and immediately after the experiments. **Results:** Their age ranged from 19 to 49 years (mean of 36) and BMI, from 20 to 29 (mean of 21.4). The groups had homogeneous characteristics regarding age, skin phototype, BMI, number of tongue vibrations, VoiSS score, and laryngeal diagnosis ( $p > 0.05$ ). The total score on the Voice Symptom Scale ranged from 16 to 87 (mean = 40 points), with no statistical difference between the groups ( $p = 0.884$ ). Most of the sample had an double chink and medio-posterior triangular chink. The voice quality was not significantly different between the intervention moments or the groups in sustained vowel emission, but positive changes

in linked speech in the control group. G2 had a increased in MPT (p-value = 0.016), vowel CPPS (p-value = 0.025), and self-perceived phonatory effort (p-value = 0.012), improving the vibration parameters of the vocal folds (p-value = 0.017). **Conclusion:** The results demonstrated that applying infrared low-level LASER immediately improved aerodynamic and cepstral measures, self-perceived phonatory effort, and laryngeal visual examination in dysphonic women, suggesting this resource has an enhancing effect on vocal results.

Keywords: Dysphonia; Larynx; Low-Level Light Therapy; Voice

## INTRODUÇÃO

Disfonia é qualquer desvio que possa impactar na produção natural da voz e acometer os níveis respiratório, glótico, ressonantal e/ou articulatório<sup>1-3</sup>. Em diretrizes sobre disfonia, o distúrbio é caracterizado por “desvio na qualidade vocal, altura, intensidade e esforço vocal que afeta a comunicação com um decréscimo na qualidade de vida relacionada à voz, com consequente impacto físico, emocional, social ou econômico<sup>2,3</sup>. A Academia Americana de Otorrinolaringologia reconhece a necessidade de melhorar a precisão do diagnóstico, assim como tratar as alterações de forma precoce<sup>3</sup>.

Os distúrbios vocais ocorrem entre 2% e 17% na população geral com estimativa de até 44% em profissionais com alta demanda vocal, afetando quase um terço da população em algum momento da vida<sup>4,5</sup>.

Embora a classificação diagnóstica e a terminologia das disfonias permaneçam problemáticas e a proposta mais atual propõe a dicotomia comportamental/funcional e orgânica<sup>2,6-7</sup>. As disfonias orgânicas são consequência de aspectos não relacionados ao uso da voz, enquanto que as comportamentais abrangem alterações cuja etiopatogenia é complexa e pode envolver predisposições anatomofuncionais e comportamento vocal inapropriado, mau uso ou abuso vocal, falta de técnica ou tensão muscular, com ou sem envolvimento psicoemocional<sup>2,6-7</sup>.

A apresentação clínica das disfonias comportamentais é altamente variável, com diversas qualidades vocais, bem como apresentações laríngeas heterogêneas em imagens videoestroboscópicas<sup>8</sup>. As vozes podem se apresentar com rugosidade,



soprosidade, tensão, instabilidade ou aspereza e exames laríngeos com hiperadução supraglótica ou hipoadução glótica, podendo desenvolver lesões de massa benignas nas pregas vocais (PPVV) como espessamento, nódulos, pólipos e reações inflamatórias contralaterais mediante comportamento vocal desviado e atividade muscular inadequada<sup>1,8</sup>.

A reabilitação vocal é a principal escolha para tratamento de disfonias comportamentais e consiste em abordagens indiretas, que incluem informações sobre saúde vocal e, diretas que abrangem exercícios específicos para controlar e coordenar os diferentes aspectos da produção vocal, de acordo com as necessidades clínicas identificadas na avaliação multidimensional da voz<sup>9</sup>. Pontos desafiadores para o fonoaudiólogo são tanto a precisão diagnóstica quanto a seleção de um programa de tratamento eficaz para um paciente específico com disфонia comportamental<sup>2</sup>. A literatura elenca opções de métodos terapêuticos como os Exercícios de Função Vocal (EFV) e o Programa Integral de Reabilitação Vocal (PIRV), que oferecem bons resultados no exame visual laríngeo, na análise acústica e nas escalas de autoavaliação<sup>10,11</sup>.

Uma estratégia que tem aparecido como coadjuvante à reabilitação é a Terapia por fotobiomodulação (PBMT), uma forma de terapia luminosa não invasiva a partir de fontes não ionizantes como Diodo Emissor de Luz (LED), Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação (LASER) e outras fontes<sup>12</sup>. A PBMT atua no metabolismo energético celular, com aumento do potencial de membrana mitocondrial e da atividade enzimática da cadeia transportadora de elétrons, refletindo em mudanças metabólicas, aumento da eficiência das bombas de sódio e potássio (Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>) e síntese de energia celular<sup>12-13</sup>.

Considera-se a premissa de que a luz terapêutica acelera mudanças metabólicas e estruturais no músculo, desempenhando um papel ergogênico, que além de resultar em melhora da performance e aceleração da recuperação muscular, posterga o processo de fadiga e reduz dano muscular<sup>14</sup>. As reações fotobiológicas são determinadas pela absorção de energia pelo tecido alvo de um comprimento de onda específico e dependentes das características que controlam as reações moleculares e bioquímicas da pele e tecido fisiológico, como concentração de melanina e espessura do subcutâneo<sup>15</sup>.

Embora a aplicação da PBMT na clínica vocal esteja atrelada ao raciocínio de que a maioria das lesões fonotraumáticas envolvem processos inflamatórios e edematosos nas PPVV com possibilidade de analgesia, modulação de processos inflamatório e cicatricial, bem como influência na biomecânica da fonação a partir de melhor bioenergética celular, as evidências desse recurso ainda são frágeis<sup>16-19</sup>. Alguns estudos *in vitro* e *in vivo* sugerem modulação dos processos inflamatório e cicatricial em tecidos da laringe e uma pesquisa em humanos demonstrou resultados positivos na fadiga vocal, porém, com tamanho amostral limitado<sup>16-18</sup>. Outra pesquisa não evidenciou efeitos na percepção de esforço fonatório em cantores amadores após irradiação em laringe<sup>19</sup>.

Diante da ausência de evidências suficientes disponíveis sobre o efeito imediato da PBMT na clínica vocal, o uso do LASER de baixa potência requer que uma série de questões sejam elucidadas para direcionamento clínico e identificação de melhores práticas a partir de ensaios clínicos bem delineados que possibilitem replicação dos benefícios e torne viável um protocolo no exercício profissional<sup>16-20</sup>.

Considerando que as pesquisas que avaliem o efeito da intervenção no quadro clínico de sujeitos com determinada condição clínica (pesquisas de Fase 2 de pesquisas experimentais)<sup>20</sup> sejam importantes para fomentar o desenvolvimento de estudos futuros com níveis de evidência mais elevados, a pergunta norteadora do presente estudo que subsidiou o experimento e que seguiu a estratégia PICO (P = população; I = intervenção; C = comparação; O = Desfechos)<sup>21</sup> foi: “em mulheres com disfonia comportamental a aplicação do LASER de baixa potência no espectro infravermelho seguida da técnica de vibração sonorizada de língua, produz efeitos mais positivos nas respostas perceptivo-auditivas, acústicas, laríngeas e de autopercepção quando comparada com a aplicação placebo seguida do mesmo protocolo de exercício vocal?”

Esta pesquisa justifica-se pela necessidade da elucidação dos efeitos imediatos do LASER de baixa potência quando aplicado antes de protocolo de exercício em mulheres com disfonia comportamental. Tendo em vista que o movimento de pesquisa translacional<sup>20,22</sup> visa aproximação do conhecimento científico da rotina clínica, a análise de efeito imediato da fotobiomodulação na voz nos permitirá maior direcionamento no desenvolvimento de protocolos clínicos e identificação de

melhores práticas, além de subsidiar pesquisas futuras de delineamentos com maiores níveis de evidência<sup>20,22</sup>.

## MÉTODOS

Este estudo experimental controlado randomizado foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob protocolo número 4.704.038. O estudo foi registrado como ensaio clínico na plataforma Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC) e seguiu as recomendações do Consolidated Standarts of Reporting Trials (CONSORT) para realização de ensaios clínicos<sup>23</sup>.

O delineamento de sujeito com a condição clínica para analisar o efeito da intervenção no quadro clínico (Estudo de Fase 2)<sup>20</sup> foi definido a partir da necessidade de compreender efeitos imediatos do LASER de baixa potência à 9 joules de energia qualidade vocal, na autopercepção de esforço fonatório e na configuração laríngea em mulheres com disfonia comportamental. Essa energia foi eleita para o experimento mediante resultados de estudo anterior (Fase 1)<sup>20</sup> que evidenciaram efeito imediato com esses parâmetros dosimétricos em população vocalmente saudável<sup>24</sup>.

O estudo foi realizado no Observatório de Saúde Funcional em Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). As voluntárias foram informadas quanto aos objetivos e procedimentos da pesquisa e assinaram, mediante leitura prévia e esclarecimento de dúvidas, o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). O recrutamento ocorreu por meio de convite pessoal pelos pesquisadores a profissionais com alta demanda vocal na comunidade, assim como a partir de divulgação da pesquisa nas redes sociais, constituindo uma amostra por conveniência.

Os critérios de inclusão consistiram em mulheres na faixa etária de 18 a 55 anos, com quadro de disfonia comportamental, exame laríngeo alterado e índice de massa corporal (IMC) classificado abaixo de 30<sup>25</sup>. A faixa etária dos grupos foi definida entre 18 e 55 anos de idade para excluir, no limite inferior a interferência da muda vocal e no limite superior a presbifonia<sup>26</sup>. Para a determinação do IMC, foi realizado cálculo com a medida da massa corporal (MC), dividido pela estatura (Est) elevada ao quadrado ( $MC/Est.^2$ ). A partir deste cálculo, foi possível classificar o estado nutricional das mulheres, mediante ponto de corte estabelecido pela literatura ( $IMC > 30$ :

obesidade)<sup>25</sup>.

Considerou-se, no presente estudo, quadro de disfonia comportamental a presença de queixas e sintomas vocais, qualidade vocal alterada à análise perceptivo-auditiva e alteração do exame laríngeo caracterizado por presença assimetria de fase, de lesões benignas de PPVV e de fendas glóticas, exceto as fendas triangulares posteriores, consideradas fisiológicas<sup>27</sup>.

As participantes que referiram autopercepção negativa da qualidade vocal, respondendo positivamente à pergunta: “Você considera que tem um problema de voz atualmente?”, foram convidadas a realizar avaliação fonoaudiológica e otorrinolaringológica para seleção da amostra. A presença de sintomas vocais foi representada por escore total da Escala de Sintomas Vocais (ESV) igual ou superior a 16 pontos<sup>28</sup>. O ESV é um instrumento de autoavaliação de voz, simples e de fácil aplicação e interpretação, composto por 30 questões que contemplam informações de funcionalidade, impacto emocional e físico em decorrência da presença de sintomas vocais<sup>28</sup>.

A avaliação fonoaudiológica foi realizada por uma das pesquisadoras com experiência de mais de 10 anos em análise perceptivo-auditiva e constou da análise do grau geral da disfonia (G) em uma escala de quatro pontos (neutro, leve, moderado e intenso) nas tarefas de vogal /a/ sustentada de forma habitual e da fala encadeada (dias da semana). Participantes consideradas disfônicas após análise independente de duas fonoaudiólogas, foram consideradas elegíveis para avaliação laríngea.

A avaliação otorrinolaringológica foi realizada por um único otorrinolaringologista, por meio de Videolaringoscopia de Alta Velocidade (VAV), considerando-se como exame laríngeo alterado aquele com assimetria de fase, com lesões benignas de PPVV e/ou coaptação glótica incompleta, com exceção de fendas fisiológicas<sup>27</sup>. Para elegibilidade na pesquisa, o diagnóstico laríngeo deveria apresentar concordância de dois otorrinolaringologistas, com análise independente.

Os critérios de exclusão foram mulheres grávidas ou em período pré ou menstrual; com crises alérgicas e/ou respiratórias no dia avaliação; doenças endócrinas, neurológicas ou neoplásicas; tabagistas; que já realizaram tratamento cirúrgico em laringe; que apresentassem fotossensibilidade ou alguma doença/lesão de pele; tatuagem na região de aplicação da luz; aquelas que declarassem uso de medicações para tratamentos cutâneos ou que não apresentassem habilidade para

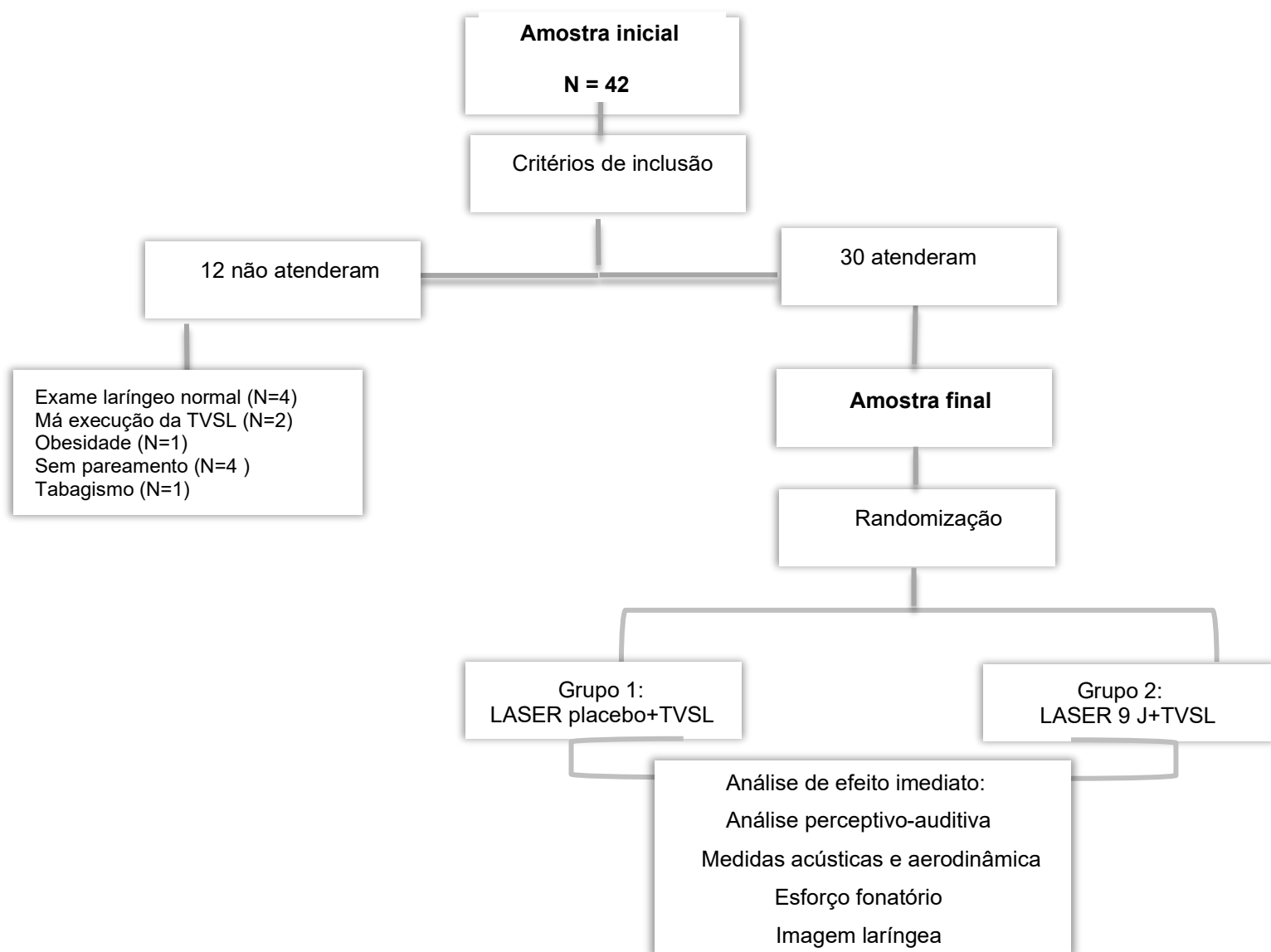
execução da técnica de vibração sonorizada de língua (TVSL).

Após critérios de elegibilidade, 30 mulheres foram selecionadas e alocadas a partir de randomização estratificada por diagnóstico laríngeo a fim de permitir a formação de grupos com número fixo de indivíduos distribuídos igualmente entre os tratamentos utilizados. Foram organizados envelopes com papéis contendo os números um e dois, em que cada envelope representou um bloco da randomização (Grupo placebo ou experimental). Cada bloco foi atribuído aleatoriamente mediante diagnóstico laríngeo por sorteio simples realizado pelo pesquisador com alocação entre os grupos. O pesquisador principal foi o único responsável por gerenciar o sorteio dos envelopes com os números correspondentes ao de tratamento de cada participante. Houve cegamento das participantes em relação ao procedimento realizado.

A partir da realização da randomização e alocação, todas as participantes foram distribuídas em dois grupos, igualmente distribuídos (15 participantes em cada):

- **Grupo 1 (G1)** – LASER aplicado de forma placebo (aparelho com emissão de luz, porém, sem emissão de energia) durante 90 segundos em sete pontos anatômicos da laringe<sup>29</sup> e, imediatamente após, realizada a TVSL por cinco minutos<sup>30</sup>.
- **Grupo 2 (G2)** - LASER infravermelho à 9 J de energia por ponto por 90 segundos em três pontos em cada hemilaringe e um central, correspondentes, respectivamente à localização anatômica dos músculos tireoaritenoideo (TA), cricoaritenoideo lateral (CAL), cricotireoideo (CT) e comissura anterior de PPVV com dose total na laringe de 63 J<sup>24,29</sup>. Imediatamente após a aplicação do LASER, realizaram a TVSL por cinco minutos<sup>30</sup>.

Segue abaixo, a seleção da amostra e distribuição dos grupos de estudo.



**Figura 1 : Seleção da amostra**

Legenda: J: joules; N: número; TVSL: técnica de vibração sonorizada de língua

No grupo placebo, a média de idade foi 37 anos (mínimo= 22; máximo=49; DP: 8,17) e do IMC foi 25,3 (mínimo=20,5; máximo= 29; DP:2,18). O número de vibrações de língua variou de 20 a 40 repetições (média=30; DP=6,16) e a pontuação do ESV de 16 a 64 (média=39; DP=13,05), com maior impacto no aspecto limitação (23%) (média=23; mínimo=7; máximo=46; DP=10,9). Em relação ao fototipo cutâneo (Escala de Fitzpatrick)<sup>31</sup>, 6 (40%) participantes apresentaram cor de pele branca (Tipos I e II), 3 (20%) pele morena clara (Tipo III), 2 (13,3%) pele morena moderada (Tipo IV), 3 (30%) pele morena escura (Tipo V) e 1 (6,7%) pele negra (Tipo VI). Em relação ao

diagnóstico laríngeo, 1 (6,7%) participante apresentou assimetria de fase, 1 (6,7%) nódulos de PPVV, 2 (13,3%) espessamento de prega vocal, 2 (13,3%) fenda anterior, 4 (26,7%) fenda dupla e 5 (33,3%) fenda médio-posterior. No grupo experimental, a média de idade foi 34 anos (mínimo=19; máximo=46; DP: 8,68) e do IMC foi 24,27 (mínimo=20; máximo= 29; DP:3,16). O número de vibrações de língua variou de 17 a 43 repetições (média=31; DP=8) e a pontuação do ESV de 16 a 87 (média=39; DP=20,21), também com maior impacto no aspecto limitação (21,8%) (média=22; mínimo=4; máximo=43; DP=10,3). Com relação ao fototipo cutâneo, 5 (33,3%) participantes apresentaram cor de pele branca (Tipos I e II), 5 (33,3%) pele morena clara (Tipo III), 2 (13,3%) pele morena moderada (Tipo IV), 1 (6,7%) pele morena escura (Tipo V) e 2 (13,3%) pele negra (Tipo VI). Os diagnósticos laríngeos foram exatamente os mesmos do grupo placebo. Os grupos foram pareados com relação à idade ( $p=0,442$ ), IMC ( $p=0,350$ ), fototipo cutâneo ( $p=0,750$ ), ESV ( $p=0,884$ ), número de vibrações de língua ( $p=0,662$ ) e diagnóstico laríngeo ( $0,999$ ).

## FOTOBIMODULAÇÃO

Para aplicação do LASER, foi utilizado o equipamento da marca DMC, modelo *Therapy EC*, com potência de 100 mW e spot de saída com área de 0,0984cm<sup>2</sup> no comprimento de onda infravermelho ( $808 \pm 10$  nanômetros) à 9 J de energia por ponto, em sete pontos na laringe, de forma placebo ou antes da Técnica Vocal. Os parâmetros dosimétricos seguem descritos detalhadamente na Tabela 1.

**Tabela 1. Parâmetros de fotobimodulação com LASER de baixa potência**

Parâmetros dosimétricos	G1 Placebo	G2 (9 J+TVSL)
Comprimento de onda (nm)	NA	808 ± 10
Potência do equipamento (mW)	NA	100
Spot de saída (cm <sup>2</sup> )	NA	0,0984
Densidade de potência ou irradiância (W/cm <sup>2</sup> )	NA	1,01
Densidade de energia ou fluência (J/cm <sup>2</sup> )	NA	91,5
Modo de emissão	NA	contínuo
Modo de aplicação da irradiação	NA	pontual
Energia por ponto (J)	NA	9
Total de pontos irradiados	NA	7
Tempo de irradiação por ponto (s)	NA	90
Total de energia (J)	NA	63

**Legenda:** cm<sup>2</sup>: centímetro quadrado; J: joule; J/cm<sup>2</sup>: joule por centímetro quadrado; G1: grupo 1; G2: grupo 2; TVSL: técnica de vibração sonorizada de língua; mW: miliwatts; NA: não se aplica; nm: nanômetros; s: segundos; W/cm<sup>2</sup>: watt por centímetro quadrado.

A aplicação foi realizada com as participantes sentadas em uma cadeira, utilizando equipamentos de proteção individual para os olhos, tanto para o aplicador como para a participante. Antes da irradiação de luz terapêutica, foi realizada limpeza da pele, friccionando a região do pescoço com álcool à 70%. A ponta do equipamento foi encapada com filme plástico PVC e o modo de aplicação foi pontual e contínuo na região cervical, ou seja, a ponta do equipamento em contato direto com a pele de forma perpendicular (Figura 2).



Figura 2. Aplicação do LASER de baixa potência na laringe (Fonte: Bacelete et al.,2023)<sup>24</sup>

Os limites anatômicos estabelecidos para localização do nível glótico e dos principais músculos intrínsecos da laringe, foram demarcados conforme pesquisa anteriormente desenvolvida, a partir de palpação de estruturas do pescoço pelo fonoaudiólogo<sup>29</sup>. A cabeça foi mantida em posição neutra durante procedimento para estimulação dos pontos anatômicos. De acordo com as referências anatômicas estabelecidas no estudo prévio<sup>29</sup>, foram identificados um central e três em cada hemilaringe, no total de sete pontos, para aplicação da luz terapêutica na região cervical. O **ponto 1** foi definido na topografia da comissura anterior das PPVV; o **ponto 2**, na região do músculo TA e túnica mucosa; o **ponto 3**, objetivou alcançar o CAL e, por fim, o **ponto 4**, na topografia do músculo CT<sup>29</sup>. Abaixo, segue representação esquemática dos pontos para irradiação na região laríngea.





**Figura 3. Representação esquemática dos pontos de aplicação do LASER na laringe**

Legenda: 1- Ponto 1 (comissura anterior das pregas vocais); 2 - Ponto 2 (porção membranosa prega vocal- TA e túnica mucosa); 3- Ponto 3 (porção cartilaginosa da prega vocal- CAL); 4- Ponto 4 (músculo CT).

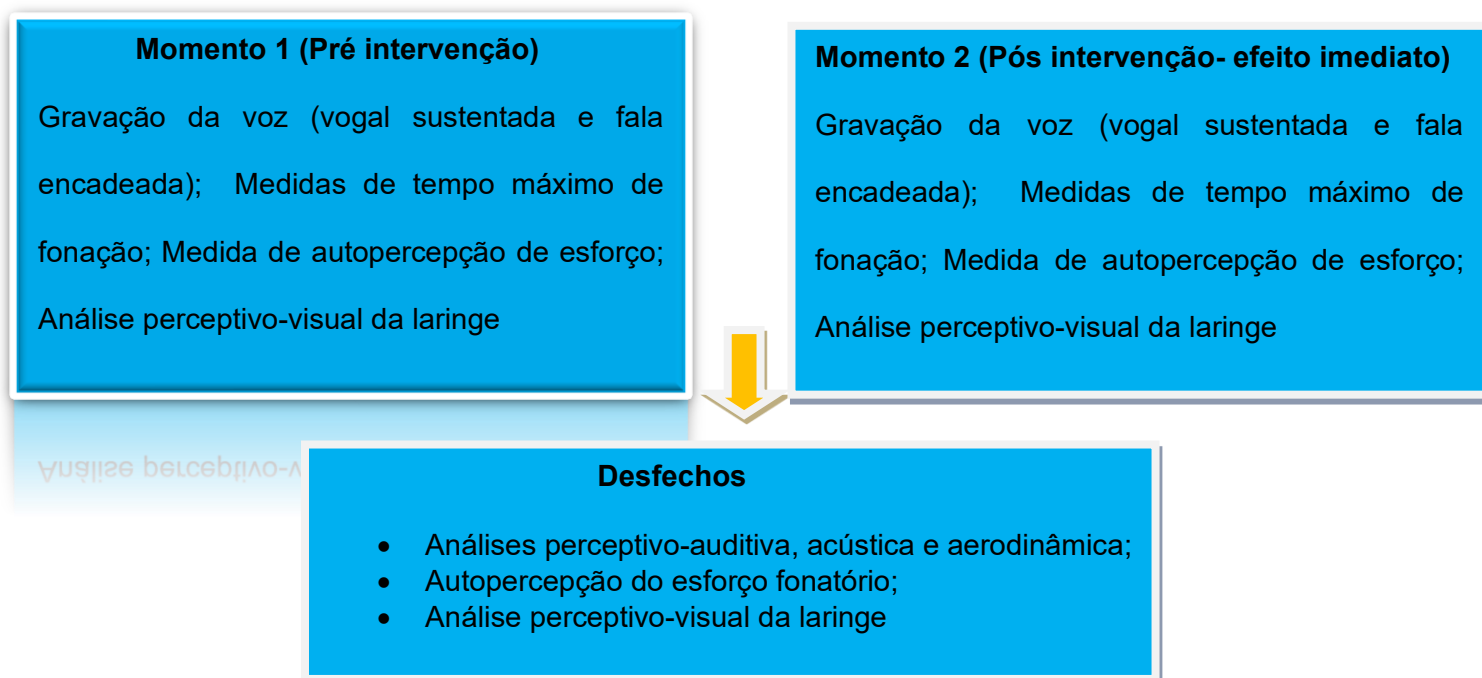
O pesquisador aplicador seguiu os mesmos procedimentos para ambos os grupos e manipulou os botões do equipamento, de modo que no grupo placebo, houve manuseio do equipamento de modo a soar o bip, sem emissão de luz terapêutica.

## INTERVENÇÃO FONOAUDIOLÓGICA

A intervenção foi aplicada pelo mesmo examinador e consistiu na aplicação da PBMT de forma placebo ou experimental seguida de execução da TVSL de pé com o prolongamento do fonema /r/, mediante elevação da ponta de língua em direção ao alvéolo dental superior<sup>30</sup>. O tempo de execução do exercício foi medido em cronômetro digital e contou-se o número de vezes que o mesmo foi repetido por período.

## AValiação DAS VARIÁVEIS DE DESFECHO

Para a análise do efeito imediato do LASER de baixa potência em mulheres disfônicas, foram consideradas as seguintes variáveis dependentes: 1) análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal; 2) análise acústica da voz e de medida aerodinâmica; 3) autopercepção do esforço fonatório e; 4) análise perceptivo-visual de imagens laríngeas. As variáveis de desfecho foram avaliadas em dois momentos: pré intervenção (momento 1) e imediatamente após intervenção nos grupos (momento 2). Os procedimentos foram realizados em um único encontro (Figura 4).



**Figura 4 – Etapas envolvidas no estudo**

Todos os procedimentos de coleta das variáveis dependentes são detalhados a seguir:

### **Gravação das vozes e análise perceptivo-auditiva**

As amostras de voz foram captadas por microfone condensador da marca Samson C01 posicionado a 45 graus e a 10 centímetros da comissura labial, gravadas diretamente em um sistema computadorizado (computador da marca Dell, modelo Optiplex GX260, com placa de som profissional marca DirectSound®). As gravações foram realizadas em uma sala acusticamente tratada, as vozes editadas no programa *Audacity* 2.0.6 e gravadas em formato wav. As voluntárias permaneceram de pé durante gravação e realizaram a tarefa de emissão de vogal /a/ de forma sustentada e contagem de 1 a 20 em pitch e loudness habituais.

A análise da qualidade da voz foi realizada por quatro fonoaudiólogos com mais de dez anos de experiência na análise perceptivo-auditiva, cegados quanto à intervenção e momento de avaliação. As amostras de vogal sustentada e fala encadeada foram randomizadas, não revelando o momento da intervenção.

Os juízes receberam acesso às gravações das vozes randomizadas em arquivos separados de vogal sustentada e fala encadeada, nos quais deveriam avaliar o parâmetro grau geral da qualidade vocal (impressão global da qualidade vocal), da amostra de vogal sustentada e fala encadeada separadamente. Após escuta de cada voz nos blocos separados, os juízes quantificaram o grau geral do desvio vocal (G) com uma marcação na Escala Visual-Analógica (EVA) de 100 milímetros, na qual o extremo esquerdo da régua (0) corresponde à ausência de alteração vocal e o extremo direito (100) alterações mais intensas<sup>32</sup>.

Os avaliadores foram orientados a realizar intervalo de 48 horas entre as análises de vogal sustentada e fala encadeada, além de descanso auditivo a cada 15 minutos, a fim de minimizar risco de erros de resposta mediante fadiga<sup>30</sup>.

Para concordância intra-avaliadores, 20% da amostra (60 vogais sustentadas e 60 falas encadeadas) foi randomizada e aleatorizada para reanálise (12 vogais sustentadas e 12 falas encadeadas, totalizando 72 de cada amostra). Para determinar a concordância intra-avaliador na medição das variáveis analisadas, foi utilizado o Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) no programa PAST®. Na definição dos níveis de Correlação Intraclasse foram considerados os seguintes limites: 0 - 0,5 Ruim; 0,5 - 0,75 Moderada; 0,75 - 0,9 Boa; e  $\geq 0,9$  Excelente<sup>33</sup>. Obteve-se para cada avaliador concordância de 76%; 80%; 92% e 93%. Dessa forma, as respostas dos três avaliadores que apresentaram concordância boa e excelente foram consideradas para análise perceptivo-auditiva da voz, sendo utilizado o valor da média das respostas dadas pelos três juízes fonoaudiólogos.

### **Análise das medidas acústicas**

Para a gravação das vozes, foi utilizado o programa Computerized Speech Lab (CSL) da Kay Pentax®, modelo 6103, módulo Multi-Dimensional Voice Program (MDVP)<sup>34</sup>, instalado no computador da marca Dell®, modelo Optiplex GX260, com placa de som profissional marca DirectSound® e microfone condensador da marca Samson C01. As participantes posicionaram-se de pé com o microfone apoiado por um pedestal na altura da boca e a 10 centímetros de distância. Foram orientadas a prolongar a emissão da vogal /a/ de forma habitual e plena e realizar contagem de 1 a 20. Todas as gravações foram realizadas em ambiente acusticamente tratado.

Os parâmetros selecionados para extração de medidas aerodinâmicas e acústicas foram:

- 1) Medidas de tempo máximo de fonação (TMF): as participantes foram orientadas a realizar tarefa de emissão de vogal sustentada (/a/) sentadas confortavelmente em uma cadeira em sala acusticamente tratada. Foi solicitada sustentação da emissão pelo maior tempo possível. A tarefa foi realizada três vezes, sendo considerada para análise a média das emissões. A normalidade para mulheres é tempo de 15 a 25 segundos<sup>1</sup>.
- 2) Medidas cepstrais: a extração das medidas de Cepstral Peak Prominence (CPP) para vogal /a/ e fala encadeada foi realizada por meio do programa computadorizado Praat versão 6.2.23 a partir da seleção do melhor trecho da emissão da vogal sustentada /a/, descartando-se o início e o final, totalizando três segundos centrais e emissão inteira para a fala encadeada. Para extração das medidas, selecionaram-se os parâmetros propostos pela literatura<sup>35</sup>. Para extração de Cepstral Peak Prominence-Smoothed (CPPS), foi utilizado o Programa Voxplot, quando extraídos valores de índices multiparamétricos.
- 3) Índices acústicos multiparamétricos: As amostras de vogal e fala foram editadas no software Voxplot. Os valores dos índices Acoustic Breathiness Index (ABI) e Acoustic Voice Quality Index (AVQI) foram obtidas por meio de script no software Praat<sup>36-37</sup>. As amostras consistiram de três segundos médios de uma vogal /a/ sustentada em frequência e intensidade habituais e contagem espontânea de números de 1 a 10.

### **Análise da autopercepção do esforço fonatório**

A análise da autopercepção do esforço fonatório foi realizada a partir da Escala Borg CR10-BR adaptada para esforço vocal, sendo 0 correspondente a nenhum esforço vocal e 10 o máximo de esforço<sup>38</sup>. A escala é respondida a partir de uma escala tipo Likert, onde o participante deveria referir após procedimentos: 0 “Nenhum esforço fonatório”; 0,5 “Esforço vocal muito muito leve (Apenas perceptível)”; 1 “Esforço vocal muito leve”; 2 “Esforço vocal leve”; 3 “Esforço vocal moderado”; 4 “Esforço vocal um pouco severo”; 5 “Esforço vocal severo”; 6, 7 e 8 para “Esforço

vocal muito severo”; 9 “Esforço vocal muito muito severo (quase máximo)” e 10 “Esforço vocal máximo”<sup>38</sup>.

### **Videolaringoscopia de alta velocidade**

As imagens laríngeas das 30 participantes foram obtidas a partir da VAV, com gravações a 2000 quadros por segundo, usando laringoscópio rígido de 70° com 300 W de luz de xenônio (KayPentax ®, Lincoln Park, New Jersey ®), modelo 9710, resolução 512 x 512 pixels com modo de cor de 8 bit RGB.

As participantes permaneceram sentadas com leve projeção cervical anterior e receberam previamente ao exame, anestesia tópica com lidocaína a 10%. Posteriormente, colocaram a língua para fora que foi tracionada e estabilizada pelo médico otorrinolaringologista com uso de uma gaze. Em seguida, foi introduzida a fibra óptica dentro da cavidade oral até visualização glótica. Todas as participantes foram orientadas a emitir os sons das vogais /i/ e /ε/ na frequência e intensidade habituais.

A primeira avaliação foi definida como momento pré intervenção (para diagnóstico e avaliação visual laríngea prévia aos procedimentos), quando as participantes foram submetidas ao exame laríngeo inicial. Após término do efeito anestésico, foram submetidas ao experimento e, após finalização do procedimento, realizaram novamente a avaliação laríngea, caracterizando o momento pós-intervenção.

Todos os exames foram realizados por um único médico, buscando uniformidade na realização das avaliações. Quatro otorrinolaringologistas com mais de 10 anos de experiência em avaliação laríngea foram convidados para classificar os vídeos da VAV. Os pares de exames denominados A ou B foram randomizados, não revelando o momento da intervenção e as análises foram feitas aos pares por tarefa de comparação, sem conhecimento prévio dos avaliadores a qual momento as imagens correspondiam. Vinte por cento da amostra foi replicada; portanto, foram acrescentados seis pares aos 30 para análise de concordância intra-avaliadores, totalizando 36. O grau da concordância foi analisado por meio da estatística Kappa, considerando-se: valores de 0 a 0,20 – nenhuma concordância; de 0,21 a 0,39 – mínima concordância; de 0,40 a 0,59 - concordância fraca; de 0,60 a 0,79 - concordância moderada; de 0,80 a 0,90 - concordância forte e acima de 90 -

concordância quase perfeita<sup>39</sup>. Optou-se pelas respostas dos três que apresentaram concordância moderada (65 e 67%) e quase perfeita (100%), sendo utilizado o valor da moda das respostas dadas pelos juízes.

Para a tabulação das respostas, foi utilizada a seguinte categorização:

- Se a imagem laríngea no pós experimento foi considerada melhor = melhorou.
- Se a imagem laríngea no pré experimento foi considerada melhor = piorou.
- Se as imagens laríngeas foram consideradas iguais = manteve.

A avaliação perceptivo-visual das imagens foi realizada por meio de uma versão adaptada de avaliação dos padrões de vibração das pregas vocais para VAV, cujos parâmetros avaliados foram: fechamento glótico (aparência da glote durante a porção mais fechada do ciclo glótico), onda mucosa (magnitude do movimento mucosondulatório), amplitude (magnitude do movimento lateral das pregas vocais), simetria de fase ( grau em que as pregas vocais se movem como imagens espelhadas uma da outra) e periodicidade do ciclo glótico (consistência dos ciclos glóticos)<sup>40</sup>.

### **Análise estatística**

Para a realização das análises, foi utilizado o software estatístico R-STUDIO (versão 4.1.0) e SPSS (versão 25). Para análises não-paramétricas intra-grupo pré e pós experimento, foi definido o teste estatístico Wilcoxon e, na comparação entre grupos, o teste Mann-Whitney. Para estatística de variáveis categóricas, foi utilizado o Teste Qui-quadrado. Em todas as análises, foi considerado um nível de significância de 5%.

## **RESULTADOS**

Na Tabela 2, são apresentados os resultados da análise perceptivo-auditiva na comparação entre grupos nos momentos pré e pós procedimentos. Observa-se pior classificação do desvio vocal na vogal sustentada, com melhora do desvio após procedimentos, sem significância estatística entre os grupos. Houve melhora do grau de desvio da fala encadeada no grupo placebo ( $p=0,047$ ) após procedimento.

**Tabela 2. Resultado da análise perceptivo-auditiva pela Escala Visual Analógica nos grupos experimental e placebo**

		Experimental					Placebo					P-Valor entre grupos
		média	mediana	D.P	mín	máx	média	mediana	D.P	mín	máx	
VOGAL	Antes	37,67	34,00	16,40	22,00	81,00	28,07	29,00	8,24	14,00	42,00	0,064
	Depois	34,53	30,00	17,49	15,00	84,00	26,53	26,00	7,58	16,00	45,00	0,135
	<i>P-valor</i>	0,064					0,432					
FALA	Antes	32,07	23,00	23,05	5,00	82,00	21,27	16,00	18,08	4,00	59,00	0,115
	Depois	31,07	21,00	24,79	8,00	90,00	18,67	8,00	18,45	3,00	60,00	0,048
	<i>P-valor</i>	0,706					0,047					

a. Teste de Classificações Assinadas por Wilcoxon

b. Teste Mann-Whitney para comparação grupos Experimental e Placebo

**Legenda:** DP: desvio padrão; máx: máximo; mín: mínimo

Nas tabelas 3 e 4, são apresentados resultados de medida aerodinâmica e dos parâmetros acústicos dos momentos pré e pós intervenção nos grupos. Houve aumento significativo do tempo máximo de fonação no grupo experimental ( $p=0,016$ ). Observou-se tendência de aumento das medidas cepstrais e redução dos índices multiparamétricos em ambos os grupos, porém, sem significância estatística ( $p>0,05$ ).

**Tabela 3. Análise comparativa do tempo máximo de fonação nos grupos experimental e placebo**

		Experimental					Placebo					P-Valor entre grupos
		média	mediana	DP	mín	máx	média	mediana	DP	mín	máx	
TMF (s)	Antes	9,13	9,00	2,90	4,00	14,00	10,60	10,00	2,10	7,00	14,00	0,177
	Depois	10,13	10,00	3,89	4,00	18,00	10,80	10,00	2,83	7,00	16,00	0,644
	<i>P-valor</i>	0,016					0,496					

a. Teste de Classificações Assinadas por Wilcoxon

b. Teste Mann-Whitney para comparação grupos experimental e placebo

**Legenda:** DP: desvio padrão; máx: máximo; mín: mínimo; TMF: tempo máximo de fonação; s: segundos

**Tabela 4. Análise comparativa de medidas cepstrais e índices acústicos multiparamétricos nos grupos experimental e placebo**

		Experimental					Placebo					P-Valor entre grupos
		média	mediana	DP	mín	máx	média	mediana	DP	mín	máx	
CPP_VOGAL	Antes	22,79	23,15	3,19	15,65	28,35	24,16	24,35	1,80	21,00	27,00	0,141
	Depois	23,21	24,05	2,63	15,55	26,20	24,99	24,75	2,66	21,00	30,00	0,158
	<i>P-valor</i>	0,256					0,096					
CPPS_VOGAL	Antes	12,66	14,00	3,57	6,00	17,00	15,01	15,30	1,65	11,70	18,40	0,05
	Depois	14,11	14,45	2,11	7,95	16,65	14,98	14,50	2,16	12,15	19,50	0,604
	<i>P-valor</i>	0,025					0,842					
CPP_FALA	Antes	16,80	16,40	1,41	14,90	19,55	17,11	17,00	1,02	15,15	18,70	0,330
	Depois	16,88	16,50	1,17	14,80	19,00	17,12	17,60	1,19	15,10	19,25	0,506
	<i>P-valor</i>	0,490					0,900					
CPPS_FALA	Antes	11,78	11,45	2,28	8,72	16,30	12,52	12,60	1,46	10,25	15,20	0,290
	Depois	12,00	12,18	1,79	8,34	15,00	12,22	12,30	1,79	9,30	15,60	0,709
	<i>P-valor</i>	0,530					0,426					
AVQI	Antes	3,62	3,30	2,27	0,22	7,19	2,27	2,10	1,01	0,35	4,05	0,120
	Depois	2,81	2,80	1,51	0,50	6,74	2,37	2,10	1,17	0,13	4,05	0,561
	<i>P-valor</i>	0,088					0,820					
ABI	Antes	4,57	4,00	2,04	2,10	8,33	3,46	3,30	0,94	1,45	4,80	0,171
	Depois	3,96	3,70	1,28	2,20	7,61	3,44	3,30	1,02	1,20	5,00	0,350
	<i>P-valor</i>	0,111					0,909					

a. Teste de Classificações Assinadas por Wilcoxon

b. Teste Mann-Whitney para comparação grupos experimental e placebo

**Legenda:** ABI: Acoustic Breathiness Index; AVQI: Acoustic Voice Quality Index; CCP: cepstral peak prominence; CPPS: cepstral peak prominence-smoothed; DP: desvio padrão; máx: máximo; mín: mínimo



Na tabela 5, observamos em relação ao esforço fonatório um efeito mais significativo do tratamento nas participantes que eram do grupo experimental, onde houve uma redução significativa do esforço percebido, com média inicial de 3,40 (esforço vocal moderado) e após o tratamento, uma média de 1,53 (esforço vocal muito leve) (p-valor 0,012).

**Tabela 5. Análise da autopercepção do esforço fonatório nos grupos experimental e placebo**

		Experimental					Placebo					P-Valor entre grupos
		média	mediana	DP	mín	máx	média	mediana	DP	mín	máx	
ESFORÇO FONATÓRIO	Antes	3,40	1,00	3,79	0,00	10,00	3,07	0,00	3,86	0,00	10,00	0,824
	Depois	1,53	0,00	2,36	0,00	8,00	2,47	0,00	3,48	0,00	10,00	0,639
	<i>P-valor</i>	0,012					0,066					

a. Teste de Classificações Assinadas por Wilcoxon

b. Teste Mann-Whitney para comparação grupos experimental e placebo

**Legenda:** DP: desvio padrão; máx: máximo; mín: mínimo

Na tabela 6, os resultados evidenciaram maior ocorrência de melhora de parâmetros laríngeos (fechamento glótico, simetria de fase, movimento mucondulatório e periodicidade de ciclo glótico) no grupo experimental, com diferença significativa entre os grupos ( $p=0,017$ ).

**Tabela 6. Análise comparativa entre os grupos placebo e experimental na análise perceptivo-visual da laringe**

		Experimental	Placebo	Total	P-valor
ANÁLISE PERCEPTIVO-VISUAL DA LARINGE	Piorou	4 (26,7%)	5 (33,3%)	9 (30%)	0,017
	Igual	2 (13,3%)	8 (53,3%)	10 (33,3%)	
	Melhorou	9 (60%)	2 (13,3%)	11 (36,67%)	

Teste Qui-quadrado de Pearson

## DISCUSSÃO

O objetivo central da presente pesquisa foi investigar os efeitos imediatos do LASER de baixa potência na voz de mulheres com disfonia comportamental (mulheres com queixas, voz e exame de laringe alterados), identificando mudanças na qualidade vocal, no esforço fonatório e em exames de laringe. Para tanto, uma das características metodológicas dessa pesquisa foi maior controle de variáveis com direcionamento da intervenção em grupos específicos, como idade, sexo e percentual de gordura, uma vez que diferentes estruturas interferem na capacidade biofísica de a luz penetrar na pele e conseqüentemente na absorção luminosa nos tecidos, devendo características individuais serem consideradas para ajuste nos parâmetros dosimétricos e otimização de tratamento<sup>15</sup>.

Nesse estudo, a TVSL foi eleita para tratamento experimental após irradiação com LASER de baixa potência devido à sua larga aplicação na clínica vocal e seus benefícios relacionados à suavização do contato entre as PPVV e mudanças nos padrões vibratórios<sup>41</sup>. Conforme recomendação, o tempo de execução foi de cinco minutos por mulheres disfônicas<sup>30</sup>.

Toda avaliação vocal deve ponderar a multidimensionalidade da voz, pois o diagnóstico da disfonia é complexo e para maior acurácia do diagnóstico dos desvios vocais, devem ser considerados o julgamento perceptivo-auditivo, a avaliação aerodinâmica, a análise acústica, o exame visual da laringe e a autoavaliação do paciente em relação ao distúrbio vocal<sup>2</sup>.

Os resultados da análise perceptivo-auditiva evidenciaram que as vogais sustentadas foram avaliadas como mais desviadas em relação à fala encadeada. Isso porque as vogais sustentadas tendem a enfatizar as características da fonte e são mantidas relativamente constantes, levando a classificações mais altas de gravidade da disfonia, enquanto a fala contínua é caracterizada por variações temporais e espectrais influenciadas pelo contexto fonético e flutuações prosódicas, resultando em classificações de gravidade mais baixas<sup>42</sup>. As avaliações tanto de amostras de vogais e fala permitem uma avaliação mais abrangente do uso da voz<sup>43</sup>.

A literatura aponta efeitos imediatos da TVSL diretamente na produção sonora da fonte glótica, com redução de soprosidade e rugosidade em mulheres disfônicas mediante mudanças nos padrões vibratórios das pregas vocais<sup>30,41</sup>. Os achados do

presente experimento evidenciaram mudanças positivas da qualidade vocal na tarefa de vogal sustentada em ambos os grupos, porém, sem significância estatística. A ausência de significância pode ser justificada pelo tamanho amostral, que talvez tenha sido insuficiente para evidenciar melhor as diferenças entre intervenções na variável analisada.

Já na fala encadeada, houve efeito positivo na qualidade vocal no grupo placebo em consonância com outras pesquisas que evidenciaram melhora da projeção vocal, intensidade e equilíbrio ressonantal após TVSL<sup>30,41,44</sup>. Essa melhora pode ser atribuída aos efeitos do exercício, no qual o trato vocal participa ativamente da produção de energia e a produção de voz combinada com semioclusão da porção anterior do trato vocal, resulta em o aumento da interação fonte-filtro cujo resultado promove aumento da intensidade vocal, eficiência, economia de energia<sup>30,41,44</sup>. Apesar de no grupo experimental também ter ocorrido melhora perceptivo-auditiva na fala encadeada, os resultados não foram significativos e isso pode estar relacionado ao tamanho amostral.

Quanto à medida aerodinâmica de tempo máximo de fonação, apenas o grupo experimental apresentou aumento significativo. Várias intervenções são comparadas usando o TMF como um marcador de eficácia de tratamento que reflete melhora da coaptação glótica e do controle mioelástico e aerodinâmico<sup>1,45</sup>.

Dos parâmetros acústicos avaliados, houve o aumento da medida cepstral CPPS vogal no grupo experimental, o que representa estrutura harmônica mais bem definida, uma vez que o pico cepstral é a energia acústica que se sobrepõe ao ruído de fundo e pode estar relacionado à melhora da onda mucosa obtida<sup>35</sup>.

Em relação aos índices multiparamétricos, observa-se uma tendência de redução dos scores de ABI e AVQI principalmente para o grupo experimental, sugerindo menor sopro e rugosidade após experimento, porém, sem significância estatística. O ponto de corte do AVQI para o português brasileiro é 1,33 e do ABI, 2,94 e as médias encontradas na amostra foram 2,94 e 4,02, respectivamente<sup>36-37</sup>. A *American Speech Language and Hearing Association* (ASHA) recomenda o uso de medidas cepstrais para avaliar vozes com maiores desvios, por serem fortes preditores da presença de desvio vocal e mais robustas quando comparadas às medidas acústicas tradicionais<sup>46-48</sup>.

Quanto à autoavaliação do esforço fonatório, os resultados evidenciaram

melhora da percepção de esforço após aplicação do LASER no grupo experimental. A autoavaliação vocal tem sido bastante valorizada, sendo útil para avaliar o impacto do desvio na vida do paciente, para monitorar a evolução e avaliar a eficácia do tratamento oferecido, além de desempenhar um papel importante nas decisões terapêuticas<sup>38,49</sup>. A Escala Borg CR10-BR adaptada para esforço vocal é um instrumento específico para autoavaliação do esforço vocal após uma tarefa específica<sup>38</sup>.

A literatura aponta presença de laringe com insuficiência glótica em 32% das mulheres com disfonia comportamental<sup>8</sup>. Em relação aos exames de laringe, na maioria da amostra observaram-se fendas dupla e médio-posterior. Os resultados revelaram melhora dos padrões vibratórios das PPVV no grupo experimental, sugerindo efeitos imediatos positivos no fechamento glótico, movimento muco-ondulatório, simetria de fase e periodicidade de ciclo após protocolo de exercício associado ao LASER de baixa potência. A VAV permite análise mais precisa da área glótica e do movimento muco-ondulatório das PPVV<sup>40</sup>.

O raciocínio clínico que norteia a recomendação da fotobiomodulação na área de voz é conduzido por conhecimentos advindos de áreas afins a partir da premissa de mudanças metabólicas e estruturais no músculo, que além de resultar em melhora da performance e aceleração da recuperação muscular, reduz fadiga e danos nos músculos<sup>14</sup>. Há evidências que sustentam efeitos antiedematoso, anti-inflamatório e cicatricial da irradiação que podem favorecer ganhos na reabilitação na clínica vocal, visto que a grande maioria das lesões fonotraumáticas envolvem processos inflamatórios e edematosos nas PPVV<sup>16-17,50</sup>.

A TVSL pode proporcionar um posicionamento de laringe semiaberta durante a fonação, diminuir a colisão entre as pregas vocais e resultar em suavização do contato, equilíbrio das pressões sub e supraglótica, otimização do movimento muco-ondulatório e aumento da resistência vocal<sup>41</sup>. Tendo em vista que a ativação de músculos orais, laríngeos e torácicos durante execução de exercícios vocais requer alto consumo energético, a aplicação da luz na musculatura intrínseca laríngea antes do exercício pode potencializar resultados terapêuticos<sup>41,51-53</sup>.

Estudos em fotobiomodulação requerem maior especificação de detalhes quanto aos parâmetros de irradiação. A falta de especificação de detalhes quanto aos parâmetros de entrega da luz e a grande variedade metodológica limitam a

comparação dos resultados, replicação dos benefícios bem como torna inviável a replicação do protocolo na prática clínica profissional<sup>54</sup>.

No presente estudo, a energia de 9 J no espectro infravermelho foi eleita mediante mudanças acústicas em mulheres normofônicas identificadas em pesquisa anterior<sup>24</sup>. Para irradiação na região cervical, foram definidas sete marcações anatômicas para cobrir efetivamente a maior área do grupo muscular e distribuir melhor a energia aplicada nos músculos intrínsecos da laringe e túnica mucosa<sup>29</sup>. A energia total aplicada foi 63 J e diretrizes recentes recomendam uma faixa de dose de 20 J a 60 J para pequenos grupos musculares<sup>55</sup>. A Lei Arndt-Schultz prediz a existência de uma curva dose-resposta que postula a existência de uma janela terapêutica para bioestimulação e acima de um valor limiar, de bioinibição<sup>56</sup>, o que torna imprescindível a identificação de doses ideais para objetivos propostos, além da localização anatômica do tecido tratado<sup>55,56</sup>.

O comprimento de onda utilizado foi o infravermelho, pois este promove maior penetração em tecidos biológicos<sup>57</sup>. A faixa espectral de uma fonte terapêutica deve assegurar a absorção da luz em dada profundidade<sup>57</sup>. Considerando que a laringe seja um complexo anatômico que envolve cartilagens, músculos e membranas, para que a luz apresente interação com estruturas laríngeas é necessário que a energia luminosa vença todas as barreiras e alcance os tecidos alvos<sup>57</sup>.

Um fator relativo à aplicação da fotobiomodulação que parece influenciar no desempenho muscular é o tempo-resposta, ou seja, quanto tempo antes ou após de um protocolo de exercícios a irradiação deve ser aplicada para melhores resultados. Considerando que uma janela de tempo-resposta inadequada pode levar à falta de resposta biológica devido a um curto intervalo entre o tratamento e irradiação, a janela de tempo e duração dos efeitos após a aplicação da luz precisam de ser elucidadas com objetivo de resultados ótimos<sup>58</sup>.

Apesar de estudos com animais sugerirem aumento do potencial da membrana mitocondrial e a síntese de energia com um pico de resposta entre três e seis horas após a estimulação<sup>13</sup>, para a coleta estabeleceu-se aplicação do LASER imediatamente antes a realização da TVSL com análise imediata dos efeitos, para maior entendimento se as evidências científicas com efeito imediato validam a necessidade de pesquisas futuras com efeito tardio<sup>20</sup>. Além disso, resultados positivos de forma imediata fornecem suporte ao exercício profissional com eixos norteadores

para um melhor direcionamento na clínica vocal, aproximando a ciência da rotina clínica<sup>20</sup>.

Estudos em animais sugerem modulação dos processos inflamatório e cicatricial em tecidos da laringe a partir da fotobiomodulação<sup>16,17</sup>. Vale ressaltar a importância de cautela ao aplicar resultados de estudos em animais a humanos, visto que experimentos com animais são frequentemente preditores fracos de reações humanas à exposição devido à variedade de vias metabólicas e variações de eficácia<sup>13,59</sup>.

Em suma, os resultados evidenciaram para o grupo experimental (LASER antes do exercício) maiores efeitos imediatos no tratamento refletidos no aumento do TMF, do CPPS vogal, na redução do esforço fonatório, além de melhora dos padrões vibratórios das PPVV. A integração dos dados de diferentes naturezas é imprescindível para o diagnóstico preciso e para o planejamento/monitoramento da eficácia da terapia vocal<sup>2</sup>.

Esta pesquisa é a primeira que propôs avaliar efeito imediato da luz infravermelha na qualidade vocal, autopercepção de esforço fonatório e imagens laríngeas em mulheres com desvios vocais. Os achados fornecem parâmetros valiosos de partida para investigação e melhor elucidação dos efeitos do LASER de baixa potência na clínica vocal quando associado a protocolo de exercício. Os achados sugerem que o LASER infravermelho aplicado em sete pontos à 9 J na laringe seja uma dosimetria promissora para trazer efeito potencializador de exercícios vocais em mulheres com disfonia comportamental. Outras pesquisas não evidenciaram mudanças perceptivo-auditivas e acústicas após aplicação imediata da irradiação, mas tanto a fonte de luz e quanto a energia utilizada foram diferentes da presente pesquisa<sup>18-19</sup>.

As variáveis que podem interferir na penetração tecidual como sexo, idade, estado fisiológico do tecido tratado e espessura cutânea foram controladas, pois a interação da luz com tecidos biológicos depende das características peculiares de cada tecido e a energia prescrita deve ser capaz de ultrapassar as barreiras físicas e alcançar estruturas em uma dada profundidade para absorção da luz e mudanças metabólicas<sup>15</sup>. Na prática clínica, essas variáveis precisam de ser levadas em consideração para a prescrição correta dos parâmetros de luz, assim como a posição

de aplicação na região cervical para que os músculos laríngeos e túnica mucosa sejam melhor estimulados e se obtenha melhores resultados.

Ressaltamos que esse estudo apresenta resultados preliminares quanto aos efeitos imediatos do LASER de baixa potência em mulheres e ainda não sabemos os efeitos a curto e médio prazos em diferentes quadros na clínica vocal. A elucidação do tempo necessário para aumentar bioquímica e efeitos biomoduladores das funções celulares com potencialização dos ganhos terapêuticos requer que programas de treinamento específico levem em consideração também fisiologia do exercício, bem como aplicações repetidas da luz terapêutica com acompanhamento longitudinal das respostas vocais em momentos diferentes após irradiação.

Finalmente, por se tratar de um estudo com um tamanho amostral limitado, trabalhos futuros com amostras maiores e distintas em relação à idade, sexo, quadros de disfonia e com variações de espessura do subcutâneo precisariam ser estudados, tendo-se em vista outros tipos de delineamentos para acrescentar novos conhecimentos sobre a aplicação do LASER de baixa potência na prática clínica.

## **CONCLUSÃO**

O LASER de baixa potência no comprimento de onda infravermelho antes do exercício vocal à 9 J de energia por ponto, em sete pontos em região laríngea, provocou melhora imediata de medidas aerodinâmicas e acústicas, de autopercepção do esforço fonatório, além do padrão vibratório de PPVV em mulheres com disfonia comportamental, sugerindo que o LASER seja um recurso potencializador de resultados terapêuticos na clínica vocal.

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -Brasil (CNPq- nº 309108/2019-5) pelo apoio financeiro.

**REFERÊNCIAS**

1. Behlau M. Voz: O livro do especialista (Volume I). 1ª ed. Rio de Janeiro: Revinter; 2008
2. Behlau M, Madazio G, Oliveira G. Functional dysphonia: strategies to improve patient outcomes. *Patient Relat Outcome Meas.* 2015;6:243-53. <https://doi.org/10.2147/PROM.S68631>
3. Stachler RJ, Francis DO, Schwartz SR, Damask CC, Digoy GP, Krouse HJ et al. Clinical Practice Guideline: Hoarseness (Dysphonia) (Update). *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2018;158(suppl 1):S1-42. <https://doi.org/10.1177/0194599817751030>
4. Cohen SM, Kim J, Roy N, Asche C, Courey M. Prevalence and causes of dysphonia in a large treatment-seeking population. *Laryngoscope.* 2012;122(2):343-8. <https://doi.org/10.1002/lary.22426>
5. Oliveira P, Ribeiro VV, Constantini AC, Cavalcante MEOB, Sousa MS, Silva K. Prevalence of work-related voice disorders in voice professionals: systematic review and meta-analysis. *J Voice.* 2022 (no prelo). <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2022.07.030>
6. Behlau M, Zambon F, Moreti F, Oliveira G, Couto Junior EB. Voice self-assessment protocols: Different trends among organic and behavioral dysphonias. *J Voice.* 2017;31(1):112.e13-27. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.03.014>
7. Payten CL, Chiapello G, Weir KA, Madill CJ. Frameworks, terminology and definitions used for the classification of voice disorders: A scoping review. *J Voice.* 2022 (no prelo). <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2022.02.009>
8. Tierney WS, Xiao R, Milstein CF. Characterization of functional dysphonia: Pre- and post-treatment findings. *Laryngoscope.* 2020;131(6):E1957-64. <https://doi.org/doi:10.1002/lary.29358>
9. Jani R, Jaana S, Laura L, Jos V. Systematic review of the treatment of functional dysphonia and prevention of voice disorders. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2008;138(5):557–65. <https://doi.org/10.1016/j.otohns.2008.01.014>
10. Pedrosa V, Pontes A, Pontes P, Behlau M, Peccin SM. The effectiveness of the comprehensive voice rehabilitation program compared with the vocal function exercises method in behavioral dysphonia: a randomized clinical trial. *J Voice.* 2016;30(3):377.e11-19. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.03.013>
11. Behlau M, Pontes P, Vieira VP, Yamasaki R, Madazio G. Presentation of the Comprehensive Vocal Rehabilitation Program for the treatment of behavioral dysphonia. *CoDAS.* 2013;25(5):492-6. <https://doi.org/10.1590/S2317-17822013000500015>



12. Anders JJ, Arany PR, Baxter GD, Lanzafame RJ. Light-emitting diode therapy and low-level light therapy are photobiomodulation therapy. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019;37(2):63-5. <https://doi.org/10.1089/photob.2018.4600>
13. Ferraresi C, Kaippert B, Avci P, Huang YY, Sousa MVP, Bagnato VS et al. Low-level laser (light) therapy increases mitochondrial membrane potential and ATP synthesis in C2C12 myotubes with a peak response at 3-6 H. *Photochem Photobiol.* 2015;91(2):411-6. <https://doi.org/10.1111/php.12397>
14. De Marchi T, Ferlito JV, Ferlito MV, Salvador M, Leal-Junior ECP. Can photobiomodulation therapy (PBMT) minimize exercise-induced oxidative stress? A systematic review and meta-analysis. *Antioxidants.* 2022;11(9):1671. <https://doi.org/10.3390/antiox11091671>
15. Souza-Barros L, Dhaidan G, Maunula M, Solomon V, Gabison S, Lilge L et al. Skin color and tissue thickness effects on transmittance, reflectance, and skin temperature when using 635 and 808 nm lasers in low intensity therapeutics. *Lasers Surg Med.* 2018;50(4):291-301. <https://doi.org/10.1002/lsm.22760>
16. Lou Z, Gong T, Kang J, Xue C, Ulmschneider C, Jiang JJ. The effects of photobiomodulation on vocal fold wound healing: In vivo and in vitro studies. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019;37(9):532-8. <https://doi.org/10.1089/photob.2019.4641>
17. Lou Z, Zhang C, Gong T, Xue C, Scholp A, Jiang JJ. Wound-healing effects of 635-nm low-level laser therapy on primary human vocal fold epithelial cells: An in vitro study. *Lasers Med Sci.* 2019;34:547-54. <https://doi.org/10.1007/s10103-018-2628-0>
18. Kagan LS, Heaton JT. The effectiveness of low-level light therapy in attenuating vocal fatigue. *J Voice.* 2017;31(3):384.e15-23. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.09.004>
19. Souza MK, Ximenes CRC, Pimenta ASI. Fotobiomodulação associada à técnica de vibração de língua: autopercepção do esforço vocal em cantores amadores. In: *Anais do 29º Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia; 2021; São Paulo, Brasil: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia; 2021. Trabalho 2765.*
20. Whyte J, Barrett AM. Advancing the evidence base of rehabilitation treatments: a developmental approach. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(8 Suppl):S101-10. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.11.040>
21. Santos CMC, Pimenta CAM, Nobre MRC. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Rev Lat Am Enfermagem.* 2007;15(3):508-11. <https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000300023>
22. Barreto JOM, Silva EN, Gurgel-Gonçalves R, Rosa SSRF, Felipe MSS, Santos LMP. Translational research in public health: challenges of an evolving field. *Saúde em Debate.* 2019;43(spe2):4-9. <https://doi.org/10.1590/0103-11042019S200>

23. Moher D, Hopewell S, Schulz KF, Montori V, Gøtzsche PC, Devereaux PJ et al. CONSORT 2010 explanation and elaboration: Updated guidelines for reporting parallel group randomized trials. *Int J Surg.* 2012;10(1):28-55. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2011.10.001>
24. Bacelete VSB, Motta AR, Lin Plec EMR, Gama ACC. Efeitos imediatos da fotobiomodulação com LASER de baixa potência em mulheres sem alteração vocal e laringea: resultados preliminares. 2023 (a ser publicado)
25. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a World Health Organization Consultation. Geneva: World Health Organization; 2000. P. 256.
26. Bruzzi C, Salsi D, Minghetti D, Negri M, Casolino D, Sessa M. Presbyphonia. *Acta Biomed.* 2017;88(1):6-10. <https://doi.org/10.23750%2Fabm.v88i1.5266>
27. Cielo CA, Schwarz K, Finger LS, Lima JM, Christmann MK. Glottal closure in women with no voice complaints or laryngeal disorders. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2019;23(4):384-88. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1676108>
28. Moreti F, Zambon F, Oliveira G, Behlau M. Cross-cultural adaptation, validation, and cutoff values of the Brazilian version of the Voice Symptom Scale-VoiSS. *J Voice.* 2014;28(4):458-68. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2013.11.009>
29. Bacelete VSB, Lin Plec EMR, Santos MAR, Nunes FB, Gama ACC. Pontos anatômicos para aplicação do LASER de baixa potência em musculatura intrínseca da laringe. In: *Anais do 30º Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia; 2022; João Pessoa, Brasil: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia; 2022. Trabalho 2765.*
30. Menezes MHM, Ubrig-Zancanella MT, Cunha MGB, Cordeiro GF, Nemr K, Tsuji DH. The relationship between tongue trill performance duration and vocal changes in dysphonic women. *J Voice.* 2011;1;25(4):e167-75. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.03.009>
31. Sachdeva S. Fitzpatrick skin typing: Applications in dermatology. *Indian J Dermatol Venereol Leprol.* 2009;75(1):93-6. <https://doi.org/10.4103/0378-6323.45238>
32. Yamasaki R, Madazio G, Leão SHS, Padovani M, Azevedo R, Behlau M. Auditory-perceptual evaluation of normal and dysphonic voices using the voice deviation scale. *J Voice.* 2017;31(1):67-71. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.01.004>
33. Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med.* 2016;15(2):155-63. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
34. Georgieva D, Stefanovska A. Role of the Computerized Speech Lab (CSL) and Multi-Dimensional Voice Program (MDVP) in voice disorders' instrumental diagnostics. *Journal of Special Education and Rehabilitation.* 2007;8(3-4):113-27.

35. Lopes LW, Sousa ESS, Silva ACF, Silva IM, Paiva MAA, Vieira VJD et al. Cepstral measures in the assessment of severity of voice disorders. *CoDAS*. 2019;31(4):e20180175. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182018175>
36. Englert M, Latoszek BB, Maryn Y, Behlau M. Validation of the acoustic breathiness index to the Brazilian Portuguese language. *Logoped Phoniatr Vocol*. 2021;47(1):56-62. <https://doi.org/10.1080/14015439.2020.1864467>
37. Englert M, Lima L, Behlau M. Acoustic Voice Quality Index and Acoustic Breathiness Index: Analysis with different speech material in the Brazilian Portuguese. *J Voice*. 2020;34(5):810.e11-7. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.03.015>
38. Camargo MRMC, Zambom F, Moreti F, Behlau M. Translation and cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the Adapted Borg CR10 for Vocal Effort Ratings. *CoDAS*. 2019;31(5):e20180112. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20192018112>
39. McHugh ML. Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochem Med*. 2012;22(3):276-82.
40. Korn GP, Gama ACC, Nascimento UN. Visual-perceptive assessment of glottic characteristics of vocal nodules by means of high-speed videoendoscopy. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2023;89(4):101275. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2023.05.002>
41. Titze IR. Voice training and therapy with a semi-occluded vocal tract: rationale and scientific underpinnings. *J Speech Lang Hear Res*. 2006;49(2):448-59. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2006/035\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2006/035))
42. Maryn Y, Roy N. Sustained vowels and continuous speech in the auditory-perceptual evaluation of dysphonia severity. *J Soc Bras Fonoaudiol*. 2012;24(2):107-12. <https://doi.org/10.1590/S2179-64912012000200003>
43. Behlau M, Almeida AA, Amorim G, Balata P, Bastos S, Cassol M et al. Reducing the GAP between science and clinic: lessons from academia and professional practice – part A: perceptual-auditory judgment of vocal quality, acoustic vocal signal analysis and voice self-assessment. *CoDAS*. 2022;34(5):e20210240. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212021240pt>
44. Azevedo LL, Passaglio KT, Rosseti MB, Silva CB, Oliveira BFV, Azevedo RCC. Vocal performance evaluation before and after the voiced tongue vibration technique. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2010(15):343-348. <https://doi.org/10.1590/S1516-80342010000300006>
45. Latoszek BB, Watts CR, Schwan K, Hetjens S. The maximum phonation time as marker for voice treatment efficacy: A network meta-analysis. *Clin Otolaryngol*. 2023;48(2):130-8. <https://doi.org/10.1111/coa.14019>
46. Heman-Ackah YD, Michael DD, Goding Junior GS. The relationship between cepstral peak prominence and selected parameters of dysphonia. *J Voice*. 2002;16(1):20-7. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(02\)00067-X](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(02)00067-X)

47. Awan SN, Roy N, Dromey C. Estimating dysphonia severity in continuous speech: application of a multi-parameter spectral/cepstral model. *Clin Linguist Phon.* 2009;23(11):825-41. <http://doi.org.10/3109/02699200903242988>
48. Patel RR, Awan SN, Barkmeier-Kraemer J, Courey M, Deliyski D, Eadie T et al. Recommended protocols for instrumental assessment of voice: American Speech-Language-Hearing Association expert panel to develop a protocol for instrumental assessment of vocal function. *Am J Speech Lang Pathol.* 2018;27(3):887-905. [https://doi.org/10.1044/2018\\_AJSLP-17-0009](https://doi.org/10.1044/2018_AJSLP-17-0009)
49. Branski RC, Cukier-Blaj S, Pusic A, Cano SJ, Klassen A, Mener D et al. Measuring quality of life in dysphonic patients: A systematic review of content development in patient-reported outcomes measures. *J Voice.* 2010;24(2):193-8. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2008.05.006>
50. Alegria R, Freitas SV, Manso MC. Effectiveness of voice therapy in patients with vocal fold nodules: a systematic search and narrative review. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2020;277(11):2951-66. <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06059-8>
51. Sandage MJ, Smith AG. Muscle bioenergetic considerations for intrinsic laryngeal skeletal muscle physiology. *J Speech Lang Hear Res.* 2017;60(5):1254-63. [https://doi.org/10.1044/2016\\_JSLHR-S-16-0192](https://doi.org/10.1044/2016_JSLHR-S-16-0192)
52. Menezes MH, Duprat AC, Costa HO. Vocal and laryngeal effects of voiced tongue vibration technique according to performance time. *J Voice.* 2005;19(1):61-70. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2003.11.002>
53. Vasconcelos D, Gomes AOC, Araújo CMT. Voiced lip and tongue trill technique: literature review. *Distúrbios da Comunicação.* 2016;28(3):581-93.
54. Ferreira AGA. Aplicação do laser de baixa intensidade no processo de cicatrização de ferida cirúrgica: padronização dos parâmetros dosimétricos [Dissertação]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2016.
55. Leal-Junior ECP, Lopes-Martins RAB, Bjordal JM. Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. *Braz J Phys Ther.* 2019;23(1):71-5. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.12.002>
56. Huang YY, Sharma SK, Carrol J, Hamblin MR. Biphasic dose response in low level light therapy – an update. *Dose Response.* 2011;9(4):602-18. <https://doi.org/10.2203/dose-response.11-009.Hamblin>
57. Ash C, Dubec M, Donne K, Bashford T. Effect of wavelength and beamwidth on penetration in light-tissue interaction using computational methods. *Lasers Med Sci.* 2017;32:1909-18. <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2317-4>

58. Leal-Junior ECP, Oliveira MFD, Joensen Jon, Stausholm MB, Bjordal JM, Tomazoni SS. What is the optimal time-response window for the use of photobiomodulation therapy combined with static magnetic field (PBMT-Smf) for the improvement of exercise performance and recovery, and for how long the effects last? A randomized, triple-blinded, placebo-controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2020;12:64. <https://doi.org/10.1186/s13102-020-00214-8>

59. Ferraresi C, Sousa MVP, Huang YY, Bagnato VS, Parizotto NA, Hamblin MR. Time response of increases in ATP and muscle resistance to fatigue after low-level laser (light) therapy (LLLT) in mice. *Lasers Med Sci.* 2015;30(4):1259-67. <https://doi.org/10.1007/s10103-015-1723-8>

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa se propôs avaliar a segurança clínica, dose e efeitos imediatos da fotobiomodulação em mulheres sem queixas vocais e em mulheres disfônicas. Consideramos que o trabalho apresenta uma tentativa de compreender os efeitos na luz na região laríngea, assim como estabelecer uma janela terapêutica a partir do efeito dose-resposta. Abordar este tema, tão rico e ainda pouco explorado na voz nos remete à possibilidade de intervenção fonoaudiológica com resultados que podem ser potencializados tendo em vista a utilização da adjuvância de um recurso terapêutico muito promissor.

A partir da revisão integrativa da literatura, identificamos diferentes enfoques nas pesquisas com LASER de baixa potência e os resultados sugerem que a luz terapêutica traz benefícios em diferentes distúrbios tratados por fonoaudiólogos, no entanto, mediante a diversidade metodológica, muitas vezes, os resultados apresentam-se controversos, com evidências questionáveis. Portanto, há vários parâmetros que necessitam de maior detalhamento a fim de preencher as lacunas existentes com respeito à área irradiada (densidade de energia aplicada), o tempo-resposta (quanto tempo antes do protocolo de exercícios a luz deve ser aplicada e quanto tempo após as respostas ocorrem) e a energia irradiada (energia por ponto de aplicação). A melhor especificação de detalhes quanto aos parâmetros de irradiação do LASER facilita replicação dos benefícios em novos estudos experimentais bem como torna viável a replicação do protocolo na prática clínica profissional.

É imprescindível a individualização e ajuste de doses da luz para compensação da interferência cutânea. A terapia por fotobiomodulação com LASER infravermelho antes do exercício provocou melhora das medidas acústicas de *Shimmer* e *APQ* após aplicação à 9 J de energia por ponto, em sete pontos em região laríngea, sugerindo dosimetria ótima de irradiação e, conseqüentemente, uma possível janela terapêutica a ser recomendada na clínica vocal em mulheres sem alteração vocal e laríngea, de pele clara e IMC normal. Além disso, houve melhora imediata de medidas aerodinâmicas e acústicas, de autopercepção do esforço fonatório, além do padrão vibratório de PPVV em mulheres com disfonia comportamental, sugerindo que o LASER seja um recurso potencializador de resultados vocais na clínica vocal.

Apesar das respostas positivas com essa dosimetria, o fonoaudiólogo deve

respeitar as diversidades biológicas, estruturar um programa de treinamento/reabilitação vocal que considere adaptações musculares, metabólicas e funcionais, com prescrição da fotobiomodulação mediante indicação clínica seguindo um planejamento terapêutico individualizado.

Em síntese, o raciocínio clínico que norteia a recomendação da fotobiomodulação na área de voz é conduzido por conhecimentos advindos de áreas afins e por experiências de profissionais que testemunham potencialização de ganhos terapêutico e esse estudo é pioneiro na proposta de avaliar uma janela terapêutica na clínica vocal, assim como na documentação de efeitos imediatos de uma dosimetria ótima em casos de disfonia comportamental. Nesse sentido, espera-se fornecer suporte ao exercício profissional com eixos norteadores para um melhor direcionamento na clínica vocal, bem como subsidiar pesquisas futuras de delineamentos com maiores níveis de evidência.

**REFERÊNCIAS**

1. Zhang Z. Mechanics of human voice production and control. *J Acoust Soc Am*. 2016 Oct;140(4):2614-35. <https://doi.org/10.1121/1.4964509>
2. Calvache C, Solaque L, Velasco A, Peñuela L. Biomechanical models to represent vocal physiology: A systematic review. *J Voice*. 2021; 37(3):465.e1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2021.02.014>
3. Sandage MJ, Smith AG. Muscle Bioenergetic Considerations for Intrinsic Laryngeal Skeletal Muscle Physiology. *J Speech Lang Hear Res*. 2017 May;60(5):1254-63. [https://doi.org/10.1044/2016\\_JSLHR-S-16-0192](https://doi.org/10.1044/2016_JSLHR-S-16-0192)
4. Vahabzadeh-Hagh AM, Pillutla P, Zhang Z, Chhetri DK. Dynamics of intrinsic laryngeal muscle contraction. *Laryngoscope*. 2019 Jan;129(1):E21-5. <https://doi.org/10.1002/lary.27353>
5. Miri AK. Mechanical characterization of vocal fold tissue: a review study. *J Voice*. 2014 Nov;28(6):657-67. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.03.001>
6. Behlau M, Zambon F, Moreti F, Oliveira G, Couto Jr EB. Voice self-assessment protocols: Different trends among organic and behavioral dysphonias. *J Voice*. 2017 Jan;31(1):112.e13-27. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.03.014>
7. Tierney WS, Xiao R, Milstein CF. Characterization of functional dysphonia: pre- and post-treatment findings. *Laryngoscope*. 2021 Jun;131(6):E1957-64. <https://doi.org/10.1002/lary.29358>
8. Behlau M, Madazio G, Oliveira G. Functional dysphonia: strategies to improve patient outcomes. *Patient Relat Outcome Meas*. 2015 Dec;6:243-53. <https://doi.org/10.2147/PROM.S68631>
9. Stachler RJ, Francis DO, Schwartz SR, Damask CC, Digoy GP, Krouse HJ et al. Clinical practice guideline: Hoarseness (Dysphonia) (Update). *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2018 Mar;158(1 Supl):S1-42. <https://doi.org/10.1177/0194599817751030>
10. Oliveira P, Ribeiro VV, Constantini AC, Cavalcante MEOB, Sousa MS, Silva K. Prevalence of work-related voice disorders in voice professionals: Systematic review and meta-analysis. *J Voice*. 2022. No prelo. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2022.07.030>
11. Cohen SM, Kim J, Roy N, Asche C, Courey M. Prevalence and causes of dysphonia in a large treatment-seeking population. *Laryngoscope*. 2012 Feb;122(2):343-8. <https://doi.org/10.1002/lary.22426>
12. LeBorgne WD, Donahue AS. Voice therapy as primary treatment of vocal fold pathology. *Otolaryngol Clin North Am*. 2019 Aug;52(4):649-56. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2019.03.009>



13. Lin FC, Chien HY, Kao YC, Wang CT. Multi-dimensional investigation of the clinical effectiveness and prognostic factors of voice therapy for benign voice disorders. *J Formos Med Assoc.* 2022 Jan;121(1 Pt 2):329-34. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2021.05.004>
14. Desjardins M, Halstead L, Cooke M, Bonilha HS. A systematic review of voice therapy: What “effectiveness” really implies. *J Voice.* 2017 May;31(3):392.e13-32. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.10.002>
15. White A. Management of benign vocal fold lesions: current perspectives on the role for voice therapy. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2019 Jun;27(3):185-90. <https://doi.org/10.1097/MOO.0000000000000536>
16. Angadi V, Croake D, Stemple J. Effects of vocal function exercises: A systematic review. *J Voice.* 2019 Jan;33(1):124.e13-34. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.08.031>
17. Alegria R, Freitas SV, Manso MC. Effectiveness of voice therapy in patients with vocal fold nodules: a systematic 148relim and narrative review. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2020 Nov;277(11):2951-66. <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06059-8>
18. Stemple JC, Lee L, D’Amico B, Pickup B. Efficacy of vocal function exercises as a method of improving voice production. *J Voice.* 1994 Sep;8(3):271-8. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80299-1](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80299-1)
19. Ribeiro VV, Oliveira AG, Vitor JS, Siqueira LTD, Moreira PAM, Brasolotto AG et al. The Effect of a voice therapy program based on the taxonomy of vocal therapy in women with behavioral dysphonia. *J Voice.* 2019 Mar;33(2):256.e1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.10.019>
20. Van Stan JH, Whyte J, Duffy JR, Barkmeier-Kraemer J, Doyle P, Gherson S et al. Voice therapy according to the rehabilitation treatment specification system: Expert consensus 148reliminar148148 and targets. *Am J Speech Lang Pathol.* 2021 Sep 23;30(5):2169-201. [https://doi.org/10.1044/2021\\_AJSLP-21-00076](https://doi.org/10.1044/2021_AJSLP-21-00076)
21. Vasconcelos D, Gomes AD, Araújo CM. Voiced lip and tongue trill technique: literature review. *Disturb As.* 2016;28(3):581-93.
22. Menezes MH, Duprat AC, Costa HO. Vocal and laryngeal effects of voiced tongue vibration technique according to performance time. *J Voice.* 2005;19(1):61-70. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2003.11.002>
23. Menezes MHM, Ubrig-Zancanella MT, Cunha MGB, Cordeiro GF, Nemr K, Tsuji DH. The relationship between tongue trill performance duration and vocal changes in dysphonic women. *J Voice.* 2011 Jul;25(4):e167-75. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.03.009>

24. Anders JJ, Arany PR, Baxter GD, Lanzafame RJ. Light-emitting diode therapy and low-level light therapy are photobiomodulation therapy. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019;37(2):63-5. <https://doi.org/10.1089/photob.2018.4600>
25. Ferraresi C, Kaippert B, Avci P, Huang YY, Sousa MVP, Bagnato VS et al. Low-level laser (light) therapy increases mitochondrial membrane potential and ATP synthesis in C2C12 myotubes with a peak response at 3-6 H. *Photochem Photobiol.* 2015;91(2):411-6. <https://doi.org/10.1111/php.12397>
26. Bjordal JM, Johnson MI, Iversen V, Aimbire F, Lopes-Martins RAB. Low-level laser therapy in acute pain: A systematic review of possible mechanisms of action and clinical effects in randomized placebo-controlled Trials. *Photomed Laser Surg.* 2006;24(2):158-68. <https://doi.org/10.1089/pho.2006.24.158>
27. Alves ACA, Vieira RP, Leal-Junior ECP, Santos AS, Ligeiro AP, Albertini R et al. Effect of low-level laser therapy on the preliminar of inflammatory mediators neutrophils and macrophages in acute joint inflammation. *Arthritis Res Ther.* 2013;15(5):1-11. <https://doi.org/10.1186/ar4296>
28. Bjordal JM, Bensadoun RJ, Tunèr J, Frigo L, Gjerde K, Lopes-Martins RAB. A systematic review with meta-analysis of the effect of low-level laser therapy (LLLT) in therapy-induced oral mucositis. *Support Care Cancer.* 2011;19(8):1069-77. <https://doi.org/10.1007/s00520-011-1202-0>
29. Vanin AA, Verhagen E, Barboza SD, Costa LOP, Leal-Junior ECP. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: A systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2018;33(1):181-214. <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2368-6>
30. Alves GAS, Godim YRR, Lima JAS, Silva MAP, Florêncio DSF, Almeida LNA et al. Effects of photobiomodulation associated with orofacial myofunctional therapy on temporomandibular joint dysfunction. *CoDAS.* 2021;33(6):1-7. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202020193>
31. Batista MR, Estrela LA, Alves VMN, Motta AR, Furlan RMMM. Immediate effects of red (660 nm) and infrared (808 nm) photobiomodulation therapy on fatigue of the orbicularis oris muscle: A randomized clinical study. *CoDAS.* 2022;34(2):1-8. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212020363>
32. Kagan LS, Heaton JT. The Effectiveness of low-level light therapy in attenuating vocal fatigue. *J Voice.* 2017;31(3):384.e15-23. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.09.004>
33. Pontes ES. Fotobiomodulação aplicada à voz: consenso baseado na opinião dos fonoaudiólogos brasileiros pelo método Delphi. João Pessoa. Dissertação [Mestrado em Fonoaudiologia] – Universidade Federal da Paraíba; 2021.

34. Marinho RR, Matos RM, Santos JS, Ribeiro MAG, Ribeiro RA, Lima Junior RCPL et al. Potential anti-inflammatory effect of low-level laser therapy on the experimental reflux laryngitis: A 150reliminar study. *Lasers Med Sci.* 2014;29:239-43. <https://doi.org/10.1007/s10103-013-1323-4>
35. Lou Z, Gong T, Kang J, Xue C, Ulmschneider C, Jiang JJ. The effects of photobiomodulation on vocal fold wound healing: in vivo and in vitro studies. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019;37(9):532-8. <https://doi.org/10.1089/photob.2019.4641>
36. Lou Z, Zhang C, Gong T, Xue C, Scholp A, Jiang JJ. Wound-healing effects of 635-nm low-level laser therapy on primary human vocal fold epithelial cells: an in vitro study. *Lasers Med Sci.* 2019;34:547-54. <https://doi.org/10.1007/s10103-018-2628-0>
- 37 Whyte J, Barrett AM. Advancing the evidence base of rehabilitation treatments: A developmental approach. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012; 93(80): S101-10
38. Zwinkels, J. Light, electromagnetic spectrum. In: Luo MR (ed.). *Encyclopedia of Color Science and Technology.* New York: Springer; 2015. p. 1-8. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-27851-8\\_204-1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-27851-8_204-1)
39. Chung H, Dai T, Sharma SK, Huang YY, Carroll JD, Hamblin MR. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Ann Biomed Eng.* 2012 Feb;40(2):516-33. <https://doi.org/10.1007/s10439-011-0454-7>.
40. Hamblin MR, Agrawal T, Sousa M (eds.). *Handbook of Low-Level Laser Therapy.* Boca Raton: CRC Press; 2016.
41. Tsai SR, Hamblin MR. Biological effects and medical applications of infrared radiation. *J Photochem Photobiol B.* 2017;170:197–207. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.04.014>
42. Lin JT. Recent Advances of Low-Level Light Therapy: Fundamentals, Efficacy and Applications. *Res Med Eng Sci.* 2018;6(4):657-61. <http://dx.doi.org/10.31031/RMES.2018.06.000645>
43. Silva Neto CP, Freire OF. Um Presente de Apolo: lasers, história e aplicações. *Revista Brasileira de Ensino de Física.* 2017;39(1):e1502. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0152>
44. Catorze MG. Laser: fundamentos e indicações em dermatologia. *Med Cutan Ibero Lat Am.* 2009;37(1):5-27.
45. Kitchen SS, Partridge CJ. A review of low level laser therapy: Part I: background, physiological effects and hazards. *Physiotherapy.* 1991;77(3):161-8. [https://doi.org/10.1016/S0031-9406\(10\)61694-X](https://doi.org/10.1016/S0031-9406(10)61694-X)
46. Musstaf RA, Jenkins DFL, Jha AN. Assessing the impact of low level laser therapy (LLLT) on biological systems: a review. *Int J Radiat Biol.* 2019;95(2):120–43.

<https://doi.org/10.1080/09553002.2019.1524944>

47. Cavalcanti TM, Almeida-Barros RQ, Catão MHCV, Feitosa APA, Lins RDAU. Conhecimento das propriedades físicas e da interação do laser com os tecidos biológicos na odontologia. *An Bras Dermatol*. 2011;86(5):955–60. <https://doi.org/10.1590/S0365-05962011000500014>

48. Lago A. Laser na odontologia: conceitos e aplicações clínicas. São Luís: EDUFMA; 2021.

49. Freitas LF, Hamblin MR. Proposed Mechanisms of Photobiomodulation or Low-Level Light Therapy. *IEEE J Sel Top Quantum Electron*. 2016;22(3):348–64. <https://doi.org/doi:10.1109/jstqe.2016.2561201>

50. Souza-Barros L, Dhaidan G, Maunula M, Solomon V, Gabison S, Lilge L et al. Skin color and tissue thickness effects on transmittance, reflectance, and skin temperature when using 635 and 808 nm lasers in low intensity therapeutics. *Lasers Surg Med*. 2017;50(4):291-301. <https://doi.org/10.1002/lsm.22760>

51. Ash C, Dubec M, Donne K, Bashford T. Effect of wavelength and beamwidth on penetration in light-tissue interaction using computational methods. *Lasers Med Sci*. 2017;32:1909-18. <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2317-4>

52. Zonios G, Bykowski J, Kollias N. Skin melanin, hemoglobin, and light scattering properties can be quantitatively assessed in vivo using diffuse reflectance spectroscopy. *J Invest Dermatol*. 2001 Dec;117(6):1452-7. <https://doi.org/10.1046/j.0022-202x.2001.01577.x>

53. Reddy GK. Photobiological basis and clinical role of low-intensity lasers in biology and medicine. *J Clin Laser Med Surg*. 2004;22(2):141-50. <https://doi.org/10.1089/104454704774076208>

54. Yadav A, Gupta A. Noninvasive red and near-infrared wavelength-induced photobiomodulation: promoting impaired cutaneous wound healing. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 2017;33(1):4-13. <https://doi.org/10.1111/phpp.12282>

55. Ferreira, AGA. Aplicação do laser de baixa intensidade no processo de cicatrização de ferida cirúrgica: padronização dos parâmetros dosimétricos. Belo Horizonte. Dissertação [Mestrado em Engenharia Mecânica] – Universidade Federal de Minas Gerais; 2016.

56. Khan I, Arany PR. Dosimetry for photobiomodulation therapy: response to Sommers et al. *Ann Transl Med*. 2016 May;4(10):208. <https://doi.org/10.21037/atm.2016.05.34>

57. Zein R, Selting W, Hamblin MR. Review of light parameters and photobiomodulation efficacy: dive into complexity. *J Biomed Opt*. 2018;23(12):120901. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.23.12.120901>

58. Oberbaum M, Cambar J. Hormesis: Dose-dependent reverse effects of low and very low doses. In: Endler PC, Schulte J. Ultra high dilution. Dordrecht: Springer Netherlands; 1994. P. 5-18.
59. Huang YY, Sharma SK, Carroll J, Hamblin MR. Biphasic dose response in low level light therapy – an update. *Dose-Response*. 2011;9(4):602-18. <https://doi.org/10.2203/dose-response.11-009>.
60. Bossini, Paulo Sérgio. Laser de baixa intensidade (670nm) na viabilidade do retalho cutâneo randômico em ratos [dissertação]. São Carlos: Universidade de São Paulo; 2007.
61. Hayworth CR, Rojas JC, Padilla E, Holmes GM, Sheridan EC, Gonzalez-Lima F. In vivo low-level light therapy increases cytochrome oxidase in skeletal muscle. *Photochem Photobiol*. 2010;86(3):673-80. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2010.00732.x>
62. Borges RMM, Cardoso DS, Flores BC, Luz RD, Machado CR, Cerveira GP et al. Effects of different photobiomodulation dosimetries on temporomandibular dysfunction: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*. 2018;33:1859-66. <https://doi.org/10.1007/s10103-018-2533-6>
63. Herpich CM, Leal-Junior ECP, Gomes CAFP, Gloria IPS, Amaral AP, Amaral MFRS et al. Immediate and short-term effects of phototherapy on pain, muscle activity, and joint mobility in women with temporomandibular disorder: a randomized, double-blind, placebo-controlled, clinical trial. *Disabil Rehabil*. 2017;40(19):2318-24. <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1336648>
64. Perry SW, Norman JP, Barbieri J, Brown EB, Gelbard HA. Mitochondrial membrane potential probes and the proton gradient: a practical usage guide. *BioTechniques*. 2018;50(2):98-115. <https://doi.org/10.2144/000113610>
65. Karu T. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. *J Photochem Photobiol B*. 1999;49(1):1-17. [https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(98\)00219-X](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(98)00219-X)
66. Mochizuki-Oda N, Kataoka Y, Cui Y, Yamada H, Heya M, Awazu K. Effects of near-infra-red laser irradiation on adenosine triphosphate and adenosine diphosphate contents of rat brain tissue. *Neurosci Lett*. 2002;323(3):207-10. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(02\)00159-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(02)00159-3)
67. Karu T. Photobiological fundamentals of low-power laser therapy. *IEEE J Quantum Electron*. 1987;23(10):1703-17. <https://doi.org/10.1109/JQE.1987.1073236>
68. Mochizuki-Oda N, Kataoka Y, Cui Y, Yamada H, Heya M, Awazu K. Effects of near-infra-red laser irradiation on adenosine triphosphate and adenosine diphosphate contents of rat brain tissue. *Neurosci Lett*. 2002;323(3):207-10. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(02\)00159-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(02)00159-3)

69. Poyton RO, Ball KA. Therapeutic photobiomodulation: nitric oxide and a novel function of mitochondrial cytochrome c oxidase. *Discov Med*. 2011;11(57):154-9.
70. Hamblin MR. Mechanisms and mitochondrial redox signaling in photobiomodulation. *Photochem Photobiol*. 2017;94(2):199-212. <https://doi.org/10.1111/php.12864>
71. Silveira PC, Silva LA, Fraga DB, Freitas TP, Streck EL, Pinho R. Evaluation of mitochondrial respiratory chain activity in muscle healing by low-level laser therapy. *J Photochem Photobiol B*. 2009 May;95(2):89-92. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2009.01.004>
72. Albuquerque-Pontes GM, Vieira RP, Tomazoni SS, Caires CO, Nemeth V, Vanin AA et al. Effect of pre-irradiation with different doses, wavelengths, and application intervals of low-level laser therapy on cytochrome c oxidase activity in intact skeletal muscle of rats. *Lasers Med Sci*. 2015 Jan;30(1):59-66. <https://doi.org/10.1007/s10103-014-1616-2>
73. Lister T, Wright PA, Chappell PH. Optical properties of human skin. *J Biomed Opt*. 2012;17(9):090901. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.17.9.090901>
74. Finlayson L, Barnard IRM, McMillan L, Ibbotson SH, Brown TA, Eadie E et al. Depth penetration of light into skin as a function of wavelength from 200 to 1000 nm. *Photochem Photobiol*. 2021;98(4):974-81. <https://doi.org/10.1111/php.13550>
75. Tuchin VV, Utz SR, Yaroslavsky IV. Tissue optics, light distribution, and spectroscopy. *Opt Eng*. 1994;33(10):3178-88. <https://doi.org/10.1117/12.178900>
76. Meglinski IV, Matcher SJ. Computer simulation of the skin reflectance spectra. *Comput Methods Programs Biomed*. 2003;70(2):179-86. [https://doi.org/10.1016/S0169-2607\(02\)00099-8](https://doi.org/10.1016/S0169-2607(02)00099-8)
77. Wan S, Parrish JA, Anderson RR, Madden M. Transmittance of nonionizing radiation in human tissues. *Photochem Photobiol*. 1981;34(6):679-81. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1981.tb09063.x>
78. Bashkatov AN, Genina EA, Tuchin VV. Optical properties of skin, subcutaneous, and muscle tissues: A review. *J Innov Opt Health Sci*. 2011;4(1):9-38. <https://doi.org/10.1142/S1793545811001319>
79. Hajizadeh-Saffar M, Feather JW, Dawson JB. An investigation of factors affecting the accuracy of in vivo measurements of skin pigments by reflectance spectrophotometry. *Phys Med Biol*. 1990;35(9):1301-15. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/35/9/009>
80. Zonios G, Dimou A. Melanin optical properties provide evidence for chemical and structural disorder in vivo. *Opt Express*. 2008;16(11):8263-8. <https://doi.org/10.1364/OE.16.008263>

81. Zonios G, Dimou A. Optical Properties of Human Melanocytic Nevi In Vivo. *Photochem Photobiol.* 2009;85(1):298-303. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2008.00436.x>
82. Angelopoulou E. The reflectance spectrum of human skin. 20 dez 1999 [Acesso em 27 mar 2023]. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=229514205460ae9c42ab363d4c588fb02610ae3d>
83. Zhong X, Wen X, Zhu D. Lookup-table-based inverse model for human skin reflectance spectroscopy: two-layered Monte Carlo simulations and experiments. *Opt Express.* 2014;22(2):1852-64. <https://doi.org/10.1364/OE.22.001852>
84. Norvang LT, Milner TE, Nelson JT, Berns MW, Svaasand LO. Skin pigmentation characterized by visible reflectance measurements. *Lasers Med Sci.* 1997;12:99-112. <https://doi.org/10.1007/BF02763978>
85. Marshall RP, Vlková K. Spectral dependence of laser light on light-tissue interactions and its influence on laser therapy: An experimental study. *Insights Biomed.* 2020;5(1:1):1-4. <https://doi.org/10.36648/2572-5610.4.4.66>
86. Sachdeva S. Fitzpatrick skin typing: Applications in dermatology. *Indian J Dermatol Venereol Leprol.* 2009 Jan-Feb;75(1):93-6. <https://doi.org/10.4103/0378-6323.45238>
87. Eilers S, Bach DQ, Gaber R, Blatt H, Guevara Y, Nitsche K et al. Accuracy of self-report in assessing Fitzpatrick skin phototypes I through VI. *JAMA Dermatol.* 2013;149(11):1289–94. <https://doi.org/doi:10.1001/jamadermatol.2013.6101>
88. Phan T, Rowland R, Ponticorvo A, Le BC, Wilson RH, Sharif SA et al. Characterizing reduced scattering coefficient of normal human skin across different anatomic locations and Fitzpatrick skin types using spatial frequency domain imaging. *J Biomed Opt.* 2021 Feb;26(2):026001. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.26.2.026001>
89. Nussbaum EL, Zuylen JV, Jing F. Transmission of light through human skinfolds: Effects of physical characteristics, irradiation wavelength and skin-diode coupling relevant to phototherapy. *Physiother Can.* 2007;59(3):194-207. <https://doi.org/10.3138/ptc.59.3.194>
90. Ferraresi C, Hamblin MR, Parizotto NA. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: Performance, fatigue and repair benefited by the power of light. *Photonics Lasers Med.* 2012;1(4):267–86. <https://doi.org/10.1515/plm-2012-0032>
91. Vanin AA, Miranda EF, Machado CSM, Paiva PRV, Albuquerque-Pontes GM, Casalechi HL et al. What is the best moment to apply phototherapy when associated to a strength training program? A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2016;31(8):1555-64. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-2015-7>
92. Rodrigues CP, Jacinto JL, Roveratti MC, Merlo JK, Soares-Caldeira LF, Ribeiro AS. Effects of photobiomodulation/laser therapy combined with resistance training on

quadriceps hypertrophy and strength, and postural balance in older women: A randomized, triple-blinded, placebo-controlled study. *J Geriatr Phys Ther.* 2022;45(3):125-33. <https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000313>

93. Paolillo FR, Milan JC, Aniceto IV, Barreto SG, Rebelatto JR, Borghi-Silva A et al. Effects of Infrared-LED Illumination Applied During High-Intensity Treadmill Training in Postmenopausal Women. *Photomed Laser Surg.* 2011;29(9):639-45. <https://doi.org/10.1089/pho.2010.2961>

94. Leal-Junior ECP, Vanin AA, Miranda EF, Carvalho PTC, Corso S, Bjordal JM. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: A systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2015;30(2):925-39. <https://doi.org/10.1007/s10103-013-1465-4>

95. De Marchi T, Ferlito JV, Ferlito MV, Salvador M, Leal-Junior ECP. Can photobiomodulation therapy (PBMT) minimize exercise-induced oxidative stress? A systematic review and meta-analysis. *Antioxidants.* 2022;11(9):1671. <https://doi.org/10.3390/antiox11091671>

96. Oliveira AFSS, Silva JL, Camillo CAM, Andraus RAC, Maia LP. Does photobiomodulation improve muscle performance and recovery? A systematic review. *Rev Bras Med Esporte.* 2023;29:e2021\_0412. [https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012021\\_0412](https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012021_0412)

97. Dellagrana RA, Rossato M, Sakugawa RL, Baroni BM, Diefenthaeler F. Photobiomodulation therapy on physiological and performance parameters during running tests: Dose-response effects. *J Strength Cond Res.* 2018;32(10):2807-15. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002488>

98. Rossato M, Dellagrana RA, Sakugawa RL, Baroni BM, Diefenthaeler F. Dose-response effect of photobiomodulation therapy on muscle performance and fatigue during a multiple-set knee extension exercise: A randomized, crossover, double-blind placebo-controlled trial. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2020;38(12):758-65. <https://doi.org/10.1089/photob.2020.4820>

99. Alves VMN, Furlan RMMM, Motta AR. Efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade sobre o desempenho muscular: uma revisão integrativa da literature. 2019;21(4):e12019. <https://doi.org/10.1590/1982-0216/201921412019>

100. Leal-Junior EC, Lopes-Martins RAB, Bjordal JM. Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. *Braz J Phys Ther.* 2019;23(1):71-75. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.12.002>

101. Ferraresi C, Sousa MVP, Huang YY, Bagnato VS, Parizotto NA, Hamblin MR. Time response of increases in ATP and muscle resistance to fatigue after low-level laser (light) therapy (LLLT) in mice. *Lasers Med Sci.* 2015;30(4):1259-67. <https://doi.org/10.1007/s10103-015-1723-8>.



102. Rossato M, Dellagrana RA, Sakugawa RL, Lazzari CD, Baroni BM, Diefenthaler F. Time response of photobiomodulation therapy on muscular fatigue in humans. *J Strength Cond Res.* 2018;32(11):3285-93. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002339>
103. Leal-Junior ECP, Oliveira MFD, Joensen J, Stausholm MB, Bjordal JM, Tomazoni SS. What is the optimal time-response window for the use of photobiomodulation therapy combined with static magnetic field (PBMT-sMF) for the improvement of exercise performance and recovery, and for how long the effects last? A randomized, triple-blinded, placebo-controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2020;12:64. <https://doi.org/10.1186/s13102-020-00214-8>
104. Austin E, Geisler AN, Nguyen J, Kohli I, Hamzavi I, Lim HW et al. Visible light. Part I: Properties and cutaneous effects of visible light. *J Am Acad Dermatol.* 2021 May;84(5):1219-31. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2021.02.048>
105. Esnouf A, Wright PA, Moore JC, Ahmed S. Depth of penetration of an 850nm wavelength low level laser in human skin. *Acupunct Electrother Res.* 2007;32(1-2):81-6. <https://doi.org/10.3727/036012907815844165>
106. BRASIL. Conselho Federal de Fonoaudiologia. Resolução CFFa nº 541, de 15 de março de 2019. Dispõe sobre o uso do recurso de Laser de Baixa Intensidade – LBI por fonoaudiólogos. Brasília, DF [2019]. [Acesso em 27 mar 2023]. Disponível em: [https://www.fonoaudiologia.org.br/resolucoes/resolucoes\\_html/CFFa\\_N\\_541\\_19.htm](https://www.fonoaudiologia.org.br/resolucoes/resolucoes_html/CFFa_N_541_19.htm).
107. BRASIL. Conselho Federal de Fonoaudiologia. Resolução CFFa nº 606, de 17 de março de 2021. Dispõe sobre o uso da terapia por fotobiomodulação como recurso terapêutico por fonoaudiólogos. Brasília, DF [2019]. [Acesso em 27 mar 2023]. Disponível em: [https://www.fonoaudiologia.org.br/resolucoes/resolucoes\\_html/CFFa\\_N\\_606\\_21.htm](https://www.fonoaudiologia.org.br/resolucoes/resolucoes_html/CFFa_N_606_21.htm)
108. Mouffron V, Furlan RMMM, Motta AR. Efeitos imediatos da fotobiomodulação sobre a pressão máxima dos lábios. *Codas.* 2022;34(2):e20210024. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212021024>
109. Dias WCFGS, Cavalcanti RVA, Magalhães Júnior HV, Pernambuco LA, Alves GAS. Efeitos da fotobiomodulação associada a terapia miofuncional orofacial na qualidade de vida de indivíduos com disfunção temporomandibular. *Codas.* 2022;34(5):e20200313. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212020313>
110. Correia PRB, Coêlho JF, Freire MLJ, Almeida LNA, Pernambuco LA, Alves GAS. Fotobiomodulação em fonoaudiologia: o perfil da prática profissional e o nível de informação dos fonoaudiólogos brasileiros. *Revista CEFAC.* 2021;23(3):e12920. <https://doi.org/10.1590/1982-0216/202123312920>
111. Freire MLJ, Coêlho JF, Correia PRB, Almeida LNA, Pernambuco LA, Alves GAS. Fotobiomodulação com laser de baixa potência na área de motricidade orofacial: uma

análise comparativa a partir do conhecimento dos especialistas. *Audiology - Communication Research*. 2021;26:e2487. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2021-2487>

112. Ferreria SLS, Cunha DA, Almeida ANS, Cunha MD, Bastos RSA, Silva HJ. O uso da fotobiomodulação nos músculos da cabeça e pescoço: revisão integrativa da literatura. *Audiology - Communication Research*. 2021;26:e2552. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2021-2552>

113. Máximo CFGP, Coêlho JF, Benevides SD, Alves GAS. Fotobiomodulação com laser de baixa potência na função mastigatória e nos movimentos mandibulares em adultos com disfunção temporomandibular: revisão sistemática com metanálise. *Codas*. 2022;34(3):e20210138. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212021138>

114. Maia MLM, Ribeiro MAG, Maia LGM, Stuginski-Barbosa J, Costa YM, Porporatti AL et al. Evaluation of low-level laser therapy effectiveness on the pain and masticatory performance of patients with myofascial pain. *Lasers Med Sci*. 2014;29(1):29-35. <https://doi.org/10.1007/s10103-012-1228-7>

115. Behlau M, Almeida AA, Amorim G, Balata P, Bastos S, Cassol M et al. Reduzindo o gap entre a ciência e a clínica: lições da academia e da prática profissional – parte B: técnicas tradicionais de terapia vocal e técnicas modernas de eletroestimulação e fotobiomodulação aplicadas à reabilitação vocal. *Codas*. 2022;34(5):e20210241. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212021241pt>

116. Bacelete VSB, Lin Plec EMR, Santos MAR, Nunes FB, Gama ACC. Pontos anatômicos para aplicação do laser de baixa potência em musculatura intrínseca da laringe. In: *Anais do 30º Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia*. 2022; João Pessoa, Brasil: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia; 2022. Trabalho 2765

117. Souza MK. Efeito da fotobiomodulação associada à técnica de vibração de língua na voz de cantores amadores: estudo clínico randomizado triplo-cego. Recife. Dissertação [Mestrado em Saúde da Comunicação Humana] – Universidade Federal de Pernambuco; 2022.

118. Wood R. Efeitos do uso do laser de baixa potência em indivíduos sem queixa de voz. São Paulo. Trabalho de Conclusão de Curso [Graduação em Fonoaudiologia] – Universidade Federal de São Paulo; 2021.

119. Titze IR. Voice training and therapy with a semi-occluded vocal tract: rationale and scientific underpinnings. *J Speech Lang Hear Res*. 2006;49(2):448-59. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2006/035\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2006/035))

120. Titze I. Voice Research: Lip and Tongue Trills--What Do They Do for Us? *J Sing*. 1996;52(3):51-52.

121. Azevedo LL, Passaglio KT, Rosseti MB, Silva CB, Oliveira BFV, Costa RC. Avaliação da performance vocal antes e após a vibração sonorizada de língua. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2010;15(3):343-8. <https://doi.org/10.1590/S1516-80342010000300006>

122. Guzman M, Acuña G, Pacheco F, Peralta F, Romero C, Vergara C et al. The impact of double source of vibration semioccluded voice exercises on objective and subjective outcomes in subjects with voice complaints. *J Voice*. 2018 nov;32(6):770.e1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.08.021>

123. Guzman M, Acevedo K, Castro C, Moran C, Espinoza V, Quezada C. Tissue mobilization during double source of vibration semioccluded vocal tract exercises: A neck and face surface acceleration study. *J Speech Lang Hear Res*. 2021 Nov;64(11):4124-37. [https://doi.org/10.1044/2021\\_JSLHR-21-00033](https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-21-00033)

**ANEXOS**

## ANEXO 1- Resolução que regulamenta formato de teses do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas da UFMG



### Resolução 09/2020 de 04 de junho de 2020.

*Regulamenta o formato de teses Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas da Faculdade de Medicina da UFMG*

O Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas, no uso de suas atribuições, e considerando a necessidade de regulamentar o formato das teses de doutorado do Programa, **RESOLVE:**

Art. 1º - A tese de doutorado poderá ser elaborada no formato convencional e no formato de artigo.

§ 1º - O formato de artigo é considerado preferencial pelo colegiado do Programa.

Art. 2º O Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas propõe o seguinte roteiro para elaboração da tese no formato de artigo:

1. Capa
2. Folha de Rosto
3. Folha da Instituição
4. Declaração de Defesa
5. Resumo da tese/Descritores (1300 palavras/3 a 5 descritores)
6. Abstract/Keywords
7. Sumário
8. Introdução
9. Referencial teórico
- 10 Hipóteses
11. Objetivos: redigido da forma convencional (uma ou duas páginas);
12. Métodos: redigido da forma convencional e detalhado (se necessário); ou Conforme julgamento dos autores, informações referentes aos materiais e métodos que estejam contidas no(s) artigo(s) podem ser suprimidas desta seção, para evitar redundância.
12. Resultados e discussão: sob a forma de artigo ou artigos, formatados de acordo com as normas do(s) periódico(s) cujo trabalho foi (ram) submetido(s).
13. Conclusão ou considerações finais: até cinco paginas.
14. Anexos/Apêndices

Art. 3º O Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas propõe o seguinte roteiro para elaboração da tese no formato convencional:

Centro de Pós-Graduação da Faculdade de Medicina - UFMG (CPG)

Av. Professor Alfredo Balena, 190 - sala 533 - Centro  
CEP 30130100 - Belo Horizonte - MG - Brasil  
cpg@medicina.ufmg.br | tel: +55 31 3409 9641

[medicina.ufmg.br](http://medicina.ufmg.br)

1. Capa
  2. Folha de Rosto
  3. Folha da Instituição
  4. Declaração de Defesa
  5. Resumo da tese/Descritores (1300 palavras/3 a 5 descritores)
  6. Abstract/Keywords
  7. Sumário
  8. Introdução;
  9. Referencial teórico
  - Hipóteses
  10. Objetivos;
  11. Métodos;
  12. Resultados;
  13. Discussão;
  14. Conclusões
  15. Referências bibliográficas;
  16. Anexos/Apêndices contendo artigo completo, publicado ou aceito, oriundo da tese.
- Art. 4º - Outros aspectos de formatação:
- I. Referências bibliográficas: serão apresentadas após cada seção da tese de acordo com as normas de Vancouver e conforme as recomendações específicas de cada periódico para os quais os artigos serão submetidos.
  - II. A tese poderá conter os textos escritos na língua inglesa, de acordo com esta resolução.
- Art. 5º. Os casos omissos serão decididos pelo Colegiado de Pós-Graduação.
- Art. 6º. Esta Resolução entra em vigor na data de sua aprovação.
- Art. 7º. Ficam revogadas todas as disposições em contrário, em especial a Resolução 01/2014.

Resolução aprovada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em  
Ciências Fonoaudiológicas em 04 de junho de 2020.

Profa. Profa. Sirley Alves da Silva Carvalho  
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas

Centro de Pós-Graduação da Faculdade de Medicina - UFMG (CPG)

Av. Professor Alfredo Balena, 190 - sala 533 - Centro  
CEP 30130100 - Belo Horizonte - MG - Brasil  
cpg@medicina.ufmg.br | tel: +55 31 3409 9641

**medicina.ufmg.br**

## ANEXO 2 – Aprovação do Comitê de ética e Pesquisa da UFMG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MINAS GERAIS



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade em mulheres sem queixas vocais e em disfônicas

**Pesquisador:** Ana Cristina Côrtes Gama

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 41510820.0.0000.5149

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.704.038

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de um ensaio clínico com 2 fases/grupos com o objetivo de avaliar a segurança e os efeitos da aplicação da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade no comprimento de onda infravermelho em mulheres com e sem disфонia. Na fase I, ocorrerá aplicação do laser em mulheres vocalmente saudáveis e, na fase II, o laser será aplicado em mulheres disfônicas. A amostra será composta por 36 mulheres sem alterações vocais e 14 disfônicas, totalizando 50 participantes. As mulheres sem queixas vocais serão recrutadas na Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e as disfônicas no consultório da pesquisadora. A coleta de dados será realizada no Observatório de Saúde Funcional em Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da UFMG. Critérios de inclusão: Participantes vocalmente saudáveis: mulheres de 18 a 45 anos, sem queixas vocais ou lesões laringeas e qualidade vocal neutra. Participantes disfônicas: mulheres de 18 a 45 anos, com queixa ou qualidade vocal alterada ou diagnóstico de lesões benignas da laringe. Critérios de exclusão: Participantes tabagistas, com crises alérgicas e/ou resfriado no momento da coleta, com histórico de intubação orotraqueal ou doenças neurológicas, em uso de medicações com efeitos laringeos, com contraindicações para fotobiomodulação e que não completarem todas as etapas de avaliação. As participantes serão submetidas às avaliações acústica, aerodinâmica e perceptivo-auditiva da voz, à avaliação de autopercepção do esforço fonatório e ao exame de videolaringoscopia realizado por médico otorrinolaringologista. Os resultados das avaliações clínica e instrumental da voz e da autopercepção do esforço fonatório

**Endereço:** Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad Sl 2005

**Bairro:** Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901

**UF:** MG **Município:** BELO HORIZONTE

**Telefone:** (31)3409-4592

**E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 4.704.038

serão remetidos para um banco de dados para posterior análise estatística. Na fase I, as participantes vocalmente saudáveis serão divididas em grupos: Grupo Placebo – laser será aplicado de forma placebo (emissão de luz, sem emissão de energia) associado à técnica de vibração de língua; Grupo Experimental Laser - aplicação de laser infravermelho de forma isolada, com diferentes dosimetrias (4, 7 e 10 Joules - J); Grupo Experimental Laser + Exercício - aplicação do laser em diferentes dosimetrias (4,7 e 10 J) associado à técnica de vibração de língua. Os procedimentos serão realizados sempre com uma semana de intervalo, no mesmo dia e horário e as participantes farão parte de todos os grupos de forma aleatória por meio de sorteio simples. Antes e após os procedimentos, serão realizadas as avaliações acústica, aerodinâmica, perceptivo-auditiva e de autopercepção do esforço fonatório. Na fase II, as participantes com disфонia serão alocadas em grupos de forma aleatória por sorteio simples: Grupo Placebo – o laser será aplicado de forma placebo (emissão de luz, sem emissão de energia); Grupo Experimental - aplicação da melhor dosimetria/procedimento identificado na fase I desse estudo. As participantes farão parte de ambos grupos, com intervalo de uma semana entre as aplicações, sempre no mesmo horário e dia da semana. Após os experimentos, serão realizadas as avaliações acústica, aerodinâmica, perceptivo-auditiva e de autopercepção do esforço fonatório e a avaliação laringológica. As avaliações acústica e aerodinâmica utilizam software associado a computador e a avaliação perceptivo auditiva e de de autopercepção do esforço fonatório são realizadas por método qualitativo e através de escala visual analógica. A avaliação laringológica é realizada por otorinolaringologista por videolaringoscopia através de fibra ótica que é introduzida pela boca e orofaringe após anestesia tópica com xylestesin® 10% até a obtenção de uma imagem satisfatória da laringe, sendo as participantes solicitadas a pronunciar as vogais sustentadas. O laser será aplicado com equipamento com 100 mW de potência no comprimento de onda infravermelho nas dosimetrias de 4, 7 e 10 J em cinco pontos nos músculos tireoaritenóideos, com um centímetro de distância entre os pontos e com contato pontual.

**Objetivo da Pesquisa:****Objetivo Primário:**

Avaliar a segurança e os efeitos da aplicação da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade no comprimento de onda infravermelho em mulheres com boa saúde vocal e em mulheres com disфонia.

**Objetivo Secundário:**

1) Buscar evidência científica sobre a segurança e efeitos terapêuticos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade na qualidade vocal de mulheres sem queixas vocais; 2) Verificar os

**Endereço:** Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad SI 2005**Bairro:** Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901**UF:** MG **Município:** BELO HORIZONTE**Telefone:** (31)3409-4592**E-mail:** coep@prpq.ufmg.br



Continuação do Parecer: 4.704.038

efeitos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade quando aplicado de forma placebo e isoladamente (em diferentes dosimetrias) nas medidas aerodinâmicas, acústicas, perceptivo auditivas e na autopercepção de esforço fonatório de mulheres vocalmente saudáveis; 3) Avaliar os efeitos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade associada a técnica de vibração de língua nas medidas aerodinâmicas, acústicas, perceptivo-auditivas e na autopercepção de esforço fonatório de mulheres sem queixas vocais; 4) Identificar janela terapêutica da aplicação da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade em mulheres vocalmente saudáveis; 5) Verificar os efeitos da aplicação da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade em mulheres com disfonia comportamental nas medidas aerodinâmicas, acústicas, perceptivo-auditivas, na autopercepção de esforço fonatório e na configuração laríngea.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:****Riscos:**

Os riscos desta pesquisa são mínimos e, dentre eles, durante o exame de laringe, pode ser que a participante sinta desconforto, como ânsia de vômito, que poderá ser minimizado a partir da aplicação de anestesia tópica com xilocaína spray. A participante decidirá se irá preferir que seja aplicado ou não o anestésico antes do exame e, antes da aplicação, o médico irá questioná-la se existe histórico de alergia. Caso a voluntária desconheça a existência de quadro alérgico e apresente qualquer reação durante o exame, haverá observação até a melhora dos sintomas e todas as condutas médicas serão tomadas para melhora do quadro. O exame também poderá ser realizado sem anestésico e ser interrompido a qualquer momento, caso a participante não deseje concluí-lo. Caso a voluntária se sinta desconfortável ou constrangida durante a avaliação de voz, a gravação poderá ser interrompida a qualquer momento. As avaliações e sessões terapêuticas serão realizadas individualmente, em local reservado, assim, os possíveis desconfortos serão minimizados. Na existência de algum constrangimento durante o preenchimento da escala de grau de desconforto ao falar após cada procedimento aplicado, a participante poderá não responder tal escala. Apesar de a aplicação do laser de baixa intensidade ser um procedimento indolor, o mesmo pode causar uma leve sensação de calor na região de aplicação. Na presença de qualquer desconforto, o procedimento será interrompido. Ressaltamos que na existência de qualquer desconforto ou constrangimento durante a pesquisa, a participante poderá interromper sua participação a qualquer momento sem qualquer penalidade.

**Benefícios:**

Os sujeitos disfônicos serão orientados quanto aos cuidados com a voz e receberão

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad SI 2005  
Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901  
UF: MG Município: BELO HORIZONTE  
Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 4.704.038

acompanhamento fonoaudiológico no Ambulatório de Fonoaudiologia da UFMG e um segundo momento. Como benefício para ciência, a partir dos resultados desta pesquisa, será possível uma ampliação da visão clínica e melhor definição das condutas terapêuticas.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Projeto relevante para a área de fonoaudiologia, conforme parecer departamental

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Foram apresentados:

Folha de rosto devidamente assinada

Parecer departamental aprovado em Câmara Departamental

Projeto completo com instrumentos de coleta de dados

TCLE para os 2 grupos de participantes

**Recomendações:**

—

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

SMJ, sou favorável à aprovação da pesquisa.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 466/12), o CEP-UFMG recomenda aos Pesquisadores: comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento via emenda na Plataforma Brasil, informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa (via documental encaminhada em papel), apresentar na forma de notificação relatórios parciais do andamento do mesmo a cada 06 (seis) meses e ao término da pesquisa encaminhar a este Comitê um sumário dos resultados do projeto (relatório final).

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1647550.pdf	17/04/2021 11:52:16		Aceito
Outros	DILIGENCIACOEP.doc	17/04/2021 11:42:24	Viviane Souza Bicalho Bacelete	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento /	TCLEsCOEP.doc	17/04/2021 11:40:36	Viviane Souza Bicalho Bacelete	Aceito

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad SI 2005

Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901

UF: MG Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

### ANEXO 3 – Escala Borg CR10-BR adaptada para esforço vocal

INTENSIDADE	ESCALA
Nenhum esforço vocal	0
Mínima sensação de esforço vocal (apenas percepção de esforço)	0,5
Pouquíssimo esforço vocal	1
Esforço vocal leve	2
Esforço vocal moderado	3
Grande esforço vocal	4
Esforço vocal intenso	5
	6
	7
Esforço vocal muito intenso	8
	9
Esforço vocal extremamente intenso (quase máximo esforço)	9
Máximo esforço vocal	10

A Versão traduzida e culturalmente adaptada para o português brasileiro do protocolo *Adapted Borg CR10 for Vocal Effort Ratings*, chamada Escala Borg CR10-BR adaptada para esforço vocal

Fonte: Camargo MRMC, Zambon F, Moreti F, Behlau M. Tradução e adaptação cultural e linguística da *Adapted Borg CR10 for Vocal Effort Ratings* para o português brasileiro. CoDAS [Internet]. 2019;31(5):e20180112

## ANEXO 4 – Escala de Sintomas Vocais

### Escala de Sintomas Vocais – ESV

Nome: \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

Por favor, circule uma opção de resposta para cada pergunta. Por favor, não deixe nenhuma resposta em branco.

1.	Você tem dificuldade de chamar a atenção das pessoas?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
2.	Você tem dificuldades para cantar?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
3.	Sua garganta dói?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
4.	Sua voz é rouca?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
5.	Quando você conversa em grupo, as pessoas têm dificuldade para ouvi-lo?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
6.	Você perde a voz?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
7.	Você tosse ou pigarreja?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
8.	Sua voz é fraca/baixa?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
9.	Você tem dificuldades para falar ao telefone?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
10.	Você se sente mal ou deprimido por causa do seu problema de voz?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
11.	Você sente alguma coisa parada na garganta?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
12.	Você tem nódulos inchados (ingua) no pescoço?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
13.	Você se sente constrangido por causa do seu problema de voz?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
14.	Você se cansa para falar?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
15.	Seu problema de voz deixa você estressado ou nervoso?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
16.	Você tem dificuldade para falar em locais barulhentos?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
17.	É difícil falar forte (alto) ou gritar?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
18.	O seu problema de voz incomoda sua família ou amigos?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
19.	Você tem muita secreção ou pigarro na garganta?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
20.	O som da sua voz muda durante o dia?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
21.	As pessoas parecem se irritar com sua voz?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
22.	Você tem o nariz entupido?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
23.	As pessoas perguntam o que você tem na voz?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
24.	Sua voz parece rouca e seca?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
25.	Você tem que fazer força para falar?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
26.	Com que frequência você tem infecções de garganta?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
27.	Sua voz falha no meio das frases?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
28.	Sua voz faz você se sentir incompetente?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
29.	Você tem vergonha do seu problema de voz?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre
30.	Você se sente solitário por causa do seu problema de voz?	Nunca	Raramente	Às vezes	Quase sempre	Sempre

Cada questão é pontuada de 0 a 4, para nunca, raramente, às vezes, quase sempre, sempre.  
 Total ESV: indica o nível geral da alteração de voz (máximo 120) = \_\_\_\_\_  
 Subescalas:  
 - Limitação: 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 14, 16, 17, 20, 23, 24, 25, 27 (máximo 60) = \_\_\_\_\_  
 - Emocional: 10, 13, 15, 18, 21, 28, 29, 30 (máximo 32) = \_\_\_\_\_  
 - Físico: 3, 7, 11, 12, 19, 22, 26 (máximo 28) = \_\_\_\_\_

Original: Deary, Wilson, Carding, MacKenzie, 2003. Em português: Moreti F, Zambon F, Oliveira G, Behlau M. Equivalência cultural da versão brasileira da Voice Symptom Scale – VoiSS. JSBFA, 2011 /no prelo/

Fonte: Moreti F, Zambon F, Oliveira G, Behlau M. Cross-cultural adaptation, validation, and cutoff values of the Brazilian version of the voice symptom scale—VoiSS. Journal of Voice. 2014 Jul 1;28(4):458-68.

### ANEXO 5 – Escala de Fitzpatrick

<b>Fototipos*</b>	<b>Descrição</b>	<b>Sensibilidade ao Sol</b>
<b>I</b> - Branca	Queima com facilidade, nunca bronzeia	Muito sensível
<b>II</b> - Branca	Queima com facilidade, bronzeia muito pouco	Sensível
<b>III</b> - Morena Clara	Queima moderadamente, bronzeia moderadamente	Normal
<b>IV</b> - Morena Moderada	Queima pouco, bronzeia com facilidade	Normal
<b>V</b> - Morena Escura	Queima raramente, bronzeia bastante	Pouco sensível
<b>VI</b> - Negra	Nunca queima, totalmente pigmentada	Insensível

Fonte: Sachdeva S. Fitzpatrick skin typing: Applications in dermatology. Indian J Dermatol Venereol Leprol. 2009;75(1):93-96.  
DOI: 10.4103/0378-6323.45238

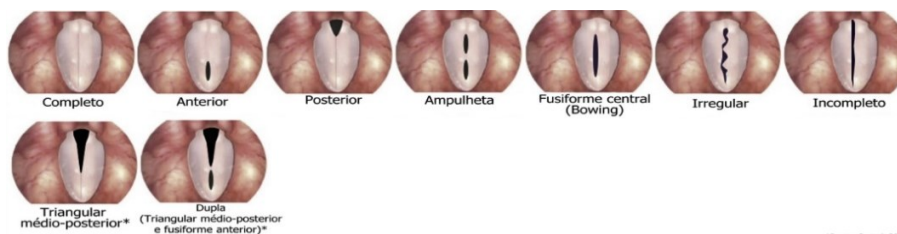
## ANEXO 6 – AVALIAÇÃO VISO-PERCEPTIVA DE IMAGENS LARÍNGEAS

Cada número corresponde a um par de imagens, de uma mesma pessoa. Você fará a análise das imagens de acordo com as definições dos aspectos contidos no protocolo de análise de exames laríngeos (marcar com um x):

### Fechamento glótico

**Definição: Aparência da glote durante a porção mais fechada do ciclo glótico**

( ) Manteve ( ) Aumentou ( ) Diminuiu

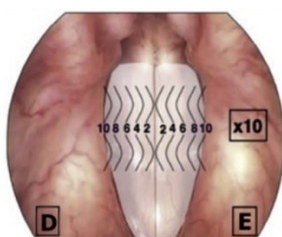


\*Pontes P et al. 2002

### Onda mucosa

**Definição: Magnitude do movimento muco-ondulatório**

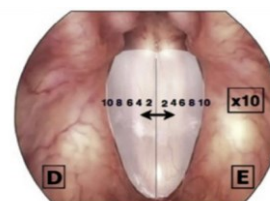
( ) Manteve ( ) Aumentou ( ) Diminuiu



### Amplitude

**Definição: Magnitude do movimento lateral das pregas vocais**

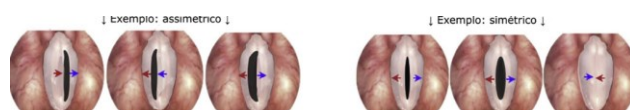
( ) Manteve ( ) Aumentou ( ) Diminuiu



### Simetria de fase

**Definição: O grau em que as pregas vocais se movem como imagens espelhadas uma da outra**

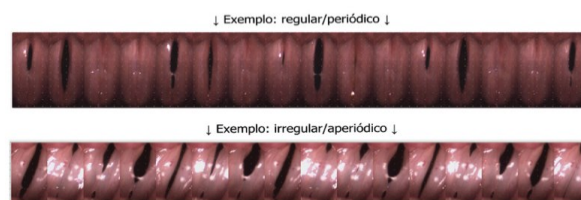
( ) Manteve ( ) Aumentou ( ) Diminuiu



### Periodicidade do ciclo glótico

**Definição: Consistência dos ciclos glóticos**

( ) Manteve ( ) Aumentou ( ) Diminuiu





## APÊNDICES

### **Apêndice 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (mulheres vocalmente saudáveis)**

**Título da pesquisa:** Efeitos imediatos da fotobiomodulação com LASER de baixa potência em mulheres sem alteração vocal e em mulheres disfônicas

Prezada Senhora,

Você está sendo convidada a participar de uma pesquisa que tem como objetivo avaliar a segurança e efeitos imediatos da aplicação da fotobiomodulação com LASER de baixa potência em mulheres com e sem queixas vocais. Para tal, estamos convidando pessoas sem queixas/alterações vocais para avaliação na primeira etapa da nossa pesquisa. Essa pesquisa será realizada pela fonoaudióloga Viviane Souza Bicalho Bacelete sob orientação da professora Ana Cristina Côrtes Gama. Sua participação neste estudo é muito importante e voluntária, no entanto você poderá recusar-se a permanecer no estudo a qualquer momento, sem nenhum tipo de constrangimento, penalidades ou coerção.

#### **1. Procedimentos da Pesquisa**

Caso você concorde em participar dessa pesquisa, serão realizados os seguintes procedimentos:

Primeiramente, você realizará um exame para examinar sua garganta, que será realizado por um médico otorrinolaringologista no Observatório de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), localizado na Faculdade de Medicina da UFMG. Esse exame pode durar apenas alguns minutos e consiste na introdução de um aparelho na sua boca para visualizar sua garganta e, antes do procedimento, poderá ser utilizado um spray anestésico para minimizar qualquer desconforto. O exame poderá ser realizado sem o anestésico e poderemos interrompê-lo em qualquer momento, caso não deseje concluí-lo.

Logo em seguida, será realizada avaliação da sua voz por uma fonoaudióloga e, durante a coleta, você deverá falar de forma prolongada a vogal /a/ e contar de 1 a 20. Sua voz será gravada e armazenada em um computador do Observatório de Fonoaudiologia da UFMG para ser analisada após sua avaliação. Os dados poderão ficar armazenados por cinco anos e, depois, serão destruídos. Caso sinta algum constrangimento durante a avaliação da voz, o procedimento poderá ser interrompido.

Outra etapa da avaliação consiste na aplicação do LASER de baixa potência na região do pescoço. Essa aplicação é indolor, feita com leve contato do equipamento sobre a pele e dura apenas alguns segundos. Ressaltamos que não há risco de queimadura ou de complicações, podendo ocorrer apenas uma possibilidade de leve sensação de calor na região de aplicação do LASER. Caso se sinta desconfortável, comunique à pesquisadora que o procedimento será interrompido imediatamente. Durante todo o tempo de manuseio do equipamento de LASER, você deverá permanecer com os óculos de proteção, que são semelhantes a óculos escuros e serão fornecidos pelas pesquisadoras. Você poderá realizar também, exercício de voz, como vibração de língua. Após a etapa de aplicação do LASER, a gravação de voz ocorrerá imediatamente e será solicitado que você marque em uma escala de 0 a 10, o grau de desconforto para falar ao final de cada procedimento.

Caso se sinta constrangida ou desconfortável em responder a escala, você não precisará derespondê-la.

Ressaltamos que durante todo o período de coleta, serão adotadas medidas de prevenção quanto ao coronavírus, como uso de máscaras, de álcool 70% e distanciamento,

sempre que possível. Caso você ou a pesquisadora apresentem sintomas gripais, a coleta de dados não será realizada até que seja descartada a COVID-19.

## **2. Riscos e desconfortos**

Os riscos desta pesquisa são mínimos e, dentre eles, pode ser que você sinta algum desconforto durante a aplicação do LASER, que apesar de ser um procedimento indolor, pode causar uma leve sensação de calor na região de aplicação. Na presença de qualquer desconforto, o procedimento será interrompido. Durante o exame de laringe, poderá ser utilizado um spray anestésico para minimizar qualquer desconforto (como ânsia de vômito) e você decidirá se irá preferir que seja aplicado ou não o anestésico antes do exame. Antes da aplicação, o médico irá questioná-la se existe histórico de alergia. Caso desconheça existência de quadro alérgico e apresente qualquer reação durante o exame, você será observada até a melhora dos sintomas e todas as condutas médicas serão tomadas para melhora do quadro. O exame também poderá ser realizado sem anestésico e poderemos interrompê-lo a qualquer momento, caso não deseje concluí-lo.

Caso se sinta desconfortável ou constrangida durante a avaliação de voz, a gravação poderá ser interrompida a qualquer momento. Na existência de algum desconforto durante o preenchimento da escala de grau de desconforto ao falar após cada procedimento aplicado, você poderá não responder tal escala. Ressaltamos que caso apresente-se desconfortável ou algum constrangimento durante a pesquisa, você poderá interromper sua participação a qualquer momento sem qualquer penalidade.

As avaliações e sessões terapêuticas serão realizadas individualmente, em local reservado. Assim, os possíveis desconfortos serão minimizados.

## **3. Confidencialidade**

As pesquisadoras serão as únicas a ter acesso aos seus dados e tomarão todas as providências necessárias para mantê-los em sigilo. Garantimos que sua identidade não será divulgada em hipótese alguma. Apesar de existir uma possibilidade mínima de quebra de sigilo de maneira involuntária e não intencional, como em caso de perda ou extravio do material coletado, caso ocorra, “as medidas tomadas serão tratadas nos termos da lei”. Os dados coletados serão utilizados somente para pesquisa, com publicação dos resultados em revistas e eventos científicos, não sendo divulgada a identificação de qualquer participante.

## **4. Benefícios**

Espera-se que com os resultados dessa pesquisa, seja possível direcionar o tratamento de voz a partir da utilização de laser, auxiliando os clínicos a estabelecer a janela terapêutica ideal para tratamentos na reabilitação vocal.

## **5. Custos/Reembolso**

Você não receberá qualquer valor financeiro ou compensações pessoais pela sua participação na pesquisa em questão. Além disso, não terá gastos com sua participação na pesquisa, pois esta será realizada no mesmo local em que você estuda/trabalha e em horário próximo ao horário da aula/serviço, sem prejuízo às atividades acadêmicas e/ou laborais. Qualquer custo ficará sob responsabilidade da pesquisadora.



## 6. Garantia de esclarecimento

A Sra. tem o direito de receber informações acerca da pesquisa e dos procedimentos que serão realizados em qualquer momento do estudo e, em caso de dúvidas em relação à pesquisa, poderá entrar em contato com a pesquisadora Viviane Souza Bicalho Bacelete pelo telefone (31) 985369376 ou e-mail: [vivisouzafono@yahoo.com.br](mailto:vivisouzafono@yahoo.com.br) ou com a Prof<sup>a</sup>. Ana Cristina Côrtes Gama (3409-9117) ou e-mail: [accgama@gmail.com](mailto:accgama@gmail.com).

Em caso de dúvidas em relação aos aspectos éticos da pesquisa, você poderá contatar o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, situado à Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005. Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901. E-mail: [coep@prpq.ufmg.br](mailto:coep@prpq.ufmg.br). Tel: (31)3409-4592.

## 7. Direito de recusa

Sua participação é voluntária e poderá se recusar a participar ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa sem qualquer penalidade ou prejuízo.

## 8. Ressarcimento e indenização

A Sra. não terá qualquer tipo de despesa para participar da pesquisa e não receberá remuneração por sua participação na pesquisa.

**CONSENTIMENTO:** Declaro que li e entendi as informações acima e que todas as dúvidas referentes à minha participação neste estudo foram esclarecidas. Compreendi quais são os objetivos, os procedimentos a serem realizados, riscos, desconfortos e benefícios e as garantias de confidencialidade. Fica claro também que a minha participação não terá despesas durante os procedimentos de avaliação e que eu terei acesso aos resultados. Sendo assim, concordo em participar deste estudo e consinto que os resultados obtidos sejam apresentados e publicados em eventos e artigos científicos.

Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido assinado por mim e pelo pesquisador, que me deu a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas. Desta forma, eu \_\_\_\_\_ concordo em participar desse estudo.

Belo Horizonte, \_\_\_/ \_\_\_/ \_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura da voluntária

\_\_\_\_\_  
Assinatura da pesquisadora

Caso tenha dúvidas ou necessite obter outras informações, favor entrar em contato com Viviane Souza Bicalho Bacelete (tel: 31-985369376 ou email: [vivisouzafono@yahoo.com.br](mailto:vivisouzafono@yahoo.com.br)) ou com a Prof<sup>a</sup>. Ana Cristina Côrtes Gama (tel: 3409-9117 ou email: [accgama@gmail.com](mailto:accgama@gmail.com)). Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais. Endereço Av. Antônio Carlos, 6627, Unidade Administrativa II, 2º andar sala 2005, Campus Pampulha. Telefone (031) 3409-4592.

## **APÊNDICE 2:TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (mulheres com queixas/alterações vocais)**

**Título da pesquisa:** Efeitos imediatos da fotobiomodulação com LASER de baixa potência em mulheres sem alteração vocal e em mulheres disfônicas

Prezada Senhora,

Você está sendo convidada a participar de uma pesquisa que tem como objetivo avaliar a segurança e efeitos imediatos da aplicação da fotobiomodulação com LASER de baixa potência em mulheres com e sem queixas vocais. Para tal, estamos convidando pessoas com queixas/alterações vocais para avaliação na segunda etapa da nossa pesquisa. Essa pesquisa será realizada pela fonoaudióloga Viviane Souza Bicalho Bacelete sob orientação da professora Ana Cristina Côrtes Gama. Sua participação neste estudo é muito importante e voluntária, no entanto você poderá recusar-se a permanecer no estudo a qualquer momento, sem nenhum tipo de constrangimento, penalidades ou coerção.

### **1. Procedimentos da Pesquisa**

Caso você concorde em participar dessa pesquisa, serão realizados os seguintes procedimentos:

Primeiramente, você realizará um exame para examinar sua garganta, que será realizado por um médico otorrinolaringologista no Observatório de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), localizado na Faculdade de Medicina da UFMG. Esse exame pode durar apenas alguns minutos e consiste na introdução de um aparelho na sua boca para visualizar sua garganta e, antes do procedimento, poderá ser utilizado um spray anestésico para minimizar qualquer desconforto.

Logo em seguida, será realizada avaliação da sua voz por uma fonoaudióloga e, durante a coleta, você deverá falar de forma prolongada a vogal /a/ e contar de 1 a 20. Sua voz será gravada e armazenada em um computador do Observatório de Fonoaudiologia da UFMG para ser analisada após sua avaliação. Os dados poderão ficar armazenados por cinco anos e, depois, serão destruídos. Caso sinta algum constrangimento durante a avaliação da voz, o procedimento poderá ser interrompido.

Outra etapa da avaliação consiste na aplicação do LASER de baixa potência na região do pescoço. Essa aplicação é indolor, feita com leve contato do equipamento sobre a pele e dura apenas alguns segundos. Ressaltamos que não há risco de queimadura ou de complicações, podendo ocorrer apenas uma possibilidade de leve sensação de calor na região de aplicação do LASER. Caso se sinta desconfortável, comunique à pesquisadora que o procedimento será interrompido imediatamente. Durante todo o tempo de manuseio do equipamento de LASER, você deverá permanecer com os óculos de proteção, que são semelhantes a óculos escuros e serão fornecidos pelas pesquisadoras. Você poderá realizar também, exercício de voz, como vibração de língua. Após a etapa de aplicação do LASER, a avaliação da sua garganta e a gravação de voz ocorrerão imediatamente e será solicitado que você marque em uma escala de 0 a 10, o grau de desconforto para falar ao final de cada procedimento. Caso se sinta constrangida ou desconfortável em responder a escala, você não precisará de respondê-la.

Ressaltamos que durante todo o período de coleta, serão adotadas medidas de prevenção quanto ao coronavírus, como uso de máscaras, de álcool 70% e distanciamento, sempre que possível. Caso você ou a pesquisadora apresentem sintomas gripais, a coleta de dados não será realizada até que seja descartada a COVID-19.

## **2. Riscos e desconfortos**

Os riscos desta pesquisa são mínimos e, dentre eles, pode ser que você sinta algum desconforto durante a aplicação do LASER, que apesar de ser um procedimento indolor, pode causar uma leve sensação de calor na região de aplicação. Na presença de qualquer desconforto, o procedimento será interrompido. Durante o exame de laringe, poderá ser utilizado um spray anestésico para minimizar qualquer desconforto (como ânsia de vômito) e você decidirá se irá preferir que seja aplicado ou não o anestésico antes do exame. Antes da aplicação, o médico irá questioná-la se existe histórico de alergia. Caso desconheça existência de quadro alérgico e apresente qualquer reação durante o exame, você será observada até a melhora dos sintomas e todas as condutas médicas serão tomadas para melhora do quadro. O exame também poderá ser realizado sem anestésico e poderemos interrompê-lo a qualquer momento, caso não deseje concluí-lo.

Caso se sinta desconfortável ou constrangida durante a avaliação de voz, a gravação poderá ser interrompida a qualquer momento. Na existência de algum desconforto durante o preenchimento da escala de grau de desconforto ao falar após cada procedimento aplicado, você poderá não responder tal escala. Ressaltamos que caso apresente-se desconfortável ou algum constrangimento durante a pesquisa, você poderá interromper sua participação a qualquer momento sem qualquer penalidade.

As avaliações e sessões terapêuticas serão realizadas individualmente. Assim, os possíveis desconfortos serão minimizados.

## **3. Confidencialidade**

As pesquisadoras serão as únicas a ter acesso aos seus dados e tomarão todas as providências necessárias para mantê-los em sigilo. Garantimos que sua identidade não será divulgada em hipótese alguma. Apesar de existir uma possibilidade mínima de quebra de sigilo de maneira involuntária e não intencional, como em caso de perda ou extravio do material coletado, caso ocorra, “as medidas tomadas serão tratadas nos termos da lei”. Os dados coletados serão utilizados somente para pesquisa, com publicação dos resultados em revistas e eventos científicos, não sendo divulgada a identificação de qualquer participante.

## **4. Benefícios**

Espera-se que com os resultados dessa pesquisa, seja possível direcionar o tratamento de voz a partir da utilização de LASER, auxiliando os clínicos a estabelecer a janela terapêutica ideal para tratamentos na reabilitação vocal.

## **5. Custos/Reembolso**

Você não receberá qualquer valor financeiro ou compensações pessoais pela sua participação na pesquisa em questão. Qualquer custo ficará sob responsabilidade da pesquisadora.

## **6. Garantia de esclarecimento**

A Sra. tem o direito de receber informações acerca da pesquisa e dos procedimentos que serão realizados em qualquer momento do estudo e, em caso de dúvidas em relação à pesquisa, poderá entrar em contato com a pesquisadora Viviane Souza Bicalho Bacelete pelo telefone (31) 985369376 ou e-mail: vivisouzafono@yahoo.com.br ou com a Prof<sup>a</sup>. Ana Cristina Côrtes Gama (3409-9117) ou e-mail: accgama@gmail.com.

Em caso de dúvidas em relação aos aspectos éticos da pesquisa, você poderá contatar o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, situado à Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005. Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901. E-mail: coep@prpq.ufmg.br. Tel: (31)3409-4592.

## 7. Direito de recusa

Sua participação é voluntária e poderá se recusar a participar ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa sem qualquer penalidade ou prejuízo.

## 8. Ressarcimento e indenização

A Sra. não terá qualquer tipo de despesa para participar da pesquisa e não receberá remuneração por sua participação na pesquisa.

**CONSENTIMENTO:** Declaro que li e entendi as informações acima e que todas as dúvidas referentes à minha participação neste estudo foram esclarecidas. Compreendi quais são os objetivos, os procedimentos a serem realizados, riscos, desconfortos e benefícios e as garantias de confidencialidade. Fica claro também que a minha participação não terá despesas durante os procedimentos de avaliação e que eu terei acesso aos resultados. Sendo assim, concordo em participar deste estudo e consinto que os resultados obtidos sejam apresentados e publicados em eventos e artigos científicos.

Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido assinado por mim e pelo pesquisador, que me deu a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas. Desta forma, eu \_\_\_\_\_ concordo em participar desse estudo.

Belo Horizonte, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura da voluntária

\_\_\_\_\_  
Assinatura da pesquisadora

Caso tenha dúvidas ou necessite obter outras informações, favor entrar em contato com Viviane Souza Bicalho Bacelete (tel: 31-985369376 ou email: vivisouzafono@yahoo.com.br) ou com a Profª. Ana Cristina Côrtes Gama (tel: 31-3409-9117 ou email: accgama@gmail.com). Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais. Endereço Av. Antônio Carlos, 6627, Unidade Administrativa II, 2º andar sala 2005, Campus Pampulha. Telefone (031) 3409-4592.

### APÊNDICE 3: ANAMNESE E AVALIAÇÃO VOCAL

<b>Identificação:</b>			
Peso:	Altura:	IMC:	Grupo do estudo:
Data:	D.N.:	Idade:	Fototipo cutâneo:
<b>Anamnese</b>			
Histórico de intubação orotraqueal: ( ) Não ( ) Sim			
Uso de medicamentos: ( ) Não ( ) Sim _____		Gravidez: ( ) Não ( ) Sim	
Uso de marcapasso: ( ) Não ( ) Sim		Lesão em pescoço sem diagnóstico: ( ) Não ( ) Sim	
Histórico de câncer: ( ) Não ( ) Sim		Glaucoma: ( ) Não ( ) Sim	
Tabagismo: ( ) Não ( ) Sim		Doença da tireoide ou sistêmicas: _____	
Doenças neurológicas: ( ) Não ( ) Sim _____		Refluxo: ( ) Não ( ) Sim	
Doenças de pele: ( ) Não ( ) Sim _____		Medicamentos para pele: ( ) Não ( ) Sim _____	
Período menstrual ou pré-menstrual: ( ) Não ( ) Sim _____		Gravidez: ( ) Não ( ) Sim _____	
Crises alérgicas/sintomas respiratórios: ( ) Não ( ) Sim _____			
<b>Sintomas vocais:</b>			
Tem alguma queixa na fala/voz? ( ) Não ( ) Sim _____			
Você considera que tem um problema de voz atualmente ( ) Não ( ) Sim _____			
Faz ou já fez fonoterapia? _____			
Histórico de lesões em pregas vocais: ( ) Não ( ) Sim _____ Quando _____			
Microcirurgia de laringe ( ) Não ( ) Sim _____		Cantora: ( ) Não ( ) Sim	
<b>Avaliação otorrinolaringológica:</b>			
Exame realizado: _____			
Resultado _____			
_____			

## Avaliação perceptivo-auditiva

TMF /a/ antes

TMF /a/ após:

Sensação com LASER: \_\_\_\_\_

ESFORÇO FONATÓRIO ANTES:

ESFORÇO FONATÓRIO APÓS:

TVSL (número de vibrações) \_\_\_\_\_

## Avaliação acústica

### Medidas espectrais antes:

Fo:

Jitter:

Shmmer:

PPQ:

APQ:

NHR:

### Medidas cepstrais antes

CPP vogal

CPP fala

CPPS vogal

CPPs fala

### Índices multiparamétricos antes

AVQI

ABI

### Medidas espectrais após:

Fo:

Jitter:

Shmmer:

PPQ:

APQ:

NHR:

### Medidas cepstrais após:

CPP vogal

CPP fala

CPPS vogal

CPPs fala

### Índices multiparamétricos após

AVQI

ABI