

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS E BIOLOGIA CELULAR
MICHELLE FERREIRA GUIMARÃES

**PARÂMETROS ACÚSTICOS DA VOZ DE SUJEITOS DO SEXO MASCULINO
ANTES, DURANTE E APÓS O PROCESSO DE MUDA VOCAL**

BELÉM
2013

MICHELLE FERREIRA GUIMARÃES

**PARÂMETROS ACÚSTICOS DA VOZ DE SUJEITOS DO SEXO MASCULINO
ANTES, DURANTE E APÓS O PROCESSO DE MUDA VOCAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Biologia Celular da Universidade Federal do Pará para obtenção do título de Doutor em Neurociências.

Área de Concentração: Neurociências

Orientador: Prof. Dr. Manoel da Silva Filho

BELÉM

2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Guimarães, Michelle Ferreira, 1981-
Parâmetros vocais acústicos de sujeitos do
sexo masculino antes, durante e após o processo
de muda vocal / Michelle Ferreira Guimarães. -
2013.

Orientador: Manoel da Silva Filho.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do
Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Programa
de Pós-Graduação em Neurociências e Biologia
Celular, Belém, 2013.

1. Voz. 2. Adolescentes (Meninos). 3.
Puberdade. 4. Voz Fisiologia. I. Título.
CDD 22. ed. 612.78

Nome: GUIMARÃES, Michelle Ferreira

Título: **PARÂMETROS ACÚSTICOS DA VOZ DE SUJEITOS DO SEXO MASCULINO ANTES, DURANTE E APÓS O PROCESSO DE MUDA VOCAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Biologia Celular da Universidade Federal do Pará para obtenção do título de Doutor em Neurociências.

Área de Concentração: Neurociências

Orientador: Prof. Dr. Manoel da Silva Filho

Aprovada em: 12/04/2013

Banca Examinadora

Professor Examinador	Instituição	Assinatura
Prof. Dra. Cinthya da Silva Lynch	UNAMA	
Prof. Dra. Bianca Callegari	UFPA	
Prof. Dr. Anderson Raiol Rodrigues	UFPA	
Prof. Dra. Jeannie Nascimento dos Santos	UFPA	

Aos meus pais, meus maiores incentivadores, por quem tenho imenso orgulho e admiração e que doam suas vidas e fazem todos os esforços e sacrifícios para a minha felicidade pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Manoel da Silva Filho pelo incentivo constante e por se empenhar nesse estudo com tamanha paciência e dedicação.

Ao fonoaudiólogo Dr. Rahul Shiravastv pela acolhida durante meu estágio de doutoramento na *University of Florida*, EUA, pelos ensinamentos, incentivos e contribuições valiosas. Minha eterna admiração.

À Dra. Monica Araújo por renunciar muitas vezes aos seus compromissos para contribuir com essa pesquisa. Serei eternamente grata.

Ao estatístico Euro de Barros Couto Junior por ter feito a análise estatística desse estudo.

Aos estudantes e funcionários das escolas públicas onde o estudo foi realizado pela confiança e contribuição para a realização desse trabalho.

Aos meus pais, Paulo Roberto e Vera Lúcia, grandes entusiastas e meus maiores incentivadores, pelo apoio emocional, estrutural e pelas numerosas e valiosas revisões e contribuições para esse estudo.

Ao meu querido esposo, Hugo Antonio Ribeiro de Sousa, pelo incentivo, compreensão, companheirismo, serenidade e amor.

Ao meu irmão, Junior, e minha cunhada, Patrícia Coltri, pelo incentivo constante, apoio durante todo o processo do meu estágio de doutoramento e revisão minuciosa para a finalização desse trabalho.

Aos meus queridos avós paternos, Antonio (*in memorian*) e Dalva (*in memorian*), e à minha tia avó Ruth (*in memorian*), pessoas especialmente importantes, que me deram lições de amor, sabedoria e paz. Não há palavras que descrevam meu imenso amor por vocês.

À minha avó materna, Iaci, exemplo de integridade e ética, por compartilhar com extrema devoção a todos os momentos da minha vida e ao meu avô Joaquim (*in memorian*), pessoa por quem eu carrego, silenciosamente, extrema admiração.

À minha querida madrinha, Vera Maria, pelo amor incondicional, forte amizade e companheirismo. Por estar presente em todos os meus momentos, incentivando e acreditando em meu potencial.

À querida amiga Bianca Callegari por me apresentar ao meu orientador, depositando extrema confiança em mim.

Às queridas fonoaudiólogas Luana Gonçalves e Rozineide Silva pela imensurável ajuda para a realização desse estudo.

Às amigas Simone Aparecida Zanatta, Maria Helena Medeiros de Sá Lima Lucena e Caroline Aguiar pelas palavras incentivadoras e amizade fiel. Por serem especiais.

À fonoaudióloga e querida amiga Letícia Cintra, pela amizade e sábios conselhos, mesmo à distância.

À CAPES/Fulbright pelo incentivo financeiro durante meu estágio de doutoramento.

A todos os meus queridos familiares e amigos, que transbordam a minha vida de felicidade com suas presenças.

“Pensa nisso: a tua voz é o teu retrato sonoro.”

(Chico Xavier)

RESUMO

A voz e a habilidade vocal são diferentes em cada indivíduo e em cada fase da vida. Devido aos escassos estudos sobre a qualidade vocal de meninos e adolescentes durante a puberdade, o presente estudo teve como objetivo quantificar os seguintes parâmetros da análise acústica da voz: frequência fundamental, *jitter*, *shimmer*, relação harmônico-ruído e intensidade. Para entender como se dá a variação da voz com o desenvolvimento de meninos e adolescentes, esses parâmetros foram correlacionados entre si e também com o grau do desenvolvimento puberal de sujeitos do sexo masculino. Métodos: Foram sujeitos desse estudo 110 indivíduos do sexo masculino, com idade entre 11 e 20 anos, estudantes de três escolas estaduais de Macapá, onde foi feita a coleta dos dados. Os sujeitos foram divididos em 4 grupos, 32 sujeitos com idade entre 11 e 12 anos compuseram o Grupo I, 29 sujeitos com idade entre 13 e 15 anos o Grupo II, o Grupo III foi composto por 30 sujeitos com idade entre 16 e 18 anos, e o Grupo IV por sujeitos com idade entre 19 e 20 anos. Todos os sujeitos foram submetidos à gravação da voz diretamente no computador com auxílio de microfone unidirecional. Solicitou-se emissão sustentada da vogal /é/ e fala encadeada: contagem de 1 a 10 e leitura de um parágrafo pré-estabelecido. Em seguida os sujeitos foram avaliados por um médico clínico geral para caracterização do desenvolvimento puberal de acordo com os estágios descritos por Tanner. A análise vocal foi realizada com o programa acústico Voz Metria®. Resultados: Os sujeitos apresentaram F_0 média durante a vogal sustentada de 223,28 Hz, 249,86 Hz, 122,63 Hz e 127,61 Hz para os Grupos I, II, III e IV respectivamente. A F_0 durante a fala encadeada foi de 217,09 Hz, 246,18 Hz, 117,27 Hz e 123,42 para os Grupos I, II, III e IV respectivamente. *Shimmer* apresentou valores aumentados nos quatro grupos. *Jitter*, intensidade e a relação harmônico-ruído mantiveram-se dentro dos padrões de normalidade estabelecidos pelo programa acústico utilizado. Quanto ao desenvolvimento puberal, a maioria dos sujeitos está em G3 (n=38; 34,5%) e G4 (n=42; 38,2%) e P3 (n=34; 31%) e P4 (n=36; 32,7%). O grau de desenvolvimento puberal está correlacionado com a F_0 durante a fala encadeada ($p < 0,001$) e com a F_0 durante a emissão da vogal sustentada ($p < 0,001$) e essa correlação foi estatisticamente significativa entre G2 e G5, e G3 e G5. Conclusão: Até os 15 anos os parâmetros vocais acústicos são típicos da voz infantil. Dos 16 aos 20 anos há decréscimo significativo da F_0 , porém a voz ainda está em processo de estabilização, com valores aumentados de *shimmer*. F_0 é o único parâmetro correlacionado com o grau de desenvolvimento puberal. A finalização do processo de muda vocal se apresentou, na população estudada, como um evento tardio em relação ao desenvolvimento puberal.

Palavras-chave: Análise Acústica; Desenvolvimento Puberal; Masculino; Voz.

ABSTRACT

The voice and the vocal ability are different in every individual and in every stage of life. There is a limited number of studies on the vocal quality of children and adolescents during puberty. The aim of this study was to quantify the following parameters of acoustic analysis of voice: fundamental frequency, jitter, shimmer, harmonic-to-noise ratio and intensity. To understand the relationship between the voice and the development of children and adolescents, these parameters were correlated with each other and with the degree of pubertal development in male subjects. Methods: The subjects of the study were 110 males, aged between 11 and 20 years, students from three Macapá schools, where the data collection was carried out. The subjects were divided into 4 groups, 32 subjects aged between 11 and 12 years composed the Group I, 29 subjects aged between 13 and 15 the Group II, the Group III consisted of 30 subjects aged between 16 and 18 years and Group IV by subjects aged between 19 and 20 years. All subjects underwent computer-based voice recording using a unidirectional microphone. The following phonation tasks were requested: saying sustained vowel /é/, counting from 1 to 10 and reading a pre-established paragraph. Then, the subjects were assessed by a physician for characterization of pubertal development according to the stages described by Tanner. The voice analysis was performed using the voice acoustic program Vox Metria ®. Results: The subjects showed the following F_0 average during sustained vowel: 223.28 Hz, 249.86 Hz, 122.63 Hz and 127.61 Hz for Groups I, II, III and IV respectively. The mean of F_0 during the sequential speech was 217.09 Hz, 246.18 Hz, 117.27 Hz and 123.42 for Groups I, II, III and IV respectively. Shimmer showed increased values for the four groups. Jitter, intensity and harmonic noise ratio remained within normal limits established by the acoustic voice program used. Most subjects were in G3 (n = 38, 34.5%) and G4 (n = 42, 38.2%) and P3 (n = 34, 31%) and P4 (n = 36, 32.7%) stages of pubertal development. The degree of pubertal development was correlated with F_0 during speech ($p < 0.001$) and with F_0 during sustained vowel ($p < 0.001$) and this correlation was statistically significant between G2 and G5, and G3 and G5. Conclusion: Subjects aging up to 15 years showed acoustic vocal parameters typical of the childish voice. The decrease of F_0 occurs between 16 and 20 years old, but the voice is still in process of stabilization, with increased values of shimmer. F_0 is the only parameter correlated with the degree of pubertal development. The last stage of voice change, in the studied population, is a late event in relation to pubertal development.

Keywords: Acoustic Analysis; Pubertal Development; Male; Voice.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Valores dos parâmetros vocais acústicos referentes ao Grupo I (11 a 12 anos)	34
Tabela 2:	Valores dos parâmetros vocais acústicos referentes ao Grupo II (13 a 15 anos)	35
Tabela 3:	Valores dos parâmetros vocais acústicos referentes ao Grupo III (16 a 18 anos)	36
Tabela 4:	Valores dos parâmetros vocais acústicos referentes ao Grupo IV (19 a 20 anos)	37
Tabela 5:	Diferença entre os quatro grupos etários estudados, quando comparados concomitantemente, para as variáveis de interesse de análise acústica da voz	41
Tabela 6:	Diferença entre os grupos etários quando comparados par a par	42
Tabela 7:	Diferença entre os grupos etários estudados, quando comparados concomitantemente, para as variáveis de grau de genital e grau de pelos pubianos	43
Tabela 8:	Grau de relacionamento entre as variáveis de interesse considerando o Grupo I (11 a 12 anos)	44
Tabela 9:	Grau de relacionamento entre as variáveis de interesse considerando o Grupo II (13 a 15 anos)	45
Tabela 10:	Grau de relacionamento entre as variáveis de interesse considerando o Grupo III (16 a 18 anos)	46
Tabela 11:	Grau de relacionamento entre as variáveis de interesse considerando o Grupo IV (19 a 20 anos)	47
Tabela 12:	Grau de relacionamento entre as variáveis considerando os graus de genital	48
Tabela 13:	Diferença entre os grupos de genital quando comparados par a par em relação às variáveis de interesse	49

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

Figura 1:	Camadas da lâmina própria da prega vocal	20
Figura 2:	Prega vocal (PV) em abdução durante a inspiração	20
Figura 3:	Prega vocal (PV) em adução, durante a fonação	21
Figura 4:	Gráficos com a relação entre a F_0 e a produção de fala. (A) Relação entre a F_0 e a fala de uma vogal /é/ de modo sustentado	38
Figura 5:	Gráficos de demonstração do comportamento de <i>Shimmer</i> e <i>Jitter</i> durante a produção de fala	39
Figura 6:	Gráficos de demonstração do comportamento da Intensidade e RHR durante a produção de fala.	40
Quadro 1:	Classificação dos estágios do desenvolvimento puberal (TANNER, 1962)	32

LISTA DE ABREVIATURAS

cm = centímetro

dB = decibéis

Dp = desvio padrão

F₀ = frequência fundamental

Freq = frequência

G = grau do desenvolvimento dos genitais

Hz = Hertz

m = metros

Mín = mínimo

Máx = máximo

N = número de sujeitos

P = grau do desenvolvimento dos pêlos pubianos

p = probabilidade

perc = percentual

PV = prega vocal

PPVV = pregas vocais

RHR = relação harmônico-ruído

Sig = significância

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	A LARINGE	16
2.1.1	Cartilagens e Musculaturas Laríngeas	17
2.1.2	Pregas Vocais	18
2.2	MUDA VOCAL	21
2.3	DESENVOLVIMENTO FÍSICO E PUBERAL	26
2.4	AVALIAÇÃO VOCAL	27
3	OBJETIVOS	29
3.1	OBJETIVO GERAL	29
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
4	MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1	TIPO DE ESTUDO	30
4.2	DADOS DOS SUJEITOS	30
4.3	COLETA DE DADOS	31
4.3.1	Caracterização da Voz	31
4.3.2	Caracterização do Desenvolvimento Puberal	32
4.4	ANÁLISE DOS DADOS	32
5	RESULTADOS	34
5.1	GRUPO I (11 e 12 anos)	34
5.2	GRUPO II (13 a 15 anos)	35
5.3	GRUPO III (16 a 18 anos)	35
5.4	GRUPO IV (19 e 20 anos)	36

5.5	CONSIDERANDO OS QUATRO GRUPOS ETÁRIOS	37
5.5.1	Dados de Desenvolvimento Puberal	42
5.5.2	Estudo do Relacionamento considerando os quatro grupos etários separadamente	43
5.6	CONSIDERANDO OS GRAUS DE DESENVOLVIMENTO PUBERAL	46
6	DISCUSSÃO	50
7	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS	59
	ANEXO A: Protocolo do Comitê de Ética em Pesquisa	65
	APÊNDICE A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (menores de 18 anos)	66
	APÊNDICE B: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (maiores de 18 anos)	67

1 INTRODUÇÃO

A voz humana é um dos principais instrumentos de comunicação, é produzida por uma série de mecanismos neurológicos e musculares complexos e pela interação entre os sistemas nervoso central, respiratório e fonador (ANDRADE *et al.*, 2002). A frequência fundamental da voz é determinada pelas propriedades, como massa e tamanho, das pregas vocais, situadas na laringe, órgão pertencente ao sistema respiratório. O som gerado através da fonação é modificado, modulado e ampliado pelas cavidades de ressonância do trato vocal – cavidades nasal e oral, língua, lábios, bochechas, palato duro, úvula e dentes. Por conseguinte, a voz é única em cada ser humano.

As mudanças da voz ocorrem concomitantemente ao desenvolvimento físico e psicológico. Durante a puberdade ocorrem as mudanças mais notáveis na voz devido ao crescimento da laringe, do corpo, assim como da ação hormonal. A laringe tem seu pico de desenvolvimento durante a puberdade. Antes desse período, as laringes femininas e masculinas não apresentam diferenças visíveis. Na puberdade, as mudanças vocais mais notáveis ocorrem no sexo masculino, quando comparadas às mudanças vocais ocorridas no feminino. As transformações anatômicas do trato vocal, durante a puberdade, induzem a uma instabilidade na fonação, período conhecido como muda vocal. As mudanças na qualidade vocal nesse período, nos meninos, estão relacionadas ao aumento da capacidade respiratória e ao crescimento das cavidades ressonantes (nariz, boca e maxila) (ANDREWS, 1991).

O abaixamento da laringe e o aumento de massa das pregas vocais normalmente ocorrem tardiamente, nos meninos, durante a maturação, devido à ação da testosterona (TANNER, 1971). A voz, antes infantil, durante a muda vocal se desestabiliza, tornando-se momentaneamente instável devido ao descontrole muscular durante a fonação. Portanto, a muda vocal é uma das alterações típicas da adolescência.

O desenvolvimento vocal parece estar relacionado com fatores étnicos, raciais, culturais e também com o meio ambiente (HÄAG, TARANGER, 1980; PEDERSEN *et al.*, 1986; HOLLIEN *et al.*, 1994 HARRIES *et al.*, 1997; HARRIES, HAWKINS, HUGHES, 1998). Alguns critérios são usualmente considerados durante o desenvolvimento do adolescente tais como a presença de pelos na face e sua distribuição corporal. Porém a avaliação do desenvolvimento puberal é considerada na literatura como fidedigna para classificar o estágio do desenvolvimento que os sujeitos se encontram.

Poucos estudos investigaram de fato se a qualidade da voz durante todo o processo de muda vocal está realmente relacionada às mudanças físicas com a idade. Guimarães (2006) relacionou as mudanças vocais com o desenvolvimento puberal em meninos considerando a faixa etária de 13 a 15 anos, contudo torna-se importante investigar essa relação considerando-se o início do processo de muda vocal, a fase da muda vocal propriamente dita e o final da muda vocal. Estudos como esses são essenciais especialmente se levarmos em conta que o amadurecimento da voz depende de características das populações locais. Desta forma, esta tese propõe avaliar os parâmetros acústicos vocais considerando o final da infância, o momento em que os sujeitos iniciam o processo de muda vocal e o momento em que os sujeitos começam a apresentar padrões vocais próximos do jovem adulto. O objetivo central desse estudo é caracterizar o sinal vocal de sujeitos do sexo masculino durante todo o processo de muda vocal e relacioná-lo com os padrões de desenvolvimento puberal.

A caracterização dos sinais vocais durante o processo de muda vocal em sujeitos do sexo masculino permitirá compreender as mudanças vocais naturais desse processo, assim como demonstrar que os valores para parâmetros acústicos infantis e adultos não podem ser aplicados aos sujeitos em fase de desenvolvimento. De posse dos resultados obtidos, poder-se-á efetivar melhores condutas dos profissionais em fonoaudiologia na assistência aos meninos e adolescentes, em especial aos que possam apresentar muda vocal tardia, muda vocal prolongada ou disfonias da muda vocal.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A LARINGE

A laringe começa a se desenvolver na terceira semana de vida intrauterina. Conceitualmente é um arcabouço esqueleto membranoso e tem como principais funções: (1) **Função respiratória** - a abertura da laringe garante a entrada e saída do ar; (2) **Função deglutitória** - o fechamento da laringe é essencial para que não ocorra entrada de alimentos para traquéia e/ou para os pulmões; (3) **Função fonatória** - é uma função neurofisiológica inata, porém a voz se forma e se transforma ao longo da vida devido às características anatomofuncionais.

Após o nascimento ocorre uma série de alterações nas configurações das estruturas laríngeas, de tal forma que a estrutura vocal do recém-nascido não corresponde a uma miniatura da estrutura do adulto, diferindo tanto na forma como nas relações com as outras partes do corpo (BEHLAU *et al.*, 2001a). Ao nascimento a laringe é alta no pescoço e o trato vocal possui característica curta em formato de funil, e a laringe assegura as funções de respiração, deglutição e proteção das vias aéreas, porém ainda é imatura para a fonação (BEHLAU *et al.*, 2001a).

Quanto à forma, a laringe na infância apresenta uma configuração cônica, enquanto no adulto, há um estreitamento da região glótica e um alargamento da infraglótica. As cartilagens, na infância, são delicadas e possuem ligamentos frouxos; os tecidos epiteliais são abundantes e mais vascularizados. A cartilagem tireóidea é contígua ao osso hióide, de forma arredondada e ângulo aproximado de 110 graus no sexo masculino e 120 graus no sexo feminino e somente na adolescência haverá a definição da linha média anterior e a redução do ângulo para 90 graus nos meninos e 110 graus nas meninas. A cartilagem cricóidea, de forma circular, aos poucos se torna oval nos homens, mantendo o padrão mais circular nas mulheres (BEHLAU *et al.*, 2001a).

A parte membranosa das pregas vocais chega à fase adulta com uma variação de 11,5 a 16 milímetros (mm), no homem, e de 8 a 11,5 mm na mulher. A porção cartilaginosa, por sua vez, tem um crescimento menor e apresenta uma variação de 5,5 a 7 mm no homem, e de 4,5 a 5,5 mm na mulher (ARONSON, 1990). As cartilagens aritenóideas não aumentam de modo significativo, mas as modificações no comprimento das pregas vocais devem-se ao

desenvolvimento da porção membranosa, que no adulto será o dobro da porção cartilágnea. A consequência direta desse crescimento é o aumento das possibilidades na produção vocal (BEHLAU *et al.*, 2001a). As pregas vocais infantis também apresentam diferenças fisiológicas em relação às do adulto, o ligamento vocal imaturo (diferenciação das camadas intermediária e profunda da lâmina própria), confere à mucosa uma característica gelatinosa, não presente no ligamento vocal maduro (HIRANO *et al.* 1983). Os valores da proporção glótica – relação entre as porções cartilágneas e membranáceas, nas crianças, são aproximadamente iguais, próximas a um. Nas mulheres adultas esse valor se mantém, porém nos homens esta é de aproximadamente 1:3, favorecendo o completo fechamento glótico (PONTES *et al.*, 1994).

Durante a adolescência ocorre o crescimento da laringe acompanhando o crescimento corporal, que é mais acentuado nos meninos. As pregas vocais dos meninos podem alongar-se em até 10 mm, enquanto nas meninas esse crescimento não chega a 4 mm. Essa adaptação anatômica se traduz na redução da média da frequência fundamental (F_0) em uma oitava para os meninos e de 2 a 4 semitons para as meninas (ZEMLIN, 1968). Essa adaptação funcional pode ocorrer em meses ou até um ano. A voz torna-se levemente rouca e instável, com várias flutuações, tendendo aos sons graves com a redução paulatina dos sons agudos e estabilidade dos graves. As ações dos novos níveis hormonais, associadas a esse crescimento, transforma a laringe infantil em laringe adulta, com um consequente impacto vocal, a chamada *mudança fisiológica* ou, simplesmente, muda vocal (BEHLAU *et al.*, 2001a).

Quanto ao aparelho fonador, ocorre um crescimento constante, mas não homogêneo da laringe, das cavidades de ressonância, da traqueia e dos pulmões. Desta forma, a muda representa um período de desequilíbrios, em que há o alongamento do pescoço, abaixamento da laringe, o tórax se alarga e há aumento não-harmônico da capacidade vital. Apesar de todas essas mudanças, a maioria dos adolescentes enfrenta esse período sem queixas (BEHLAU *et al.*, 2001a).

2.1.1 Cartilagens e Musculaturas Laríngeas

As cartilagens laríngeas são nove, sendo três ímpares, uma par principal e duas outras pares. As cartilagens ímpares são: tireóidea, cricóidea e epiglote. A cartilagem par principal

são as aritenóideas, as duas outras são as acessórias, conhecidas como corniculadas e cuneiformes.

As cartilagens mais importantes são a tireóidea, cricóidea e aritenóideas, as mesmas são constituídas principalmente por fibras hialinas, mas também há presença das fibras elásticas e colágenas. Todas as cartilagens possuem tanto fibras colágenas como elásticas distribuídas ao longo das estruturas, havendo predomínio de fibras elásticas em região de grande mobilidade laríngea em suas diferentes funções, e predomínio de fibras colágenas na região de maior sustentação da cartilagem (HIRANO, 1996).

A musculatura laríngea é dividida em dois grupos musculares, os músculos extrínsecos que apresentam apenas uma das inserções na laringe e os músculos intrínsecos que têm origem e inserção na laringe. A musculatura intrínseca possui relação direta com a função fonatória e é constituída por músculos esqueléticos que aproximam, afastam e tensionam as pregas vocais nas funções laríngeas de respiração, proteção e fonação. Os músculos intrínsecos da laringe são: tireoaritenóideo (TA), cricoaritenóideo posterior (CAP), cricoaritenóideo lateral (CAL), aritenóideo (A), cricotireóideo (CT), ariepiglótico (AE) e tireoepiglótico (TE).

A musculatura extrínseca é composta por músculos inseridos nas cartilagens laríngeas, porém provenientes de estruturas não laríngeas. Tais músculos não interferem de forma direta na fonação, mas sua ação indireta é de extrema importância no controle da frequência da voz. A função básica dessa musculatura é manter a laringe estabilizada no pescoço, para que a musculatura intrínseca possa trabalhar efetivamente. Por meio da elevação ou abaixamento da laringe no pescoço, altera-se o ângulo entre as cartilagens e a tensão entre elas (BEHLAU *et al.*, 2001a). Didaticamente os músculos extrínsecos dividem-se em dois grupos: músculos supra-hióideos e infra-hióideos, de acordo com sua inserção no osso hióide e sua função principal.

2.1.2 Pregas Vocais

As pregas vocais são duas dobras de músculo e mucosa que se estendem horizontalmente na laringe. A mucosa divide-se em epitélio e lâmina própria, o epitélio cobre e mantém a forma da prega vocal (BEHLAU *et al.*, 2001a). A lâmina própria se subdivide em três camadas (Figura 1): (1) **camada superficial** - é uma camada flexível e com poucos

elementos. É a camada que mais vibra durante a fonação; (2) **camada intermediária** - situa-se logo abaixo da superficial, é a mais densa, sendo composta de fibras elásticas; (3) **camada profunda** - é composta de fibras de colágeno, que são mais rígidas.

A junção das camadas intermediária e profunda da lâmina própria forma o ligamento vocal. O corpo da prega vocal é composto basicamente pelo músculo vocal e funciona como um feixe de elásticos muito rígidos quando se contrai. As fibras de colágeno, elásticas e musculares do músculo vocal apresentam uma distribuição longitudinal, paralela à borda livre da prega vocal. Do mesmo modo, os capilares sanguíneos da mucosa da borda livre também apresentam uma distribuição longitudinal e paralela à das fibras. Essa disposição semelhante de fibras e vasos é uma vantagem adicional para a vibração glótica (BEHLAU *et al.*, 2001a). Desta forma, a prega vocal pode ser dividida em: cobertura (epitélio e camada superficial da lâmina própria), transição (camada intermediária e profunda da lâmina própria) e corpo (músculo vocal).

Na fonação, a cobertura, se desloca livre e intensamente contra a gravidade. A camada de transição serve de acoplamento entre a camada superficial da lâmina própria e o músculo vocal. Assim, durante a respiração, as pregas vocais se afastam (Figura 2), em abdução, e durante a fonação se aproximam, em adução (Figura 3).

A estrutura da prega vocal infantil difere do adulto principalmente quanto à composição da lâmina própria da mucosa. O epitélio escamoso é praticamente o mesmo, porém a lâmina própria na infância é mais espessa e praticamente uniforme e não apresenta o ligamento vocal. Entre um e quatro anos de vida, surge o ligamento vocal imaturo, não havendo ainda fibras de interligação entre este e o músculo vocal. A diferenciação entre as camadas intermediária e profunda da lâmina própria começa entre os 6 e 12 anos de idade e somente após os 15 anos se observa a estrutura completa das três camadas da lâmina própria (BEHLAU *et al.*, 2001b).

Praticamente não se observam mudanças no epitélio, com a idade, porém a camada superficial da lâmina própria (espaço de *Reinke*) tende a edemaciar e espessar. Nas mulheres, a atrofia das fibras elásticas da camada intermediária é mais acentuada. A camada profunda torna-se mais larga em consequência do aumento de espessura e densidade das fibras de colágeno. As fibras do músculo vocal diminuem e atrofiam, também com o avanço da idade.

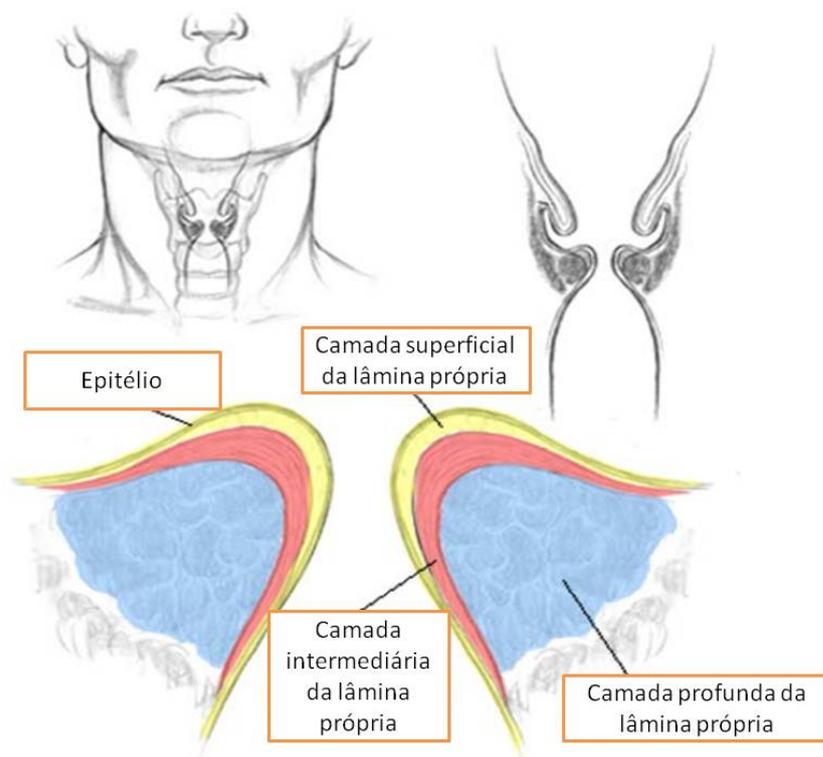


FIGURA 1. Desenho esquemático da lâmina própria da prega vocal, onde podem ser vistas as camadas formadoras das pregas vocais.

(Fonte: The Voice Problem Website. Coordenação de: Jamie Koufman e Robert Sataloff. Disponível em: <<http://www.voiceproblem.org/glossary/images>>. Acesso em 12 de nov. de 2012)

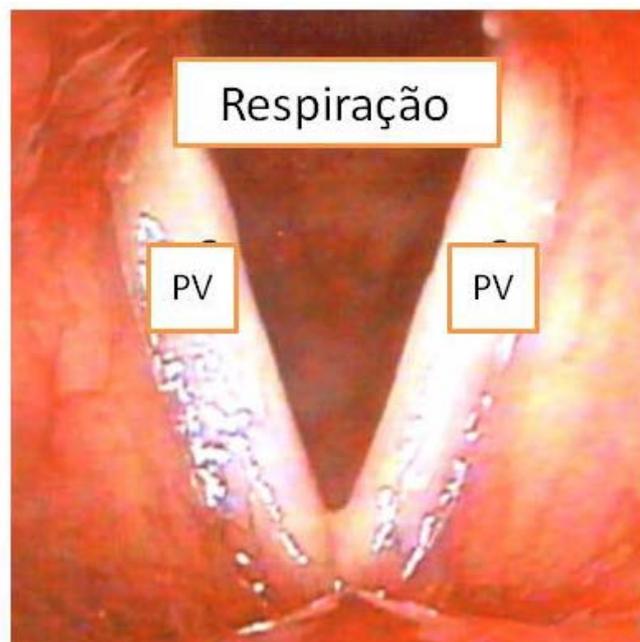


FIGURA 2. Prega Vocal (PV) em abdução durante a inspiração.

(Fonte: The Voice Problem Website. Coordenação de: Jamie Koufman e Robert Sataloff. Disponível em: <<http://www.voiceproblem.org/glossary/images>>. Acesso em 15 de nov. de 2012)

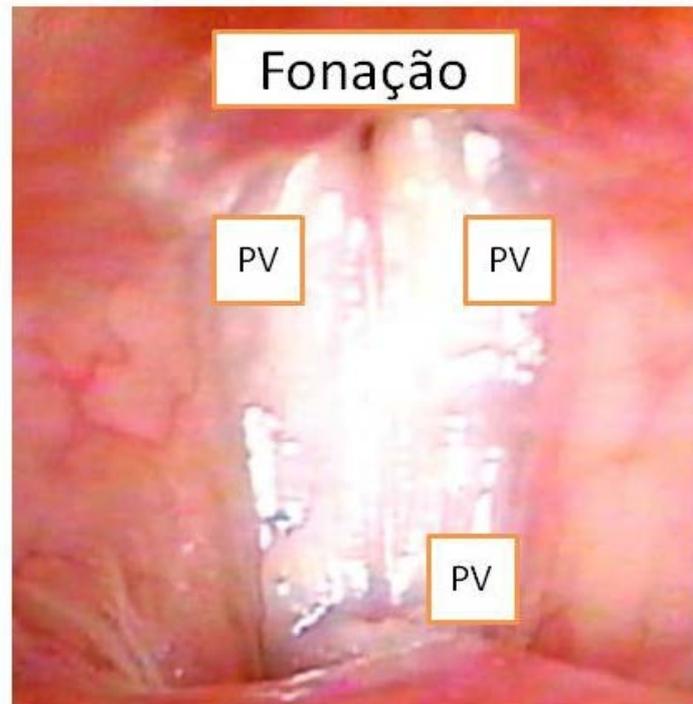


FIGURA 3. Prega Vocal (PV) em adução, durante a fonação.

(Fonte: The Voice Problem Website. Coordenação de: Jamie Koufman e Robert Sataloff. Disponível em: <<http://www.voiceproblem.org/glossary/images>>. Acesso em 15 de nov. de 2012)

2.2 MUDA VOCAL

As características anatômicas e estruturais são geneticamente determinadas, incluindo-se, então, o tamanho das cartilagens laríngeas, estrutura e comprimento das pregas vocais (SATALOFF, 1997). Concomitantemente, o ser humano desenvolve, no decorrer da vida, maneiras próprias de utilizar a voz para se expressar, iniciar ou manter contato, satisfazer suas necessidades e controlar seu mundo (ANDREWS, 1991). Portanto, a voz é uma manifestação com base psicológica, resultante de um sofisticado processamento muscular, uma vez que sua produção depende fundamentalmente de uma complexa e interdependente atividade de variados músculos e da integridade dos tecidos do aparelho fonador.

Quando a harmonia muscular é mantida, obtém-se um som dito de boa qualidade para os ouvintes e produzido sem dificuldade ou desconforto para o falante, o que caracteriza a eufonia. Em oposição, quando atributos mínimos de harmonia e conforto não são respeitados,

ocorre a chamada disфонia. É importante notar que voz e disфонia são conceitos controversos, sendo a voz “normal” um dos temas mais controverso na Fonoaudiologia (BEHLAU *et al.*, 2001a). O critério que distingue as vozes alteradas e não alteradas é determinado pelos ouvintes, sendo que os transtornos vocais são culturalmente baseados e socialmente determinados. De fato, a palavra “normal”, quando aplicada a qualquer conceito relacionado ao comportamento humano, oferece uma resistência imediata do momento em que normas comportamentais são altamente influenciáveis por fatores culturais e interpretações ideológicas. Portanto, é complexa a tarefa de definir voz normal, uma vez que não existe um tom específico que possa ser referido como voz normal. Ao invés de um tom específico, existem vozes de crianças, vozes de meninos, de meninas, de homens, mulheres e idosos (MOORE, 1971). Além de diferenças entre classes etárias, há uma variação natural intra-individual. O indivíduo sem transtorno vocal consegue variar a voz livremente de acordo com a situação e o contexto do discurso. Assim, têm-se diversas vozes, utilizadas de acordo com o interlocutor e com a situação de comunicação.

Alterações em parâmetros vocais podem fazer com que o falante e/ou o ouvinte não considerem certa emissão como adaptada. Embora os falantes realizem vários desvios vocais durante a comunicação, principalmente de acordo com a situação e o contexto em questão, há alterações que não podem ser aceitas como marcadores sociais, culturais ou emocionais, constituindo-se no que é chamado de disфонia (BEHLAU *et al.*, 2001a).

Até a puberdade a laringe é bastante semelhante no menino e na menina, o que torna difícil fazer a discriminação quanto ao sexo do falante com base apenas numa emissão sustentada. A muda vocal é o período de alteração da voz durante a puberdade, e acontece quando ocorre um crescimento corporal mais acentuado nos meninos que, associado à ação de novos níveis hormonais, transforma a laringe infantil em adulta com consequente impacto vocal (BEHLAU, 1991). O estabelecimento do padrão vocal adulto começa, então, na puberdade e leva, em geral, de três a seis meses, ocorrendo nesse período quebras de sonoridade e rouquidão flutuante. Caso a muda vocal persista por mais de um ano, ela deverá ser pesquisada e tratada (PINHO, 2001). Essa mudança vocal durante a puberdade é uma resposta fisiológica, produto de vários fatores hormonais relacionados à estatura corporal e propriedades biomecânicas das diferentes camadas e estruturas das pregas vocais (KAHANE, 1996).

Nas meninas, o crescimento da laringe e o alongamento das pregas vocais são discretos, logo as modificações na frequência fundamental são menores e menos abruptas do que nos meninos. Por esses aspectos somados aos aspectos anatomofuncionais anteriormente

citados, as disfonias da muda são mais frequentes nos rapazes. Os fatores etiológicos das disfonias mutacionais, as chamadas puberfonias, são inúmeros. Entretanto, há uma maior predominância de aspectos funcionais e psicológicos e embora causas orgânicas possam ser consideradas, elas são de ocorrência rara (BEHLAU; PONTES, 1992).

As mudanças na qualidade vocal masculina durante a puberdade estão relacionadas ao aumento da capacidade respiratória e ao crescimento das cavidades de ressonância, as quais estão relacionadas ao crescimento do nariz, da boca e da maxila. A muda vocal é, portanto, um dos aspectos das alterações globais que ocorrem na adolescência, todavia obtém destaque, pois a voz é elemento comunicativo, ajudando o indivíduo a comunicar-se e desenvolver-se em seu meio social (ANDREWS, 1991). Adicionalmente, muda vocal e o som da voz estão relacionados ao crescimento da laringe e à variação do comprimento das pregas vocais e nos meninos, algumas vezes, a muda vocal vem acompanhada por laringite crônica, devido ao esforço vocal durante o período de crescimento. Em contrapartida, nas meninas a voz tende a ser rouca, geralmente devido às alterações hormonais (BOONE, MACFARLANE, 1994).

Após levantar características e modificações típicas da adolescência, principalmente as transformações endócrinas, Bredant (1999) observou que as alterações decorrentes das mudanças hormonais tiveram relação direta com o crescimento da laringe e a espessura das pregas vocais. O mesmo autor refere, ainda, que o aparecimento precoce da puberdade pode acarretar o agravamento da voz do indivíduo de tal forma que não corresponde à idade dele. Contudo, a puberdade tardia pode ocasionar voz agudizada, não correspondendo à estrutura corporal ou idade óssea do adolescente. As alterações vocais mais comuns observadas durante a muda vocal são as mudanças na frequência fundamental e as quebras sonoras.

A adolescência e a puberdade iniciam a partir dos 10 até os 17 anos, momento em que a voz infantil adquire características de voz adulta por volta dos 18 anos. No início da muda vocal, a extensão vocal aumenta rapidamente em direção aos tons graves, havendo diminuição de uma oitava na frequência fundamental, com valor aproximado a 110 Hz (GUTIÉRREZ, 2003). De acordo com o Estatuto da Criança e do Adolescente, por meio da lei n.8.069 de 13 de julho de 1999, a adolescência compreende os indivíduos na faixa etária de 12 a 18 anos, e, portanto, todo o processo de muda vocal ocorre durante a adolescência (BRASIL, 2001).

A muda vocal nos homens ocorre ao redor dos 13 aos 15 anos, enquanto nas mulheres ocorre ao redor dos 12 aos 14 anos. Em um estudo com 300 jovens do sexo masculino entre 12 e 18 anos, Ruiz (1993) observou que as mudanças vocais mais evidentes ocorrem dos 13 aos 15 anos, sendo que a maior incidência de indivíduos na muda vocal está na faixa entre 13

e 14 anos; além disso, a ocorrência da muda vocal mostrou-se diretamente relacionada ao aumento da estatura física.

As pregas vocais crescem rapidamente no sexo masculino durante o período da puberdade e, em poucos meses, atingem dimensões adultas, entre 16 mm e 23 mm de comprimento. Ao mesmo tempo, também nos meninos, o ângulo anterior da cartilagem tireóidea diminui para aproximadamente 90 graus (LE HUCHE, ALLALI, 1999).

A voz apresenta três períodos distintos durante a puberdade: pré-muda, muda e pós-muda. Durante o período da muda há instabilidade vocal, extensão vocal restrita e mudança da qualidade vocal devido ao aumento da rugosidade (FUCHS *et al.*, 2006). Assim, esse período é acompanhado de uma diminuição da eficiência vocal, causada pelo crescimento rápido da laringe e das pregas vocais em função do controle endócrino da testosterona e dos hormônios de crescimento (OLIVEIRA, 2007). Em um estudo com 400 homens adultos Gil *et al.* (1994) observaram que eles se lembram da muda vocal, e as alterações mais comumente observadas durante essa fase foram voz instável, desafinada e grossa. Os sujeitos não demonstraram ter tido sentimentos negativos relacionados a esse período e também não perceberam reações negativas do interlocutor.

Em estudo sobre a autopercepção da voz de adolescentes entre 16 e 17 anos, de diversas classes econômicas, Almeida (2005) observou que eles consideravam suas vozes normais e apontaram estar satisfeito com a qualidade vocal. Em contrapartida, Carvalho (2001) investigou a percepção e o uso da voz em 240 adolescentes, com idade entre 12 e 17 anos, do ensino fundamental e médio da rede de ensino estadual da cidade de São Paulo e observaram que os meninos não foram mais sensíveis do que as meninas em relação à percepção da própria voz e que os adolescentes, mesmo os que consideravam suas vozes normais, apontaram dificuldades na emissão e referiram cometer mau uso e abuso vocal.

Os primeiros estudos acústicos da voz dos adolescentes, conduzidos por Curry (1946), demonstraram que em adolescentes caucasianos do norte dos Estados Unidos da América, com 14 anos de idade, a frequência fundamental média foi de 241,5 Hz. Em um estudo longitudinal Hollien *et al.* (1994) avaliaram as mudanças vocais de 48 adolescentes do sexo masculino em dois momentos: num primeiro momento, quando os sujeitos tinham idade entre 10 e 11,5 anos e num segundo momento após 5 anos, e observaram que até os 15 anos os adolescentes apresentam F_0 acima de 200 Hz e que só após os 16 anos de idade houve decréscimo da F_0 . A frequência fundamental (F_0) acima de 200 Hz sugere que os meninos estejam na fase da puberdade (PEDERSEN *et al.*, 1986).

Em um estudo longitudinal randomizado com adolescentes do sexo masculino e feminino, Hägg e Taranger (1980) avaliaram o desenvolvimento desses sujeitos de acordo com a altura, a ocorrência da menarca nas meninas e a mudança de voz nos meninos. Os autores observaram que, dos 106 meninos participantes, em apenas um deles a muda vocal ocorreu antes do início do estirão da altura e que apenas dois deles apresentaram voz característica à do adulto do sexo masculino antes de alcançarem suas alturas máximas.

Em um estudo com 26 adolescentes de 13 a 14 anos durante um ano, com avaliações de três em três meses, foi identificado aumento do comprimento das pregas vocais em cada estágio do desenvolvimento puberal segundo as escalas de Tanner. Observou-se, também, que a F_0 manteve-se acima de 200 Hz nos estágios 1, 2 e 3 do grau de desenvolvimento puberal, e que no estágio 4 houve repentino decréscimo, ficando a F_0 entre 150 e 100 Hz. Entretanto, essa diminuição do valor da F_0 não está diretamente correlacionada ao aumento do comprimento das pregas vocais (PPVV). Os autores acreditam que as ondas de mucosa das PPVV podem mudar entre os estágios 3 e 4 do desenvolvimento puberal e que isso pode refletir na maturação das camadas das PPVV e as diferenciações entre suas camadas podem ser os fatores que contribuem para o abaixamento da F_0 nas vozes masculinas durante a puberdade (HARRIES; HAWKINS; HUGHES, 1998).

Em um estudo com 56 adolescentes, com idade entre 12 e 18 anos, sem queixa vocal ou história pregressa de disfonia, foram comparados parâmetros vocais com o desenvolvimento púbere segundo os estágios de Tanner. Os adolescentes foram divididos em dois grupos: adolescentes com desenvolvimento puberal normal e adolescentes com atraso no desenvolvimento puberal. O autor observou que os dois grupos apresentavam disfonia, sendo que o grupo com desenvolvimento puberal normal encontrava-se no estágio pós-muda vocal e com possível disfonia funcional ou orgânico-funcional, enquanto que o grupo com desenvolvimento puberal atrasado estava em pré-muda e, portanto, a alteração vocal possivelmente estava relacionada à disfonia do desenvolvimento (GARCIA, 1993).

A análise acústica da voz de 51 adolescentes, sendo 22 do sexo masculino e 29 do sexo feminino, com idades entre 10 e 17 anos, com voz normal e disfonia, foi realizada com o propósito de identificar as principais características da voz do adolescente e determinar qual dessas características podem distinguir uma patologia vocal da variação normal da voz durante a puberdade. Os autores do estudo utilizaram o programa *Multi-Dimension Voice Program*, da *Kay Eletrics*, e observaram que a F_0 obtida para sujeitos com voz normal e disfônicos variou de 102 Hz a 285 Hz para o sexo masculino e de 128 a 479 Hz para o sexo feminino. Verificaram, ainda, que a F_0 , a variabilidade da F_0 e sua amplitude, e a presença de

ruído não puderam distinguir a variação normal da voz durante a puberdade da voz disfônica. Observaram, também, que a principal característica da voz adolescente é a instabilidade da F_0 e que vozes femininas são mais estáveis quando comparadas às masculinas e que, portanto, atingem mais cedo à maturidade (BOLTEZAR; BURGER; ZARGI, 1997).

2.3 DESENVOLVIMENTO PUBERAL

A adolescência é uma fase de transição gradual entre a infância e a idade adulta, caracterizada por transformações somáticas, psicológicas e sociais. Representa uma das fases mais importantes do ciclo vital à medida que completa o período de crescimento e desenvolvimento. Correspondendo ao período entre o aparecimento dos caracteres sexuais secundários e início da aceleração de crescimento até o desenvolvimento físico completo do indivíduo. As manifestações de crescimento e desenvolvimento durante a adolescência ocorrem em diversos setores do organismo, tornando-se mais evidentes aquelas relacionadas ao aumento de altura e peso e ao desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários (COLLI, 1994).

A primeira manifestação de puberdade no sexo masculino consiste no crescimento dos testículos e do escroto. Os estágios de mudanças genitais e dos pelos pubianos quase sempre ocorrem posteriores ao início do aumento testicular. A aceleração do crescimento peniano geralmente começa cerca de um ano após o início do crescimento testicular. A determinação da maturação biológica utiliza normalmente os seguintes índices: (1) **maturação somática** – avaliada por medidas antropométricas (peso e estatura); (2) **maturação óssea** - por meio de radiografia e (3) **maturação sexual** - por meio da avaliação do desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários e dos perfis hormonais (OLIVEIRA, 2007).

Existe uma grande variação quanto a idade de início e tempo de progressão da maturação sexual, conseqüentemente, a idade cronológica não deve ser considerada na avaliação do desenvolvimento de um adolescente. A determinação dos estágios de maturação sexual, através da inspeção dos estágios de *Tanner* (1962), é fundamental para a caracterização do crescimento e desenvolvimento físico do adolescente. Os critérios de *Tanner* se baseiam no desenvolvimento dos pelos pubianos e genitais, sendo o estágio 1 o pré-puberal e o 5, com características próximas ao padrão adulto.

O período entre um estágio e outro é muito variável, em média três anos para passar do estágio 2 para o 5 do desenvolvimento genital, e um ano e meio para o dos pelos pubianos (COLLI, 1994). Essas variações dependem da idade de início dos eventos, com uma ampla faixa de idade em que cada uma das modificações somáticas ocorre; dependem da duração dos eventos, uma vez que o tempo de passagem de um estágio para outro é individualizado, não existindo obrigatoriedade na velocidade com que os estágios mudam, e dependem também da sequência dos eventos, podendo existir variações dos mesmos.

2.4 AVALIAÇÃO VOCAL

A avaliação vocal pode ser realizada através da avaliação perceptivo-auditiva, que é uma avaliação clássica e tradicional. Porém é subjetiva e a terminologia empregada é confusa e imprecisa (FEX, 1992; SONNINEM; HURME, 1992).

A avaliação acústica da voz quantifica o sinal sonoro e complementa a avaliação perceptivo-auditiva. Através de programas dedicados a esse fim, pode medir o sinal vocal em *offline* para posterior análise. Durante a gravação do sinal vocal alguns aspectos devem ser considerados, tais como as condições de registro, protocolos de gravação, sistemas de gravação e análise qualitativa do sinal sonoro (TITZE, 1994; BAKEN, 1987). Os parâmetros vocais acústicos mais comumente avaliados são: a frequência fundamental (F_0) e seus índices de perturbação - *jitter* e *shimmer* e a relação harmônico-ruído.

A F_0 corresponde ao número de ciclos com que a mucosa das pregas vocais vibra em um segundo. Os fatores determinantes da F_0 são: o comprimento das pregas vocais, alongamento, massa em vibração e a tensão envolvida durante a fonação. A F_0 é afetada pelo sexo e pela idade, com distribuição média de 80 a 250 Hz em adultos jovens, sendo que nos homens a faixa vai de 80 a 150 Hz e nas mulheres de 150 a 250 Hz (LINDERS *et al.*, 1995; VUORENKOSK *et al.*, 1998). Crianças apresentam valores acima de 250 Hz e recém-nascidos possuem uma extensão ampla que pode chegar a 1,2 kHz. Para o português brasileiro falado em São Paulo, os valores da F_0 para homens, mulheres e crianças (de 8 a 11 anos) são 113 Hz, 205 Hz e 236 Hz, respectivamente (BEHLAU *et al.*, 1985).

O *jitter* indica a variabilidade da F_0 a curto prazo, medida entre ciclos glóticos vizinhos. Expressa o quanto um período é diferente do anterior ou de seu sucessor imediato, sem considerar as alterações voluntárias da frequência. Os valores de *jitter* em indivíduos

normais podem representar uma pequena variação na massa ou na tensão das pregas vocais, na simetria das estruturas, no muco envolvido ou ainda na atividade neural envolvida (BAKEN, 1987). Contudo, seus valores aumentados podem indicar lesões nas pregas vocais e refletir a extensão da alteração encontrada.

O *shimmer* é uma medida de estabilidade fonatória e indica a variabilidade da amplitude da onda sonora a curto prazo. Oferece uma percepção indireta do ruído na produção vocal, e seus valores crescem quanto maior a quantidade de ruído numa emissão; está associado às características de ressonância do trato vocal e ao nível de pressão sonora da produção vocal (BEHLAU *et al.*, 2001b). Valores aumentados de *shimmer* podem indicar irregularidade no fechamento glótico. Outros parâmetros também podem ser avaliados, tais como, a irregularidade, que verifica a irregularidade de vibração das pregas vocais, a relação de excitação glotal/ruído, utilizada para estimar a quantidade de ruído presente no pulso glótico, a quantidade de semitons e variabilidade da F_0 , que expressa a instabilidade da F_0 durante a emissão e a intensidade que expressa a média da amplitude do som, usada durante fala encadeada e medida em decibéis (dB).

A relação harmônico-ruído (RHR) caracteriza o relacionamento entre dois componentes da onda acústica de uma vogal sustentada: o componente periódico, sinal regular das pregas vocais, e o ruído adicional, produzido pelas pregas vocais e pelo trato vocal (FERRAND, 2002). A intensidade vocal, por sua vez, está ligada diretamente à pressão subglótica da coluna aérea. A pressão subglótica depende de fatores como a amplitude de vibração e tensão das pregas vocais e da resistência glótica. As variações da intensidade também são dependentes do comportamento da frequência vocal (COLEMAN; MABIS; HINSON, 1977; BEHLAU; PONTES, 1995).

Nesse projeto de tese de doutorado foi possível fazer a análise acústica do sinal vocal objetivando encontrar valores para complementar o processo de padronização das variáveis mais importantes consideradas na análise vocal. Ao considerar esses valores, tornar-se-á mais fácil obter o perfil das vozes durante seu processo de amadurecimento e assim, seguindo o proposto por Titze (1994), educar, simplificar, economizar recursos financeiros, tempo e esforço, garantindo sua certificação.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Correlacionar parâmetros vocais acústicos de sujeitos do sexo masculino considerando a faixa etária entre 11 e 20 anos com parâmetros do desenvolvimento puberal.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analisar o sinal acústico de indivíduos do sexo masculino enquadrados nas faixas etárias pré-determinadas (G I: 11 e 12 anos; G II: 13 a 15 anos; GIII: 16 a 18 anos; e G IV: 19 e 20 anos);
2. Correlacionar as medidas acústicas: F_0 , *jitter*, *shimmer*, relação harmônico-ruído e intensidade com o grau de desenvolvimento puberal.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 TIPO DE ESTUDO

O estudo caracterizou-se como uma pesquisa quantitativa, transversal e prospectiva.

4.2 SUJEITOS

As avaliações foram realizadas em sujeitos (n=126) do sexo masculino com idade entre 11 e 20 anos, estudantes de três escolas estaduais de Macapá, AP. O cálculo amostral foi realizado por meio de amostragem aleatória simples, chegando-se a 103 sujeitos, porém foram contemplados mais sujeitos devido à possibilidade de exclusão de amostras de fala após a coleta de dados. Dos 126 sujeitos previamente avaliados, foram excluídos 11 sujeitos, devido às características irregulares da emissão vocal, e 5 sujeitos devido à discrepância dos resultados em relação aos demais, sendo considerado para análise do estudo o total de 110 sujeitos. Os sujeitos foram selecionados em três escolas devido à necessidade de contemplar o número de sujeitos do estudo. Para a participação no estudo os responsáveis dos sujeitos de até 17 anos assinaram do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A) autorizando suas participações. O TCLE dos sujeitos acima de 18 anos foi assinado por eles e também pelos seus respectivos responsáveis, por pedido das escolas participantes (Apêndice B). Eles foram divididos em quatro grupos, de acordo com a idade. O Grupo I constituído por 32 sujeitos com idade entre 11 e 12 anos, o Grupo II por 29 sujeitos com idade entre 13 e 15 anos, o Grupo III por 30 sujeitos com idade entre 16 e 18 anos, e o Grupo IV por 19 sujeitos com idade entre 19 e 20 anos. Os Grupos I e IV foram constituídos com o propósito de verificar os parâmetros vocais um ano antes da idade de início da muda vocal de acordo com a literatura brasileira (RUIZ, 1993) e um ano após a adolescência, o que nos permitiu avaliar o comportamento vocal antes e depois do processo de muda vocal.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade SEAMA, sob o protocolo 008/2010 (Anexo A) e seguiu as diretrizes éticas recomendadas pela resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisas envolvendo seres humanos. Não

foram selecionados para o estudo os sujeitos que apresentassem queixa vocal ou disfonia, problemas neurológicos, síndromes congênitas ou aqueles acometidos por alergias nas vias aéreas superiores e/ou inferiores, resfriado ou gripe ou usando medicamento para as mesmas.

4.3 COLETA DE DADOS

4.3.1 Caracterização da Voz

Os sujeitos selecionados foram submetidos à gravação da voz, utilizando-se um microfone de mão (SBC MD680, PHILIPS), conectado a um microcomputador PC compatível, posicionado a 5 cm da boca quando solicitada a emissão da vogal sustentada e uma distância de 10 cm quando solicitada a fala encadeada, mantendo-se um ângulo de 45 graus para a redução do ruído aerodinâmico da articulação (PRICE; SATALOFF, 1988; TIZTE, 1994). As gravações foram realizadas em uma sala, dentro das próprias escolas, com ruído ambiental inferior a 50 dB, que foi medido através de um decibelímetro (METER REALISITIC, RADIO SHACK). Aos sujeitos foi solicitada a emissão da vogal /é/ sustentada em sua intensidade e conforto habituais; contagem de 1 a 10 e leitura de um parágrafo de livro pré-designado. Tais tarefas fonatórias foram solicitadas por serem usuais na clínica fonoaudiológica para avaliação vocal. As gravações foram realizadas uma hora antes do início do período de aula, por agendamento dos estudantes em dias determinados da semana.

A vogal /é/ foi escolhida por ser uma vogal oral, média, aberta e não arredondada, utilizada nos exames laringológicos no Brasil, na maioria dos programas de análise acústica computadorizada e por ser a vogal sugerida no programa utilizado. As amostras da vogal foram editadas desprezando-se o início da emissão, que apresenta a instabilidade típica da fase de ataque vocal e considerando-se, aproximadamente, os três segundos subsequentes. Do sinal vocal, foi avaliado a F_0 da voz na emissão sustentada e na fala encadeada; *jitter*; *shimmer*, relação harmônico-ruído (RHR) e intensidade mantida durante a fala encadeada. O programa de análise acústica utilizado considera os seguintes parâmetros de normalidade: *jitter* menor ou igual a 0,6%, *shimmer* menor ou igual a 6,5% e RHR menor ou igual a 2,5 dB.

4.3.2 Caracterização do Desenvolvimento Puberal

A avaliação do desenvolvimento puberal foi realizada por um médico clínico geral, em sala das próprias escolas, logo após as gravações das vozes. A avaliação do estágio de desenvolvimento puberal consiste em uma inspeção visual do órgão genital e dos pelos pubianos baseada na escala de Tanner (1962) (Quadro 1).

QUADRO 1. Classificação dos estágios do desenvolvimento puberal (TANNER, 1962).

G1	G2	G3	G4	G5
Os testículos, o escroto e o pênis são do mesmo tamanho e proporção que na primeira infância.	Aumento do escroto e dos testículos. A pele do escroto muda de textura. Aumento do pênis é discreto ou nulo.	Aumento do pênis em toda a extensão. Testículos e o escroto continuam seus desenvolvimentos.	Aumento de tamanho do pênis, escroto, testículos e desenvolvimento da glândula.	Os genitais se apresentam em tamanho e forma dos adultos
P1	P2	P3	P4	P5
Pré-adolescente, não há pelagem pubiana.	Crescimento ralo de pelos longos, macios e ligeiramente pigmentados, lisos ou levemente crespos, principalmente na base do pênis.	Pelos mais escuros e ásperos sobre o púbis.	A pelagem é do tipo adulto, mas a área coberta não se estende até a superfície interna das coxas.	Do tipo adulto, em quantidade e tipo.

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos parâmetros acústicos das vozes foi feita com o auxílio de um programa dedicado para avaliação vocal (VOX METRIA, versão 4.5, CTS INFORMÁTICA). A estatística descritiva da população foi realizada através de médias, percentis, medianas e desvio padrão. Foram utilizados os seguintes testes estatísticos: o teste de Jonkheere-Terpstra - empregado para verificar possíveis diferenças entre os grupos etários estudados, o teste de Mann-Whitney, ajustado pela correção de Bonferroni - para identificar diferenças entre os grupos etários, quando comparados par a par e o teste da razão de verossimilhança - utilizado

com o intuito de verificar as possíveis diferenças entre os grupos estudados, quando comparados concomitantemente com nível de significância de 5%. A *Correlação de Spearman* foi utilizada para verificar o grau de relacionamento entre as variáveis. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa *Statistical Package for Social Sciences* - SPSS em sua versão 21.0.

5 RESULTADOS

5.1 GRUPO I (11 a 12 anos)

Os valores encontrados para F_0 , durante a emissão da vogal sustentada /é/, foram superiores a 200 Hz para todos os sujeitos, chegando a mais de 250 Hz em três sujeitos. A média da F_0 foi de 223,28 Hz, considerada uma frequência vocal aguda. Dos 32 sujeitos avaliados, 23 (71,8%) apresentaram os valores de *jitter* dentro do padrão de normalidade especificado pelo programa de análise ($< 0,6\%$) e 9 (28,2%) valores alterados ($> 0,6\%$). Em relação à *shimmer*, 25 (78,1%) sujeitos apresentaram valores do acima de 6,5%, que é um valor elevado para esse parâmetro. Em 6 sujeitos (18,7%) a medida de ruído apresentou valor acima de 2,5 dB, o restante se manteve dentro da faixa de normalidade entre 0 e 2,5 dB.

Durante a fala encadeada, os valores encontrados para F_0 foram valores muito próximos aos valores obtidos durante a emissão da vogal sustentada. Para todos os sujeitos a F_0 média esteve acima de 200 Hz e seu valor mínimo e máximo variou apenas entre frequências vocais consideradas agudas (202 Hz a 270,5 Hz). O valor de intensidade manteve-se com média de 56,31 dB, com mínima de 48,67 dB e máxima de 63,74 dB, valores de intensidade considerados adequados para uma emissão em voz habitual na conservação entre duas pessoas próximas fisicamente e em ambiente silencioso. Todos os valores referentes ao Grupo I podem ser vistos na Tabela 1.

TABELA 1. Valores dos parâmetros vocais acústicos referentes ao Grupo I (11 a 12 anos).

	N	Média		Dp	Mínimo	Máximo
F_0 vogal (Hz)	32	223,28	±	22,86	202	291
<i>Jitter</i> (%)	32	0,50	±	0,67	0,07	2,61
<i>Shimmer</i> (%)	32	8,34	±	2,01	5,01	11,94
RHR (dB)	32	1,59	±	0,79	0,61	2,97
F_0 fala (Hz)	32	217,09	±	12,81	202	270,5
Intensidade (dB)	32	56,31	±	4,33	48,67	63,74

5.2 GRUPO II (13 a 15 anos)

O valor médio encontrado para F_0 durante a emissão da vogal /é/ sustentada foi de 249,86 Hz, e assim como no Grupo I, todos os sujeitos apresentaram F_0 acima de 200 Hz, não havendo diminuição da média da F_0 em relação ao Grupo I e mantendo valores mínimo e máximo de F_0 muito semelhantes ao Grupo I. Dos 29 sujeitos avaliados, 21 (72,4%) apresentaram os valores de *jitter* dentro do padrão de normalidade especificado pelo programa de análise ($\leq 0,6\%$) e 8 (27,6%) sujeitos valores alterados ($> 0,6\%$); valores muito semelhantes aos encontrados no Grupo I. Assim como observado no Grupo I, a maioria dos sujeitos ($n=27$) apresentou valores do *shimmer* acima de 6,5%. Todos os sujeitos apresentaram valores de RHR até 2,5 dB. Durante a fala encadeada também foi observada frequência fundamental acima de 200 Hz em todos os sujeitos, variando de 200,55 Hz a 298,8 Hz. Como no Grupo I, assim como na emissão da vogal sustentada, não houve redução do valor da F_0 . O valor da intensidade manteve-se com média próxima ao valor apresentado pelo Grupo I, de 56,10 dB, com valor mínimo de 48,2 dB e máximo de 66,42 dB. Os valores referentes ao Grupo II podem ser vistos na Tabela 2.

TABELA 2. Valores dos parâmetros vocais acústicos referentes ao Grupo II (13 a 15 anos).

	N	Média		Dp	Mínimo	Máximo
F_0 vogal (Hz)	29	249,86	±	31,15	200,85	297,7
<i>Jitter</i> (%)	29	0,47	±	1,24	0,1	1,84
<i>Shimmer</i> (%)	29	9,9	±	2,33	5,6	14,8
RHR (dB)	29	1,25	±	0,57	0,48	2,5
F_0 fala (Hz)	29	246,18	±	33,50	200,55	298,8
Intensidade (dB)	29	56,10	±	4,24	48,2	66,42

5.3 GRUPO III (16 a 18 anos)

O valor médio encontrado para F_0 reduziu consideravelmente quando comparado aos valores apresentados pelos Grupos I e II. A média da F_0 foi de 122,63 Hz, considerada uma

frequência vocal grave. Apenas dois sujeitos apresentaram valores de F_0 superiores a 150 Hz. Dos 30 sujeitos avaliados, 28 (93,3%) apresentaram os valores de *jitter* dentro da normalidade ($\leq 0,6\%$) e apenas 2 (6,7%) valores alterados entre 0,62% e 0,65%, muito próximos do limiar de normalidade. Ao contrário do observado para *jitter*, 24 (80%) sujeitos apresentaram valores de *shimmer* acima de 6,5%. Quando comparado ao Grupo I e Grupo II, observa-se que o valor de *shimmer* tende a continuar alterado e fora dos padrões da normalidade considerando-se as faixas etárias de 11 a 18 anos. Dos 6 sujeitos (20%) que apresentaram *shimmer* igual ou menor a 6,5%, 3 (10% - 18 anos), 1 (3,3% - 17 anos) e 2 (6,7% - 16 anos). Dois sujeitos apresentaram RHR maior que 2,5 dB, com valores igual a 2,6 dB e 2,66 dB, muito próximos ao limite de normalidade. Os demais sujeitos apresentaram RHR com valor entre 0,4 e 2,5 dB.

Durante a fala encadeada o valor médio da F_0 foi de 117,27 Hz, considerada uma frequência vocal grave e correspondente à voz masculina de jovens adultos. Todos os sujeitos apresentaram F_0 entre 100 Hz e 150 Hz. O valor da F_0 decresceu em relação aos valores encontrados tanto no Grupo I como no Grupo II. O valor médio da intensidade manteve-se em 54,32 dB, valores muito próximos aos encontrados nos Grupos I e II e dentro dos valores esperados. Todos os valores referentes ao Grupo III podem ser vistos na Tabela 3.

TABELA 3. Valores dos parâmetros vocais acústicos referentes ao Grupo III (16 a 18 anos).

	N	Média		Dp	Mínimo	Máximo
F_0 vogal (Hz)	30	122,63	±	20,89	100,6	171,3
<i>Jitter</i> (%)	30	0,26	±	0,16	0,05	0,65
<i>Shimmer</i> (%)	30	8,65	±	2,29	4,3	13,58
RHR (dB)	30	1,25	±	0,59	0,4	2,66
F_0 fala (Hz)	30	117,27	±	14,44	100,1	150,7
Intensidade (dB)	30	54,32	±	4,86	43,3	64,4

5.4 GRUPO IV (19 a 20 anos)

O valor médio encontrado para F_0 durante a emissão da vogal /é/ sustentada foi de 127,61 Hz, e assim como no Grupo III, a maioria dos sujeitos apresentou F_0 entre 100 Hz e

150 Hz, dentro da frequência vocal esperada para jovens adultos do sexo masculino. Apenas dois sujeitos (10,5%) apresentaram F_0 igual a 177,8 Hz e 176,3 Hz, isto é, frequência vocal um pouco mais aguda do que o esperado. Dos 19 sujeitos avaliados, 18 (94,7%) apresentaram os valores de *jitter* dentro do padrão de normalidade especificado pelo programa de análise ($\leq 0,6\%$) e 1 sujeito (5,3%) valor alterado, igual a 0,76%. Assim como observado nos Grupos I, II e III a maioria dos sujeitos (n=14) apresentou valores do *shimmer* acima de 6,5%. Todos os sujeitos apresentaram valores da RHR entre 0,54 dB e 2,5 dB.

Durante a fala encadeada foi observada frequência fundamental muito próxima a encontrada durante a emissão da vogal /é/ sustentada, com média de 123,42 Hz, e os dois sujeitos que apresentaram F_0 mais agudizada na emissão da vogal, também apresentaram na fala encadeada com valores iguais a 162 Hz e 191 Hz. O valor da intensidade manteve-se dentro do encontrado para os demais grupos, com média de 54,13 dB. Todos os valores referentes ao Grupo IV podem ser vistos na Tabela 4.

TABELA 4. Valores dos parâmetros vocais acústicos referentes ao Grupo IV (19 a 20 anos).

	N	Média		Dp	Mínimo	Máximo
F_0 vogal (Hz)	19	127,61	±	21,39	103	177,8
<i>Jitter</i> (%)	19	0,26	±	0,18	0,1	0,76
<i>Shimmer</i> (%)	19	8,08	±	2,09	3,8	11,7
RHR (dB)	19	1,45	±	0,65	0,54	2,5
F_0 fala (Hz)	19	123,42	±	20,78	101,8	191
Intensidade (dB)	19	54,13	±	6	42,3	66,1

5.5 CONSIDERANDO OS QUATRO GRUPOS ETÁRIOS

As relações entre os parâmetros vocais considerando-se todos os grupos estão dispostas nas Figuras 4, 5 e 6. Aplicou-se o Teste de Jonkheere-Terpstra para verificar possíveis diferenças entre os quatro grupos etários estudados, quando comparados concomitantemente, para as variáveis. Houve diferença estatisticamente significativa para as seguintes variáveis: F_0 durante a vogal sustentada ($p < 0,001$) e F_0 durante a fala encadeada

($p < 0,001$). Os valores referentes à comparação dos quatro grupos etários concomitantemente podem ser vistos na Tabela 5.

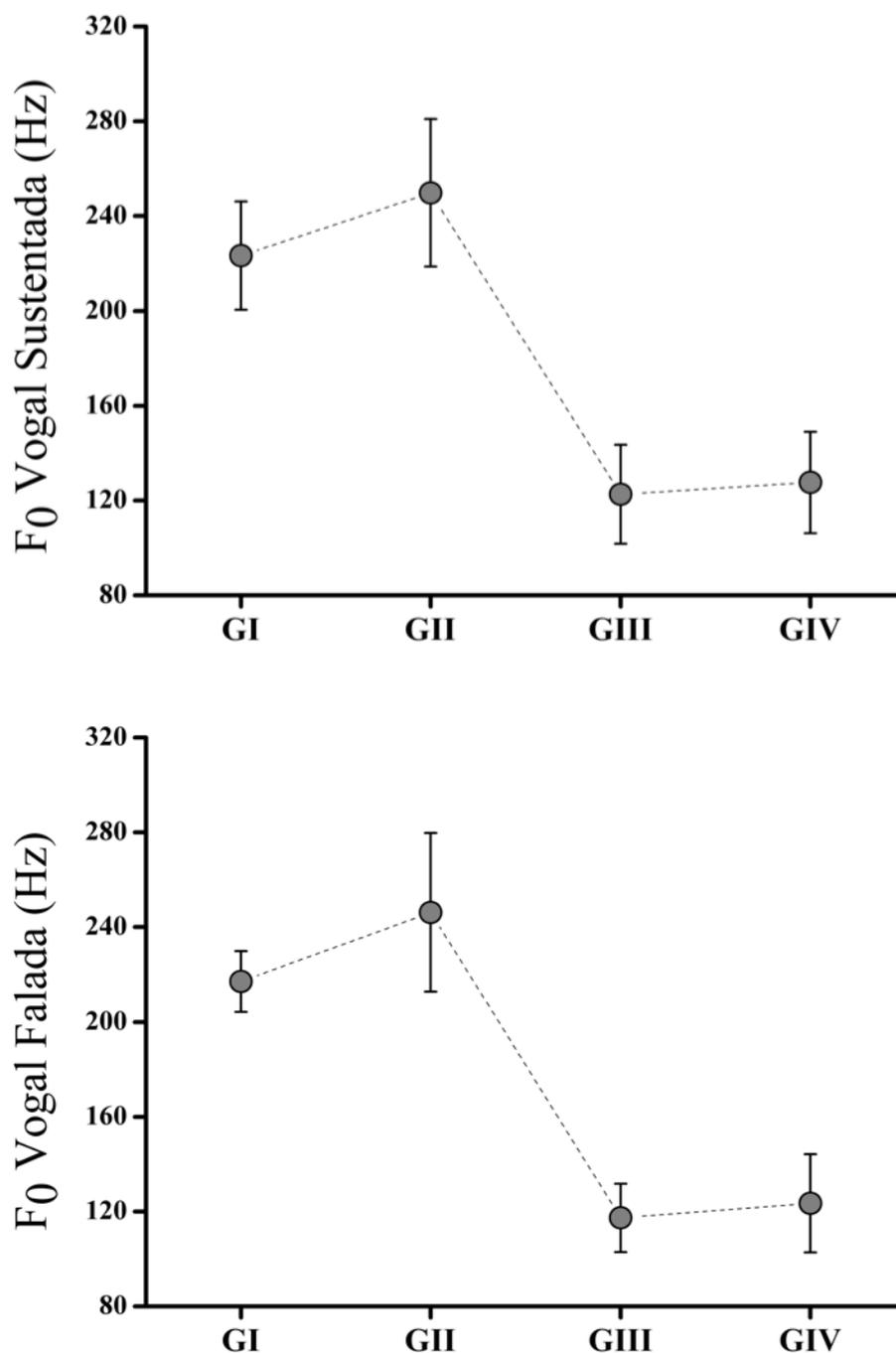


FIGURA 4. Gráficos com a relação entre a F_0 e a produção de fala. (A) Relação entre a F_0 e a fala de uma vogal /é/ de modo sustentado. Notar a diminuição da F_0 nos grupos III e IV. (B) Relação entre a F_0 e a fala encadeada, no caso um parágrafo pré-definido. O mesmo comportamento da variação de F_0 foi observado nesse modo de fala.

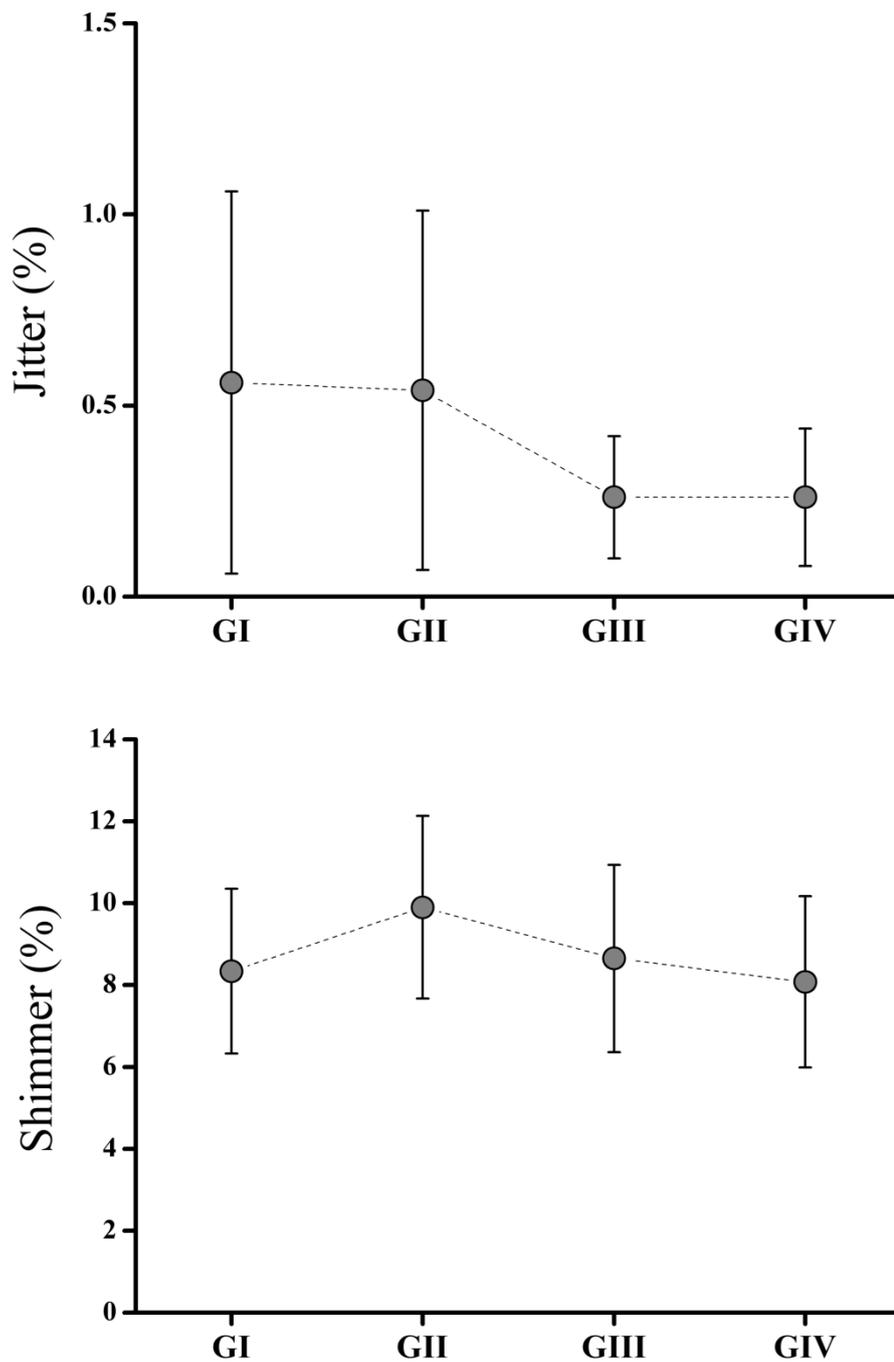


FIGURA 5. Gráficos de demonstração do comportamento de *Shimmer* e *Jitter* durante a produção de fala. (A) Comportamento de *Jitter* durante a emissão da vogal /é/ de modo sustentado. Notar a diminuição de *Jitter* nos grupos III e IV. (B) Comportamento de *Shimmer* durante a emissão da vogal /é/ de modo sustentado. Notar o aumento de *Shimmer* no Grupo II e sua diminuição nos Grupos I, III e IV.

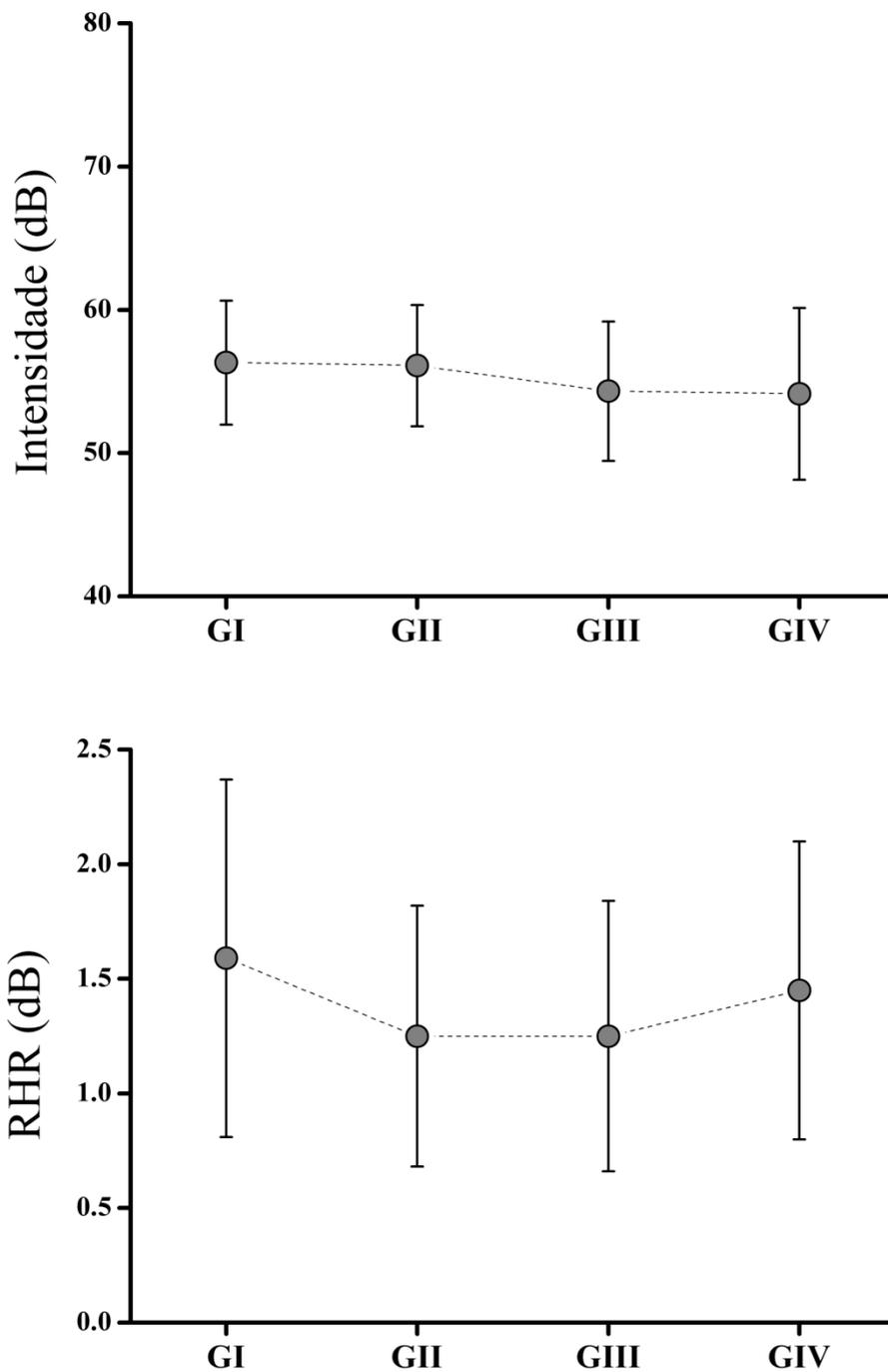


FIGURA 6. Gráficos de demonstração do comportamento da Intensidade e RHR durante a produção de fala. (A) Notar similaridade da intensidade entre os grupos. (B) Notar a diminuição dos valores da RHR nos Grupos II e III.

TABELA 5. Diferença entre os quatro grupos etários estudados, quando comparados concomitantemente, para as variáveis de interesse da análise acústica da voz.

Variável	Faixa Etária	n	Média	Desvio-padrão	Mín.	Máx.	Percentil 25	Percentil 50 (Mediana)	Percentil 75	Sig. (p)
F₀ vogal sustentada (Hz)	11 a 12 anos	32	223,28	22,86	202,00	291,00	212,03	215,20	228,95	< 0,001
	13 a 15 anos	29	249,86	31,15	200,85	297,70	218,80	250,00	277,55	
	16 a 18 anos	30	122,63	20,89	100,60	171,30	107,75	113,40	131,78	
	19 a 20 anos	19	127,61	21,39	103,00	177,80	114,00	119,60	140,40	
	Total	110	186,31	61,50	100,60	297,70	119,45	204,95	227,90	
Jitter (%)	11 a 12 anos	32	0,50	0,67	0,07	2,61	0,12	0,26	0,74	0,071
	13 a 15 anos	29	0,54	0,47	0,10	1,84	0,20	0,40	0,90	
	16 a 18 anos	30	0,26	0,16	0,05	0,65	0,14	0,22	0,33	
	19 a 20 anos	19	0,26	0,18	0,10	0,76	0,14	0,20	0,36	
	Total	110	0,48	0,76	0,05	2,61	0,15	0,26	0,51	
Shimmer (%)	11 a 12 anos	32	8,34	2,01	5,01	11,94	6,65	8,07	10,13	0,785
	13 a 15 anos	29	9,9	2,33	5,60	14,80	8,49	9,54	12,12	
	16 a 18 anos	30	8,65	2,29	4,30	13,58	7,06	8,66	10,05	
	19 a 20 anos	19	8,08	2,09	3,80	11,70	6,25	8,15	9,35	
	Total	110	9,05	2,89	3,80	14,80	7,17	8,58	10,45	
RHR (dB)	11 a 12 anos	32	1,59	0,78	0,61	2,97	0,94	1,46	2,44	0,371
	13 a 15 anos	29	1,25	0,57	0,48	2,50	0,77	1,14	1,64	
	16 a 18 anos	30	1,25	0,59	0,40	2,66	0,90	1,10	1,48	
	19 a 20 anos	19	1,45	0,64	0,54	2,56	0,83	1,38	1,98	
	Total	110	1,40	0,70	0,40	2,97	0,87	1,22	1,84	
Intensidade (dB)	11 a 12 anos	32	56,31	4,33	48,67	63,74	52,48	54,94	60,22	0,130
	13 a 15 anos	29	56,10	4,24	48,20	66,42	52,77	56,42	58,89	
	16 a 18 anos	30	54,32	4,86	43,30	64,40	51,29	55,53	57,45	
	19 a 20 anos	19	54,13	6,00	42,30	66,10	50,00	55,13	59,00	
	Total	110	55,34	4,81	42,30	66,42	52,00	55,64	59,00	
F₀ fala encadeada (Hz)	11 a 12 anos	32	217,09	12,81	202,00	270,50	210,80	213,54	218,80	< 0,001
	13 a 15 anos	29	246,18	33,50	200,55	298,80	213,25	244,70	278,85	
	16 a 18 anos	30	117,27	14,44	100,10	150,70	104,75	113,93	129,10	
	19 a 20 anos	19	123,42	20,78	101,80	191,00	112,50	118,20	126,80	
	Total	110	181,36	60,58	100,10	298,80	118,15	206,90	218,80	

Como encontramos diferenças ditas estatisticamente significantes, aplicou-se o Teste de Mann-Whitney, ajustado pela Correlação de Bonferroni, para tentarmos identificar quais grupos etários diferenciam-se entre si, quando comparados par a par. Os resultados podem ser vistos na Tabela 6.

TABELA 6. Diferença entre os grupos etários quando comparados par a par.

Variável	Grupo Etário					
	11 a 12 anos X	11 a 12 anos X	11 a 12 anos X	13 a 15 anos X	13 a 15 anos X	16 a 18 anos X
	13 a 15 anos	16 a 18 anos	19 a 20 anos	16 a 18 anos	19 a 20 anos	19 a 20 anos
F₀ vogal sustentada (Hz)	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,230
F₀ fala encadeada (Hz)	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,300

(*alfa de Bonferroni = 0,008512*)

Observa-se que tanto na F₀ durante a vogal sustentada como na F₀ durante a fala encadeada, houve diferença estatisticamente significativa entre o Grupo I em relação a todos os demais grupos, assim como relação entre o Grupo II e os Grupos III e IV (p<0,001). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os Grupos III e IV para ambas as variáveis (p=0,230 e p=0,300, respectivamente).

5.5.1 Dados do Desenvolvimento Puberal

Os sujeitos foram avaliados de acordo com os graus de desenvolvimento puberal segundo a escala de Tanner (Quadro 1). Foi aplicado o *Teste da Razão de Verossimilhança*, com o intuito de verificarmos possíveis diferenças entre os quatro grupos etários, quando comparados concomitantemente, para as variáveis categóricas grau de genital e grau de pelos pubianos. Conforme demonstrado observa-se diferença significativa entre os grupos (Tabela 7).

TABELA 7. Diferença entre os quatro grupos etários estudados, quando comparados concomitantemente, para as variáveis grau de genital e grau de pelos pubianos.

Variável	Categoria	Faixa Etária								Sig. (p)
		11 a 12 anos		13 a 15 anos		16 a 18 anos		19 a 20 anos		
		Freq.	Perc.	Freq.	Perc.	Freq.	Perc.	Freq.	Perc.	
Grau genital (G)	G1	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	< 0,001
	G2	15	46,90%	1	3,40%	0	0,00%	0	0,00%	
	G3	16	50,00%	12	41,40%	6	20,00%	4	21,10%	
	G4	1	3,10%	16	55,20%	16	53,30%	10	52,60%	
	G5	0	0,00%	0	0,00%	8	26,70%	5	26,30%	
Grau Pelos Pubianos (P)	P1	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	<0,001
	P2	25	78,10%	5	17,20%	1	3,30%	2	10,50%	
	P3	6	18,80%	14	48,30%	9	30,00%	5	26,30%	
	P4	1	3,10%	10	34,50%	17	56,70%	8	42,10%	
	P5	0	0,00%	0	0,00%	3	10,00%	4	21,10%	

5.5.2. Estudo de Relacionamento considerando os quatro grupos etários separadamente

Foi aplicada a Análise de Correlação de Spearman, com o intuito de verificarmos o grau de relacionamento entre os parâmetros vocais e entre os parâmetros vocais e os dados de desenvolvimento puberal, considerando-se os diferentes grupos etários separadamente. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 8, 9, 10 e 11.

TABELA 8. Grau de relacionamento entre as variáveis de interesse considerando o Grupo I (11 a 12 anos).

Variável	Estatística	F ₀ vogal sustentada (Hz)	Jitter (%)	Shimmer (%)	RHR (dB)	Intensidade (dB)	F ₀ fala encadeada (Hz)	Grau genital (G)
Jitter (%)	Coef. Correl. (r)	-0,010						
	Sig. (p)	0,959						
	n	32						
Shimmer (%)	Coef. Correl. (r)	-0,180	0,473					
	Sig. (p)	0,325	0,006					
	n	32	32					
RHR (dB)	Coef. Correl. (r)	-0,143	0,675	0,128				
	Sig. (p)	0,436	< 0,001	0,487				
	n	32	32	32				
Intensidade (dB)	Coef. Correl. (r)	0,427	-0,280	-0,206	-0,213			
	Sig. (p)	0,015	0,120	0,258	0,241			
	n	32	32	32	32			
F ₀ fala encadeada (Hz)	Coef. Correl. (r)	0,380	0,098	0,025	-0,062	0,112		
	Sig. (p)	0,032	0,593	0,892	0,734	0,543		
	n	32	32	32	32	32		
Grau genital (G)	Coef. Correl. (r)	0,415	0,155	0,094	-0,081	0,068	0,288	
	Sig. (p)	0,018	0,398	0,609	0,659	0,713	0,110	
	n	32	32	32	32	32	32	
Grau pelos pubianos (P)	Coef. Correl. (r)	0,269	0,247	0,184	-0,267	0,235	0,414	0,531
	Sig. (p)	0,136	0,173	0,313	0,140	0,196	0,019	0,002
	n	32	32	32	32	32	32	32

De acordo com a Tabela 8, em relação ao Grupo I, há relação estatisticamente significativa entre *shimmer* e *jitter* ($r = 0,473$; $p = 0,006$); *jitter* e RHR ($r = 0,675$; $p < 0,001$); F₀ durante a emissão da vogal sustentada e intensidade ($r = 0,427$; $p = 0,015$); F₀ durante a emissão da vogal sustentada e F₀ durante a fala encadeada ($r = 0,38$; $p = 0,032$); F₀ durante a emissão da vogal sustentada e G ($r = 0,415$; $p = 0,018$); G e P ($r = 0,531$; $p = 0,002$).

TABELA 9. Grau de relacionamento entre as variáveis de interesse considerando o Grupo II (13 a 15 anos).

Variável	Estatística	F ₀ vogal sustentada (Hz)	Jitter (%)	Shimmer (%)	RHR (dB)	Intensidade (dB)	F ₀ fala encadeada (Hz)	Grau genital (G)
Jitter (%)	Coef. Correl. (r)	-0,020						
	Sig. (p)	0,918						
	n	29						
Shimmer (%)	Coef. Correl. (r)	0,301	0,554					
	Sig. (p)	0,113	0,002					
	n	29	29					
RHR (dB)	Coef. Correl. (r)	0,194	0,268	0,292				
	Sig. (p)	0,313	0,161	0,124				
	n	29	29	29				
Intensidade (dB)	Coef. Correl. (r)	0,375	0,038	0,022	0,106			
	Sig. (p)	0,045	0,844	0,911	0,585			
	n	29	29	29	29			
F ₀ fala encadeada (Hz)	Coef. Correl. (r)	0,621	0,305	0,496	0,218	0,172		
	Sig. (p)	< 0,001	0,108	0,006	0,256	0,372		
	n	29	29	29	29	29		
Grau genital (G)	Coef. Correl. (r)	0,511	-0,065	0,167	0,156	-0,052	0,316	
	Sig. (p)	0,005	0,738	0,386	0,421	0,787	0,095	
	n	29	29	29	29	29	29	
Grau pelos pubianos (P)	Coef. Correl. (r)	0,331	-0,003	0,134	-0,134	-0,276	0,355	0,633
	Sig. (p)	0,080	0,987	0,489	0,487	0,147	0,059	< 0,001
	n	29	29	29	29	29	29	29

No Grupo II, conforme apresentado na Tabela 9, observa-se relação estatisticamente entre *shimmer* e *jitter* ($r = 0,554$; $p = 0,002$); *shimmer* e F₀ durante a fala encadeada ($r = 0,496$; $p = 0,006$); F₀ durante a fala encadeada e F₀ durante a emissão da vogal sustentada ($r = 0,621$; $p < 0,001$); F₀ durante a emissão da vogal sustentada e intensidade ($r = 0,375$; $p = 0,045$); F₀ durante a emissão da vogal sustentada e G ($r = 0,511$; $p = 0,005$); G e P ($r = 0,633$; $p < 0,001$).

TABELA 10. Grau de relacionamento entre as variáveis de interesse considerando o Grupo III (16 a 18 anos).

Variável	Estatística	F ₀ vogal sustentada	Jitter (%)	Shimmer (%)	RHR (dB)	Intensidade (dB)	F ₀ fala encadeada (Hz)	Grau genital (G)
Jitter (%)	Coef. Correl. (r)	-0,442						
	Sig. (p)	0,015						
	n	30						
Shimmer (%)	Coef. Correl. (r)	-0,741	0,398					
	Sig. (p)	< 0,001	0,029					
	n	30	30					
RHR (dB)	Coef. Correl. (r)	-0,017	-0,023	0,331				
	Sig. (p)	0,927	0,904	0,074				
	n	30	30	30				
Intensidade (dB)	Coef. Correl. (r)	-0,058	-0,217	0,005	0,076			
	Sig. (p)	0,760	0,249	0,978	0,689			
	n	30	30	30	30			
F ₀ fala encadeada (Hz)	Coef. Correl. (r)	0,925	-0,501	-0,702	0,009	0,003		
	Sig. (p)	< 0,001	0,005	< 0,001	0,962	0,988		
	n	30	30	30	30	30		
Grau genital (G)	Coef. Correl. (r)	-0,009	-0,276	-0,024	0,063	0,224	0,040	
	Sig. (p)	0,963	0,140	0,901	0,740	0,233	0,834	
	n	30	30	30	30	30	30	
Grau pelos pubianos (P)	Coef. Correl. (r)	0,047	-0,300	-0,013	0,095	0,182	0,090	0,603
	Sig. (p)	0,806	0,107	0,945	0,616	0,335	0,635	< 0,001
	n	30	30	30	30	30	30	30

No Grupo III, conforme demonstrado na Tabela 10, há relação estatisticamente significativa entre F₀ durante a vogal sustentada e *jitter* (r = -0,442; p = 0,015); F₀ durante a vogal sustentada e *shimmer* (r = -0,741; p<0,001); F₀ durante a vogal sustentada e F₀ durante a fala encadeada (r = 0,925; p<0,001); *jitter* e *shimmer* (r = 0,398; p = 0,029); *jitter* e F₀ durante a fala encadeada (r = -0,501; p = 0,005); *shimmer* e F₀ durante a fala encadeada (r = -0,702; p<0,001); G e P (r = 0,603; p<0,001).

TABELA 11. Grau de relacionamento entre as variáveis de interesse considerando o Grupo IV (19 a 20 anos).

Variável	Estatística	F ₀ vogal sustentada (Hz)	Jitter (%)	Shimmer (%)	RHR (dB)	Intensidade e (dB)	F ₀ fala encadeada (Hz)	Grau genital (G)
<i>Jitter</i> (%)	Coef. Correl. (r)	-0,024						
	Sig. (p)	0,923						
	n	19						
<i>Shimmer</i> (%)	Coef. Correl. (r)	-0,106	-0,093					
	Sig. (p)	0,665	0,704					
	n	19	19					
RHR (dB)	Coef. Correl. (r)	-0,012	-0,260	-0,008				
	Sig. (p)	0,960	0,282	0,974				
	n	19	19	19				
Intensidade (dB)	Coef. Correl. (r)	-0,082	0,378	-0,280	-0,106			
	Sig. (p)	0,740	0,110	0,246	0,665			
	n	19	19	19	19			
F₀ fala encadeada (Hz)	Coef. Correl. (r)	0,886	0,066	0,055	-0,105	-0,082		
	Sig. (p)	< 0,001	0,789	0,822	0,668	0,740		
	n	19	19	19	19	19		
Grau genital (G)	Coef. Correl. (r)	0,209	0,047	0,145	-0,429	-0,085	0,347	
	Sig. (p)	0,390	0,847	0,555	0,067	0,728	0,146	
	n	19	19	19	19	19	19	
Grau pelos pubianos (P)	Coef. Correl. (r)	-0,068	0,258	0,208	-0,482	0,092	0,056	0,814
	Sig. (p)	0,781	0,286	0,392	0,037	0,709	0,821	< 0,001
	n	19	19	19	19	19	19	19

No Grupo IV, conforme demonstrado na Tabela 11, há relação estatisticamente significativa entre F₀ durante a vogal sustentada e F₀ durante a fala encadeada (r = 0,886; p<0,001); RHR e P (r = -0,482; p = 0,037); G e P (r = 0,814; p <0,001).

5.6 CONSIDERANDO OS GRAUS DE DESENVOLVIMENTO PUBERAL

As variáveis G e P apresentaram relação estatisticamente significativa (r=0,724; p<0,001), portanto G explica P (ou vice-versa), ou seja, os valores de G apresentam comportamento correlacionado frente aos valores de P. Como o sinal do coeficiente de correlação é positivo, pode-se afirmar que quanto maior o valor de G, tanto maior é o valor de

P. Sendo assim, adotamos apenas a variável G para as demais análises estatísticas e não há referência a G1, pois não houve indivíduos classificados nessa categoria (Tabelas 12 e 13).

Foi aplicado o *Teste de Jonkheere-Terpstra*, com o intuito de verificarmos possíveis diferenças entre os graus de genital, quando comparados concomitantemente aos parâmetros vocais, conforme os resultados apresentados na Tabela 12.

TABELA 12. Grau de relacionamento entre as variáveis considerando os graus de genital.

Variável	Grau Genital	n	Média	Desvio-padrão	Mín.	Máx.	Percentil 25	Percentil 50 (Mediana)	Percentil 75	Sig. (p)
F₀ vogal sustentada (Hz)	G2	16	214,61	8,29	202,00	234,70	211,60	213,70	217,05	0,002
	G3	38	204,55	54,89	102,70	291,00	170,98	215,60	247,68	
	G4	43	178,66	72,16	100,60	297,70	112,50	148,40	250,00	
	G5	13	123,46	11,76	102,50	140,85	113,00	126,00	131,65	
	Total	110	186,31	61,50	100,60	297,70	119,45	204,95	227,90	
Jitter (%)	G2	16	0,53	0,69	0,07	2,61	0,10	0,22	0,59	0,205
	G3	38	0,68	1,14	0,10	6,73	0,15	0,32	0,74	
	G4	43	0,36	0,34	0,05	1,84	0,15	0,26	0,40	
	G5	13	0,23	0,14	0,07	0,60	0,15	0,16	0,30	
	Total	110	0,48	0,76	0,05	6,73	0,15	0,26	0,51	
Shimmer (%)	G2	16	8,21	2,05	5,01	11,72	6,65	8,09	10,13	0,155
	G3	38	8,72	3,06	4,30	19,63	6,50	8,07	9,99	
	G4	43	9,75	2,30	5,73	17,40	8,15	9,35	11,25	
	G5	13	8,69	4,45	3,80	21,94	6,27	7,78	9,77	
	Total	110	9,05	2,89	3,80	21,94	7,17	8,58	10,45	
RHR (dB)	G2	16	1,64	0,81	0,62	2,97	1,17	1,46	2,44	0,214
	G3	38	1,36	0,71	0,40	2,72	0,82	1,14	1,93	
	G4	43	1,43	0,71	0,42	3,77	0,88	1,37	1,87	
	G5	13	1,10	0,29	0,54	1,47	0,91	1,22	1,34	
	Total	110	1,40	0,70	0,40	3,77	0,87	1,22	1,84	
Intensidade (dB)	G2	16	55,81	4,06	48,67	62,20	52,55	55,09	60,20	0,506
	G3	38	56,21	4,67	47,40	66,42	52,09	55,49	60,00	
	G4	43	54,43	5,49	42,30	64,40	50,90	56,00	57,86	
	G5	13	55,22	3,32	48,54	59,00	52,70	56,00	57,62	
	Total	110	55,34	4,81	42,30	66,42	52,00	55,64	59,00	
F₀ fala encadeada (Hz)	G2	16	213,95	8,25	205,20	237,60	210,63	211,20	216,50	0,001
	G3	38	196,57	52,88	100,90	298,80	147,23	213,47	220,35	
	G4	43	174,35	71,95	100,10	298,30	112,50	133,50	240,50	
	G5	13	119,92	9,78	100,60	132,60	111,50	121,15	129,70	
	Total	110	181,36	60,58	100,10	298,80	118,15	206,90	218,80	

Como encontramos diferenças estatisticamente significantes, aplicamos o *Teste de Mann-Whitney*, ajustado pela *Correção de Bonferroni*, para tentarmos identificar quais grupos de grau genital diferenciam-se entre si, quando comparados par a par, conforme descrito na Tabela 13.

TABELA 13. Diferença entre os grupos de genital quando comparados par a par em relação às variáveis de interesse

Variável	Grupo Genital					
	G2 x G3	G2 x G4	G2 x G5	G3 x G4	G3 x G5	G4 x G5
F₀ vogal sustentada (Hz)	0,842	0,157	< 0,001	0,200	< 0,001	0,076
F₀ fala encadeada (Hz)	0,947	0,088	< 0,001	0,203	< 0,001	0,101

(alfa de Bonferroni = 0,008512)

Não houve relação estatisticamente significativa entre G2 e G3, G2 e G4, G3 e G4, e G4 e G5 em relação aos parâmetros vocais. Para os parâmetros F₀ durante a vogal sustentada e F₀ durante a fala encadeada, houve diferença estatisticamente significativa entre G2 e G5 (p<0,001) e entre G3 e G5 (p<0,001).

6 DISCUSSÃO

A mudança de voz durante a puberdade pode ser dividida em três períodos: pré-muda, muda e a pós-muda. O diagnóstico e a previsão da mudança na voz não estão focados nas diferenças interindividuais, mas nas mudanças intraindividuais (FUCHS *et al.*, 2007). Estudos anteriores mostraram que existe uma tênue diferença entre a disfonia fisiológica e a patológica durante a muda vocal, devido às similaridades apresentadas pelas duas (HABERMANN, 1986; BONET; CASAN, 1994). Os parâmetros mais utilizados para estabelecer se a muda vocal já ocorreu estão relacionados ao nível de testosterona, à velocidade de crescimento e ao desenvolvimento puberal (FUCHS *et al.*, 2007; FUCHS *et al.*, 1999; FUCHS *et al.*, 1997).

Baken e Orlikoff (1997) apontaram a necessidade de se identificar as mudanças morfológicas do aparato vocal na sua totalidade com base na avaliação dos efeitos da muda vocal usando a análise acústica. Fuchs *et al.* (2007) investigaram sistematicamente se a análise acústica dos sinais vocais pode realmente prever o início da muda vocal e relacioná-la com as mudanças no desenvolvimento físico. Eles consideraram para seu estudo sujeitos do sexo masculino coralistas profissionais, com idade entre 9 e 16 anos. Nesse trabalho, descrevemos os parâmetros vocais acústicos em sujeitos não cantores com idade entre 11 e 20 anos, ou seja, no final da infância, adolescência e no início da idade adulta, relacionando-os com os parâmetros de desenvolvimento puberal com a proposta de analisar o sinal vocal antes da muda, durante a muda, logo após a muda e no início da idade adulta, verificando se o desenvolvimento vocal e o desenvolvimento puberal ocorrem na mesma fase temporal.

As características anatômicas e estruturais da laringe são geneticamente determinadas, assim como a ação dos músculos e a integridade dos tecidos do aparelho fonador (SATALOFF, 1997). A voz e a habilidade vocal, portanto, são diferentes em cada indivíduo (ANDREWS, 1991). Definir voz normal e transtorno vocal torna-se uma tarefa culturalmente baseada e socialmente determinada (MOORE, 1971). A avaliação perceptiva da voz baseia-se na impressão dos ouvintes, que possuem histórias culturais e sociais muitas vezes divergentes, por isso essa avaliação é considerada por muitos autores como subjetiva (FEX, 1992; SONNINEM; HURME, 1992). A avaliação acústica, quantifica o sinal sonoro e pode ser considerada complementar à avaliação perceptiva auditiva, por ser mais útil quanto mais próxima do padrão normal de produção vocal está a voz a ser analisada (BEHLAU *et al.*, 2001a).

Todos os sujeitos com idade entre 11 e 12 anos (Grupo I) e entre 13 e 15 anos (Grupo II) apresentaram F_0 acima de 200 Hz tanto na emissão da vogal sustentada quanto na fala encadeada. Os dois grupos mantiveram uma F_0 de voz aguda, semelhante à encontrada em crianças e mulheres. Os valores encontrados corroboram com o estudo de Hollien *et al.* (1994) e Guimarães (2006), que encontraram valores acima de 200 Hz para adolescentes até 15 anos de idade e com o estudo de Curry (1946) que encontrou F_0 média de 241,5 Hz em adolescentes brancos com 14 anos de idade, nos Estados Unidos da América. Oliveira (2007) estudando 85 sujeitos do sexo masculino com idade entre 8 e 18 anos observou que meninos entre 12 e 15 anos apresentaram F_0 média de 197,62 Hz, valor também característico de uma frequência vocal aguda. Behlau *et al.* (1985) referem que a F_0 média para crianças brasileiras é de 250 Hz, os achados da F_0 nos Grupos I e II sugerem que esses adolescentes, com idade entre 11 e 15 anos, possuem F_0 infantil e também estão na fase da puberdade, como descrito por Pedersen *et al.* (1986).

Nos Grupos III (16 a 18 anos) e IV (19 a 20 anos) houve decréscimo da F_0 em relação aos dois grupos anteriores, e a maioria dos sujeitos apresentou frequência vocal grave compatível com homens adultos. Contudo, alguns sujeitos ainda apresentaram F_0 igual ou um pouco superior a 170 Hz, considerado um valor não compatível com o valor de F_0 de jovens adultos do sexo masculino (80 Hz a 150 Hz). Essa diminuição da F_0 , tanto para a F_0 durante a emissão da vogal sustentada, como para a F_0 durante a fala encadeada, deve-se, principalmente, ao crescimento de todo o trato vocal, principalmente da laringe e das pregas vocais, ao aumento da massa das pregas vocais e ao abaixamento da laringe no pescoço devido à ação hormonal ocorrida durante a puberdade (ARONSON, 1990; BEHLAU; REDHER; VALENTE, 2005; FUCHS *et al.*, 2006), e tais fatores são individuais, podendo ocorrer em espaço temporal diferente para os sujeitos de mesma faixa etária.

Jitter é a perturbação ou variabilidade da F_0 ciclo a ciclo (ARAÚJO *et al.*, 2002). De acordo com Behlau *et al.* (2001b) esse parâmetro correlaciona-se com a falta de controle da vibração das pregas vocais. Os valores encontrados para a *jitter* estão dentro dos padrões considerados na faixa de normalidade para todos os grupos etários, sugerindo que o controle da vibração das pregas vocais durante a fonação ocorre normalmente, e há uma *diminuição* evidente de seus valores a partir dos 16 anos. Fuchs *et al.* (2007) realizaram um estudo com coralistas na fase pré-muda e durante a muda e também observaram valores de *jitter* abaixo de 0,6%.

O *shimmer*, por sua vez, possui relação direta com a ressonância do trato vocal e o nível de pressão sonora. O *shimmer* apresentou alteração na maioria dos sujeitos considerando

os quatro grupos etários e os valores encontrados, que não variaram muito de um grupo para o outro, podem ser considerados patológicos para adultos de acordo com os limites de normalidade estipulados pelo programa de avaliação vocal. A razão para esses resultados não é clara, porém há evidências de que os limites de normalidade do *shimmer* considerados para adultos podem não ser efetivos para crianças (GLAZE *et al.*, 1988). Ainda, Steffen e Moschetti (1997) estudaram 131 crianças com vozes normais com o software Dr. Speech e observaram *shimmer* alterado em 122 crianças (93% da amostra). Este dado é de grande importância, apesar de que comparações entre resultados de diferentes programas de análise acústica podem apresentar diferenças mesmo utilizando medidas similares, devido às diferenças de algoritmos, métodos de cálculo da F_0 , tipo de microfone, tipo de armazenamento da voz gravada e dos tipos de modelos de fala (encadeada ou sustentada). Considerando os dados e os estudos descritos acima, as seguintes hipóteses podem ser consideradas para explicar a alteração do parâmetro *shimmer*:

1. Estruturas morfológicas anatômicas da laringe ainda não estão totalmente desenvolvidas, assim como as pregas vocais, uma vez que só após os 15 anos de idade pode-se observar a estrutura completa das três camadas da lâmina própria e ligamento vocal maduro (HIRANO, 1996; HIRANO *et al.*, 1983; BOONE; MACFARLAGE, 1994; BREDANT, 1999).
2. Interferência de ruído ambiental e/ou do microfone pode distorcer as medidas obtidas devido à sensibilidade do programa acústico às características de gravação da voz (BAKEN, 1987; PRICE; SATALOFF, 1988; TITZE, 1994).
3. Redução da resistência glótica ou presença de fenda glótica. O *shimmer* também se altera com a presença de lesões de massa nas pregas vocais ou mesmo apenas na presença de um edema difuso (BEHLAU *et al.*, 2001a).
4. Sujeitos produzirem qualidade vocal em falsete e registro vocal predominantemente de cabeça, como consequência da habituação aos padrões dos níveis vocais adultos, o que explicaria essa alteração dos valores de *shimmer*.

Se considerarmos que o fechamento glótico completo nos homens é favorecido porque o valor da proporção glótica é maior, como descrito por Pontes *et al.* (1994), podemos supor que, ao final da muda vocal e consequente amadurecimento da laringe, os valores do parâmetro *shimmer* estarão dentro do considerado como normal naqueles sujeitos que não apresentarem disfonia e essa parece ser a hipótese mais apropriada para a alteração de

shimmer observada em nosso estudo. A presença de fenda glótica em crianças e adolescentes tende a sumir após a puberdade, principalmente no sexo masculino, devido ao crescimento completo da laringe e alongamento das pregas vocais, favorecendo a coaptação glótica completa e, portanto, reduzindo a alteração relacionada ao parâmetro *shimmer*. O limite de normalidade atualmente considerado pelo programa utilizado, de até 6,5%, provavelmente não pode ser aplicado para a população estudada. Novos estudos englobando a avaliação fonoaudiológica perceptivo-auditiva da voz e a avaliação otorrinolaringológica podem contribuir para esclarecer os valores aumentados desse parâmetro vocal na população estudada.

As medidas de ruído analisam os componentes aperiódicos do sinal sonoro. As vozes consideradas normais apresentam certa quantidade de ruído esperada, já que o som é produzido nas pregas vocais (ANDRADE *et al.*, 2002; ARONSON, 1990; STEMPLER; GLAZE, 1996; SATALOFF *et al.*, 1997) e modificado pelas cavidades de ressonância. Os valores aqui encontrados para a relação harmônico-ruído estão dentro da faixa considerada como sendo de normalidade para a maioria dos sujeitos dos quatro grupos etários, havendo diminuição do valor da RHR nos Grupos II (13 a 15 anos) e III (16 a 18 anos).

Nos quatro grupos etários os sujeitos apresentaram intensidade média compatível com a intensidade habitualmente utilizada em situação conversacional, variando entre 50 e 65dB. Böhme e Stuchlik (1995) encontraram intensidade mínima de 53 dB e máxima de 78 dB para crianças de ambos os sexos; Heylen *et al.* (1998) encontrou média de 48,2 dB para crianças de ambos os sexos; Hacki e Heitmüller (1999) e Wuytz *et al.* (2003) encontraram média de 53 dB e 48,6 dB, respectivamente, para crianças do sexo masculino. Titze *et al.* (1995) encontrou média de 67,6 dB para homens adultos; Coleman, Mabis e Hinson (1977) encontraram média de 58 dB para homens adultos. Tais dados são semelhantes e/ou próximos aos observados nesse estudo.

Os quatro grupos etários foram comparados concomitantemente para as variáveis de interesse da análise acústica vocal e observamos que houve diferença estatisticamente significativa somente com relação aos valores da F_0 durante a emissão da vogal sustentada /é/ e F_0 durante a fala encadeada. Tal diferença só não foi significativa entre os Grupos III e IV. O Grupo II (13 a 15 anos) apresentou valores de F_0 um pouco mais elevado (em torno de 250 Hz tanto para vogal sustentada como para fala encadeada) do que em relação ao Grupo I (11 e 12 anos) – com média em torno de 225 Hz para ambas as tarefas fonatórias, porém ambos os grupos apresentaram F_0 acima de 200 Hz. Os valores encontrados são próximos aos referidos por Bennett (1983) para meninos no período pré-muda vocal (234 Hz) e por Fuchs *et al.*

(2006) para meninos 6 meses antes da muda e com treino vocal (226 Hz). Guimarães (2006) em estudo com 46 adolescentes do sexo masculino com idade entre 13 e 15 anos passando pelo processo de muda vocal, observou que até os 15 anos os sujeitos apresentavam F_0 média de 255 Hz. Os valores médios de F_0 encontrados para os Grupos I e II são superiores aos de Oliveira (2007), que analisou a F_0 de meninos de 10 a 15 anos passando pela muda vocal e observou valor médio de 197,62 Hz. Pedersen *et al.* (1986) referem que meninos durante a puberdade tendem a apresentar F_0 aguda, dado que corrobora com os achados desse estudo. Valenzuela *et al.* (1981) encontrou valores de F_0 entre 140 Hz e 250 Hz para meninos com idade entre 12 e 16 anos. Hack e Heitmüller (1999) ao analisarem a F_0 de meninos de 12 anos encontraram F_0 média de 233,08 Hz, valor próximo à média encontrada para meninos de 11 a 12 anos em nosso estudo (223,28 Hz).

Os sujeitos com idade entre 16 e 18 anos (Grupo III) e 19 e 20 anos (Grupos IV) apresentaram valores de F_0 muito próximos, não havendo diferença significativa entre os grupos. Entretanto, observou-se que a maioria dos sujeitos com 16 anos apresentaram F_0 acima de 165 Hz, havendo maior decréscimo da F_0 compatível com a finalização do processo de muda vocal e esperada para homens adultos a partir dos 17 anos. Obteve-se frequência fundamental média para ambos os grupos semelhante à relatada por Valenzuela *et al.* (1981) para homens com mais de 17 anos (130 Hz), por Oliveira (2007) para indivíduos do sexo masculino no final da muda vocal (120,65 Hz), por Araújo *et al.* (2002) para homens brasileiros (127,61 Hz); e próxima à relatada por Behlau, Tosi e Pontes (1985) para brasileiros adultos do sexo masculino (113 Hz) e por Felipe, Grillo e Grechi (2006) para homens com idade entre 20 e 45 anos (118,9 Hz).

Considerando, portanto, os valores de F_0 apresentados para os quatro grupos etários, foi possível observar que a frequência fundamental decresce em torno de 50 Hz a partir dos 16 anos e em torno de 100 Hz a partir dos 17 anos, quando comparado aos valores médios encontrados nos Grupos I (11 a 12 anos) e II (13 a 15 anos). Vale ressaltar que durante a muda vocal a extensão vocal é ampla e que por conta da instabilidade vocal, aspectos hormonais e de crescimento próprios do período, os sujeitos não possuem controle volitivo sobre a variabilidade da emissão. Em um estudo com sujeitos do sexo masculino, Curry (1940) dividiu os sujeitos em três grupos homogêneos e representativos culturalmente, um grupo com 6 meninos de 10 anos, um grupo com 6 adolescentes de 14 anos e outro grupo com 6 jovens de 18 anos e observou valores de F_0 , durante a fala encadeada, iguais a 270 Hz, 242 Hz e 137 Hz, respectivamente. Segundo o mesmo autor, a puberdade pode ser caracterizada

por pelo menos dois eventos ao longo do tempo: aumento da curva de crescimento e declínio da curva de F_0 , dado este que corrobora com os achados desse estudo.

No estudo de relacionamento entre as variáveis por grupos etários, *shimmer* e *jitter* apresentaram correlação significativa entre si para o G I ($r = 0,473$; $p = 0,006$), para o G II ($r = 0,554$; $p = 0,002$) e para o G III ($r = 0,398$; $p = 0,029$). Tal relação ocorre para alguns sujeitos dos grupos I ($n = 8$; 25%) e III ($n = 7$; 24,1%) e para 36,6% dos sujeitos ($n = 11$) do Grupo II, constituindo-se em uma relação fraca para média, e que, portanto, não pode ser considerada como um relacionamento que de fato ocorre para os grupos mencionados como um todo. O mesmo acontece para os parâmetros intensidade e F_0 durante a vogal sustentada, que estão relacionados para os grupos I ($r = 0,427$; $p = 0,015$) e II ($r = 0,375$; $p = 0,045$). A F_0 durante a emissão da vogal sustentada e a F_0 durante a fala encadeada estão estatisticamente relacionadas para todos os grupos, com correlação forte principalmente nos grupos II ($r = 0,621$; $p < 0,001$), III ($r = 0,925$; $p < 0,001$) e IV ($r = 0,886$; $p < 0,001$), ou seja, quanto maiores os valores de F_0 durante a vogal sustentada, tanto maiores são os valores de F_0 para a fala encadeada e vice-versa. Os parâmetros F_0 , tanto na fala encadeada como na vogal sustentada, e *jitter* estão relacionados apenas no Grupo III ($r = -0,501$; $p = 0,005$; $r = -0,442$; $p = 0,015$), demonstrando que quanto menores os valores da F_0 , maiores foram os valores encontrados para *jitter*, apesar de os valores de *jitter* não terem ultrapassado o parâmetro de normalidade considerado pelo programa acústico utilizado.

O Grupo III (16 a 18 anos) apresentou correlação estatisticamente significativa para *shimmer* e F_0 durante a vogal sustentada ($r = -0,741$; $p < 0,001$) e *shimmer* e F_0 durante a fala encadeada ($r = -0,702$; $p < 0,001$), demonstrando que com o decréscimo dos valores da F_0 os valores de *shimmer* ainda permaneceram aumentados. O mesmo foi observado no G II (13 a 15 anos) apenas entre *shimmer* e F_0 durante a fala encadeada ($r = 0,496$; $p = 0,006$), porém a correlação foi positiva, ou seja, quanto maiores foram os valores de F_0 , tanto maiores foram os valores de *shimmer* e vice-versa.

O parâmetro grau de genital mostrou-se relacionado com a F_0 durante a emissão da vogal sustentada para os grupos I ($r = 0,415$; $p = 0,018$) e II ($r = 0,511$; $p = 0,005$), pois alguns sujeitos apresentaram valores de F_0 aumentados mesmo estando nos graus G3 e G4 do desenvolvimento puberal, o que demonstra que entre os 11 e 15 anos meninos mesmo em grau de desenvolvimento pubertário com características não mais infantis, apresentam F_0 da voz aguda. Os parâmetros de desenvolvimento puberal G e P estão relacionados estatisticamente em todos os grupos, sendo a correlação mais forte no grupo IV ($r = 0,814$; $p < 0,001$).

Foi realizada a avaliação do desenvolvimento puberal segundo a classificação de Tanner (1962), e observado que os sujeitos com idade entre 11 e 12 anos (Grupo I) concentraram-se em sua maioria nos graus G2 (n=15) e G3 (n=16). Os meninos com idade entre 13 e 15 anos (Grupo II) concentraram-se em G3 (n=12) e G4 (n=26). Em relação ao Grupo III a maioria dos sujeitos está em G4 (n=16) e 8 sujeitos estão em G5, o mesmo ocorre com o Grupo IV, em que 10 sujeitos estão em G4 e 5 em G5. Desta forma, a maioria dos sujeitos, considerando-se toda a amostra (n=110), está entre G3 (n=38) e G4 (n=42), corroborando com os achados de Harries *et al.* (1997). Guimarães (2006), em estudo com 46 adolescentes, observou que a maioria dos sujeitos com idade entre 13 e 15 anos estava em G3 e G4, dados semelhantes aos encontrados nesse estudo.

Com relação à quantidade de pelos pubianos, observou-se que a maioria dos sujeitos do Grupo I estava em P2 (n=25), do Grupo II em P3 (n=14) e P4 (n=10), do Grupo III em P4 (17) e do Grupo IV em P4 (n=8). Estes dados são compatíveis com os apresentados por Harries *et al.* (1997). Guimarães (2006) observou que meninos entre 13 e 15 anos encontravam-se a maioria em P4. Segundo Chipkevitch (1995) a muda vocal ocorre geralmente entre os estágios 3 e 4 da maturação sexual, corroborando com nossos achados.

Bonjardim e Hegg (1988) e Malina (1988) classificam os estágios de desenvolvimento de genitais e pelos pubianos quanto ao período do desenvolvimento em: período pré-pubertário (G1 e P1), estágio inicial do período pubertário (G2 e P2) estágio intermediário do período pubertário (G3 e P3), estágio final do período pubertário (G4 e P4) e estágio pós-pubertário (G5 e P5). Com base nessa classificação, a maioria dos sujeitos do Grupo I estão no estágio inicial ou intermediário do período pubertário, os sujeitos do Grupo II estão nos estágios intermediário e final do período pubertário, os sujeitos do Grupo III e IV estão no estágio final do período pubertário ou no estágio pós-pubertário.

Como G e P estão fortemente relacionados, optamos pela utilização de G na correlação com os parâmetros vocais. O grau de desenvolvimento puberal está correlacionado com a F_0 durante a fala encadeada ($p < 0,001$) e com a F_0 durante a emissão da vogal sustentada ($p < 0,001$) e essa correlação foi estatisticamente significativa entre G2 e G5 e G3 e G5. De fato, os sujeitos classificados em G2 e G3 apresentaram F_0 acima de 200 Hz, enquanto que sujeitos classificados em G5 apresentaram F_0 em torno de 120 Hz, com diferença média de 90 Hz entre os graus 2 e 3 em relação ao grau 5. Os sujeitos classificados em G4 apresentaram F_0 com decréscimo de até 25 Hz em relação aos sujeitos classificados em G2 e G3, e de até 50 Hz em relação aos sujeitos em G5. Harries *et al.* (1997) afirmam que a mudança vocal é um evento que tende a ocorrer tardiamente na puberdade masculina, concordando com o

observado em nosso estudo. Em estudo prospectivo durante 12 meses com 26 adolescentes com idade entre 13 e 14 anos, o mesmo grupo de autores observou que as mudanças na frequência fundamental da voz estão correlacionadas com o volume testicular, mas não com os níveis de testosterona. Segundo os autores as variações vocais máximas em meninos ocorrem nos estágios G3 e G4 de Tanner.

Harries, Hawkins e Hughes (1998) realizaram a sonografia das pregas vocais em meninos passando pela puberdade. Os meninos foram agrupados de acordo com seu estágio puberal, segundo os critérios de Tanner, e houve um aumento gradual do comprimento das pregas vocais, conforme a progressão da puberdade. Os autores observaram forte correlação entre o comprimento das pregas vocais e a frequência da voz. A queda súbita da frequência fundamental foi observada entre os estágios 3 e 4 de Tanner e não se correlacionou com alterações no comprimento das pregas vocais neste momento. Em contrapartida, em nosso estudo observamos que o decréscimo da F_0 ocorre entre os estágios 4 e 5 da classificação de Tanner. Dentre os parâmetros acústicos analisados, a frequência fundamental se mostrou o parâmetro consistente para correlação com o grau de desenvolvimento puberal. Além disso, é o parâmetro menos sensível às características de gravação da voz (CARSON; INGRISANO; EGGLESTON, 2003).

Com base nos resultados encontrados, a avaliação da voz de indivíduos passando pelo processo de muda vocal não deve estar baseada em parâmetros de normalidade considerados para a população infantil ou adulta, devido às oscilações vocais próprias ocorridas nessa fase. Outras características vocais, como a análise perceptivo-auditiva da voz, e dados do desenvolvimento, como a avaliação dos níveis hormonais, devem ser investigados em casos de suspeita de disfonia da muda vocal, muda vocal prolongada ou muda vocal tardia.

Estudos com populações de outras regiões do Brasil podem contribuir para compreender se os dados encontrados se aplicam à população brasileira em geral ou em particular à população estudada (região Norte do país), uma vez que a qualidade vocal também está relacionada a fatores culturais e sociais.

7 CONCLUSÃO

Os sujeitos com idade até 15 anos apresentaram parâmetros vocais acústicos típicos da voz infantil. O decréscimo da F_0 é notável a partir dos 17 anos e alguns sujeitos entre 16 e 20 anos ainda apresentaram valores de F_0 superiores ou igual a 170 Hz, frequência considerada agudizada para jovens do sexo masculino. O parâmetro *shimmer* apresentou valores superiores a 6,5% dos 11 aos 20 anos, com aumento de seu valor na faixa etária de 13 a 15 anos, indicando que a padronização do valor de *shimmer*, de até 6,5%, não pode ser considerada para sujeitos do sexo masculino durante a puberdade como parâmetro de normalidade. Desta forma, mesmo com o decréscimo da F_0 , os valores elevados de *shimmer* indicam que os sujeitos estudados ainda encontram-se em processo de estabilização vocal. Durante todo o processo de muda vocal tanto a relação harmônico-ruído como o parâmetro *jitter* encontram-se dentro do parâmetro de normalidade considerado pela literatura, com perceptível diminuição do valor de *jitter* após os 16 anos.

A F_0 durante a emissão da vogal sustentada e durante a fala encadeada é o único parâmetro acústico relacionado com o desenvolvimento puberal, mostrando que, quanto mais próximos estão os sujeitos das características do desenvolvimento adulto, mais grave é a F_0 da voz. Até o final do estágio pubertário (G4) ainda há oscilação da F_0 tendendo para frequências mais agudas e a F_0 atinge valores próximos aos de adultos do sexo masculino no período pós-pubertário (G5). Sendo assim, a partir dos resultados obtidos, conclui-se que a finalização do processo de muda vocal, se apresentou, na população estudada, como um evento tardio em relação ao desenvolvimento puberal.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L.M.O.; VIEIRA, J.M.; RAZERA, D.E.; GUERRA, A.C.; PEREIRA, J.C. Medidas de perturbação da voz: um novo enfoque. **Revista Fonoaudiologia Brasil**, 2: 39-46, 2002.
- ANDREWS, M. L. **Voice Therapy for Children**. San Diego: Singular Publishing Group, 1991.
- ALMEIDA, A.A.F. **A auto-percepção do adolescente em relação à voz e comunicação**. São Paulo, 2005. (Monografia – Centro de Estudos da Voz).
- ARAÚJO, S.A. *et al.* Normatização de medidas acústicas da voz normal. **Rev Bras Otorrinolaringol**, 68(4):540-4, 2002.
- ARONSON, A.E. Normal voice development. In: ARONSON, A. E.: **Clinical voice disorders**. New York: Thieme, p. 39-51, 1990.
- BAKEN, R.J. **Clinical measurements of speech and voice**. Boston: College – Hill, 1987.
- BAKEN, R.J.; ORLIKOFF, R.F. Voice measurement: is more better? **Log Phon Vocol**. 22:147-151, 1997.
- BEHLAU, M.S. O desenvolvimento da voz na criança. **Temas Desenvolv**, v.1, p.3-6, 1991.
- BEHLAU, M. S.; PONTES, P. A.; TOSI, O. Determinação da frequência fundamental e suas variações em altura (*jitter*) e intensidade (*shimmer*) para falantes do português brasileiro. **Acta AWHO**, 4:5-9, 1985.
- BEHLAU, M.S.; PONTES, P.A. Disfonias Psicogênicas. In: FERREIRA, L. P.: **Um Pouco de Nós Sobre a Voz**. Barueri: Pró-Fono, p. 61-86, 1992.
- BEHLAU, M.S.; PONTES, P.A. **Avaliação e tratamento das disfonias**. São Paulo: Lovise, 1995.
- BEHLAU, M.S.; MADAZIO, G. Os laboratórios de voz na clínica moderna. **Fono Atual**, 3(3):9-16, 1997.
- BEHLAU, M.S.; AZEVEDO, R.; PONTES, P.A. Conceito de voz normal e classificação das disfonias. In: BEHLAU, M. S. **Voz: O Livro do Especialista**. Rio de Janeiro: Revinter, p. 54-76, 2001a.
- BEHLAU, M.S.; MADAZIO, G.; FEIJÓ, D.; PONTES, P.A. Avaliação de Voz. In: BEHLAU, M.S. **Voz: O Livro do Especialista**. Rio de Janeiro: Revinter, p. 86-176, 2001b.

- BENNETT, S. A 3-year longitudinal study of school –aged children’s fundamental frequencies. **J Speech Hear Res**, 26:137-42, 1983.
- BÖHME, G.; STUHLIK, G. Voice profiles and standard voice profile of untrained children. **Journal of Voice**, 9(3):304-7, 1995.
- BOLTEZAR, I.H.; BURGER, Z.R.; ZARGI, M. Instability of voice in adolescence: pathologic condition or normal development variation? **J Pediatr**, 130(2):185-90, 1997.
- BONJARDIM, E.; HEGG, R.V. Metodologia. In: _____. **Crescimento e desenvolvimento pubertário em crianças e adolescentes brasileiros: comprimento tronco encefálico e comprimento de membros inferiores**. São Paulo: Brasileira de Ciências, p.9-11, 1988.
- BOONE, D.; MCFARLANE, S.C. **A voz e a terapia vocal**. 5ªed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- BONET, M.; CASAN, P. Evaluation of dysphonia in a children’s choir. **Folia Phoniatr Logop**. p.46-28, 1994.
- BRASIL. **Estatuto da Criança e do Adolescente**. 3ªed. Câmara dos Deputados. Brasília, D.F., 2001.
- BREDANT, T.C.M. **Alterações endócrinas e suas implicações vocais no período da adolescência**. Curitiba, 1999. (Monografia – Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica).
- CARVALHO, A.V. **Percepção e uso da voz por adolescentes**. São Paulo, 2001. (Monografia – Centro de Estudos da Voz).
- CHIPKEVITCH, E. Fatores que influenciam a puberdade. In: _____. **Puberdade & adolescência: aspectos biológicos clínicos e psicossociais**. São Paulo: Roca, p.101-10, 1995.
- COLEMAN, R.F.; MABIS, J.H.; HINSON, J.K. Fundamental frequency sound pressure level profiles of adult male and female voices. **J Speech Hear Res**, 20:187-204, 1977.
- COLLI, A.S. Conceito de Adolescência. In: MARCONDES, E. **Pediatria Básica**. São Paulo: Savier, p.474-500, 1994.
- CARSON, C.P.; INGRISANO, D.R.S.; EGGLESTON, K.D. The effect of noise on computer-aided measures of voice: a comparison of CSpeechSP and the Multi-Dimensional Voice Program Software using the CSL 4300B Module and Multi-Speech for Windows. **J Voice**, 17(1):12-20, 2003.
- CURRY, E.T. The pitch characteristics of the adolescent male voice. **Speech Monogr**, 7:48-62, 1940.
- CURRY, E.T. Voice changes in male adolescents. **Laryngoscope**, 56:795-805, 1946.

FELIPPE, A.C.N. de; GRILLO, M.H.M.M.; GRECHI, T.H. Normatização de medidas acústicas para vozes normais. **Rev Bras Otorrinolaringol**, 72(5):659-64, 2006.

FEX, S. Perceptual Evaluation. **Journal of Voice**, 6:155-8, 1992.

FUCHS, M. *et al.* Forecast of voice mutation at singers of professional boy's choirs with parameters of growth and puberty, insulin like growth factor I and testosterone – investigation on singers of the Thomaner Choir Leipzig. **Horm Res**, p.48-133, 1997.

FUCHS, M. *et al.* Methods for prediction of the beginning of mutation in boys voices: investigations in singers of the Thomaner Choir Leipzig. **Folia Phoniatr Logop.** (5)261-271, 1999.

FUCHS, M. *et al.* Predicting mutational change in the speaking voice of boys. **Journal of Voice**, 21(2): 169-178, 2007.

GARCIA, L.C. **Muda vocal fisiológica e desenvolvimento puberal: comparação entre dois grupos de adolescentes.** 1993. Monografia (Especialização) – Centro de Estudos da Voz, São Paulo, 1993.

GIL, D.; LOURENÇO, L.; MIRANDA, A.R.; PEREIRA, A.J.; RODRIGUES, S.; BEHLAU, M.S. A Memória da Muda Vocal. **Acta AWHO**, 13:74-80, 1994.

GLAZE, L.E.; BLESS, D.M.; MILENKOVIC, P.; SUSSER, R. D. Acoustic characteristics of children's voice. **Journal of Voice**, 4:312-19, 1988.

GUIMARÃES, M.F. **Análise acústica da voz de adolescentes do sexo masculino durante a puberdade.** 2006. 98f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

GUTIÉRREZ, C.A. Evolución de la voz desde el nacimiento hasta la senectud. **Acta Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello**, v.31, n.2, jun. Disponível em: <<http://encolombia.com/medicina/otorrino/otorrinosupl31203-evolucion.htm>>. Acesso em: 18 de Junho de 2012.

HÄAG, U.; TARANGER, J. Menarche and voice change as indicators of pubertal growth spurt. **Acta Odontol Scand**, 38(3): 179-86, 1980.

HABERMANN, G. **Voice and speech** – An introduction in its physiology and hygienic. Stuttgart, Germany: Thieme, 1986.

HACKI, t.; HEITMÜLLER, S. Development of the child's voice: permutation, mutation. **Int J Pediatr Otorhinolaryngol**, 49(1):141-4, 1999.

HARRIES, M.L.L.; WALKER, J.M.; WILLIAMS, D.M.; HAWKINS, S.; HUGHES, A.I. Change in the male voice at puberty. **Archives of Disease in Childhood**, 5:445-47, 1997.

HARRIES, M.L.L.; HAWKINS, J.; HUGHES, I. Changes in the male voice at puberty: vocal fold length and its relationship to the fundamental frequency of the voice. **The Journal of Laryngology and Otology**, 112: 451-54, 1998.

HEYLEN, L. *et al.* Evaluation of the vocal performance of children using a voice range profile index. **J Speech Lang Hear Res**, 41:232-8, 1998.

HIRANO, M.S. Objective Evaluations of the human voice: clinical aspects. **Folia Phoniatica**, 41:89-144, 1989.

HIRANO, M.S. Laryngeal Histopathology. In: COLTON, R., CASPER, J. **Understanding Voice Problems: A physiological perspective for the diagnosis and treatment**. 2^aed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1996.

HIRANO, M.S.; KURITA, S.; NAKASHIMA, T. Growth, development and aging of human vocal fold. In: ABBS, J. H. **Vocal Fold Physiology: Contemporary research and clinical issues**. San Diego: College – Hills, p. 22-43, 1983.

HOLLIEN, H.; JACKSON, B. Normative data of the speaking fundamental frequency characteristics of young adult's males. **Journal of Phonetics**, 1:117-20, 1973.

HOLLIEN, H.; GREEN, R.; MASSEY, L. Longitudinal research on adolescent voice change in males. **J Acoust Soc Am**, p.2646-54, 1994.

KAHANE, J.C. Lifespan changes in the larynx: an anatomical perspective. In: BROWN, W.S.; VINSON, B.P.; CRARY, M.A. **Organic voice disorders: assessment and treatment**. San Diego: Singular, p.89-110, 1996.

LE HUCHE, F.; ALLALI, A. Desenvolvimento e evolução da laringe. In: _____. **A voz**. 2^aed. Porto Alegre: Artes Médicas, p.104-5, 1999.

LINDERS, R.; MASSA, G. G.; BOERSMA, B.; DEJONCKERE, P. H. Fundamental voice frequency and jitter in girls and boys measured with eletroglottography: influence of age and high. **International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology**, 33:61-5, 1995.

MADAZIO, G. **Diagrama de Desvio Fonatório na clínica vocal**. 2009. 88f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Distúrbios da Comunicação Humana, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2009.

MALINA, R.M. Competitive youth sports and biological maturation. In: BROWN, E.W.; BRANTA, C.F. **Competitive sports for children and youth**. Champaign: Human Kinetics, p.227-45, 1998.

MOORE, G. P. Voice disorders organically based. In: TRAVIS, L. E.: **Handbook of Speech Pathology and Audiology**. New York: Appleton-Century-Crofts, 1971.

OLIVEIRA, C.F. de. **Características biológicas e vocais durante o desenvolvimento vocal masculino nos períodos pré, peri e pós muda vocal**. 2007. 193f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

- PEDERSEN, M.F.; MOLLER, S.; KRABBE, S.; BENNETT, P. Fundamental voice frequency measured by electroglottography during continuous speech. A new exact secondary sex characteristic in boys in puberty. **Int J Pediatr Otorhinolaryngol**; 11(1):21-7, 1986.
- PINHO, S.M.R. Terapia Vocal. In: PINHO, S. M. R. (org.): **Tópicos em Voz**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.
- PINHO, S.M.R.; CARMARGO, Z. Introdução à análise acústica da voz e da fala. In: PINHO, S.M.R. **Tópicos em Voz**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.
- PONTES, P.A.; BEHLAU, M.S.; KYRILLOS, L. Configuration et rapport glottique: un essai pour comprendre fente glottique postérieure. **Revue de Laryngologie**, 115:261-6, 1994.
- PRICE, D.B.; SATALOFF, R.T. A simple technique for consistent microphone placement in voice recording. **Journal of Voice**, 2:206-207, 1988.
- RUIZ, D.M. **Ocorrência da muda vocal fisiológica e relação com a estatura física**. 1993. Monografia (Especialização) – Universidade do Sagrado Coração, Bauru, 1993.
- SATALOFF, R.T. Genetics of the Voice. In: SATALOFF, R. T.: **Professional Voice: The Science and Art of Clinical Care**, 2^aed. San Diego: Singular Publishing Group, 1997.
- SATALOFF, R.T.; SPIEGEL, J.R.; ROSEN, D. C. The effects of age on the voice. In: SATALOFF, R.T. **Professional Voice: The Science and Art of Clinical Care**. 2^aed. San Diego: Singular Publishing Group, p.259-267, 1997.
- SONNINEN, A.; HURME, P. On terminology of voice research. **Journal of Voice**, 6:188-93, 1992.
- STEFFEN, N.; MOSCHETTI, M.B. Parâmetros acústicos de jitter e shimmer de 248 crianças de 6 a 10 anos, estudantes de Porto Alegre. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, 4:329-34, 1997.
- STEMPLE, J.C.; GLAZE, B.K. **Clinical voice pathology: theory and management**. 2^aed. California: Singular Publishing, 1996.
- TANNER, J. M. **Growth at adolescence**. 2^aed. Oxford: Blackwell Scientific, 1962.
- TITZE, I.R. **Principles of Voice Production**. Prentice – Hall: Englewood Cliffs, 1994.
- TITZE, I.R. *et al.* Comparison between clinician – assisted and fully automated procedures for obtaining a voice range profile. **J Speech Hear Res**, 38:526-35, 1995.
- VALENZUELA, Y.C. *et al.* Pubertad y cambio de voz en el varón escolar de Santiago. **Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello**, 4(1):8-12, 1981.

VUORENKOSKI, V.; LENKO, H. L.; THERLUND, P. Fundamental Voice Frequency during normal and abnormal growth, and after androgen treatment. **Arch. Dis. Child**, 53:201-9, 1998.

WUITZ, F.L. *et al.* Effects of age, sex, and disorder on voice range profile characteristics of 230 children. **Ann Otol Rhinol Laryngol**, 112(6):540-8, 2003.

ZEMLIN, W.R. **Speech and hearing science, anatomy and physiology**. Prentice – Hall: Englewood Cliffs, 1968.

TITZE, I.R. Toward standards in acoustic analysis of voice. **Journal of Voice**, 8(1):1-7, 1994.

ANEXO A: Protocolo do Comitê de Ética em Pesquisa



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo CEP/SEAMA nº. 008/10, referente ao projeto intitulado "**Parâmetros acústicos da voz de sujeitos do sexo masculino antes, durante e após o processo de muda vocal**" sob a responsabilidade da **Prof^a. Msc. Michelle Ferreira Guimarães** está de acordo com os princípios de experimentação humana adotado pelo Conselho Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), Resolução CNS nº. 196/96 e suas complementares e foi considerado aprovado durante a reunião ordinária deste Comitê de Ética em Pesquisa ocorrida em 24/02/2010.

Macapá, 25 de Fevereiro de 2012


Dr. Moacir A. Bentes M. Neto
Coordenador do CEP/SEAMA
Portaria 040/2012

Dr. Moacir de Azevedo Bentes Monteiro Neto

Coordenador

Port. 040/2012

Comitê de Ética em Pesquisa / SEAMA

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – FACULDADE SEAMA
Avenida Nações Unidas, 1201 – Bairro Laguinho – Macapá – Amapá – CEP 68.906-010
Fone/Fax: (96) 3223-7393

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (menores de 18 anos)

Eu, _____, RG: _____, responsável por _____ declaro, por meio deste termo, que concordei com que ele participe na pesquisa de campo referente ao projeto de pesquisa intitulado “Parâmetros acústicos da voz de sujeitos do sexo masculino antes, durante e após o processo de muda vocal”, desenvolvido pela pesquisadora Msc. Michelle Ferreira Guimarães, aluna de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Biologia Celular da Universidade Federal do Pará, sob orientação do Prof. Dr. Manoel da Silva Filho, a quem poderei contatar / consultar a qualquer momento que julgar necessário através do telefone nº (96) 9168-0434 ou e-mail: guima.michelle@gmail.com.

Afirmo que o aceite para participar foi por minha própria vontade e de forma voluntária, sem receber qualquer incentivo financeiro ou ter qualquer ônus e com a finalidade exclusiva de colaborar para o desenvolvimento da pesquisa. Fui informado do objetivo estritamente acadêmico do estudo, que, em linhas gerais é caracterizar os parâmetros acústicos da voz de sujeitos do sexo masculino e correlacionar com os dados de desenvolvimento puberal. Essa pesquisa pode trazer grande contribuição, uma vez que ainda são controversos os dados na literatura sobre padrões normativos da voz de meninos e adolescentes durante o desenvolvimento e a puberdade. Estou ciente de que não terei benefício direto com o estudo, porém a participação contribuirá para o melhor entendimento dos padrões vocais na adolescência.

Fui também esclarecido de que os usos das informações oferecidas estão submetidos às normas éticas destinadas à pesquisa envolvendo seres humanos, da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde, e autorizo que as informações por mim prestadas sejam divulgadas em publicações científicas, respeitando meu anonimato.

A colaboração do sujeito se fará de forma anônima, e estou ciente de que será realizada gravação de sua voz por uma fonoaudióloga especialista em voz e inspeção visual dos genitais por um médico clínico geral em dia e horário a ser estabelecido. O acesso e a análise dos dados coletados se farão apenas pelo pesquisador e seu orientador. Fui ainda informado de que posso retirar esse termo e não mais autorizar a participação do sujeito nesse estudo a qualquer momento, sem prejuízo para seu acompanhamento ou sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos.

Nesta pesquisa não há riscos previsíveis, os desconfortos, se existentes, devem ser mínimos, já que a pesquisa não alterará a rotina cotidiana dos sujeitos, pois as avaliações serão realizadas na própria escola em horário que antecede o início das aulas.

Atesto recebimento de uma cópia assinada deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme recomendações da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP).

Macapá, ____ de _____ de _____.

Assinatura do participante: _____.

Assinatura do responsável pelo participante: _____.

Assinatura do pesquisador responsável: _____ (Michelle Ferreira Guimarães, CRFa13547).

APÊNDICE B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (maiores 18 anos)

Eu, _____, RG: _____ declaro, por meio deste termo, que concordei em participar na pesquisa de campo referente ao projeto de pesquisa intitulado “Parâmetros acústicos da voz de sujeitos do sexo masculino antes, durante e após o processo de muda vocal”, desenvolvido pela pesquisadora Msc. Michelle Ferreira Guimarães, aluna de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Biologia Celular da Universidade Federal do Pará, sob orientação do Prof. Dr. Manoel da Silva Filho, a quem poderei contatar / consultar a qualquer momento que julgar necessário através do telefone nº (96) 9168-0434 ou e-mail: guima.michelle@gmail.com.

Afirmo que aceitei participar por minha própria vontade e de forma voluntária, sem receber qualquer incentivo financeiro ou ter qualquer ônus e com a finalidade exclusiva de colaborar para o desenvolvimento da pesquisa. Fui informado do objetivo estritamente acadêmico do estudo, que, em linhas gerais é caracterizar os parâmetros acústicos da voz de sujeitos do sexo masculino e correlacionar com os dados de desenvolvimento puberal. Essa pesquisa pode trazer grande contribuição, uma vez que ainda são controversos os dados na literatura sobre padrões normativos da voz de meninos e adolescentes durante o desenvolvimento e a puberdade. Estou ciente de que não terei benefício direto com o estudo, porém a participação contribuirá para o melhor entendimento dos padrões vocais na adolescência.

Fui também esclarecido de que os usos das informações por mim oferecidas estão submetidos às normas éticas destinadas à pesquisa envolvendo seres humanos, da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde, e autorizo que as informações por mim prestadas sejam divulgadas em publicações científicas, respeitando meu anonimato.

Minha colaboração se fará de forma anônima, e estou ciente de que será realizada gravação da minha voz por uma fonoaudióloga especialista em voz e inspeção visual dos genitais por um médico clínico geral em dia e horário a ser estabelecido. O acesso e a análise dos dados coletados se farão apenas pelo pesquisador e seu orientador. Fui ainda informado de que posso me retirar desse estudo a qualquer momento, sem prejuízo para meu acompanhamento ou sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos.

Nesta pesquisa não há riscos previsíveis, os desconfortos, se existentes, devem ser mínimos, já que a pesquisa não alterará a rotina cotidiana dos sujeitos, pois as avaliações serão realizadas na própria escola em horário que antecede o início das aulas.

Atesto recebimento de uma cópia assinada deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme recomendações da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP).

Macapá, ____ de _____ de _____.

Assinatura do participante: _____.

Assinatura do responsável pelo participante: _____.

Assinatura do pesquisador responsável: _____ (Michelle Ferreira Guimarães, CRFa13547).