UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA

FLÁVIA VIEGAS DE ANDRADE TRINAS

**Frequência fundamental e frequências dos dois primeiros
formantes de vogais orais produzidas por
adultos de acordo com as Classes ortodônticas de Angle**

São Paulo

2019

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA

FLÁVIA VIEGAS DE ANDRADE TRINAS

**Frequência fundamental e frequências dos dois
primeiros formantes de vogais orais produzidas por
adultos de acordo com as Classes ortodônticas de
Angle**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Ciências

Programa de Ciências da Reabilitação
Orientadora: Profa. Dra. Nair Katia Nemr

(Versão corrigida. Resolução CoPGr 6018/11, de 1 de novembro de 2011. A versão original está disponível na Biblioteca da FMUSP)

São Paulo
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Trinas, Flávia Viegas de Andrade
Frequência fundamental e frequências dos dois
primeiros formantes de vogais orais produzidas por
adultos de acordo com as classes ortodônticas de
Angle / Flávia Viegas de Andrade Trinas. -- São
Paulo, 2019.

Tese (doutorado) -- Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.
Programa de Ciências da Reabilitação.
Orientadora: Nair Katia Nemr.

Descritores: 1.Voz 2.Medida da produção da fala
3.Acústica da fala 4.Má oclusão de Angle classe I
5.Má oclusão de Angle classe II 6.Má oclusão de
Angle classe III

USP/FM/DBD-443/19

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese à minha família e aos guias de luz que nos acompanham,
sem os quais esta caminhada não teria sido possível.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. Dra. Katia Nemr que faz parte da minha vida desde a especialização em motricidade orofacial. Tenho profunda admiração pela sua competência, humildade e humanidade.

À Dra. Marcia Simões Zenari pela sua competência, pela sua atenção aos detalhes e pela disponibilidade.

Ao Prof. Dr. Glaucio Serra Guimarães por sua competência, disponibilidade e parceria na Universidade Federal Fluminense.

Ao Prof. Dr. Fabio Ritto e à toda equipe do ambulatório de cirurgia oral e maxilofacial da UERJ pela disponibilidade e parceria.

Ao Prof. Dr. Ronir Raggio Luiz pelo auxílio e todo aprendizado que me foi concedido na área de bioestatística.

Aos membros da banca de qualificação Dra. Zuleica Camargo, Dra. Margareth Maria Gomes de Souza e Dra. Heidi Baeck pelas importantes contribuições para o direcionamento desta pesquisa.

Às instituições envolvidas na Pesquisa, USP, UFF e UERJ.

À minha filha Ana Clara Viegas, ao meu esposo Marcos Trinas, aos meus pais Norma e Hélio, à minha irmã gêmea Danieli Viegas, aos meus sobrinhos Daniel Viegas e Ana Carolina Viegas, à minha cunhada Liliane Trinas e minha sogra Alayde Trinas pelo entendimento dos vários momentos em que não pude estar presente para me dedicar a este trabalho e pela força e incentivo em todas as ocasiões.

Aos graduandos da Universidade Federal Fluminense e aos pacientes do ambulatório de cirurgia oral e maxilofacial da Universidade Estadual do Rio de Janeiro pela disponibilidade em participar deste estudo.

Aos meus amigos que sempre me incentivam a continuar neste percurso.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para realização desta pesquisa.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001"

NORMATIZAÇÃO ADOTADA

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

RESUMO

Trinas FVA. *Frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes de vogais orais produzidas por adultos de acordo com as Classes ortodônticas de Angle* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2019.

Objetivo: Investigar por meio de análise acústica a frequência fundamental da voz (F0) e as frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) das sete vogais orais do português brasileiro em adultos de acordo com a classificação de más oclusões de Angle (Classes I, II Divisão 1 e III). **Métodos:** Participaram do estudo indivíduos com más oclusões Classe I (n=80), Classe II, Divisão 1 (n=40) e Classe III (n=40) pareados por gênero. As amostras de fala foram obtidas a partir da emissão em sentenças-veículo e foram estimados os valores de F0, F1 e F2. Foi utilizado o *software* Praat para avaliação acústica das vogais. Na análise estatística foi utilizada a análise de variância (ANOVA) e nos parâmetros que apresentaram diferenças foi utilizado o teste Post Hoc Tukey. **Resultados:** Foram observadas as seguintes diferenças em F0, F1 e F2: a) em F0: entre as Classes I e II Divisão 1 em cinco vogais [e, i, ɔ, o, u] no gênero masculino e em duas [ɛ, e] no feminino; entre as Classes I e III em duas vogais [ɛ, e] no gênero masculino; entre as Classes II Divisão 1 e III na vogal [ɛ] no gênero feminino; b) em F1: entre as Classes I e II Divisão 1 em três vogais [i, o, u] no gênero masculino; entre as Classes I e III na vogal [i] no gênero masculino e na vogal [ɛ] no gênero feminino; entre as Classes II Divisão 1 e III não houve diferenças em ambos os gêneros; c) em F2: entre as Classes I e II Divisão 1 em duas vogais [ɛ, e] no gênero masculino e em três vogais [ɔ, o, u] no feminino; entre as Classes I e III na vogal [i] no gênero masculino e em duas vogais [ɔ, u] no gênero

feminino; entre as Classes II Divisão 1 e III houve diferença apenas na vogal [i] no gênero masculino. **Conclusão:** A investigação das mensurações de F0, F1 e F2 demonstrou diferenças mais predominantes no gênero masculino, especialmente entre as Classes I e II Divisão 1 e entre as Classes I e III. As vogais que apresentaram distinções mais frequentes foram a [i] entre os homens e a [ɛ] entre as mulheres. O número reduzido de diferenças nas frequências dos formantes entre as má oclusões estudadas pode evidenciar a capacidade de adaptação do trato vocal humano para fazer ajustes na produção da fala diante de alterações estruturais do complexo maxilo-mandibular. O parâmetro que mais se diferenciou foi a F0 entre as Classes I e II Divisão 1 nos homens, sendo os valores mais agudos em cinco vogais no grupo com protrusão maxilar.

Descritores: voz; medida da produção da fala; acústica da fala; má oclusão de Angle classe I; má oclusão de Angle classe II; má oclusão de Angle classe III.

ABSTRACT

Trinas FVA. *Fundamental frequency and frequencies of the first two formants of oral vowels produced by adults according to Angle's orthodontic Classes* [thesis].

São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2019.

Objective: to investigate through acoustic analysis the fundamental frequency of voice (F0) and the frequencies of the first two formants (F1 and F2) of the seven oral vowels of Brazilian Portuguese in adults according to Angle's classification of malocclusion.

Methods: Individuals with Angle's Class I (n=80), Class II, Division 1 (n=40) and Class III (n=40) malocclusions participated in the study and were matched by gender. The speech samples were obtained from carrier phrases and the values of F0, F1 and F2 were estimated. Praat software was used for acoustic evaluation of vowels. In the statistical analysis, variance analysis (ANOVA) was used and in the parameters that presented differences, the Tukey Post Hoc test was used.

Results: Differences were observed in F0, F1 and F2. The following distinctions were observed: a) in F0: between Classes I and II Division 1 in five vowels [e, i, ɔ, o, u] in males and in two vowels [ɛ, e] in females; between Classes I and III in two vowels [ɛ, e] in the male gender; between Classes II Division 1 and III in the vowel [ɛ] in the female gender; b) in F1: between Classes I and II Division 1 in three vowels [i, o, u] in males; between Classes I and III in the vowel [i] in males and in the vowel [ɛ] in the female gender; between Classes II Division 1 and III there were no differences in both genders; c) in F2: between Classes I and II Division 1 in two vowels [ɛ, e] in the male gender and in three vowels [ɔ, o, u] in female; between Classes I and III in the vowel [i] in males and in two vowels [ɔ,

u] in the female gender; between Classes II Division 1 and III there was difference only in the vowel [i] in males. **Conclusion:** The investigation of F0, F1 and F2 measurements demonstrated more prevalent differences in males, especially between Classes I and II Division 1 and between Classes I and III. The vowels that presented the most frequent distinctions were [i] in males and [ɛ] in females. The reduced number of differences in formant frequencies among malocclusions studied may show the ability of the human vocal tract to adjust speech production in face of structural changes in the maxillo-mandibular complex. The parameter that most differed was F0 between Class I and II Division 1 in men, with higher values in five vowels in the group with maxillary protrusion.

Keywords: voice; speech production measurement; speech acoustics; malocclusion, Angle Class I; malocclusion, Angle Class II; malocclusion, Angle Class III

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	8
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	9
3.1 Frequência fundamental da voz e dimensões dento-faciais.....	9
3.2 Frequências dos formantes e dimensões dento-faciais.....	12
4. MÉTODO	16
4.1 Amostra	16
4.2 Procedimentos	19
4.2.1 Gravação das amostras de fala.....	19
4.2.2 Avaliação acústica.....	20
4.3 Análise estatística.....	26
5. RESULTADOS.....	28
5.1 Gênero masculino.....	28
5.2 Gênero feminino.....	41
6. DISCUSSÃO.....	54
6.1 Frequência fundamental e más oclusões de acordo com a classificação de Angle.....	54
6.2 Frequência dos dois primeiros formantes e más oclusões de acordo com a classificação de Angle.....	58
7. CONCLUSÃO	65
8. ANEXOS.....	66
ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP - FM/USP.....	66
ANEXO B – Parecer Consubstanciado do CEP - FM/UFF/HU.....	70
ANEXO C – Parecer Consubstanciado do CEP - HUPE/UERJ.....	75

ANEXO D – Aprovação no Comitê de Ética - FM/USP.....	79
ANEXO E – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	80
9. REFERÊNCIAS.....	82

LISTA DE SIGLAS

F0	Frequência fundamental da voz
F1	Frequência do primeiro formante
F2	Frequência do segundo formante
SNA	Ângulo formado pela intersecção das linhas SN e NA. Indica a posição ântero-posterior da maxila em relação à base do crânio na análise cefalométrica
SNB	Ângulo formado pela intersecção das linhas SN e NB. Indica a posição ântero-posterior da mandíbula em relação à base anterior do crânio na análise cefalométrica.
ANB	Ângulo formado pela intersecção das linhas NA e NB. Representa a relação maxilo-mandibular no sentido ântero-posterior.
Co-Gn	É a distância em milímetros entre o ponto Gn e o ponto Co. Representa o comprimento da mandíbula
PNS-ANS	Medida que representa o comprimento da maxila
N-Me	Medida que representa a altura facial
J-J	Medida que representa a largura da mandíbula
AG-AG	Medida que representa a largura da maxila
Zyg-Zyg	Medida que representa a largura da face

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de seleção dos 0,10 segundos centrais da vogal alvo para recorte	21
Figura 2 - Representação do trapézio das vogais orais no trato vocal	22
Figura 3 - Exemplo da distribuição das frequências dos dois primeiros formantes durante a produção da vogal [a] por participante do gênero feminino com má oclusão Classe I de Angle.....	23
Figura 4 - Exemplo da distribuição das frequências dos dois primeiros formantes durante a produção da vogal [ɛ] por participante do gênero feminino com má oclusão Classe I de Angle.....	23
Figura 5 - Exemplo da distribuição das frequências dos dois primeiros formantes durante a produção da vogal [e] por participante do gênero feminino com má oclusão Classe I de Angle.....	24
Figura 6 - Exemplo da distribuição das frequências dos dois primeiros formantes durante a produção da vogal [i] por participante do gênero feminino com má oclusão Classe I de Angle.....	24
Figura 7 – Exemplo da distribuição das frequências dos dois primeiros formantes durante a produção da vogal [ɔ] por participante do gênero feminino com má oclusão Classe I de Angle.....	25
Figura 8 - Exemplo da distribuição das frequências dos dois primeiros formantes durante a produção da vogal [o] por participante do gênero feminino com má oclusão Classe I de Angle.....	25
Figura 9 - Exemplo da distribuição das frequências dos dois primeiros formantes durante a produção da vogal [u] por participante do gênero feminino com má oclusão Classe I de Angle.....	26
Figura 10 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [a] no gênero masculino.....	31
Figura 11 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [ɛ] no gênero masculino.....	32
Figura 12 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [e] no gênero masculino	33
Figura 13 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois	

primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [i] no gênero masculino.....	34
Figura 14 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [ɔ] no gênero masculino.....	35
Figura 15 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [o] no gênero masculino	36
Figura 16 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [u] no gênero masculino.....	37
Figura 17 - Diagrama de vogais representando as diferenças entre as médias de F1 e F2 de todas as vogais orais do português brasileiro em homens com más oclusões Classe I e II Divisão 1 de Angle.....	38
Figura 18 - Diagrama de vogais representando as diferenças entre as médias de F1 e F2 de todas as vogais orais do português brasileiro em homens com más oclusões Classe I e III de Angle.....	39
Figura 19 - Diagrama de vogais representando as diferenças entre as médias de F1 e F2 de todas as vogais orais do português brasileiro em homens com más oclusões Classe II Divisão 1 e III de Angle.....	40
Figura 20 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [a] no gênero feminino.....	44
Figura 21 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [ɛ] no gênero feminino	45
Figura 22 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [e] no gênero feminino	46
Figura 23 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [i] no gênero feminino.....	47
Figura 24 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [ɔ] no gênero feminino.....	48
Figura 25 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [o] no gênero feminino.....	49
Figura 26 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [u] no gênero feminino.....	50
Figura 27 - Diagrama de vogais representando as diferenças entre as médias de F1 e F2 de todas as vogais orais do português brasileiro em mulheres com más oclusões Classe I e II Divisão 1 de Angle.....	51

Figura 28 - Diagrama de vogais representando as diferenças entre as médias de F1 e F2 de todas as vogais orais do português brasileiro em mulheres com más oclusões Classe I e III de Angle.....	52
Figura 29 - Diagrama de vogais representando as diferenças entre as médias de F1 e F2 de todas as vogais orais do português brasileiro em mulheres com más oclusões Classe II Divisão 1 e III de Angle.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios e desvios-padrões de frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes nas más oclusões Classes I, II Divisão 1 e III de Angle no gênero masculino.....	29
Tabela 2 – Valores de p entre as comparações das medidas de Frequência Fundamental e frequências dos dois primeiros formantes nas más oclusões Classes I, II Divisão 1 e III de Angle no gênero masculino.....	30
Tabela 3 - Valores médios e desvios-padrões de frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes nas más oclusões Classes I, II Divisão 1 e III de Angle no gênero feminino.....	42
Tabela 4 - Valores de p entre as comparações das medidas de Frequência Fundamental e frequências dos dois primeiros formantes más oclusões Classes I, II Divisão 1 e III de Angle no gênero feminino.....	43

1. INTRODUÇÃO

Os métodos de investigação acústica dos sinais de fala e voz permitem que os dados possam ser mensurados e representados por meio da quantificação ou qualificação de suas características. São considerados importantes ferramentas de auxílio para os estudos da fala, voz e seus transtornos. Dentre as vantagens, pode-se destacar a visualização de detalhes do som percebido auditivamente, a possibilidade de comparação inter e intrasujeitos, pré e pós terapia fonoaudiológica e o desenvolvimento de parâmetros normativos (Sundberg, 2018; Lopes et al., 2019). Tais métodos estão presentes em trabalhos de pesquisadores com formação em diversos campos que envolvem as ciências da fala. Na área fonoaudiológica tem sido utilizados nos processos de avaliação e acompanhamento pois consistem em uma técnica não invasiva, de rápido registro que permite estabelecer relações com os movimentos realizados no trato vocal durante a produção dos sons (Kent e Read, 2015; Sundberg, 2018).

A produção da fala é um processo complexo, resultado da interação de três subsistemas – respiratório, laríngeo e supralaríngeo. No subsistema respiratório o fluxo aéreo oriundo dos pulmões inicia a produção dos sons da fala na maioria dos idiomas servindo de base para atuação dos outros dois subsistemas. Na esfera laríngea, a principal fonte de geração do som é a vibração das pregas vocais que produz a frequência fundamental (F0). A modulação da energia sonora produzida nesses dois subsistemas é modificada pelo subsistema

supralaríngeo, que compreende a faringe, maxila, mandíbula, palato duro, véu palatino, língua, bochechas, lábios e cavidade nasal (Barbosa e Madureira, 2015). Na esfera supralaríngea encontram-se as cavidades de ressonância que atuam como um filtro do som produzido na laringe, atenuando algumas frequências e amplificando outras. As faixas de frequências amplificadas são denominadas frequências dos formantes e as mais estudadas são as duas primeiras (F1 e F2) por fornecerem identidade fonética às vogais (Fant, 1960; Stevens e House, 1961; Lehiste, 1970; Johnson, 2003; Kent e Read, 2015; Barbosa e Madureira, 2015; Sundberg, 2018).

A etapa final deste complexo processo é a articulação dos sons, que transforma o som da voz em fala. Embora diversos elementos que compõem a produção oral possam ser investigados de acordo com a formação e objetivos dos pesquisadores, neste estudo optou-se por analisar medidas de vogais por serem sons periódicos produzidos pelas pregas vocais e que possuem passagem de ar livre, ou seja, sem presença de constrição que gere ruído ou impeça a passagem do fluxo aéreo no trato vocal (Barbosa e Madureira, 2015).

Nesta perspectiva de estudo das vogais, foram consideradas a avaliação da frequência fundamental na área da voz e investigação das frequências dos formantes na área da fala (Barbosa e Madureira, 2015; Kent e Read, 2015; Sundberg, 2018).

A frequência fundamental (F0) consiste em um parâmetro vocal singular para percepção do gênero do falante, uma vez que esta medida se relaciona com o tamanho das pregas vocais. Desta forma, como mulheres possuem pregas vocais mais curtas do que os homens, as medidas de F0 são mais agudas do

que no gênero masculino. O estudo da F0 fornece informações principalmente sobre a velocidade de vibração das pregas vocais por segundo, portanto, quanto mais rápida for a vibração, maior será o valor de F0 e maior tensão longitudinal das pregas vocais será observada. Nestes ajustes, frequentemente nota-se elevação da laringe. Por outro lado, a redução desta velocidade ocasiona menor tensão na vibração das pregas vocais, redução da F0 e geralmente abaixamento da laringe (Sundberg, 2018). De acordo com a literatura, a frequência fundamental pode ser afetada por aspectos articulatórios devido às conexões existentes entre os músculos extrínsecos da língua e da laringe (Honda, 1981; Shaw et al., 2016).

A frequência do primeiro formante (F1) apresenta relação com a posição vertical da língua e com o grau de abertura da mandíbula, sendo seu valor inversamente proporcional à posição do complexo linguomandibular, ou seja, quanto mais alta for a frequência de F1, mais baixa será a posição de constrição da língua e mais aberta estará a mandíbula na produção dos sons. De forma antagônica, quanto maior este valor, será observada posição de língua e mandíbula mais elevadas. A frequência do segundo formante (F2) é influenciada pelo deslocamento anteroposterior da língua, sendo que quanto mais anterior for a constrição da língua, maior será o valor de F2 e quanto mais posterior, menor será esta medida (Fant, 1960; Stevens e House, 1961; Lehiste, 1970; Johnson, 2003; Vorperian e Kent, 2007; Kent e Read, 2015; Barbosa e Madureira, 2015).

Uma vez que as frequências de F1 e F2 estão relacionadas com a forma e configuração do trato vocal, suas medidas irão refletir atributos anatômicos do mesmo, como características da posição dos articuladores durante a fala

(Barbosa e Madureira, 2015; Sundberg, 2018). Tais frequências podem ser influenciadas por diversos contextos, como fonético-fonológico, prosódico e sintático (Kent e Read, 2015; Kent e Vorperian, 2018), sendo estes cenários investigados por pesquisadores da área de linguística. Como a fala é um fenômeno caracterizado por mudanças rápidas na articulação, apresenta grandes desafios à sua análise. Uma das possibilidades que tem sido pesquisadas é a mensuração dos dados acústicos a partir de trechos de fala mais estáveis em determinados intervalos de tempo (Kent e Vorperian, 2018).

Para estudar medidas acústicas das vogais de uma língua devemos considerar as diferenças entre elas. No português brasileiro existem sete vogais orais que dividem-se de acordo com a altura da constrição da língua em quatro regiões (baixa, média-baixa, média-alta e alta) que se correlacionam com as medidas de F1. No sentido anteroposterior são classificadas como central, anteriores e posteriores, e apresentam relações com as medidas de F2 (Escudero et al., 2009; Barbosa e Madureira, 2015). As vogais anteriores [ɛ], [e], [i] e posteriores [ɔ], [o], [u] possuem uma relativa simetria em relação à altura de constrição da língua, portanto, uma vogal anterior tende a apresentar valor de F1 próximo à sua corresponde posterior. Assim, os “pares” formados são [ɛ] e [ɔ], [e] e [o], e [i] e [u]. A única vogal que não apresenta outra correspondente é a vogal [a] que é central e baixa. (Escudero et al., 2009; Barbosa e Madureira, 2015).

A inter-relação entre alterações de fala e más oclusões dentárias é descrita na literatura, assim como são mencionadas possibilidades dos órgãos fonoarticulatórios, em especial, lábios e língua, se adaptarem às condições

ósseas e musculares desfavoráveis (Niemi et al., 2006; Hassan et al., 2007, Nájera et al., 2016).

A avaliação ortodôntica por meio da Classificação de Angle permite que as más-oclusões dentárias sejam divididas em três Classes: a) Classe I: corresponde à alteração de posicionamento dentário e existe uma relação anteroposterior normal entre a maxila e a mandíbula no qual a cúspide mesio-vestibular do primeiro molar permanente superior oclui no sulco central do primeiro molar permanente inferior; b) Classe II: corresponde à alteração no sentido anteroposterior entre a maxila e mandíbula na qual a maxila se posiciona anterior ao normal e/ou a mandíbula posterior ao normal, com o sulco mesio-vestibular do primeiro molar permanente inferior posicionado posteriormente à cúspide mesio-vestibular do primeiro molar permanente superior. Esta malocclusão possui duas divisões: a Divisão 1 e a Divisão 2. A Divisão 1 apresenta incisivos superiores tipicamente em labioversão e a Divisão 2 apresenta incisivos centrais superiores em posição axial normal ou em linguoversão. Além disso, Angle (1907) descreveu que a Classe II Divisão 1 apresenta como características: palato atrésico, lábio superior hipotônico, lábio inferior evertido e frequentemente respiração pela boca. c) Classe III: corresponde à alteração no sentido anteroposterior entre a maxila e mandíbula, na qual a maxila se posiciona posterior ao normal e/ou a mandíbula anterior ao normal, com o sulco mesio-vestibular do primeiro molar inferior permanente posicionado anteriormente à cúspide mesiobucal do primeiro molar permanente superior (Angle, 1907; Moyers, 1991).

Estudos que analisaram aspectos de fala nas más oclusões de Angle se concentraram em consoantes. Autores descrevem que os prejuízos na fala nos casos da má oclusão Classe II podem ser causados pelo distanciamento vestibulo-lingual entre os incisivos superiores e inferiores, juntamente com o desequilíbrio da musculatura orofacial (Mezzomo et al., 2011). As alterações de fala mais frequentes neste tipo de má oclusão são referentes às consoantes fricativas [s] e [z] e às bilabiais [p], [b], [m] (Hassan et al., 2007; Coutinho et al., 2009; Mezzomo et al., 2011; Jesus et al., 2014). Nos casos de má oclusão Classe III, a presença de mandíbula mais comprida e mais larga, que são características comuns nesta má oclusão podem favorecer uma postura de língua mais alargada, o que pode comprometer principalmente a produção das consoantes fricativas [s] e [z] (Witzel et al., 1980; Lee et al., 2002).

Medidas acústicas de vogais relacionadas à classificação de más oclusões de Angle são apresentadas em outros idiomas (Xue et al., 2011, Jesus et al., 2014), contudo, existe uma carência destes dados no português brasileiro.

A investigação de medidas acústicas de fala e voz em indivíduos de acordo com a classificação de más oclusões de Angle é relevante uma vez que pode auxiliar o trabalho em conjunto entre fonoaudiólogos, otorrinolaringologistas, ortodontistas e cirurgiões bucomaxilofaciais no atendimento de pessoas com desproporções maxilo-mandibulares. A detecção de compensações musculares e funcionais que estão sendo realizadas na produção vocal e na articulação dos sons diante dos prejuízos anatômicos pode contribuir para o estabelecimento de estratégias terapêuticas que promovam o desenvolvimento de ajustes musculares orofaciais e laríngeos mais adequados

diante das condições anatômicas desfavoráveis. Embora nenhum parâmetro acústico isolado possa ser considerado determinante de condutas, pode auxiliar os clínicos a tomarem melhores decisões em conjunto com os demais achados das avaliações.

Nesta tese a terminologia utilizada foi a classificação das más oclusões de Angle, embora no título conste o termo classes ortodônticas de Angle.

2. OBJETIVO

Este estudo tem o objetivo de investigar a frequência fundamental da voz e as frequências dos dois primeiros formantes das sete vogais orais do português brasileiro em adultos de ambos os gêneros de acordo com a classificação das más oclusões de Angle, em suas Classes I, II Divisão 1 e III.

3. REVISÃO DE LITERATURA

As pesquisas que analisaram frequência fundamental e frequências dos formantes de vogais relacionadas às dimensões dento-faciais serão apresentadas em ordem cronológica.

3.1. Frequência fundamental da voz e dimensões dento-faciais

Niemi et al. (2006) realizaram um estudo longitudinal para investigar os efeitos de cirurgia ortognática de avanço mandibular em parâmetros acústicos de voz e fala. As amostras de fala foram gravadas nos momentos pré e pós seis e trinta semanas após a intervenção cirúrgica. Ao comparar as medidas de frequência fundamental dos cinco indivíduos analisados, apenas um apresentou diferenças nesta medida, porém não foram observadas mudanças significativas entre as três avaliações nos outros participantes.

Xue et al. (2011) investigaram diferentes aspectos do trato vocal e dados acústicos de voz e fala de oito homens com má oclusão Classe III de Angle e compararam com controles. As medidas de fala foram obtidas de vogais específicas, contudo, os valores médios de frequência fundamental foram estimados a partir de fala semiespontânea. Os resultados não demonstraram diferenças entre os prognatas e grupo controle.

Mishima et al. (2013) estudaram medidas de frequência fundamental de cinco vogais japonesas [a], [i], [u], [e] e [o] antes e após seis meses de cirurgia ortognática para correção de má oclusão Classe III de Angle. Participaram do

estudo 16 pessoas prognatas e 50 sem alterações maxilofaciais, pareadas por gênero. Os autores observaram que os valores de F0 não apresentaram mudanças significativas após a intervenção cirúrgica em ambos os gêneros. Ao comparar os dados com o grupo controle, foram notadas médias de F0 das vogais [a], [i], [u], [o] significativamente mais baixas no grupo feminino. No entanto, a única distinção encontrada entre os homens foi valor mais grave de F0 na vogal [i] após a cirurgia.

Macari et al. (2014) correlacionaram o comprimento e a projeção sagital da maxila e mandíbula e as frequências fundamental e habitual. Foram incluídas as seguintes medidas na cefalometria: SNA, SNB, ANB, ângulos que refletem a posição da maxila e mandíbula em relação à base do crânio e entre si, comprimento da mandíbula (Co-Gn), e o comprimento da maxila PNS-ANS. Participaram do estudo 45 pessoas saudáveis, sendo 33 do gênero feminino e 12 do gênero masculino com média de idade de $13,5 \pm 6.6$ anos (homens) e de $16,1 \pm 7,2$ anos (mulheres). Os resultados indicaram que houve uma correlação negativa entre a F0 e frequência habitual e os comprimentos da maxila e mandíbula. Ou seja, ambas medidas apresentaram tendência a serem menores nos sujeitos que tiveram valores mais altos de Co-Gn e PNS-ANS comparados com aqueles com valores mais baixos. A mesma tendência foi observada nos grupos, porém mais evidente nos homens. Os demais parâmetros de projeção sagital facial não se correlacionam com estas medidas acústicas.

Macari et al. (2017) estudaram a associação entre o comprimento e largura da face e a frequência fundamental e frequência habitual. Foram incluídas as seguintes medidas cefalométricas lateral e anteroposterior: altura

facial (N-Me); larguras da maxila (J-J), mandíbula (AG – AG) e rosto (Zyg – Zyg); proporção J-J para AG – AG, N – Me a Zyg – Zyg e altura inferior da face até altura facial total. Participaram do estudo 50 pessoas (35 do gênero feminino e 15 do gênero masculino) com idades entre seis e 35 anos. A amostra foi estratificada de acordo com o gênero e faixa etária. Foram separados dois grupos etários denominados pré-puberal (masculino com idade até 13,6 anos e feminino com idade até 11,6 anos) e pós-puberal (masculino acima de 13,6 anos e feminino acima de 11,6 anos). Os resultados apontaram uma correlação negativa entre a F0, frequência habitual e comprimento e largura facial, ou seja, as pessoas que tinham faces mais compridas e mais largas apresentaram tendência de medidas de F0 e frequência habitual mais graves. Este achado foi mais pronunciado no gênero masculino, especialmente nas medidas de Zyg-Zyg e J-J. Da mesma forma, no grupo pré-puberal, houve uma correlação negativa entre dois parâmetros de largura facial (J-J e AG-AG), um parâmetro vertical (N-Me) e a frequência habitual. No grupo pós-puberal, esta correlação negativa foi observada entre largura da mandíbula e F0. As conclusões da pesquisa destacam que o comprimento facial se correlaciona com a frequência habitual e a largura facial se correlaciona significativamente tanto com a F0 quanto com a frequência habitual. Esta associação foi ligeiramente mais pronunciada no grupo masculino em relação ao feminino e no grupo pré-púberes do que no grupo pós-púberes.

3.2 Frequências dos formantes e dimensões dento-faciais

Xue (1999) investigou frequências dos formantes de crianças chinesas entre sete e oito anos com más oclusões Classes I e III de Angle e observou valores mais altos de F1, F2 e F3 nos indivíduos prognatas. Contudo, referiu que os achados não demonstraram nenhuma evidência objetiva dos efeitos da má oclusão Classe III no trato vocal infantil.

Niemi et al. (2006) estudaram os efeitos da cirurgia ortognática para avanço mandibular na produção de oito vogais em homens falantes do finlandês. As emissões foram gravadas em três momentos: antes e após seis e trinta semanas da intervenção cirúrgica. Os resultados das frequências de F1 e F2 demonstraram implicações individuais e variáveis com apenas discretas diferenças em alguns casos. Portanto, os autores concluíram que a cirurgia causou pequenos efeitos na produção das vogais.

Xue et al. (2011) realizaram um estudo para comparar as configurações do trato vocal e investigar as concomitantes diferenças em parâmetros acústicos entre oito homens com má oclusão Classe III de Angle e oito controles. Na área da fala, foram investigados valores de F1, F2 e F3 de quatro vogais do cantonês (dialetos da China) emitidas de forma sustentada. Os resultados demonstraram maior comprimento e volume da cavidade oral nos homens com má oclusão Classe III em relação aos controles. A única diferença entre as frequências dos formantes foi observada em F1 da vogal [u], com valor significativamente maior nos prognatas. O fato de não terem sido observadas diferenças nas outras vogais foi atribuído à habilidade do trato vocal em compensar mudanças funcionais nos indivíduos com má oclusão Classe III.

Mishima et al. (2013) investigaram as frequências de F1 e F2 das vogais japonesas [a], [i], [u], [e] e [o] na má oclusão Classe III de Angle antes e após seis meses da cirurgia ortognática e em um grupo controle. Ao relacionar os dados pré e pós cirúrgicos, foram observadas médias significativamente mais baixas de F2 nas vogais [i] e [u] após a cirurgia nos homens. Ao comparar os dados pré intervenção com os controles, foram notadas medidas significativamente mais baixas de F1 e F2 da vogal [a] nos homens e F1 de [u] e F2 de [i] nas mulheres prognatas. Os dados de seis meses de pós operatório continuaram demonstrando valores mais baixos F1 e F2 de [a] em homens e F2 de [i] em mulheres no grupo de estudo.

Jesus et al. (2014) estudaram aspectos de vogais e consoantes em indivíduos com más oclusões Classes I e II Divisão 1 em ambos os gêneros falantes do inglês americano. O objetivo foi correlacionar adaptações da fala com às maloclusões. De um grupo de 57 falantes, foram selecionados quatro pessoas, pareadas por gênero e má oclusão para serem submetidas à uma técnica de raio X que coleta coordenadas para descrever os movimentos articulatorios. Foram observados valores mais baixos de F1, F2 e F3 nos homens em comparação com as mulheres, o que demonstra diferenças no tamanho do trato vocal entre os gêneros. Não foram encontradas distinções nestas medidas entre os homens, contudo, relataram que a mulher com má oclusão Classe II Divisão 1 utilizou um espaço de produção das vogais consideravelmente mais largo do que a com Classe I. Os autores ressaltaram que os indivíduos demonstraram uma alta capacidade de adaptação para realizar ajustes na articulação para produção das vogais analisadas.

Ahn et al. (2015) realizaram um estudo longitudinal em que compararam medidas de F1 e F2 de oito pacientes prognatas antes e após cirurgia ortognática e também com um grupo controle. As amostras de fala foram gravadas antes do momento cirúrgico e após seis semanas, três meses e seis meses de pós-cirúrgico. Foram incluídas oito vogais coreanas [a], [e], [i], [o], [u], [ʌ], [æ] e [u:]. No pós cirúrgico de seis semanas, os resultados apontam que as vogais anteriores foram produzidas mais posteriormente e as vogais posteriores em posição mais anterior em relação à avaliação inicial. Três meses após a cirurgia, os parâmetros demonstraram uma variação aleatória. Após seis meses, as frequências dos formantes que apresentaram diferenças estatísticas foram: F1 das vogais [e],[æ], [a] com decréscimos, demonstrando que uma menor abertura de mandíbula e posição da língua mais alta do que a avaliação inicial. Em F2, a única diferença foi a redução na frequência da vogal [æ]. Ao comparar dados pré-cirúrgicos com os de pessoas com oclusão normal, observaram que os prognatas usaram uma área 133,44% mais ampla nos gráficos de área dos formantes. Imediatamente após a cirurgia, esta diferença declinou para 69,68%, seguido por uma redução para 60,30% e depois um ligeiro aumento, para 63,29%, no sexto mês pós-operatório. Os autores concluíram que os dois primeiros formantes das vogais anteriores-baixas foram reduzidos após a cirurgia ortognática e que as posições articulatórias foram deslocadas em uma direção pósterio-superior depois do procedimento. Além disso, a área usada para articulação das vogais foi reduzida após o procedimento cirúrgico, mas aumentou lentamente ao longo do tempo.

Macari et al. (2015) investigaram a associação entre as frequências dos quatro primeiros formantes e o comprimento e projeção sagital da maxila e

mandíbula. Foram avaliadas através de cefalometria medidas craniofaciais de comprimento maxilar (ANS-PNS), comprimento mandibular (Co-Gn), relação entre maxila e mandíbula no plano sagital (ANB), relação da base do crânio com a maxila (SNA) e mandíbula (SNB). As vogais contempladas foram [a], [i], [o], [u]. A avaliação ortodôntica demonstrou 24 pessoas com má oclusão Classe I com apinhamento dentário, 19 pessoas com má oclusão Classe II com aumento do *overjet* e quatro pessoas com má oclusão Classe III com um *overjet* negativo. Os resultados apontaram uma associação negativa entre as frequências dos formantes de diversas vogais e o comprimento e projeção sagital da mandíbula e maxila. A associação foi mais pronunciada para F3 e F4 ao se comparar com F1 e F2.

Freitas et al. (2016) realizaram um estudo para investigar os ajustes da qualidade vocal nos tipos faciais por meio de análise perceptivo-auditiva e acústica. A pesquisa contemplou 12 mulheres entre 18 e 40 anos e todas as vogais orais do português brasileiro foram analisadas. Os resultados apontaram que do ponto de vista perceptivo, os ajustes da qualidade vocal permitiram uma distinção entre os tipos faciais, sobretudo entre o tipo longo em relação aos tipos médio e curto. Contudo, na análise acústica das frequências dos três primeiros formantes, foram encontrados escores mais baixos na avaliação do poder segregatório em discriminar os tipos faciais. Desta forma, concluíram que a distinção entre os tipos faciais foi possível apenas pela análise perceptivo-auditiva dos ajustes da qualidade vocal.

4. MÉTODO

Trata-se de estudo transversal descritivo, no qual os indivíduos foram distribuídos em grupos de acordo com o gênero e classificação de más oclusões de Angle. O projeto foi aprovado pelos Comitês de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da USP (Parecer número 1.540.289/2016, ANEXO A) e das instituições co-participantes, Hospital Universitário Antonio Pedro da Faculdade de Medicina da Universidade Federal Fluminense FM/UFF/HU (Parecer número 1.585.551/2016, ANEXO B) e Hospital Universitário Pedro Ernesto da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Parecer número 2.970.056/2018, ANEXO C). A aprovação no CEP/FM/USP encontra-se no ANEXO D. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), ANEXO E.

4.1 AMOSTRA

Foram convidados a participar do estudo graduandos da Universidade Federal Fluminense e pacientes do ambulatório de cirurgia oral e maxilofacial da Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

Os critérios de inclusão foram: adultos, de ambos os gêneros, entre 18 e 40 anos, com Grau geral de desvio vocal (G) igual a zero ou um avaliados por meio da escala GRBAS (Isshiki et al., 1969) realizada pela pesquisadora em entrevista inicial e análise ortodôntica baseada na Classificação de más oclusões de Angle (Classe I, Classe II Divisão 1 e Classe III) avaliada por um ortodontista.

Os critérios de exclusão foram: presença de mordida aberta anterior, posterior ou mista, mordida cruzada anterior ou posterior, ausências dentárias ou presença de dentes supernumerários, fissura palatina, tabagismo, processos inflamatórios ou alérgicos na região orofaríngea, presença de distúrbios de fala devido a razões não relacionadas à oclusão dentária, como danos no sistema nervoso central e impossibilidade de executar adequadamente as emissões. A pesquisadora colheu essas informações durante a entrevista inicial.

A análise perceptivo-auditiva da voz foi feita pela pesquisadora durante a entrevista inicial e, na etapa seguinte, as amostras de fala foram gravadas para serem analisadas por outra juíza fonoaudióloga, especialista em voz e em motricidade orofacial com larga experiência neste tipo de análise para confirmação de ausência de disfonia ou presença de alteração leve.

A avaliação da fonte glótica foi realizada por meio da Escala GRBAS (Isshiki et al., 1969) que engloba cinco parâmetros: G (*grade*) – grau geral da disfonia; R (*roughness*) – rugosidade, representada por rouquidão e aspereza; B (*breathiness*) – soprosidade; A (*astheny*) – astenia; S (*strain*) – tensão. A graduação utilizada foi: 0 - normal, 1- leve, 2 - moderado e 3 - extremo. Para esse estudo foi considerado apenas o parâmetro G igual a 0 (zero) ou 1 (um), tanto na avaliação inicial quando na segunda avaliação para confirmação.

A avaliação ortodôntica foi realizada por ortodontista docente da área e com larga experiência clínica que avaliou e classificou a oclusão dentária de acordo com a classificação de más oclusões de Angle (I, II Divisão 1 e III) (Angle, 1907; Moyers, 1991). Foram adotados os seguintes critérios: a) Apresentar má oclusão Classe I de Angle, sem mordida cruzada anterior ou posterior com

relação maxilo-mandibular equilibrada nas três dimensões do espaço, perfil harmônico e pequenas alterações de posicionamento dentário. Os participantes deveriam apresentar dimensões da cavidade oral compatíveis com oclusão normal; b) Apresentar má oclusão Classe II de Angle, Divisão 1, com o sulco mesio-vestibular dos primeiros molares permanentes inferiores posicionados posteriormente à cúspide mesio-vestibular dos primeiros molares superiores com *overjet* entre 4 e 7 milímetros, com média de 5 milímetros; c) Apresentar má oclusão Classe III de Angle com o sulco mesio-vestibular do primeiro molar inferior permanente posicionado anteriormente à cúspide mesio-bucal do primeiro molar permanente superior e *overjet* negativo acima de 3 milímetros.

Foi realizado cálculo amostral com objetivo inferencial de avaliar se existia diferença significativa na frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes entre grupos segundo gênero (masculino e feminino) e más oclusões (Classes I, II Divisão 1 e III de Angle) com auxílio do programa OpenEpi versão 3.01. (Dean AG, Sullivan KM, Soe MM. *OpenEpi: Open Source Epidemiologic Statistics for Public Health*, Versão 3.01, gratuito, disponível em: www.openepi.com).

O parâmetro definido para o cálculo amostral foi a frequência de F2 da vogal [i] em indivíduos do gênero feminino com más oclusões Classe I e Classe II de Angle, Divisão 1. Dentre as vogais anteriores, a vogal [i] foi escolhida por ser a vogal do português brasileiro que apresenta maior anteriorização da língua (maior F2) e posição alta de língua, portanto a vogal com maior potencial de diferenciação entre as más oclusões. Foi selecionado o gênero feminino por apresentar maior número de participantes no estudo piloto. Com base nisso,

considerando o nível de significância adotado de 5%, poder do teste estatístico de 80% e intervalo de confiança de 95% e as expectativas de médias de F2 no grupo com Classe I de Angle de 2767Hz (DP=126,12) e no grupo com Classe II de Angle, Divisão 1 de 2865 Hz (DP=73,63), obtidas no estudo piloto, o tamanho de amostra foi definido considerando o mínimo de 108 participantes, sendo 18 sujeitos em cada um dos seis grupos (três más oclusões estudadas e dois gêneros).

A amostra total foi composta por 160 adultos jovens entre 18 e 40 anos falantes do português brasileiro da cidade do Rio de Janeiro, que foram divididos de acordo com o gênero e classificação de Angle, com a seguinte distribuição: indivíduos com Classe I (n=80), Classe II, Divisão 1 (n=40) e Classe III (n=40) pareados por gênero.

4.2 PROCEDIMENTOS

Após a seleção da amostra foram realizados os seguintes procedimentos:

4.2.1 GRAVAÇÃO DAS AMOSTRAS DE FALA

As emissões foram gravadas em uma sala silenciosa, com utilização do *software* Praat, versão 6.0.16 (P. Boresma e D. Weenink, Universidade de Amsterdã, Holanda, gratuito, disponível em <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>), em mono canal, com uma taxa de amostragem de 22.050 Hz e em formato “wav”.

Um laptop HP Pavilion 14 (Hewlett-Packard, EUA) com processador Intel® Core i5-7200U, sistema operacional Windows 10, 8GB, HD 1TB e um microfone Shure SM 58 (Shure, EUA) foram utilizados para as gravações. A distância do microfone foi regulada a 10 cm dos lábios do participante, e a intensidade da voz durante as gravações foi controlada através da barra horizontal presente na janela *Sound Record* do software Praat. Nenhuma gravação excedeu a metade do volume dessa janela, permanecendo toda na área verde sem atingir as áreas amarela ou vermelha, o que indicaria aumento da intensidade da voz.

As amostras de fala foram obtidas a partir das gravações de sentenças-veículo: (“Fale____ para mim”), preenchidas com os vocábulos “pápa”, “pépe”, “pêpe”, “pípi”, “pópo”, “pôpo” e “púpu”. Os participantes leram as sentenças-veículo que estavam digitadas em uma folha numeradas de 1 a 7 em ordem sequencial pelas vogais. Cada frase veículo foi repetida quatro vezes, porém, em ordem aleatória. A pesquisadora solicitava o número da frase a ser repetido de forma a não manter a mesma sequência de repetição. Todas as emissões foram solicitadas em frequência e intensidade confortáveis.

4.2.2 AVALIAÇÃO ACÚSTICA

A avaliação acústica da fala e voz teve por base a metodologia testada em pesquisas anteriores (Viegas et al., 2010 a,b; Viegas et al., 2015).

A próxima etapa consistiu na seleção dos segmentos das sete vogais orais do português brasileiro em posição tônica para a estimação das medidas

de frequência fundamental e frequências dos formantes. Os segmentos das duas amostras mais estáveis das sete vogais orais do português brasileiro foram identificados a partir do traçado de LPC sobreposto em espectrogramas de banda larga. Em seguida, os dez milissegundos da porção intermediária de cada vogal foram selecionados (Figura 1).

Figura 1 - Exemplo de seleção dos 0,10 segundos centrais da vogal alvo para recorte

Esses segmentos foram cortados e salvos com extensão .wav. O estimador espectral utilizado foi o LPC. Foram obtidos 6.720 valores paramétricos, compostos por três parâmetros (F0, F1, F2) das sete vogais em duas amostras dos 160 indivíduos. Todos os recortes das vogais foram realizados pela mesma pesquisadora. Para estimação dos valores de F0, F1 e F2 foi utilizado um script criado com o software Praat já testado em pesquisas anteriores (Viegas et al, 2010 a,b; Viegas et al, 2015). Os valores obtidos através

do script foram transferidos para uma planilha de Excel (Microsoft®) e conferidos manualmente por outra pesquisadora.

Após esta etapa foram calculadas as médias entre as duas emissões de cada vogal para estimação do valor final. Para realizar os testes estatísticos, os valores médios das frequências foram considerados.

A seguir serão apresentadas algumas figuras ilustrativas com as posições das sete vogais orais do português brasileiro com sua representação no trato vocal e exemplos de distribuições dos dois primeiros formantes nas emissões das vogais (Figuras 2 a 9).

Fonte: Figura elaborada pela pesquisadora a partir da adaptação de: Gregio (2006) e Nájera et al. (2016)

Figura 2 – Representação do trapézio das vogais orais no trato vocal

Figura 3 - Exemplo da distribuição das frequências dos dois primeiros formantes durante a produção da vogal [a] por participante do gênero feminino com má oclusão Classe I de Angle

Figura 4 - Exemplo da distribuição das frequências dos dois primeiros formantes durante a produção da vogal [ɛ] por participante do gênero feminino com má oclusão Classe I de Angle

Figura 5 - Exemplo da distribuição das frequências dos dois primeiros formantes durante a produção da vogal [e] por participante do gênero feminino com má oclusão Classe I de Angle

Figura 6 - Exemplo da distribuição das frequências dos dois primeiros formantes durante a produção da vogal [i] por participante do gênero feminino com má oclusão Classe I de Angle

Figura 7 – Exemplo da distribuição das frequências dos dois primeiros formantes durante a produção da vogal [ɔ] por participante do gênero feminino com má oclusão Classe I de Angle

Figura 8 - Exemplo da distribuição das frequências dos dois primeiros formantes durante a produção da vogal [o] por participante do gênero feminino com má oclusão Classe I de Angle

Figura 9 - Exemplo da distribuição das frequências dos dois primeiros formantes durante a produção da vogal [u] por participante do gênero feminino com má oclusão Classe I de Angle

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística descritiva foi constituída por tabelas a partir dos dados observados, expressos pelas medidas de tendência central e de dispersão; gráficos de box plot foram utilizados para descrever as distribuições de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2).

Para verificar a normalidade da distribuição dos dados foi utilizado o teste não paramétrico Kolmogorov-Smirnov e foram observadas evidências que as variáveis apresentavam distribuição normal.

A análise inferencial para comparação da frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes entre os grupos foi realizada por meio

da análise de variância (ANOVA). O teste Post-Hoc de Tukey foi aplicado para identificar quais as más oclusões que se diferenciaram entre si em cada gênero. Os valores de p foram obtidos quando análise de variância apresentou diferenças estatisticamente significantes entre os grupos.

A análise estatística foi realizada com uso do Programa *Statistical Package for Social Sciences* para Windows (SPSS®, Inc. Chicago, Illinois, Chicago) e consideraram-se as medidas de tendência central média e desvio-padrão.

Para comparação das medidas de F0, F1 e F2 o nível de significância adotado para rejeição da hipótese nula (frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes não apresentariam diferenças) foi igual ou menor que 0,05 (5%). A hipótese alternativa foi que existiriam diferenças nestas medidas entre as três más oclusões estudadas.

5. RESULTADOS

Os resultados serão divididos por gênero.

5.1. Gênero Masculino

Os valores médios e desvios-padrões de frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes no gênero masculino são apresentados na Tabela 1.

Na Tabela 2 encontram-se os valores de p entre as comparações das medidas de frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes nas três más oclusões de Angle estudadas no gênero masculino. As medidas de frequência fundamental se diferenciaram entre as más oclusões Classes I e II Divisão 1 em cinco vogais [e, i, ɔ, o, u] e entre as Classes I e III em duas vogais [ɛ, e]. Os valores de F1 apresentaram distinções entre as Classes I e II Divisão 1 em três vogais [i, o, u] e entre as Classes I e III na vogal [i]. As diferenças entre as medidas de F2 foram notadas entre as Classes I e II Divisão 1 nas vogais [ɛ, e], entre as Classes I e III na vogal [i] e entre as Classes II e III houve diferença apenas na vogal [i].

Tabela 1 - Valores médios e desvios-padrões de frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes nas más oclusões Classes I, II Divisão 1 e III de Angle no gênero masculino

Parâmetros	Má oclusão		Má oclusão		Má oclusão	
	Classe I (n=40)		Classe II, Divisão 1		Classe III (n=20)	
	(n=20)					
	Média (Hz)	Desvio - padrão	Média (Hz)	Desvio - padrão	Média (Hz)	Desvio - padrão
F0 [a]	116	14,12	123	12,48	123	15,28
F0 [ɛ]	117	15,20	125	12,99	129	15,72
F0 [e]	123	16,10	138	15,85	137	12,26
F0 [i]	131	18,62	146	18,39	142	20,10
F0 [ɔ]	119	15,16	131	15,59	126	13,15
F0 [o]	125	16,87	142	20,76	135	14,71
F0 [u]	136	21,69	154	24,24	146	17,35
F1 [a]	794	70,35	784	93,74	776	56,62
F1 [ɛ]	554	45,12	575	53,73	559	43,37
F1 [e]	358	31,83	347	32,66	347	28,74
F1 [i]	312	25,08	284	32,48	281	22,14
F1 [ɔ]	588	41,89	599	48,26	606	56,38
F1 [o]	422	30,02	385	33,37	407	37,12
F1 [u]	349	29,49	323	25,06	348	35,25
F2 [a]	1307	78,32	1318	89,15	1293	61,20
F2 [ɛ]	1946	114,86	1878	80,53	1889	108,81
F2 [e]	2203	175,07	2100	67,69	2237	165,18
F2 [i]	2236	144,33	2214	103,22	2371	195,43
F2 [ɔ]	898	67,17	886	49,70	866	72,73
F2 [o]	741	72,23	737	43,21	754	35,08
F2 [u]	717	41,80	693	45,89	704	60,15

Tabela 2 – Valores de p entre as comparações das medidas de frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes nas más oclusões Classes I, II Divisão I e III de Angle no gênero masculino

GÊNERO MASCULINO				
Parâmetros	Más oclusões Anova	Post-Hoc (Tukey) ^a		
		CI I X CI II	CI I X CI III	CI II X CI III
F0 [a]	0,158	-	-	-
F0 [ɛ]	0,010*	-	0,007*	-
F0 [e]	<0,001*	0,005*	0,002*	-
F0 [i]	0,017*	0,025*	-	-
F0 [ɔ]	0,022*	0,022*	-	-
F0 [o]	0,004*	0,005*	-	-
F0 [u]	0,001*	0,001*	-	-
F1 [a]	0,100	-	-	-
F1 [ɛ]	0,913	-	-	-
F1 [e]	0,323	-	-	-
F1 [i]	<0,001*	<0,001*	<0,001*	-
F1 [ɔ]	0,382	-	-	-
F1 [o]	<0,001*	<0,001*	-	-
F1 [u]	0,001*	0,001*	-	-
F2 [a]	0,820	-	-	-
F2 [ɛ]	0,001*	0,001*	-	-
F2 [e]	0,003*	0,011*	-	-
F2 [i]	0,001*	-	0,004*	0,002*
F2 [ɔ]	0,166	-	-	-
F2 [o]	0,181	-	-	-
F2 [u]	0,131	-	-	-

a. Os valores de p foram obtidos quando análise de variância apresentou diferenças estatisticamente significantes entre os grupos

* p valor < 0,05

Nas figuras 10 a 16 são apresentados gráficos de box plot de frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes das sete vogais orais no gênero masculino de acordo com a Classificação de Angle.

Legenda: I – Má oclusão Classe I de Angle; II – Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1), III – Má oclusão Classe III de Angle

Figura 10 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [a] no gênero masculino

Legenda: I – Má oclusão Classe I de Angle; II – Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1), III – Má oclusão Classe III de Angle

Figura 11 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [ɛ] no gênero masculino

Legenda: I – Má oclusão Classe I de Angle; II – Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1), III – Má oclusão Classe III de Angle

Figura 12 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [e] no gênero masculino

Legenda: I – Má oclusão Classe I de Angle; II – Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1), III – Má oclusão Classe III de Angle

Figura 13 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [i] no gênero masculino

Legenda: I – Má oclusão Classe I de Angle; II – Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1), III – Má oclusão Classe III de Angle

Figura 14 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [ɔ] no gênero masculino

Legenda: I – Má oclusão Classe I de Angle; II – Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1), III – Má oclusão Classe III de Angle

Figura 15 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [o] no gênero masculino

Legenda: I – Má oclusão Classe I de Angle; II – Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1), III – Má oclusão Classe III de Angle

Figura 16 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [u] no gênero masculino

As Figuras 17 a 19 demonstram diagramas das vogais que representam a disposição das vogais na cavidade oral nas três más oclusões estudadas. Estes diagramas foram obtidos a partir da inserção das médias de F1 e F2 no programa <http://www.adambaker.org/formant-chart/formant-chart.html>.

Legenda: ● Má oclusão Classe I de Angle; ● Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1)

Figura 17 - Diagrama de vogais representando as diferenças entre as médias de F1 e F2 de todas as vogais orais do português brasileiro em homens com más oclusões Classes I e II Divisão 1 de Angle

Legenda: ● Má oclusão Classe I de Angle; ● Má oclusão Classe III de Angle

Figura 18 - Diagrama de vogais representando as diferenças entre as médias de F1 e F2 de todas as vogais orais do português brasileiro em homens com más oclusões Classes I e III de Angle

Legenda: ● Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1); ● Má oclusão Classe III de Angle

19 - Diagrama de vogais representando as diferenças entre as médias de F1 e F2 de todas as vogais orais do português brasileiro em homens com más oclusões Classes II Divisão 1 e III de Angle

5.2 Gênero feminino

Os valores médios e desvios-padrões de frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes no gênero feminino são apresentados na Tabela 3.

Na Tabela 4 encontram-se os valores de p entre as comparações das medidas de frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes nas três más oclusões de Angle estudadas no gênero feminino. As medidas de frequência fundamental se diferenciaram entre as Classes I e II nas vogais [ɛ,e] e entre as Classes II e III na vogal [ɛ] . Os valores de F1 apresentaram distinções entre as Classes I e III na vogal [ɛ] no gênero feminino. As diferenças em F2 foram notadas entre as Classes I e II em três vogais [ɔ,o,u] e entre as Classes I e III em duas vogais [ɔ,u].

Tabela 3 - Valores médios e desvios-padrões de frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes nas más oclusões Classes I, II Divisão 1 e III no gênero feminino

Parâmetros	Má oclusão		Má oclusão		Má oclusão	
	Classe I (n=40)		Classe II Divisão I		Classe III (n=20)	
	Média	Desvio -	Média	Desvio -	Média	Desvio -
	(Hz)	padrão	(Hz)	padrão	(Hz)	padrão
F0 [a]	192	16,44	191	14,54	193	16,24
F0 [ɛ]	206	19,78	189	13,42	204	20,64
F0 [e]	210	19,06	198	12,83	210	16,32
F0 [i]	216	21,34	211	16,27	216	23,01
F0 [ɔ]	207	17,33	200	11,75	202	20,02
F0 [o]	211	18,96	209	13,17	210	18,39
F0 [u]	220	22,08	224	15,86	230	20,02
F1 [a]	940	16,44	965	106,03	971	81,38
F1 [ɛ]	593	62,82	631	54,66	647	64,25
F1 [e]	413	39,09	405	33,89	428	37,61
F1 [i]	306	37,84	296	54,53	309	28,68
F1 [ɔ]	652	46,35	679	94,24	677	66,02
F1 [o]	448	30,05	440	47,30	456	31,02
F1 [u]	416	36,90	398	62,69	410	35,59
F2 [a]	1585	143,93	1635	77,40	1574	119,58
F2 [ɛ]	2312	194,89	2302	102,01	2262	133,09
F2 [e]	2577	139,52	2576	119,54	2547	147,65
F2 [i]	2782	107,27	2775	122,58	2730	143,92
F2 [ɔ]	1107	67,96	1005	82,96	1009	88,20
F2 [o]	895	51,21	834	52,80	867	76,51
F2 [u]	814	90,36	718	77,63	729	69,27

Tabela 4 - Valores de p entre as comparações das medidas de frequência fundamental e frequências dos dois primeiros formantes nas más oclusões Classes I, II Divisão 1 e III no gênero feminino

GÊNERO FEMININO				
Parâmetros	Más oclusões	Post-Hoc (Tukey) ^a		
	ANOVA	CI I X CI II	CI I X CI III	CI II X CI III
F0 [a]	0,867	-	-	-
F0 [ɛ]	0,006*	0,006*	-	0,041*
F0 [e]	0,031*	0,036*	-	-
F0 [i]	0,653	-	-	-
F0 [ɔ]	0,265	-	-	-
F0 [o]	0,912	-	-	-
F0 [u]	0,192	-	-	-
F1 [a]	0,370	-	-	-
F1 [ɛ]	0,004*	-	0,005*	-
F1 [e]	0,160	-	-	-
F1 [i]	0,573	-	-	-
F1 [ɔ]	0,213	-	-	-
F1 [o]	0,344	-	-	-
F1 [u]	0,318	-	-	-
F2 [a]	0,277	-	-	-
F2 [ɛ]	0,528	-	-	-
F2 [e]	0,716	-	-	-
F2 [i]	0,283	-	-	-
F2 [ɔ]	<0,001*	<0,001*	<0,001*	-
F2 [o]	0,001*	0,001*	-	-
F2 [u]	<0,001*	<0,001*	0,001*	-

a. Os valores de p foram obtidos quando análise de variância apresentou diferenças estatisticamente significantes entre os grupos

* p valor < 0,05

Legenda: I – Má oclusão Classe I de Angle; II – Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1), III – Má oclusão Classe III de Angle

Figura 20 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [a] no gênero feminino

Legenda: I – Má oclusão Classe I de Angle; II – Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1), III – Má oclusão Classe III de Angle

Figura 21 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [ɛ] no gênero feminino

Legenda: I – Má oclusão Classe I de Angle; II – Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1), III – Má oclusão Classe III de Angle

Figura 22 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [e] no gênero feminino

Legenda: I – Má oclusão Classe I de Angle; II – Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1), III – Má oclusão Classe III de Angle

Figura 23 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [i] no gênero feminino

Legenda: I – Má oclusão Classe I de Angle; II – Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1), III – Má oclusão Classe III de Angle

Figura 24 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [ɔ] no gênero feminino

Legenda: I – Má oclusão Classe I de Angle; II – Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1), III – Má oclusão Classe III de Angle

Figura 25 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [o] no gênero feminino

Legenda: I – Má oclusão Classe I de Angle; II – Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1), III – Má oclusão Classe III de Angle

Figura 26 - Distribuição de frequência fundamental (F0) e frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) da vogal [u] no gênero feminino

As Figuras 27 a 29 demonstram diagramas das vogais que representam a disposição das vogais na cavidade oral más oclusões estudadas. Estes diagramas foram obtidos a partir da inserção das médias de F1 e F2 no programa <http://www.adambaker.org/formant-chart/formant-chart.html>.

Legenda: ● Má oclusão Classe I de Angle; ● Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1)

Figura 27 - Diagrama de vogais representando as diferenças entre as médias de F1 e F2 de todas as vogais orais do português brasileiro em mulheres com más oclusões Classes I e II Divisão 1 de Angle

Figura 28 - Diagrama de vogais representando as diferenças entre as médias de F1 e F2 de todas as vogais orais do português brasileiro em mulheres com más oclusões Classes I e III de Angle

Legenda: ● Má oclusão Classe II de Angle (Divisão 1); ● Má oclusão Classe III de Angle

Figura 29 - Diagrama de vogais representando as diferenças entre as médias de F1 e F2 de todas as vogais orais do português brasileiro em mulheres com más oclusões Classes II Divisão 1 e III de Angle

6. DISCUSSÃO

Alterações no sistema estomatognático, principalmente na oclusão dentária, podem ocasionar desequilíbrios e acarretar diversas alterações, dentre as quais destaca-se a fala (Johnson e Sandy, 1999, Martinelli et al., 2011, Jesus et al., 2014). A produção da voz igualmente pode ser influenciada pelos aspectos articulatórios devido à inter-relação entre articulação e fonação (Honda, 1983; Shaw et al., 2016; Titze e Palaparthi, 2016; Sundberg, 2018).

Diversas ferramentas podem ser utilizadas para investigar aspectos articulatórios e fonatórios, sendo a análise acústica um instrumento que permite detalhar essa inter-relação. Pesquisas que investigam parâmetros acústicos de vogais em indivíduos nas diferentes más oclusões de acordo com a classificação de Angle ainda são restritas, o que limita a discussão dos dados. Além disso, como esses estudos foram conduzidos basicamente em outros idiomas, não é possível a comparação entre eles uma vez que esses parâmetros são dependentes do idioma. Desta forma, para discussão dos dados é possível considerar apenas tendências semelhantes ou opostas.

6.1. Frequência fundamental e más oclusões de acordo com a classificação de Angle

No grupo masculino foram observadas diferenças nos valores de frequência fundamental entre as Classes I e II Divisão 1 nas vogais [e], [i], [o], [ɔ] e [u] e entre as Classes I e III nas vogais [ɛ] e [e], sendo todos os valores mais graves na Classe I.

As medidas mais agudas de frequência fundamental observadas em cinco vogais na Classe II Divisão 1 e em duas vogais na Classe III em relação à Classe I demonstram maior tensão longitudinal e velocidade mais rápida de vibração das pregas vocais (Sundberg, 2018). Ao buscar respostas fisiológicas para os fenômenos observados foi considerada a relação que existe entre o controle da frequência da voz e articulação das vogais (Honda, 1983), sendo que a onda sonora produzida na glote e modificada pelo trato vocal, apresenta um retorno de pressão que modifica o fluxo de ar glótico e o modo de vibração das pregas vocais (Titze e Palaparthi, 2016). Desta forma, a hipótese foi que medidas mais altas de frequência fundamental possam ter sido favorecidas pelas próprias condições anatômicas inerentes às Classes II Divisão 1 e III.

Na Classe II Divisão 1, frequentemente observa-se redução do espaço anteroposterior inferior, o que faz com que a língua possa apresentar postura com dorso elevado e ponta rebaixada (Coutinho et al., 2009). Assim, dorso de língua alto pode ocasionar uma elevação do complexo hioideo-laríngeo, o que explicaria frequências mais agudas nas vogais posteriores [o], [ɔ] e [u]. Nas vogais anteriores alta [i] e média-alta [e], uma possível justificativa para medidas mais agudas foi a presença de compensação da língua na tentativa de atingir os pontos articulatorios destes sons diante da protrusão da maxila, o que ocasionou maior tensão longitudinal das pregas vocais (Johnson e Sandy, 1999; Pinho e Pontes, 2008; Viegas et al., 2019a). De forma geral, a posição vertical da laringe tende a variar de acordo com a frequência de vibração das pregas vocais, sendo que quanto mais aguda estiver a voz, maior probabilidade de ocorrer elevação da laringe (Pinho e Pontes, 2008; Sundberg, 2018), embora essa relação não

seja constante e sistemática (Sunberg, 2018). Como no presente trabalho não utilizamos nenhum exame para verificar a posição da laringe, podemos apenas inferir que ela possa ter se elevado nos casos em que as medidas acústicas de F0 apresentaram-se mais agudas.

A magnitude da abertura da mandíbula demonstrou ser inversamente proporcional à média de frequência fundamental, ou seja, quanto menor a abertura maior o valor de frequência fundamental (Macari et al., 2017), o que pode se relacionar com maior elevação laríngea (Sundberg, 2018). Assim, ao se analisar os valores da medida que se correlaciona com a altura da língua e grau de abertura da mandíbula (frequência do primeiro formante), notou-se que os resultados apresentaram valores mais baixos em três vogais nos homens com Classe II Divisão 1. E, como estes dados apontam para postura de língua elevada e menor abertura da mandíbula, podem, em parte, também explicar valores mais altos de frequência fundamental nos homens com Classe II Divisão 1 na produção destas vogais.

As medidas de frequência fundamental mais agudas nos homens com Classe III em relação à Classe I nas vogais [ɛ] e [e] podem estar relacionadas à elevação do complexo hioideo laríngeo devido a ajustes musculares compensatórios da língua para atingir os pontos articulatorios destas vogais anteriores. De acordo com autores podem ocorrer diferentes posturas articulatorias para se adaptar funcionalmente a variações de anormalidades nas estruturas da cavidade oral (Johnson e Sandy, 1999; Leave et al., 2016; Sundberg, 2018).

Uma pesquisa que analisou medidas de frequência fundamental em homens com má oclusão Classe III de Angle não encontrou diferenças entre os grupos de estudo e controle (Xue et al., 2011). Em outra investigação a única distinção observada no grupo masculino foi medida mais grave de F0 na vogal [i] após cirurgia ortognática nos prognatas em relação ao grupo controle (Mishima et al., 2013). Assim, foi possível observar uma tendência divergente nos resultados destas pesquisas e os do presente estudo.

No grupo feminino, foram observados valores mais graves na má oclusão Classe II Divisão 1 em relação à má oclusão Classe I nas vogais anteriores [ɛ] e [e] e medidas mais agudas na má oclusão Classe III apenas na vogal [ɛ] quando comparada à Classe II Divisão 1.

Uma hipótese para valores mais graves apenas nas vogais anteriores média baixa [ɛ] e média alta [e] na má oclusão Classe II Divisão 1 seria que a redução do espaço anteroposterior inferior da cavidade oral junto com o aumento do *overjet* comumente apresentados neste tipo de desproporção maxilomandibular possam ter ocasionado ajustes na produção destes sons e contribuído para uma posição de laringe mais baixa e com menor velocidade de vibração das pregas vocais.

Na literatura é enfatizada a interrelação entre fonação e articulação, sendo que elas não funcionam de forma independente, tendo em vista que modificações na fonte glótica podem ser acompanhadas por modificações nos ajustes articulatórios (Sundberg, 2018).

Uma possível justificativa para as mulheres com má oclusão Classe III terem apresentado valores mais agudos de F0 na vogal média baixa [ɛ] em comparação com as com Classe II Divisão 1 pode ser o fato de que a protrusão mandibular pode teoricamente favorecer uma configuração de trato vocal com maior elevação laríngea durante a produção do som (Viegas et al., 2019 b).

6.2. Frequência dos dois primeiros formantes e más oclusões de acordo com a classificação de Angle

No gênero masculino, os resultados demonstraram médias de F1 mais altas na Classe I na vogal [i] quando comparadas às outras duas más oclusões estudadas e nas vogais [o] e [u] em relação à Classe II Divisão 1.

Como a frequência do primeiro formante é inversamente proporcional à altura da língua e ao grau de abertura da mandíbula, é possível inferir, por meio de uma correspondência acústico-articulatória que a língua apresentou uma posição mais alta e a mandíbula mais fechada na produção da vogal [i] nas Classes II e III em comparação à Classe I (Kent e Read, 2015; Barbosa e Madureira, 2015). Na má oclusão Classe II Divisão 1, uma possível justificativa para estes achados seria um ajuste articulatorio para compensar a protusão dos incisivos superiores e alterações no formato do palato (Jesus et al., 2014). Nos casos dos prognatas, esta elevação da língua na vogal [i] pode estar relacionada a compensações musculares diante da presença de *overjet* negativo, o que foi compatível com a anteriorização da língua demonstrada por valores mais altos de F2 na Classe III em relação à Classe I nesta vogal.

Medidas mais baixas das frequências de F1 nas vogais posteriores [o] e [u] nos indivíduos com má oclusão Classe II Divisão 1 podem ser atribuídas a compensações como elevação do dorso (Coutinho et al., 2009; Jesus et al., 2014) e abaixamento da ponta da língua (Coutinho et al., 2009) que frequentemente estão associados à redução do arco maxilar, atresia do palato e retrognatismo, que resultam em redução da área anteroposterior inferior da cavidade oral (Martinelli et al., 2011; Jesus et al., 2014).

No gênero feminino a única diferença encontrada em F1 foi na vogal [ɛ] que apresentou valor mais alto nas mulheres prognatas quando comparadas à Classe I. Ao realizar uma correspondência entre esta medida acústica e a articulação é possível inferir que a posição do complexo linguomandibular foi mais baixa nas mulheres com má oclusão Classe III em relação às com Classe I. Este resultado na vogal anterior média baixa pode ser justificado por algumas características anatômicas comuns nos casos de prognatismo, ou seja, mandíbula mais protrusa e larga, o que pode ocasionar postura de língua baixa e alargada. Estes dados encontram respaldo em outro estudo que refere que indivíduos com má oclusão Classe III frequentemente apresentam uma postura de língua habitualmente baixa e de certa forma flácida (Johnson e Sandy, 1999).

As diferenças de F2 no grupo masculino foram observadas entre as más oclusões Classe I e II Divisão 1 nas vogais [ɛ] e [e], sendo mais altas na Classe I, além de valores mais altos na vogal [i] na Classe III em relação aos outros tipos oclusais.

Valores mais baixos do segundo formante observados nas vogais anteriores [ɛ] e [e] nos participantes com má oclusão Classe II Divisão 1

permitem a inferência, por meio de uma correspondência acústico-articulatória (Villanueva et al., 2009; Barbosa e Madureira, 2015), que a língua apresentou postura mais posterior com consequente redução do espaço faríngeo neste grupo, em relação aos indivíduos com má oclusão Classe I. Uma hipótese para tais resultados seria que a redução do espaço intra oral causado por mandíbula retrognata (Jesus et al., 2014) limitaria o avanço da língua para atingir os pontos articulatorios destas vogais anteriores, o que resultou em uma compensação na produção de sons com constrição de língua em posição mais posterior.

Os valores mais altos de F2 na vogal [i] nos homens com má oclusão Classe III em comparação com as más oclusões Classe I e II Divisão 1 permitem a inferência de que a constrição da língua foi mais anterior nos prognatas. Ao buscar respostas anatômicas e fisiológicas para os fatos observados, uma possível justificativa para tais resultados seria uma adaptação da língua na produção desta vogal anterior com constrição dela no espaço formado entre a mandíbula e maxila devido ao *overjet* negativo observado nos indivíduos prognatas.

Ao estimar as frequências dos dois primeiros formantes do inglês americano em homem com má oclusão Classe II Divisão 1 e comparar com as medidas de outro estudo com indivíduos sem alterações ortodônticas (Peterson e Barney, 1952) os autores referiram que não foram encontradas diferenças consideráveis; no entanto, mencionam elevação da parte média da língua em direção ao palato na vogal [i] e elevação do dorso da língua na vogal [u]. Os autores referiram ainda maior valor da frequência do segundo formante na vogal [a], o que sugere postura mais anterior da constrição língua. Os resultados do

presente estudo demonstram tendência semelhante de postura de língua elevada nas vogais [i] e [u], no entanto, não foi observada anteriorização da língua na vogal [a] (Jesus et al., 2014).

No grupo feminino as distinções nas frequências de F2 foram observadas em todas as vogais posteriores, sendo mais altas na má oclusão Classe I em comparação à má oclusão Classe II Divisão 1 e nas vogais [ɔ] e [u] entre as Classes I e III, com medidas mais elevadas na Classe I.

Ao realizar uma correspondência entre os dados acústicos e articulatórios, foi possível a inferência de que a constrição do dorso da língua ocorreu em uma posição mais anterior na Classe I em comparação com os outros padrões oclusais. Uma provável justificativa seria que a redução do espaço anteroposterior inferior, além de estreitamento do arco maxilar comumente apresentados nos casos de má oclusão Classe II Divisão 1 possa ter favorecido uma posição mais posterior na produção destas vogais nas mulheres com protrusão maxilar. Nos casos de má oclusão Classe III de Angle, uma hipótese para tais achados seria uma adaptação na produção destas vogais em face da redução do eixo anteroposterior superior da cavidade oral além da presença de mordida cruzada, o que pode ter limitado o avanço da língua. Estas hipóteses encontram respaldo em estudos que referem a presença de diferentes ajustes articulatórios diante de alterações das estruturas orais (Johnson e Sandy, 1999, Xue et al., 2011, Jesus et al., 2014, Leave et al., 2016).

A capacidade de adaptação do trato vocal humano para fazer ajustes na produção da fala diante de alterações estruturais pode explicar em parte o número reduzido de diferenças nas frequências dos formantes entre os grupos

(Johnson e Sandy, 1999, Xue et al., 2011, Jesus et al., 2014). Isto pode ser atribuído ao fato de que indivíduos com más oclusões Classe II, Divisão 1 e Classe III usaram diferentes posturas articulatórias para adaptar funcionalmente a fala à sua configuração estrutural (Xue et al., 2011; Jesus et al., 2014). Esta afirmativa encontra respaldo em trabalhos que referiram que muitos indivíduos podem apresentar padrões de fala sem alterações mesmo diante de anormalidades na oclusão dentária, o que sugere o desenvolvimento de ajustes compensatórios (Johnson e Sandy, 1999, Leave et al., 2016).

Diferenças no trato vocal entre homens e mulheres são descritas na literatura. De acordo com Sundberg (2018), o trato vocal feminino não corresponde exatamente a um masculino em menor proporção, uma vez que também são apontadas distinções no comprimento das cavidades oral e faríngea entre os gêneros. Segundo o autor, a cavidade oral feminina corresponde a cerca de 85% do comprimento da masculina e a faringe apresenta correspondência de cerca de 77%. Contudo, Sundberg (2018) ressalta que estas distinções não se resumem a este aspecto, uma vez que pode existir o que o autor chamou de “dialetos de gênero”, nos quais homens e mulheres articulam a mesma vogal de forma distinta. Além disso, ressalta que devido à complexidade de ajustes que podem estar envolvidos na produção da fala, estas diferenças ainda não são conhecidas em sua totalidade.

Algumas limitações do estudo devem ser consideradas. A primeira consiste no fato de ter sido realizado um recorte transversal num determinado momento da emissão das vogais, no entanto, como a produção da fala é um processo complexo e dinâmico que envolve distintas áreas, novos estudos

poderão aprofundar estes resultados com enfoques em outros campos das ciências da fala, como por exemplo, a linguística. Em segundo lugar, não foram incluídas avaliações cefalométricas nem de tomografia pela impossibilidade de realização destas análises em todos os participantes da amostra estudada.

As hipóteses para diferenças encontradas neste estudo foram baseadas primordialmente nas correlações em termos anatômicos e fisiológicos no momento de emissão das vogais, contudo, outros profissionais da área de ciências da fala podem aprofundar esses dados em seus campos de conhecimento.

A análise de parâmetros acústicos de fala e voz permite a inferência da conformação dos articuladores e de aspectos da posição vertical da laringe (Kent e Read, 2015; Sundberg, 2018). Desta forma, a investigação destas medidas pode contribuir com o trabalho em conjunto entre fonoaudiólogos, otorrinolaringologistas, ortodontistas e cirurgiões bucomaxilofaciais no atendimento a pessoas com desproporções maxilo-mandibulares.

Uma das contribuições fonoaudiológicas para este trabalho interdisciplinar é a detecção precoce das compensações que estão sendo realizadas, o que permite direcionar um trabalho muscular e funcional mais específico, possibilitando o desenvolvimento de adaptações mais adequadas. Como exemplo, podemos citar que valores mais elevados da F0 podem indicar um ajuste de laringe elevado que pode ocasionar hiperfunção laríngea, com aumento de adução glótica (Pinho e Pontes, 2008; Freitas et al., 2016, Sundberg, 2018) . Esta sobrecarga na adução das pregas vocais pode ser um fator de risco para desenvolvimento de lesões benignas de laringe principalmente nas pessoas

que usam a voz como principal instrumento de trabalho. Portanto, o fortalecimento da musculatura orofacial e intrínseca e extrínseca da laringe pode contribuir para uma melhor adaptação funcional e também para evitar o aparecimento de alterações laríngeas secundárias. Ajustes musculares orofaciais mais adequados e funcionais podem auxiliar e até otimizar o tempo de tratamento ortodôntico. Podem ainda contribuir para uma recuperação pós cirurgia ortognática com menos dificuldades funcionais para os pacientes, ajudando assim a melhorar a qualidade de vida (Vorperian et al., 2015) na volta às atividades diárias e de trabalho.

A análise acústica de fala e voz é um recurso que faz parte da clínica e das pesquisas fonoaudiológicas há muitos anos. A inter-relação entre ortodontia e fonoaudiologia na área de motricidade orofacial igualmente, mas a contribuição da área de voz integrando essa atuação já preconizada apresenta-se como mais um caminho de contribuição. Portanto, a intersecção nestas áreas do conhecimento ainda é um campo de investigação frutífero para novos estudos. Ressalta-se uma vez mais que nenhuma medida isolada na clínica fonoaudiológica é suficiente para definir conduta, contudo o conjunto de informações que estes dados representam pode auxiliar o clínico a tomar melhores decisões.

7. CONCLUSÃO

A investigação das mensurações de F0, F1 e F2 demonstrou diferenças mais predominantes no gênero masculino, especialmente entre as más oclusões Classes I e II Divisão 1 e entre as Classes I e III. As vogais que apresentaram distinções mais frequentes foram a [i] entre os homens e a [ɛ] entre as mulheres. O parâmetro que mais se diferenciou foi a F0 entre as más oclusões Classes I e II Divisão 1 nos homens, sendo os valores mais agudos em cinco vogais no grupo com Classe II Divisão 1. No grupo masculino, as frequências dos formantes se diferenciaram entre as más oclusões Classe I e Classe II Divisão 1 em F1 nas vogais [i], [o] e [u] e em F2 nas vogais [ɛ] e [e] e entre as más oclusões Classes I e III em F1 e F2 e entre as más oclusões Classes II Divisão I e III em F2 apenas na vogal [i]. No gênero feminino, as distinções nos formantes foram observadas em F2 das vogais [ɔ], [o] e [u] entre as más oclusões Classe I e II Divisão 1 e em F1 na vogal [ɛ] e F2 nas vogais [ɔ] e [u] entre as más oclusões Classe I e III de Angle. Os achados da presente pesquisa apontam para uma provável capacidade de adaptação do trato vocal humano para fazer ajustes na produção da fala diante de alterações estruturais do complexo maxilo-mandibular. E, as medidas de frequência fundamental mais elevadas especialmente nos homens na má oclusão Classe II Divisão 1 chamam atenção dos especialistas em relação ao aumento da tensão na vibração das pregas vocais e possível elevação da laringe como forma de compensar a alteração maxilo-mandibular. Desta forma, ressalta-se a importância da inclusão da investigação de parâmetros de voz nos protocolos de avaliação fonoaudiológica no atendimento a estes indivíduos e reforça-se a necessidade de uma abordagem multi e interdisciplinar.

8. ANEXOS

ANEXO A

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO - FMUSP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Frequência fundamental e frequências dos quatro primeiros formantes em vozes de adultos de acordo com as classes ortodônticas

Pesquisador: NAIR KATIA NEMR

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 55764616.5.0000.0065

Instituição Proponente: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.540.289

Apresentação do Projeto:

O presente projeto encontra-se bem elaborado e organizado, abordando tema de interesse para a área de Fonoaudiologia e tendo como objetivo primário investigar a frequência fundamental e as frequências dos quatro primeiros formantes das sete vogais orais da língua portuguesa falada no Brasil em mulheres e homens, de acordo com as classes ortodônticas de Angle.

Para tanto serão avaliados 294 indivíduos (147 homens e 147 mulheres - alunos dos cursos de graduação em fonoaudiologia, odontologia e biomedicina do Instituto de Saúde de Nova Friburgo da Universidade Federal Fluminense - RJ), considerando os seguintes critérios de inclusão: idade entre 20 e 40 anos, falantes nativos do português brasileiro das cidades do Rio de Janeiro e Nova Friburgo (RJ), não profissionais da voz, não fumantes e sem história de distúrbios respiratórios ou vocais.

Serão utilizados os seguintes instrumentos de avaliação: a) avaliação miofuncional oral: Protocolo AMIOFE-E; b) Avaliação perceptivo-auditiva da voz: Escala GRBAS e Adaptação de protocolo de avaliação do sistema ressonantal; c) Avaliação ortodôntica: baseada na Classificação de Angle e d) Avaliação vocal acústica: software Praat.

Os participantes serão divididos em grupos de acordo com as classes ortodônticas e sexo.

A análise estatística utilizará o software SAS® System.

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36
Bairro: PACAEMBU **CEP:** 01.246-903
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3893-4401 **E-mail:** cep.fm@usp.br

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO - FMUSP

Continuação do Parecer: 1.540.289

Para comparação da frequência fundamental e frequências dos quatro primeiros formantes entre dois subgrupos será utilizado o teste de t de Student para amostras independentes ou o teste correspondente não paramétrico Mann-Whitney; e entre três ou mais subgrupos será aplicada a ANOVA one-way ou teste de Kruskal-Wallis (não paramétrico). Os testes de comparações múltiplas de Tukey ou de Dunn (não paramétrico) serão aplicados para identificar quais os subgrupos que diferem significativamente entre si. A normalidade das medidas será avaliada pelo teste de Shapiro-Wilks e pela análise gráfica da distribuição. O critério de determinação de significância adotado será o nível de 5%.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo primário da presente pesquisa é investigar a frequência fundamental e as frequências dos quatro primeiros formantes das sete vogais orais da língua portuguesa falada no Brasil em mulheres e homens de acordo com as classes ortodônticas de Angle.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos oferecidos são mínimos.

Quanto aos benefícios, espera-se com esta pesquisa verificar se há a necessidade de considerar especificidades das classes ortodônticas ao se analisar e tratar os distúrbios da voz.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um projeto de doutorado que tem como objetivo investigar a frequência fundamental e as frequências dos quatro primeiros formantes das sete vogais orais da língua portuguesa falada no Brasil em mulheres e homens, de acordo com as classes ortodônticas de Angle.

Para tanto será realizado um estudo transversal descritivo, composto por 294 indivíduos (147 homens e 147 mulheres), considerando os seguintes critérios de inclusão: idade entre 20 e 40 anos, falantes nativos do português brasileiro das cidades do Rio de Janeiro e Nova Friburgo (RJ), não profissionais da voz, não fumantes e sem história de distúrbios respiratórios ou vocais.

Serão utilizados os seguintes instrumentos de avaliação: a) avaliação miofuncional oral: Protocolo AMIOFE-E; b) Avaliação perceptivo-auditiva da voz: Escala GRBAS e Adaptação de protocolo de avaliação do sistema ressonantal; c) Avaliação ortodôntica: baseada na Classificação de Angle e d) Avaliação vocal acústica: software Praat.

Os participantes serão divididos em grupos de acordo com as classes ortodônticas e sexo, sendo que a comparação da frequência fundamental e das frequências dos quatro primeiros formantes entre os grupos será realizada por meio de testes estatísticos apropriados.

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36

Bairro: PACAEMBU

CEP: 01.246-903

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3893-4401

E-mail: cep.fm@usp.br

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO - FMUSP

Continuação do Parecer: 1.540.289

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória encontram-se adequados (termo de consentimento livre e esclarecido e anuência da Instituição onde os dados serão coletados - Faculdade de Odontologia do Campus Universitário de Nova Friburgo da Universidade Federal Fluminense).

Recomendações:

Nada a declarar.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Considero o presente projeto aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_662504.pdf	04/05/2016 10:53:29		Aceito
Outros	AnexoII_FlaviaViegas.pdf	04/05/2016 10:52:49	NAIR KATIA NEMR	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto_FlaviaViegas.pdf	04/05/2016 10:51:44	NAIR KATIA NEMR	Aceito
Outros	Anuencia.jpg	26/04/2016 10:54:51	NAIR KATIA NEMR	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_FlaviaViegas_Formantes.docx	26/04/2016 10:53:12	NAIR KATIA NEMR	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_FlaviaViegas_Formantes1.docx	26/04/2016 10:52:54	NAIR KATIA NEMR	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36

Bairro: PACAEMBU

CEP: 01.246-903

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3893-4401

E-mail: cep.fm@usp.br

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO - FMUSP

Continuação do Parecer: 1.540.289

SAO PAULO, 11 de Maio de 2016

Assinado por:
Maria Aparecida Azevedo Koike Folgueira
(Coordenador)

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36
Bairro: PACAEMBU **CEP:** 01.246-903
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3893-4401 **E-mail:** cep.fm@usp.br

ANEXO B

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL
FLUMINENSE/ FM/ UFF/ HU

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Frequência fundamental e frequências dos quatro primeiros formantes em vozes de adultos de acordo com as classes ortodônticas

Pesquisador: NAIR KATIA NEMR

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 55764616.5.3001.5243

Instituição Proponente: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.585.551

Apresentação do Projeto:

Os métodos de investigação acústica da fala e voz são considerados importantes ferramentas de auxílio para os estudos da fala, voz e seus transtornos. Este tipo de avaliação geralmente não invasiva e de rápido registro permite que os resultados das gravações possam ser ouvidos e estudados quantas vezes forem necessárias. Embora possam apresentar algumas limitações, os avanços metodológicos e tecnológicos têm contribuído para o aumento da confiança e validade deste tipo de análise. Assim, o objetivo deste protocolo de pesquisa de Doutorado em Fonoaudiologia da FM-USP constitui-se de um estudo transversal, descritivo, observacional envolvendo amostra de 147 homens e 147 mulheres de acordo com os seguintes critérios de inclusão: Idade entre 20 e 40 anos, falantes nativos do português brasileiro das cidades do Rio de Janeiro e Nova Friburgo (RJ), alunos dos cursos de graduação em fonoaudiologia, odontologia e biomedicina do Instituto de Saúde de Nova Friburgo da Universidade Federal Fluminense (RJ). não profissionais da voz, não fumantes e sem história de distúrbios respiratórios ou vocais e que na pré-seleção atenderem aos critérios estabelecidos para essa pesquisa em relação as avaliações orofacial, vocal e ortodôntica. Os critérios de exclusão são: presença de mordida aberta anterior, posterior ou mista superior a 2 mm, alterações das estruturas orofaciais que recebam grau (2) ou (1) no Protocolo Orofacial e desvios da qualidade vocal com grau geral maior que zero do

Endereço: Rua Marquês de Paraná, 303 4º Andar
Bairro: Centro **CEP:** 24.030-210
UF: RJ **Município:** NITERÓI
Telefone: (21)2629-9189 **Fax:** (21)2629-9189 **E-mail:** etica@vm.uff.br

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL
FLUMINENSE/ FM/ UFF/ HU

Continuação do Parecer: 1.585.551

parâmetro "grade" da Escala GRBAS. ETAPA 1 – PRÉ SELEÇÃO: Os indivíduos que atenderem os critérios de inclusão seguirão para realização das seguintes avaliações: a) Avaliação das estruturas orofaciais: Será utilizada parte do Protocolo AMIOFE-E, considerando os aspectos que podem interferir na configuração dos formantes. b) A avaliação perceptivo-auditiva da voz: I) Fonte glótica: Através da Escala GRBAS e serão incluídos os indivíduos que apresentarem o parâmetro G (Grade) igual à zero. II) Ressonância: Será utilizada uma Avaliação do Sistema Ressonantal adaptada de Pinho. O tipo de ressonância será utilizado para comparação entre os grupos como uma das variáveis consideradas no estudo. c) Na avaliação ortodôntica os indivíduos serão distribuídos em seis grupos de acordo com as Classes de Angle (I, II e III) e sexo. ETAPA 2 - Avaliação acústica da voz. Os sinais de fala serão obtidos a partir das gravações de sentenças-veículo: ("Fale ____ para mim"), que serão preenchidas com os vocábulos "pápa", "pépe", "pêpe", "pípi", "pópo", "pôpo" e "púpu" e serão gravadas em uma sala silenciosa, através do software Praat, versão 5419, em mono canal, com uma taxa de amostragem de 22.050 Hz e em formato "wav". Serão utilizados um notebook marca HP (HP, Brasil), com sistema operacional Windows 8 e um microfone unidirecional e cardioide da marca SHURE, modelo SM 58 (SHURE, EUA), posicionado a distância de 10 cm dos lábios do indivíduo. ANÁLISE DOS DADOS: A seleção, o recorte e o processamento dos sinais serão realizados com o auxílio do software Praat. A análise estatística descritiva apresentará na forma de tabelas os dados observados, expressos pelas medidas de tendência central e de dispersão. A análise inferencial para comparação da f0 e frequências dos quatro primeiros formantes entre dois subgrupos será composta pelo teste de t de Student para amostras independentes ou o correspondente não paramétrico Mann-Whitney; e entre três ou mais subgrupos será aplicada a ANOVA one-way ou de Kruskal-Wallis (não paramétrica). Os testes de comparações múltiplas de Tukey ou de Dunn (não paramétrico) serão aplicados para identificar quais os subgrupos que diferem significativamente entre si. A normalidade das medidas será avaliada pelo teste de Shapiro-Wilks e pela análise gráfica da distribuição. O critério de determinação de significância adotado será o nível de 5%. A análise estatística será processada pelo software estatístico SAS® System, versão 6.11.

Objetivo da Pesquisa:

Investigar a frequência fundamental e as frequências dos quatro primeiros formantes das sete vogais orais da língua portuguesa falada no Brasil em mulheres e homens de acordo com as classes ortodônticas de Angle.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo a pesquisadora, os riscos são mínimos, podendo haver algum desconforto apenas.

Endereço: Rua Marquês de Paraná, 303 4º Andar
Bairro: Centro **CEP:** 24.030-210
UF: RJ **Município:** NITERÓI
Telefone: (21)2629-9189 **Fax:** (21)2629-9189 **E-mail:** etica@vm.uff.br

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL
FLUMINENSE/ FM/ UFF/ HU

Continuação do Parecer: 1.585.551

Quanto aos benefícios, estariam relacionados às aplicações clínicas na medida em que se observe a necessidade de considerar especificidades das classes ortodônticas ao se analisar e tratar distúrbios da voz.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante, bem fundamentada e com metodologia adequada que irá contemplar os objetivos propostos. O binômio risco/benefício está adequado assim como os critérios de inclusão/seleção da amostra. O cronograma encontra-se atualizado e a pesquisa apresenta financiamento próprio. No entanto, foram observados alguns aspectos que sugerimos serem observados pela pesquisadora: 1) Recomenda-se que seja incluído na equipe da pesquisa o ortodontista responsável pelos exames; 2) Em que local serão feitas as avaliações? Na FO de Nova Friburgo? Favor especificar; 3) A autora incluiu a cidade do Rio de Janeiro mas não especificou em que local do RJ, tendo citado apenas o Instituto de Saúde de Nova Friburgo da Universidade Federal Fluminense, sugere-se a inclusão dos locais e a obtenção dos termos de anuência dos mesmos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A Folha de rosto encontra-se apenas com o carimbo e assinatura da Professora Chefe do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional e não pelo Diretor da Instituição Proponente (Faculdade de Medicina da USP). Também não consta o CPF do responsável. No TCLE, consta apenas telefone e endereço de São Paulo e como a pesquisa será realizada no RJ e em Nova Friburgo, recomenda-se que sejam incluídos os telefones da pesquisadora Flávia e do CEP UFF. Foi incluído apenas o Termo de Anuência do Diretor da Faculdade de Odontologia da UFF-Polo Universitário de Nova Friburgo, no entanto serão recrutados alunos também da graduação de fonoaudiologia e biomedicina. Os exames serão feitos na FO de Nova Friburgo? Seriam necessários estes ajustes nos termos de apresentação obrigatória.

Recomendações:

Como a UFF é a instituição co-participante, não é possível incluir pendências neste Parecer, no entanto, esta relatoria sugere algumas recomendações a serem incluídas no presente projeto, a saber: 1) Incluir na equipe da pesquisa, o ortodontista responsável pelos exames; 2) Especificar em que local serão feitas as avaliações; 3) A autora incluiu a cidade do Rio de Janeiro mas não especificou em que local do RJ, tendo citado apenas o Instituto de Saúde de Nova Friburgo da Universidade Federal Fluminense, sugere-se a inclusão dos locais e a obtenção dos termos de anuência dos mesmos para a realização da pesquisa, já que serão recrutados voluntários de outros cursos de graduação e não apenas de Odontologia; 4) Corrigir alguns erros de português do TCLE

Endereço: Rua Marquês de Paraná, 303 4º Andar
Bairro: Centro CEP: 24.030-210
UF: RJ Município: NITEROI
Telefone: (21)2629-9189 Fax: (21)2629-9189 E-mail: etica@vm.uff.br

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL
FLUMINENSE/ FM/ UFF/ HU

Continuação do Parecer: 1.585.551

e incluir telefones de contato do Estado do Rio de Janeiro e do CEP-UFF e não apenas de SP, já que a amostra é toda proveniente do RJ e Nova Friburgo; 5) Caso as avaliações sejam realizadas em outro local que não a faculdade de odontologia de Nova Friburgo, incluir os termos de anuência necessários; 6) Na Folha de Rosto, o responsável é o diretor da Faculdade de Medicina da USP que é a instituição proponente e este que deveria ter assinado a mesma e não o Chefe de Departamento, além disso, está faltando incluir o nome completo e o CPF do responsável.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado, pois a metodologia do projeto está adequada e irá contemplar os objetivos propostos, mas sugere-se recomendações.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_662504.pdf	04/05/2016 10:53:29		Aceito
Outros	AnexoII_FlaviaViegas.pdf	04/05/2016 10:52:49	NAIR KATIA NEMR	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto_FlaviaViegas.pdf	04/05/2016 10:51:44	NAIR KATIA NEMR	Aceito
Outros	Anuencia.jpg	26/04/2016 10:54:51	NAIR KATIA NEMR	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_FlaviaViegas_Formantes.docx	26/04/2016 10:53:12	NAIR KATIA NEMR	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_FlaviaViegas_Formantes1.docx	26/04/2016 10:52:54	NAIR KATIA NEMR	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Marquês de Paraná, 303 4º Andar
Bairro: Centro **CEP:** 24.030-210
UF: RJ **Município:** NITERÓI
Telefone: (21)2629-9189 **Fax:** (21)2629-9189 **E-mail:** etica@vm.uff.br

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL
FLUMINENSE/ FM/ UFF/ HU

Continuação do Parecer: 1.585.551

NITEROI, 06 de Junho de 2016

Assinado por:
ROSANGELA ARRABAL THOMAZ
(Coordenador)

Endereço: Rua Marquês de Paraná, 303 4º Andar
Bairro: Centro **CEP:** 24.030-210
UF: RJ **Município:** NITEROI
Telefone: (21)2629-9189 **Fax:** (21)2629-9189 **E-mail:** etica@vm.uff.br

ANEXO C

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Frequência fundamental e frequências dos quatro primeiros formantes em vozes de adultos de acordo com as classes ortodônticas

Pesquisador: NAIR KATIA NEMR

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 55764616.5.3003.5259

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia da UERJ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.970.056

Apresentação do Projeto:

Objetivo: investigar a frequência fundamental e as frequências dos quatro primeiros formantes das sete vogais orais da língua portuguesa falada no

Brasil em mulheres e homens de acordo com as classes ortodônticas de Angle. **Métodos:** estudo transversal descritivo, composto por 147 homens e

147 mulheres de acordo com os seguintes critérios de inclusão: Idade entre 20 e 40 anos, falantes nativos do português brasileiro das cidades do

Rio de Janeiro e Nova Friburgo (RJ), não profissionais da voz, não fumantes e sem história de distúrbios respiratórios ou vocais. Serão utilizados os

seguintes instrumentos de avaliação: a) Orofacial: Protocolo AMIOFE-E; b) Avaliação perceptivo-auditiva da voz: Escala GRBAS e Adaptação de

protocolo de avaliação do sistema ressonantal; c) Avaliação ortodôntica: baseada na Classificação de Angle e d) Avaliação acústica: software Praat.

Os participantes serão divididos em grupos de acordo com as classes ortodônticas e sexo. A análise estatística utilizará o software SAS® System.

Para comparação da frequência fundamental e frequências dos quatro primeiros formantes entre dois subgrupos será composta pelo teste de t de

Student para amostras independentes ou o correspondente não paramétrico Mann-Whitney; e entre três ou mais subgrupos será aplicada a ANOVA

Endereço: Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo

Bairro: Vila Isabel

CEP: 20.551-030

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)2868-8253

E-mail: cep.hupe.interno@gmail.com

Continuação do Parecer: 2.970.056

one-way ou de Kruskal-Wallis (não paramétrica). Os testes de comparações múltiplas de Tukey ou de Dunn (não paramétrico) serão aplicados para identificar quais os subgrupos que diferem significativamente entre si. A normalidade das medidas será avaliada pelo teste de Shapiro-Wilks e pela análise gráfica da distribuição. O critério de determinação de significância adotado será o nível de 5%.

Objetivo da Pesquisa:

investigar a frequência fundamental e as frequências dos quatro primeiros formantes das sete vogais orais da língua portuguesa falada no Brasil em mulheres e homens de acordo com as classes ortodônticas de Angle.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Resolução 466/2012, homologada pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS) do Ministério da Saúde, considera-se que toda e qualquer pesquisa que envolva seres humanos na dimensão da saúde, envolva riscos aos participantes. Nossa pesquisa enquadra-se no que a literatura considera de riscos mínimos, pois não executará nenhum tipo de intervenção medicamentosa, invasiva ou manipulativa, nem nenhum tipo de modificação intencional nas variáveis fisiológicas ou psicológicas aos indivíduos que participam do estudo. Em nosso caso aplicaremos entrevista semiestruturada em que o participante poderá negar-se a responder qualquer pergunta em que não se sinta à vontade para responder. Contudo, não se extinguirá a possibilidade de danos à dimensão psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual do ser humano, em qualquer fase de uma pesquisa e dela recorrente. Nesse caso, o pesquisador se submeterá a legislação civil dos pais, no que verse sobre assunto, incluso aos ressarcimentos de qualquer natureza, quando previsto na lei.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

estudo transversal descritivo, composto por 147 homens e 147 mulheres de acordo com os seguintes critérios de inclusão: Idade entre 20 e 40 anos, falantes nativos do português brasileiro das cidades do Rio de Janeiro e Nova Friburgo (RJ), não profissionais da voz, não fumantes e sem história de distúrbios respiratórios ou vocais. Serão utilizados os seguintes instrumentos de avaliação: a) Orofacial: Protocolo AMIOFE-E; b) Avaliação perceptivo-auditiva da voz: Escala GRBAS e Adaptação de protocolo de avaliação do sistema ressonantal; c) Avaliação ortodôntica: baseada na

Endereço: Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo
Bairro: Vila Isabel **CEP:** 20.551-030
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2868-8253 **E-mail:** cep.hupe.interno@gmail.com

Continuação do Parecer: 2.970.056

Classificação de Angle e d) Avaliação acústica: software Praat. Os participantes serão divididos em grupos de acordo com as classes ortodônticas e sexo. A análise estatística utilizará o software SAS® System. Para comparação da frequência fundamental e frequências dos quatro primeiros formantes entre dois subgrupos será composta pelo teste de t de Student para amostras independentes ou o correspondente não paramétrico Mann-Whitney; e entre três ou mais subgrupos será aplicada a ANOVA one-way ou de Kruskal-Wallis (não paramétrica). Os testes de comparações múltiplas de Tukey ou de Dunn (não paramétrico) serão aplicados para identificar quais os subgrupos que diferem significativamente entre si. A normalidade das medidas será avaliada pelo teste de Shapiro-Wilks e pela análise gráfica da distribuição. O critério de determinação de significância adotado será o nível de 5%.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A pesquisa está bem estruturada e o referencial teórico e metodológico estão explicitados, demonstrando aprofundamento e conhecimento necessários para sua realização. As referências estão adequadas e a pesquisa é exequível. Foram avaliadas as informações contidas na Plataforma Brasil e as mesmas se encontram dentro das normas vigentes e sem riscos eminentes aos participantes envolvidos de pesquisa.

Recomendações:

Não há

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto pode ser realizado da forma como está apresentado. Diante do exposto e à luz da Resolução CNS nº466/2012, o projeto pode ser enquadrado na categoria – APROVADO.

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente, o CEP recomenda ao Pesquisador: Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e no termo de consentimento livre e esclarecido, para análise das mudanças; Informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa; O Comitê de Ética solicita a V. S^a., que encaminhe relatórios parciais de andamento a cada 06 (seis) Meses da pesquisa e ao término, encaminhe a esta comissão um sumário dos resultados do projeto; Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.

Endereço: Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo
Bairro: Vila Isabel **CEP:** 20.551-030
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2868-8253 **E-mail:** cep.hupe.interno@gmail.com

Continuação do Parecer: 2.970.056

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Outros	TermoAnuencia_BUCOMAXILO_UERJ.pdf	13/08/2018 14:42:58	NAIR KATIA NEMR	Aceito
Outros	TermoAnuencia_UFRJ.jpg	13/08/2018 14:42:21	NAIR KATIA NEMR	Aceito
Outros	AnexoII_FlaviaViegas.pdf	04/05/2016 10:52:49	NAIR KATIA NEMR	Aceito
Outros	Anuencia.jpg	26/04/2016 10:54:51	NAIR KATIA NEMR	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_FlaviaViegas_Formantes.docx	26/04/2016 10:53:12	NAIR KATIA NEMR	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_FlaviaViegas_Formantes1.docx	26/04/2016 10:52:54	NAIR KATIA NEMR	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 18 de Outubro de 2018

Assinado por:
DENIZAR VIANNA ARAÚJO
(Coordenador(a))

Endereço: Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo
Bairro: Vila Isabel **CEP:** 20.551-030
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2868-8253 **E-mail:** cep.hupe.interno@gmail.com

ANEXO D

APROVAÇÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 11/05/2016, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº 144/16 intitulado: "**FREQUÊNCIA FUNDAMENTAL E FREQUÊNCIAS DOS QUATRO PRIMEIROS FORMANTES EM VOZES DE ADULTOS DE ACORDO COM AS CLASSES ORTODÔNTICAS**" apresentado pelo Departamento de FISIOTERAPIA, FONOAUDIOLOGIA E TERAPIA OCUPACIONAL

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP-FMUSP, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466/12, inciso IX.2, letra "c").

Pesquisador (a) Responsável: Profa Dra Nair Katia Nemr

Pesquisador (a) Executante: Flávia Viegas de Andrade Trinas

CEP-FMUSP, 11 de Maio de 2016.

Prof. Dra. Maria Aparecida Azevedo Koike Folgueira
Coordenador
Comitê de Ética em Pesquisa

ANEXO E**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

DADOS DA PESQUISA

Título da pesquisa: Frequência fundamental e frequências dos quatro primeiros formantes em vozes de adultos de acordo com as classes ortodônticas

Pesquisador principal: Profa Dra Nair Katia Nemr

Departamento: Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar dessa pesquisa que tem como objetivo investigar a frequência fundamental e as frequências dos quatro primeiros formantes das sete vogais orais da língua portuguesa falada no Brasil em mulheres e homens de acordo com as classes ortodônticas de Angle.

Para isso será necessário que o Sr. (a) responda um pequeno questionário com seus dados pessoais e algumas informações. Em seguida, o Sr. (a) terá sua voz gravada com auxílio de microfone e notebook. Após estas etapas, um dentista irá lhe fazer uma avaliação da posição dos dentes e posteriormente sua voz será analisada para obtenção das medidas objeto deste estudo. Ressaltamos que não haverá riscos com essas avaliações e gravação da voz, podendo haver algum desconforto apenas.

Sua participação irá possibilitar que sejam investigadas as medidas de frequência fundamental e frequência dos quatro primeiros formantes e isto pode servir de base comparação com pessoas com distúrbios das estruturas da boca e rosto que afetem estes parâmetros.

É garantida a liberdade da retirada de seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo sem qualquer prejuízo ao (a) senhor (a). As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros participantes, não sendo divulgada a identificação de nenhum participante.

Sua participação nesta pesquisa não envolve despesas pessoais e também não há qualquer compensação financeira relacionada a esta participação.

Em qualquer etapa do estudo o (a) Sr. (a) terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é Profa Dra Nair Katia Nemr, que pode ser encontrada no endereço: Rua Cipotânea, 51 – Cidade Universitária, São Paulo, SP; telefone 11 30917455, e-mail knemr@usp.br. Se houver a necessidade de alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de

Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (CEP-FMUSP): **Av. Dr. Arnaldo, 251 - Cerqueira César - São Paulo - SP -21º andar – sala 36- CEP: 01246-000**
Tel: (11) 3893-4401/4407 E-mail: cep.fm@usp.br

Fui suficientemente informado a respeito do estudo “Frequência fundamental e frequências dos quatro primeiros formantes em vozes de adultos de acordo com as classes ortodônticas”.

Eu discuti as informações acima com o pesquisador responsável, Profa Dra Nair Kátia Nemr ou pesquisadora executante Profa. Doutoranda Flávia Viegas (flviegas@usp.br), telefone: (21) 9.8786-8148, sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim os objetivos, os procedimentos, os potenciais desconfortos e riscos e as garantias. Concordo voluntariamente em participar deste estudo, assino este termo de consentimento e recebo uma via rubricada pelo pesquisador.

Nome: _____

Assinatura do participante

Data ____ / ____ / ____

Assinatura do responsável pelo estudo

Data ____ / ____ / ____

9. REFERÊNCIAS

- Ahn J, Kim G, Kim, YH, Hong J. Acoustic analysis of vowel sounds before and after orthognathic surgery. *J Craniomaxillofac Surg*, 2015;43(1): 11-6.
- Angle E. Treatment of malocclusion of the teeth. 7th ed, Philadelphia:SSW, 1907.
- Barbosa PA, Madureira S. Manual de Fonética Acústica Experimental. São Paulo: Cortez; 2015.
- Coutinho TA, Abath MB, Campos GJL, Antunes AA, Carvalho RWF. Adaptações do sistema estomatognático em indivíduos com desproporções maxilo-mandibulares: revisão da literatura. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2009;14(2):275–9.
- Escudero P, Boersma P, Rauber AS, Bion RAH. A cross-dialect acoustic description of vowels: Brazilian and European Portuguese. *J Acoustic Soc Am*. 2009;126 (3):1379-93.
- Fant G. Acoustic theory of speech production. The Hague: Mouton; 1960.
- Freitas T, Oliveira LR, Camargo, Z. Ajustes de qualidade vocal nos tipos faciais: análise perceptivo-auditiva e acústica. In: Camargo, ZA (org). *Fonética Clínica: vinte anos de LIAAC* / [e-book]. São Paulo: Pulso Editorial. 2016.
- Gregio, FN. Configuração do trato vocal supraglótico na produção das vogais do português brasileiro: dados de imagens de ressonância magnética. 103p. Dissertação (Mestrado em Linguística aplicada e estudos da linguagem) – Pontifícia Católica de São Paulo, São Paulo, 2006.
- Hassan T, Naini FB, Gill DS. The effects of orthognathic surgery on speech: A review. *J Oral Maxillofac Surg*. 2007;65(12):2536-43.
- Honda K. Relationship between pitch control and vowel articulation. Haskins Labor Status Report Speech Research. 1983;73:269–82.
- Isshiki N, Okamura H, Tanabe M, Morimoto M. Differential diagnosis of hoarseness. *Folia Phoniatr Logoapédica*. 1969;21(1):9-19.

Jesus LMT, Araújo A, Costa IM. Speech production in two occlusal classes. *Onomazein*. 2014;29(1):129–51.

Johnson K. Acoustic and auditory phonetics. 3rd ed. Oxford:Wiley-Blackwell; 2003.

Johnson NCL, Sandy JR. Tooth position and speech - Is there a relationship? *Angle Orthodontist*. 1999; 69: 306–10.

Kent RD, Read C. Análise acústica da fala. 1a. ed. São Paulo: Cortez Editora;2015

Kent RD, Vorperian HK. Static measurements of vowel formant frequencies and bandwidths: A review. *J Commun Disorders*. 2018;74:74-97.

Leavy KM, Cisneros GJ, LeBlanc EM. Malocclusion and its relationship to speech sound production: Redefining the effect of malocclusal traits on sound production. *American J of Orthodontics and Dentof Orthoped*.2016;150(1):116-23.

Lee ASY, Whitehill TL, Ciocca V, Samman, N. Acoustic and perceptual analysis of the sibilant sound /s/ before and after orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg*. 2002; 60 (4):364–72.

Lehiste I. Suprasegmentals. Cambridge: MIT Press, 1970.

Lopes L, Dajer ME, Camargo Z. Análise acústica na clínica vocal. In:Lopes L, Moreti F, Ribeiro LL, Pereira EC. *Fundamentos e Atualidades em Voz Clínica*. Rio de Janeiro: Thieme Revinter Publicações, 2019.

Macari AT, Karam IA, Tabri D, Sarieddini D, , Hamdan AL. Correlation between the length and sagittal projection of the upper and lower jaw and the fundamental frequency. *J Voice*.2014; 28(3):291- 6.

Macari AT, Karam IA, Tabri D, Sarieddini D, , Hamdan AL. Formants frequency and dispersion in relation to the length and projection of the upper and lower jaws. *J Voice*.2015; 29(1): 83-90.

Macari AT, Karam IA, Ziade G, Tabri D, Sarieddini D, Alam ES, Hamdan AL. Association between facial length and width and fundamental frequency. *J Voice*. 2017;31(4):410-5.

Martinelli RLC, Fornaro EF, Oliveira CJM, Ferreira LMDB, Rehder MIBC. Correlações entre alterações de fala, respiração oral, dentição e oclusão. *Rev CEFAC*. 2011;13(5):17–26.

Mezzomo CL, Machado PG, Pacheco AB, Gonçalves BFT, Hoffmann CF. As implicações da Classe II de Angle e da desproporção esquelética tipo Classe II no aspecto miofuncional. *Rev CEFAC*. 2011;13(4):728–34.

Mishima K, Moritani N, Nakano H, Matsushita A, Iida S, Ueyama Y. Voice characteristics before versus after mandibular setback surgery in patients with mandibular prognathism using nonlinear dynamics and conventional acoustic analyses. *J Craniomaxillofac Surg*. 2013;41(8):706–9.

Moyers RE. *Orthodontics*. 4th ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1991. 480 p.

Nájera SL, Rodríguez FJM, Ledesma AF, Grajeda DI, Jiménez JC, Ruidíaz VC. Pronunciation of phonemes in relation to the degree of malocclusion and position of the incisal edges-lip vermilion border. *Rev Mex Ortod*. 2016;4(4):217–24.

Niemi M, Laaksonen JP, Peltomäki T, Kurimo J, Aaltonen O, Happonen RP. Acoustic comparison of vowel sounds produced before and after orthognathic surgery for mandibular advancement. *J Oral Maxillofac Surg*. 2006;64(6):910–6.

Peterson G, Barney H. Control methods in a study of vowels. *J Acoust Soc Am*. 1952;24(2):175–184.

Pinho SMR, Pontes, P. *Músculos intrínsecos da laringe e dinâmica vocal*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2008.

Stevens KN, House AS. An acoustical theory of vowel production and some of its implications. *J Speech Hear Res*. 1961;4(4):303-20.

Shaw JA, Chen W, Proctor MI, Derrick D. Influences of tone on vowel articulation in mandarin Chinese. *JSLHR*. 2016;59(6):S1566-74.

Sundberg J. *Ciência da Voz: Fatos Sobre a Voz na Fala e no Canto*. 2a. ed. São Paulo: EdUSP; 2018.

Titze I, Palaparthi A. Sensitivity of source-filter interaction to specific vocal tract shapes. *IEEE Trans Audio Speech Lang Process*. 2016;24(12):2507- 15.

Viegas F, Viegas D, Atherino CCT, Baeck HE. Frequência fundamental das 7 vogais orais do português em vozes de crianças. *Rev CEFAC*. 2010a;12(4):563–70.

Viegas D, Viegas F, Atherino CCT, Baeck HE. Parâmetros espectrais da voz em crianças respiradoras orais. *Rev CEFAC*. 2010b;12(5):820-9

Viegas F, Viegas D, Baeck HE. Frequency measurement of vowel formants produced by Brazilian children aged between 4 and 8 years. *J Voice*. 2015;29(3):292–8.

Viegas F, Viegas D, Serra GS, Ritto F, Simões-Zenari M, Nemr K. Acoustic analysis of fundamental frequency in men with skeletal Class II malocclusion. 18th Congress of Otorhinolaryngology Foundation; 2019, São Paulo, SP. *Anais. 18th Congress of Otorhinolaryngology Foundation*, 2019a. 9532; p.S161.

Viegas F, Viegas D, Serra GS, Ritto F, Simões-Zenari M, Nemr K. Fundamental frequency and frequency of formants in men with skeletal Class III malocclusion. 18th Congress of Otorhinolaryngology Foundation; 2019, São Paulo, SP. *Anais. 18th Congress of Otorhinolaryngology Foundation*, 2019b. p. S94.

Villanueva P, Morán D, Lizana ML, Palomino HM. Articulación de fones em indivíduos classe esquelética I, II y III. *Rev CEFAC*. 2009;11(3):423–30.

Vorperian HK, Kurtzweil SL, Fourakis M, Kent RD, Austin KKTD. Effect of body position on vocal tract acoustic: Acoustic pharyngometry and vowel formants. *J Acoust Soc Am*. 2015; 138(2):833-45.

Vorperian, HK, Kent RD. Vowel Acoustic Space Development in Children: A synthesis of acoustic and anatomic data. *J Speech Lang Hear Res*. 2007;50(6): 1510-45.

Witzel MA, Ross RB, Munro IR. Articulation before and after facial osteotomy. *J*

Maxillofac Surg. 1980; 8:195–202.

Xue SA. Speaking fundamental frequency and resonance characteristics of young children with Class III malocclusions in North China. *Asia Pac J Speech Lang Hear*.1999;.4(6).

Xue SA, Lam CWY, Whitehill TL, Samman N. Effects of class III malocclusion on young male adults' vocal tract development: A pilot study. *J Oral Maxillofac Surg*. 2011;69(3):845–52.