Aveliny Mantovan Lima

**PERFIL ESPECTROGRÁFICO E NASOMÉTRICO
DA VOGAL [a] E SUA CONTRAPARTE [ẽ] EM
DIFERENTES CONDIÇÕES DE ABERTURA
VELOFARÍNGEA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia (Escola de Engenharia de São Carlos – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Instituto de Química de São Carlos) da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Bioengenharia.

Orientadora: Dr^a Jeniffer de Cássia Rillo Dutka-Souza

**São Carlos
2006**

Dedico...

Aos meus pais, Pedro Alves de Lima e Maricelma Mantovan Lima, que não medem esforços para sempre oferecer o melhor aos seus. Obrigada por terem me ensinado a amar os estudos e a estimar os educadores. O aconchego de seus colos, a doçura de seus exemplos e a sabedoria de seus conselhos me ajudam a crescer e fazem de mim uma pessoa melhor.

A minha avó Orlanda Carniato Mantovan e a minha irmã Fga Adrianly Mantovan Lima, eternas presenças e carinho incomensurável. Cala-me o coração ao repensar todas as lembranças junto a vocês... Minha história não seria tão bela sem suas vidas.

Ao meu querido, Fernando Teixeira Gregio, que sempre paciente e cuidadoso, impulsiona-me a seguir decididamente. Seu olhar, sua alegria, seu coração puro, encantam-me todos os dias e fazem-me acreditar que sempre é possível recomeçar. Ao seu lado, quero estar por toda minha vida.

... A vocês, meus Amores, minha gratidão e todo este trabalho.

“Quem ama, de verdade, leva sempre a criatura amada por onde vai. E é assim que o amor vai se tornando concreto no meio de nós. É assim que a vida vai ficando eterna... E a gente vai ressuscitando aos poucos...”

Pe. Fábio de Melo, SCJ

Agradecimentos Especiais

À Dr^a. Jeniffer de Cássia Rillo Dutka-Souza, querida Orientadora, que com seus “por quês” sempre me levou à reflexão e à busca das respostas mais acertadas. Agradeço seu apoio, incentivo e sua compreensão quando da minha decisão de percorrer novos caminhos.

Ao Prof. Dr. José Carlos Pereira, por estar sempre pronto a ouvir e a estimular seus alunos a crescerem e se comprometerem com a Ciência. Agradeço também em nome da Fonoaudiologia, que tanto tem ganhado com seu zelo, dedicação e enorme sabedoria.

Ao Prof. Dr. Plínio Almeida Barbosa, grande Mestre, com quem tenho aprendido muito. Sua disposição e humildade são verdadeiros exemplos. Sou extremamente grata pela sua ajuda.

À Fga. Ms. Jussara Melo Vieira, que desde o primeiro e-mail mostrou uma atenção imensa. Com seu espírito de companheirismo e desprendimento, ensinou-me lições valiosíssimas para a minha vida pessoal e profissional.

À Prof^a. Dr^a. Maria Inês Pegoraro-Krook, por ter me aberto as portas do Laboratório de Fonética e incentivado a realização deste estudo. Lembro-me do primeiro dia de sua aula, ainda no primeiro ano da graduação, enquanto perguntava para os alunos sobre a escolha da profissão, e disse: “Não importa o que eu faça, quero fazer o melhor”. Guardo isso no coração e carrego para minha vida...

Agradecimentos

À minha eterna professora Moema Guiduce Nogueira, quem primeiro acreditou e apostou em minha formação acadêmica. Quem me ensinou “que o tempo não pára”...

À Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo, berço de minha formação profissional, e à XI Turma de Fonoaudiologia, queridos amigos e companheiros, que desde a graduação me mostram “que é preciso chuva para florir”. Turma com “A” maiúsculo: de Apoio, Amizade, Alegria... Amo vocês!

Ao Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo, ao Setor de Prótese de Palato/Projeto Flórida, em especial à Teresa, Andréia, Douglas, Luciano, Homero, Érica, Simone e Josiane. Exemplos de união e colaboração.

Às amigas do Laboratório de Fonética, Simone Bastazini, Iara Lorca e Giuliana Raimundo, e à querida Prof^a. Dr^a. Lídia Cristina Teles, pelo companheirismo e pelo aprendizado na convivência diária durante a realização deste estudo.

Às amigas da Bioengenharia, Thais Vanzella, Ivani Rosa, Maria Eugênia, Raquel Dell’Acqua, Renata Fúria, Luciana Ota, Andrezza Cruz, pelo carinho, conhecimento e idéias compartilhados.

Aos amigos do Grupo de Estudos em Prosódia da Fala do IEL/UNICAMP, Luciana Lucente, Sandra Merlo, Jussara Vieira, Leandro Silveira, Pablo Arantes, Alessandro Meireles, que mesmo com pouco tempo de convivência, já me proporcionaram enorme aprendizado.

A todos os professores e funcionários da Bioengenharia, em especial à secretária Janete sempre disposta a nos atender com toda simpatia.

Ao Prof. Dr. Carlos Dias Maciel e ao Prof. Dr. José Carlos Pereira, membros da banca de qualificação, pelas valiosíssimas sugestões durante o exame.

Aos funcionários dos serviços de documentação, UEP/HRAC e Biblioteca da EESC/USP, que com prontidão me auxiliaram na formatação do trabalho.

Aos amigos do movimento católico Universidades Renovadas – tantos nomes por este país, mas especialmente, ao pessoal de Bauru e de São Carlos – e aos amigos da Comunidade Totus Tuus, pelas orações, pela vida partilhada, e por me ensinarem que “todo dia é de viver para ser o que for e ser [todo e] tudo”.

Às amigas de sempre, Gisele Zara, Edinizis Belusi, Carolina Campos, Mariana Sodário, Arianne Pereira, Gisele Mashiba, Ana Carolina Anastácio e Ana Carolina Trompieri, que me ensinam que não há distância que separe uma verdadeira amizade.

Agradecimentos

À minha segunda família, José Carlos Gregio, Maria Madalena Teixeira Gregio, e Sylzimara Teixeira Gregio, pelo apoio constante e por me acolherem tão carinhosamente.

Ao sujeito participante desta pesquisa, sem o qual seria impossível a realização deste estudo.

À Capes, pelo apoio financeiro.

A Deus, meu tudo, por tudo.

“A Fé e a Razão constituem como que as duas asas pelas quais o espírito humano se eleva para a contemplação da verdade. Foi Deus quem colocou no coração do homem o desejo de conhecer a verdade e, em última análise, de O conhecer a Ele, para que, conhecendo-O e amando-O, possa chegar também à verdade plena sobre si.”

(João Paulo II, Encíclica “Fides et Ratio”, p.4)

“O homem que quer mudar a sociedade não pode ter idéias tímidas”.
(Pe Leon Dehon, 1843-1925)

ENSINAMENTO

Minha mãe achava estudo
a coisa mais fina do mundo.
Não é.
A coisa mais fina do mundo é o sentimento.
Aquele dia de noite, o pai fazendo serão,
ela falou comigo:
“Coitado, até essa hora no serviço pesado”.
Arrumou pão e café, deixou tacho no fogo com água quente.
Não me falou em amor.
Essa palavra de luxo.

Adélia Prado. "Poesia Reunida", 1991

RESUMO

RESUMO

LIMA, A. M. (2006). *Perfil espectrográfico e nasométrico da vogal [a] e sua contraparte [ẽ] em diferentes condições de abertura velofaríngea*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia (EESC/FMRP/IQSC), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

A hipernasalidade é uma alteração da ressonância de fala que surge quando há um acoplamento indesejável entre as cavidades oral e nasal durante a fala, geralmente, decorrente de uma disfunção do mecanismo velofaríngeo. A relação entre tamanho da abertura velofaríngea e a hipernasalidade de fala ainda não é um fenômeno bem compreendido. Em particular, pouco se sabe sobre o perfil acústico das vogais em diferentes condições de abertura velofaríngea. O objetivo deste estudo é descrever o perfil espectrográfico e nasométrico da vogal [a] e sua contraparte nasal [ẽ] durante a produção de fala em condições de abertura velofaríngea diferentes, porém de tamanho controlado. Este estudo foi conduzido por meio da análise acústica e perceptivo-auditiva da fala de um único sujeito com fissura pós-forame incompleta, usuário de uma prótese de palato obturadora, onde o controle do tamanho da abertura velofaríngea foi feito por meio de orifícios de 10mm², 20mm² e 30mm², criados experimentalmente no bulbo de réplicas da prótese deste sujeito. Dois pares mínimos de vogal oral *versus* vogal nasal inseridos em frase-veículo foram usados como *corpus* para coleta das amostras de fala, totalizando um número de 136 amostras analisadas neste estudo. O controle do tamanho da abertura velofaríngea (tamanho do gap) mostrou-se uma variável importante na definição do perfil acústico da fala hipernasal, embora não tenha havido linearidade entre os tamanhos de abertura velofaríngea e o grau de nasalância, nem com valores formânticos ou de duração.

Palavras-chave: hipernasalidade; fissura; prótese de palato; espectrografia; nasometria; formante.

ABSTRACT

ABSTRACT

LIMA, A. M. (2006). *Spectrographic and nasometric profiles of the vowel [a] its counterpart [ẽ] in experimental conditions of the velopharyngeal coupling*. M.Sc. Dissertation – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia (EESC/FMRP/IQSC), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

Hypernasality is a resonance disorder due to the coupling between the oral and nasal cavities, usually associated to velopharyngeal dysfunction. The relationship between size of velopharyngeal opening and speech hypernasality is not a well understood phenomenon. Particularly, little is known between the acoustic profiles of vowels under different conditions of velopharyngeal opening. The objective of this study is to describe the acoustic profile of the vowel [a] and its counterpart [ẽ], during speech production under different, but controlled, sizes of velopharyngeal opening. This study involved the acoustic and auditory-perceptual analysis of the speech of a single subject with incomplete operated cleft palate and a remaining velopharyngeal insufficiency treated with a speech bulb. The subjects speech appliance was duplicated allowing for the introduction of openings of controlled sizes in the bulb (10mm², 20mm², 30mm²). Two minimal-pair words with the vowel [a] and two with the vowel [ẽ] produced within a phrase were used as speech *corpus* leading to a total of 136 speech samples analyzed in this study. Controlling size of velopharyngeal opening was important in the definition of the acoustic profile of hypernasal speech, however, the results of this study did not indicate a linear relation between size of velopharyngeal opening and nasalance scores not with formant or duration measures.

Keywords: hypernasality; cleft palate; speech bulb; spectrography; nasometry, velopharyngeal opening.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema ilustrativo da visão lateral do fechamento velofaríngeo, adaptado de Ohde & Sharf (1992), página 90. Os números indicam: 1) comissura labial; 2) palato duro (assoalho do nariz e teto da boca); 3) fechamento velofaríngeo.	27
Figura 2	Esquema ilustrativo da visão superior dos padrões de fechamento velofaríngeo, adaptado de Kummer (2001), página 24. As setas das figuras indicam o movimento das paredes da faringe e do véu palatino, a fim de promoverem o fechamento velofaríngeo. Os números indicam: 1) Fechamento Coronal; 2) Fechamento Circular; 3) Fechamento Circular com Anel de Passavant; 4) Fechamento Sagital.	28
Figura 3	Configuração do trato vocal e função de área correspondente para a vogal [a], adaptado de Kent & Read (1992, p. 23); Kent (1997, p. 335). As letras “G” e “L” representam, respectivamente, glote e lábios.	31
Figura 4	Visão superior da área velofaríngea do sujeito obtida por meio da avaliação nasoendoscópica durante produção de fala oral. A seta indica abertura velofaríngea (GAP) decorrente do quadro de insuficiência velofaríngea. Os números indicam: 1) parede posterior da faringe; 2) véu palatino.	51
Figura 5	Visão oral da prótese de palato com bulbo faríngeo adaptada na boca do sujeito. As indicações numéricas representam: 1) dentes superiores; 2) porção anterior da prótese; 3) porção intermediária da prótese; 4), pilar anterior. 5) pilar posterior, 6) parede posterior da faringe.	52
Figura 6	Visão superior da prótese de palato com bulbo faríngeo original do sujeito (prótese controle), obtida por meio da avaliação nasoendoscópica durante produção de fala. Nesta figura, a seta indica o bulbo faríngeo da prótese de palato. A enumeração representa: 1) parede posterior da faringe; 2) véu palatino; 3) parede lateral da faringe.	52
Figura 7	Visão superior da prótese de palato original do sujeito com o bulbo faríngeo íntegro (sem perfurações). A enumeração representa: 1) porção anterior da prótese, 2) porção intermediária, e 3) bulbo faríngeo.	53
Figura 8	Visão superior das próteses experimentais acrilizadas com orifícios de 10mm ² , 20mm ² e 30mm ² , da esquerda para a direita.	54

Figura 9	Visão superior das brocas de madeira utilizadas para moldagem dos furos nos bulbos das próteses experimentais. Da esquerda para a direita, as brocas de 3.55mm, 5.10mm e 6.27mm de diâmetro, respectivamente.	55
Figura 10	Visão superior, por meio de avaliação nasoendoscópica, de uma das réplicas da prótese do sujeito, durante produção de fala oral. Na figura, a seta indica o bulbo faríngeo com o furo de 10mm ² . A enumeração representa: 1) parede posterior da faringe; 2) véu palatino.	56
Figura 11	Visão superior das próteses experimentais com os furos vedados com cera. Da esquerda para a direita, as próteses com furos de áreas 10mm ² (p10t), 20mm ² (p20t) e 30mm ² (p30t), respectivamente.	58
Figura 12a	Posicionamento do sujeito e do examinador para a coleta das amostras de fala. A letra (a) indica o computador de captação e armazenamento do sinal áudio (para análise espectrográfica); a letra (b) indica o sistema computador + interface externa do Nasômetro; a letra (c) indica o suporte de captação do Nasômetro junto ao microfone para captação do sinal áudio.	62
Figura 12b	Posicionamento do sujeito para a coleta das amostras de fala. A seta 1 indica o microfone de captação do sinal áudio (à 5cm da comissura labial); a setas 2 e 3 indicam o microfone oral e o microfone nasal, respectivamente, ambos da placa do nasômetro, estando alinhados na dimensão vertical.	63
Figura 13	Gráfico apresentado na tela no <i>software</i> de análise do Nasômetro 6200-3 (Kay Elemetrics Corp.). O número 1 representa a amostra de fala oral “papapa” – com menos nasalância correspondente -; e o número 2 representa a amostra de fala nasal “mamama” – tendo um grau maior de nasalância.	64
Figura 14	Tela do <i>software</i> de análise do Nasômetro 6200-3 (Kay Elemetrics Corp.). A presente tela ilustra uma amostra de fala oral selecionada pelos cursores – seta b) -, na qual o valor médio de nasalância apresentado é de 17.66% - seta a).	65
Figura 15	Tela do <i>software</i> de análise do Nasômetro 6200-3 (Kay Elemetrics Corp.). A presente tela ilustra uma amostra de fala nasal selecionada pelo cursor – seta b) -, na qual o valor médio de nasalância apresentado é de 75,15 % - seta a).	66
Figura 16	Janela principal do programa computacional “Praat”, denominada “Praat objects”.	67

Figura 17	Tela do programa computacional “Praat” para a frase-veículo “Digo pato bojudo”, a qual é possível visualizar o menu, a forma de onda, o espectrograma de banda-larga. As linha 1, 2 e 3, demonstram a função do TextGrid, que neste caso, marca a palavra “pato”, a vogal [a], e o ponto exato de extração dos parâmetros, respectivamente.	68
Figura 18	Análise FFT (traçado preto) e <i>Cepstrum</i> (traçado vermelho) da vogal [a] da palavra “pato” inserida na frase-veículo “Digo pato bojudo”. Destacam-se nesta figura os picos da frequência fundamental (f0), primeiro formante (F1), segundo formante (F2) e terceiro formante (F3), em Hertz.	69
Figura 19	Análise FFT da vogal [ẽ] de “panto” (traçado preto) sobreposta à vogal [a] de “pato” (traçado azul); e análise <i>Cepstrum</i> da vogal [ẽ] de “panto” (traçado vermelho) sobreposta à da vogal [a] de “pato” (traçado verde). Destacam-se nesta figura os picos da frequência fundamental (f0), primeiro formante (F1n), formante nasal (FN), segundo formante (F2n), terceiro formante (F3n), e zero, apenas da análise <i>Cepstrum</i> da vogal [ẽ] (em vermelho).	70
Figura 20	Análise FFT da vogal [ẽ] de “manto” (traçado preto) sobreposta à vogal [a] de “mato” (traçado azul); e análise <i>Cepstrum</i> da vogal [ẽ] de “manto” (traçado vermelho) sobreposta à da vogal [a] de “mato” (traçado verde). Destacam-se nesta figura os picos da frequência fundamental (f0), primeiro formante (F1n), segundo formante (F2n), terceiro formante (F3n), e zero, apenas da análise <i>Cepstrum</i> da vogal [ẽ] (em vermelho). Não foi possível nesta amostra calcular o FN.	71
Figura 21	Histograma das condições testadas no estudo: p10 – 10mm ² , p20 – 20mm ² , p30 – 30mm ² , pII – sem prótese e p0n – amostra aleatória das condições pI, p20t e p30t.	78
Figura 22	Correlato acústico do escape de ar nasal audível (EAN) indicado pelas setas nos plosivos [p] e [t], respectivamente, da esquerda para a direita. As linha 1, 2 e 3, demonstram a marcação da palavra “pato”, da vogal [a], e do ponto exato de extração dos parâmetros, respectivamente.	80
Figura 23	Gráfico das médias de F1, F2, F3 (Hz), para as quatro condições de fechamento velofaríngeo: p10t – 10mm ² furo tapado, p20t – 20mm ² furo tapado, 30t – 30mm ² furo tapado, pI – prótese íntegra.	82
Figura 24	Gráfico das médias de F1, F2, F3 (Hz), para as condições: p10 (10mm ²), p20 (20mm ²), p30 (30mm ²), p0e (amostra aleatória das condições experimentais – p10t, p20t, p30t), pII (sem prótese).	85

Figura 25	Gráfico das médias da duração (ms) das vogais [a] e [ẽ], para as condições do estudo: p10 (10mm ²), p20 (20mm ²), p30 (30mm ²), p0e (amostra aleatória das condições experimentais – p10t, p20t, p30t), pII (sem prótese).	86
Figura 26	Gráfico das médias do formante nasal (FN, em Hertz) da vogal [ẽ], para as condições do estudo: p10 (10mm ²), p20 (20mm ²), p30 (30mm ²), p0e (amostra aleatória das condições experimentais – p10t, p20t, p30t), pII (sem prótese).	87
Figura 27	Gráfico das médias do antiformante (Zero, em Hertz) da vogal [ẽ] das palavras começadas com [p] (pato e panto) e das começadas com [m] (mato e manto), para as condições do estudo: p10 (10mm ²), p20 (20mm ²), p30 (30mm ²), p0e (amostra aleatória das condições experimentais – p10t, p20t, p30t), pII (sem prótese).	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores de nasalância (%) - média ($\bar{X}$), desvio padrão (DP), média mínima e média máxima para as condições sem abertura velofaríngea (p10t, p20t, p30t, pI), para cada uma das palavras do <i>corpus</i> .	75
Tabela 2	Valores de nasalância (%) - média ($\bar{X}$), desvio padrão (DP), média mínima e média máxima para as condições com abertura velofaríngea (p10, p20, p30, pII), para cada uma das palavras do <i>corpus</i> .	76
Tabela 3	Rank do teste estatístico não paramétrico Kruskal-Wallis, para as condições controles do estudo (pI, p10t, p20t, p30t).	77
Tabela 4	Rank do teste estatístico não paramétrico Kruskal-Wallis, para as condições do estudo: p0n, p10, p20, p30, pII.	78
Tabela 5	Valores de média ($\bar{X}$) e desvio padrão (DP) para os formantes F1, F2, F3 em Hertz (Hz), da vogal [a] de “pato e mato” (N=50), e resultado da avaliação perceptivo-auditiva, em todas as condições (p0e, p10, p20, p30, pII).	83
Tabela 6	Valores de média ($\bar{X}$) e desvio padrão (DP) para os formantes F1, F2, F3 em Hertz (Hz), da vogal [ẽ] de “panto e manto” (N=50), e resultado da avaliação perceptivo-auditiva, em todas as condições (p0e, p10, p20, p30, pII).	84
Tabela 7	Descrição do julgamento das avaliadoras para a leitura do texto, nas cinco condições experimentais (pI, p10, p20, p30, pII).	89
Tabela 8	Descrição do julgamento das avaliadoras para a leitura do texto, nas três condições controle (p10t, p20t, p30t).	89

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

c.f.p.	=	conferir página
CV	=	Consoante - Vogal
DAC	=	Distúrbio Articulatorio Compensatório
DP	=	Desvio Padrão
DVF	=	Disfunção Velofaríngea
EMA	=	<i>Eletromagnetic Articulography</i>
fig.	=	figura
f0	=	Frequência fundamental
F1	=	primeiro formante
F2	=	segundo formante
F3	=	terceiro formante
FFT	=	<i>Fast Fourier Transform</i>
FN	=	formante nasal
F1n	=	primeiro formante com atuação da nasalidade
F2n	=	segundo formante com atuação da nasalidade
F3n	=	terceiro formante com atuação da nasalidade
Fn	=	formante oral
HRAC	=	Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais
LaFE	=	Laboratório de Fonética Experimental
LPC	=	<i>Linear Predictive Coding</i>
MV	=	Movimento Velofaríngeo
PB	=	Português Brasileiro
PERCI	=	<i>Palatal Efficiency Rating Computed Instantaneously</i>
pI	=	Condição experimental - prótese íntegra
pII	=	Condição experimental - sem prótese
p10	=	Condição experimental - prótese com furo de 10mm ²
p20	=	Condição experimental - prótese com furo de 20mm ²
p30	=	Condição experimental - prótese com furo de 30mm ²
p10t	=	Condição controle - prótese com furo de 10mm ² tapado com cera
p20t	=	Condição controle - prótese com furo de 20mm ² tapado com cera
p30t	=	Condição controle - prótese com furo de 30mm ² tapado com cera
p0e	=	Condição controle determinada para análise estatística da espectrografia
p0n	=	Condição controle determinada para análise estatística da nasometria

Tab.	=	Tabela
TONAR	=	<i>The Ora-Nasal Acoustic Ratio</i>
USP	=	Universidade de São Paulo
VV	=	Vogal - Vogal
$\overline{X}$	=	média
α	=	alfa (0.05)
α^*	=	alfa estrela (0.001 ou 0.005)

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Objetivo	23
2 REVISÃO DE LITERATURA	24
2.1 Fala	25
2.1.1 Sons orais e sons nasais da Fala	29
2.2 Mecanismo Velofaríngeo (MV) e Hipernasalidade de Fala	33
2.2.1 Avaliação da Hipernasalidade de Fala	35
2.2.1.1 Nasometria	36
2.2.1.2 Espectrografia	39
2.3 Estudos Experimentais em Prótese de Palato	43
3 METODOLOGIA	47
3.1 Definições Operacionais dos Termos	48
3.2 Sujeito	51
3.3 Próteses Experimentais e Condições Experimentais	53
3.3.1 Adaptação das próteses experimentais	57
3.4 Amostra de Fala	58
3.5 Procedimentos para Coleta e Armazenamento das Amostras e para Análise Acústica	60
3.6 Análise Acústica	63
3.6.1 Nasometria	63
3.6.2 Espectrografia	67
3.7 Procedimentos da Avaliação Perceptivo-Auditiva das Amostras de Fala	71
3.8 Análise dos Dados	73
4 RESULTADOS	74
4.1 Análise Acústica das Amostras de Fala	75
4.1.1 Nasometria	75
4.1.1.1 Descrição Geral dos Achados Nasométricos	75
4.1.1.2 Definição da Condição controle (p0n)	76
4.1.1.3 Estatística inferencial dos Achados Nasométricos	77
4.1.2 Espectrografia	79
4.1.2.1 Achados da Inspeção Visual dos Espectrogramas	79
4.1.2.2 Definição da Condição controle (p0e)	81

4.1.2.3 Estatística descritiva e inferencial dos Achados Espectrográficos	83
4.2 Avaliação Perceptivo-Auditiva das Amostras de Fala	88
5 DISCUSSÃO	90
5.1 Discussão dos Achados Nasométricos	91
5.2 Discussão dos Achados Espectrográficos	94
5.3 Comentário Final	99
6 CONCLUSÃO	101
7 REFERÊNCIAS	104
APÊNDICES	117
APÊNDICE A – Carta de Informação apresentada ao sujeito participante do estudo	118
APÊNDICE B – Termo de consentimento Livre e Esclarecido apresentado ao sujeito participante do estudo	119
APÊNDICE C – Protocolo da Avaliação Perceptivo-Auditiva “ <i>Live</i> ”, para respostas das avaliadoras, durante a leitura do texto oral “A História do Urso Preto”	120
ANEXO	121
ANEXO A – Ofício de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do HRAC/USP/Bauru	122

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A fala é uma das maneiras de comunicação humana, a qual se caracteriza por expressar os pensamentos, por meio da linguagem oral. Em outras palavras, é a produção de sons articulados, imbuídos de significado e com o papel de transmitir as intenções do interlocutor. Por se tratar de uma habilidade complexa, há, portanto, a necessidade de um adequado funcionamento do sistema nervoso, auditivo, respiratório, da laringe, das cavidades supraglóticas e dos órgãos fonoarticulatórios (palato duro e mole, mandíbula e língua, lábios e dentes).

Para que ocorra a produção normal de sons orais da fala é necessária a separação das cavidades oral e nasal (Bzoch, 2004; Kummer 2001; Perterson-Falzone et al, 2001; Sapienza, 1996). Dessa forma, se não houver comunicação entre estas duas cavidades durante a produção de sons orais percebemos uma ressonância da fala normal. Ao contrário, quando por alguma razão existe comunicação entre as cavidades oral e nasal durante a produção de sons orais, ocorre a nasalização da fala oral e como uma das conseqüências percebe-se a hipernasalidade.

O controle da comunicação entre as cavidades oral e nasal depende diretamente do funcionamento do mecanismo velofaríngeo (MV). A função deste mecanismo é, justamente, separar a nasofaringe e cavidade nasal da orofaringe e cavidade oral. Para que tal função seja realizada este mecanismo funciona como um esfíncter cuja atuação pode envolver: (1) a elevação e posteriorização do palato mole, (2) a anteriorização da parede posterior da faringe (Anel de Passavant), e (3) a mesialização das paredes laterais da faringe (Bzoch, 2004). Durante a produção dos sons nasais da fala (como por exemplo: [m], [n], [ŋ], [ã], [õ]) o MV abre permitindo o acoplamento das cavidades oral e nasal. Durante a produção dos sons orais da fala o MV fecha separando o nariz da boca.

Na presença de um comprometimento anatômico ou funcional das estruturas envolvidas no funcionamento velofaríngeo, é caracterizada a disfunção velofaríngea (DVF), que pode ser decorrente de uma insuficiência (falta de tecido), de uma incompetência, ou ainda de um erro de aprendizagem (Kummer, 2001). A fissura labiopalatina é uma das condições que pode comprometer o funcionamento velofaríngeo sendo a mesma decorrente de falta de coalescência dos processos maxilar, mandibular e frontonasal ou ainda decorrente da ocorrência de falhas na desintegração da superfície epitelial nas regiões de contato entre os processos, resultando na ocorrência das mais variadas fissuras (Capelozza Filho et al., 1988). A inexistência de junção das lâminas palatinas durante a gestação resulta em uma malformação do palato duro ou mole, a qual promove uma comunicação indesejável entre as cavidades oral e nasal, permitindo a passagem simultânea de ar e de ondas acústicas para estas duas cavidades.

A hipernasalidade da fala é consequência da passagem de energia acústica para a cavidade nasal durante a produção de sons orais vozeados, e é um dos distúrbios de comunicação relacionados às alterações no funcionamento do mecanismo velofaríngeo (MV). Além da hipernasalidade, a DVF também pode resultar em alterações articulatórias envolvendo a produção de consoantes distorcidas (devido ao fluxo nasal e oral inadequados e à redução de pressão oral) e o uso de pontos articulatórios atípicos (Bzoch, 2004).

O fonoaudiólogo, ao tratar dos distúrbios de fala associados à DVF, necessita identificá-los e descrevê-los, uma vez que os mesmos podem comprometer a inteligibilidade de fala. Mais especificamente, no caso da DVF por insuficiência, o que se observa na velofaringe, durante a tentativa de fechamento do MV para produção de sons orais, é o gap¹⁶ (abertura) velofaríngeo. Apesar da relação entre o tamanho do gap velofaríngeo e os distúrbios de fala decorrentes da DVF ser complexa, variações na percepção de alterações de fala, mais especificamente da hipernasalidade, foram associadas à variações no tamanho do gap velofaríngeo (Warren et al., 1994).

16 Gap velofaríngeo é o espaço que falta para que ocorra o fechamento velofaríngeo.

Segundo Warren (2004), durante a produção de sons orais, a presença de uma abertura velofaríngea maior que 20mm^2 (medida obtida por meio de análise aerodinâmica pelo sistema PERCI (*Palatal Efficiency Rating Computed Instantaneously*), o qual utiliza a técnica de fluxo-pressão) pode resultar em: (1) redução da pressão intraoral, (2) aumento do esforço respiratório, (3) presença de emissão de ar nasal excessiva, (4) ressonância hipernasal (Warren et al, 1989; Warren 1967, 1979, 1986, 2004; Sapienza, 1996). Na presença de abertura velofaríngea entre 10mm^2 e 20mm^2 as alterações de fala apresentadas são, na maioria das vezes, similares ao padrão apresentado na presença de abertura maior que 20mm^2 . Já na presença de gap menor que 10mm^2 se observa o padrão de fala normal, entretanto, mesmo em gaps tão pequenos, como os menores de 10mm^2 , a hipernasalidade pode ser observada de forma inconsistente.

Warren (2004) demonstra por meio de estudos aerodinâmicos que existe uma relação entre o aumento no grau da hipernasalidade e o tamanho da abertura velofaríngea, sendo que quanto maior a abertura maior o grau da hipernasalidade. O autor reporta uma correlação de 0.66 entre tamanho do orifício velofaríngeo (obtido por meio da análise aerodinâmica) e percepção da hipernasalidade registrada por ouvintes, e sugere que esta relação não é linear, uma vez que são muitos os fatores que podem afetar a percepção da hipernasalidade além do tamanho da abertura velofaríngea (Dutka, 1996; Warren 2004). A impedância oral (associada ao grau de abertura da boca) é um fator importante a ser considerado. Se a cavidade oral, por exemplo, estiver mais fechada, um grau maior de energia acústica pode ser desviado para cavidade nasal resultando na percepção de um maior grau de nasalidade. Também a resistência oferecida pelas pregas vocais e pela posição da língua deve ser considerada.

Segundo Warren (1986, 2004) existem evidências de que a aerodinâmica da fala funciona de acordo com os princípios de um sistema regulatório (como o sistema cardiovascular, por exemplo), o qual tem a habilidade de responder a situações de mudanças de forma a manter o equilíbrio do sistema. Segundo Warren, parece existir um mecanismo de controle da resistência oferecida ao fluxo aéreo ao longo do trato vocal. E

apesar da resistência oferecida por cada estrutura do trato (como língua, pregas vocais, velofaringe, por exemplo) variar de acordo com o contexto fonético, a resistência total final é mantida o que garante um nível de pressão subglótica estável durante a fala. A relação entre área velofaríngea (gap) e resistência velofaríngea é inversa – conforme aumenta a área VF diminui a resistência VF – e não linear – o aumento gradual da área VF não requer à diminuição gradual (na mesma proporção) da resistência VF (Warren 2004; Warren e Devereux, 1966). No sistema regulatório proposto por Warren, portanto, ao ocasionar uma diminuição da pressão intraoral, a perda da resistência velofaríngea pode desencadear mecanismos compensatórios em uma tentativa de manutenção das pressões no trato vocal em um nível estável o qual permita a produção da fala. O aumento do esforço respiratório e o uso de pontos articulatorios atípicos são citados como prováveis respostas do mecanismo à inadequação velofaríngea. Warren (2004) comenta que apesar da magnitude da pressão intraoral, do grau de esforço respiratório e da quantidade de emissão de ar nasal (durante produção oral) variar de indivíduo para indivíduo na presença da inadequação velofaríngea, o tanto que estas variações afetam a percepção dos vários aspectos da fala ainda não é conhecido. Um melhor entendimento da relação entre tamanho da abertura velofaríngea e a presença da hipernasalidade é essencial tanto para o aprimoramento da compreensão da produção da fala quanto para o tratamento de distúrbios, tais como os decorrentes da DVF. Conhecimentos nesta área podem facilitar o estabelecimento de critérios clínicos que facilitem a escolha adequada do melhor tratamento para correção da DVF.

São várias as opções para correção da DVF: (1) tratamento cirúrgico, o qual dado o número técnicas cirúrgicas diferentes, oferece a possibilidade de eleição para a mais adequada ao caso; (2) tratamento protético - prótese obturadora ou prótese elevadora, as quais permitem modificações e combinações entre os dois tipos de prótese de palato; (3) tratamento comportamental, contando com diversas abordagens fonoterapêuticas; e (4) combinações entre os 3 tipos de tratamento acima descritos, como por exemplo, a combinação entre prótese e fonoterapia. Estabelecer critérios para definição da melhor forma de tratamento da DVF depende de um melhor entendimento da disfunção velofaríngea e da relação entre a disfunção e as alterações de fala apresentadas. São poucos

os estudos que abordaram a relação entre tamanho do gap e hipernasalidade, este trabalho, portanto, visa ampliar os conhecimentos nesta área.

1.1 Objetivo

Descrever o perfil espectrográfico e nasométrico das vogais [a] e [ẽ] durante a produção de fala em diferentes condições de abertura velofaríngea, porém de tamanhos controlados, a fim de testar as hipóteses de que: diferentes aberturas resultariam em diferentes medidas acústicas (1) tanto na nasometria; 2) quanto na espectrografia. Portanto, tal estudo foi conduzido por meio da análise espectrográfica e nasométrica da fala de um sujeito único com fissura palatina, usuário de prótese de palato obturadora, onde o controle do tamanho da abertura velofaríngea se deu por meio de perfurações criadas experimentalmente no bulbo de réplicas da prótese de palato do participante.

REVISÃO DE LITERATURA

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fala

“Falar é tão natural para os seres humanos, como são o olfato, a visão e o paladar, que só nos detemos para examinar seu funcionamento nos casos de deficiência ou de privação”. Callou e Leite (1990)

Uma das maneiras do ser humano estabelecer relações interpessoais é por meio da comunicação oral, que se caracteriza pela expressão dos pensamentos, por meio da fala. Callou e Leite (1990) referem-se à linguagem humana como uma atividade primordialmente oral, que tem como finalidade última a comunicação. Os autores complementam dizendo que linguagem “é um sistema de símbolos, segmentável em unidades menores, de número finito para cada língua, com a possibilidade de se recombinarem para expressar idéias diferentes”.

Diante disso, a fala, que é a intermediária entre a linguagem e a língua (Maia, 1991), pode ser definida como a produção de sons articulados, imbuídos de significado e com o papel de transmitir as intenções do locutor. Esta é, portanto, uma habilidade complexa que necessita de uma condição anátomo-fisiológica mínima; o que implica um funcionamento adequado do sistema nervoso, auditivo, respiratório (com destaque para a laringe), das cavidades supraglóticas (faringe, oral e nasal), e dos órgãos fonoarticulatórios.

Tendo como ponto de partida o mecanismo biológico, Boone e Plante (1994) denominam a fala como função sobreposta, uma vez que utiliza estruturas físicas que servem a outras funções que são sustentadoras da vida, como por exemplo, os mesmos músculos da respiração, os quais permitem a manutenção da postura, também dão aporte à saída e entrada de ar para a produção de fala.

De acordo com Metter (1991), os cinco sistemas básicos da fala incluem respiração, fonação, articulação, prosódia, ressonância. A *respiração* exerce o papel de suprir o material de trabalho da fala, partindo da idéia de que esta pode ser considerada como a transmissão do trabalho numa coluna de ar criada pelo sistema respiratório durante a exalação. A *articulação* se relaciona à habilidade para modificar ou regular através de “válvulas”, a corrente da voz [ou ar] em sons específicos, os quais podem ser moldados em palavras e sentenças. Sobre a *fonação*, o autor diz que está relacionada à qualidade e às características da voz produzida pela laringe. Já a *prosódia*, refere-se à qualidade normal da fala, incluindo velocidade, sincronização, intervalo, regulação, melodia e ênfase. Por fim, a *ressonância* é a modificação seletiva da inflexão na voz quando a corrente de ar passa através da orofaringe, boca e/ou rinofaringe.

Pensando assim, o “material de trabalho” da fala, o som (ou voz), é em sua maioria, originado pela vibração das pregas vocais – na laringe -, a partir do ar expirado dos pulmões, e modificado pelos articuladores – paredes faríngeas, palato mole, palato duro, dentes, mandíbula, bochechas, lábios - e ressonadores – glote, faringe, cavidade oral e cavidade nasal.

De modo particular, em relação aos ressonadores, Bzoch (2004) coloca que a completa separação entre a cavidade oral e a nasal, é uma condição aceita para que ocorra uma produção normal dos sons orais da fala. Esta separação é função do mecanismo velofaríngeo – MV (fig. 1), e se dá, mais especificamente, entre a nasofaringe e cavidade nasal, e a orofaringe e cavidade oral, podendo envolver, de acordo com Peterson (1973), movimentos simultâneos: a) para cima e para trás do palato mole; b) mesial da musculatura das paredes laterais da faringe, e c) deslocamento anterior da parede posterior da faringe. Portanto, quando a energia sonora alcança a cavidade faríngea, é o mecanismo velofaríngeo que direciona o foco da ressonância (Kummer, 2001). Dentro deste contexto, Pegoraro-Krook (1995), citou a importância do equilíbrio oronasal em uma produção satisfatória de fala.

Figura 1: Esquema ilustrativo da visão lateral do fechamento velofaríngeo, adaptado de Ohde e Sharf (1992), página 90. Os números indicam: 1) comissura labial; 2) palato duro (assoalho do nariz e teto da boca); 3) fechamento velofaríngeo.

É interessante notar, na descrição do movimento para o fechamento velofaríngeo, que se trata de uma válvula com três dimensões: ântero-posterior, vertical, e horizontal, como explica Kummer (2001). A autora coloca também, que por esse motivo, deve ser levado em consideração o movimento coordenado de todas as estruturas em todas as dimensões, como num fechamento de um esfíncter; e que a relativa contribuição das estruturas envolvidas no funcionamento velofaríngeo varia em falantes normais ou com distúrbios.

Foram descritas quatro variações básicas para o fechamento velofaríngeo (Sckolnik, 1973; Croft et. al., 1981; Kummer, 2001). Não é raro, durante a fala, encontrar falantes que apresentam mais de um padrão deste fechamento (Genaro et. al., 2004). São eles (fig. 2): 1) o padrão coronal (ou transversal), que é o mais comum e composto pelo amplo movimento do palato mole, com mínima contribuição das paredes laterais e posterior da faringe; 2) o padrão circular, que é o segundo padrão de fechamento mais comum, envolve amplo movimento do palato mole e das paredes laterais faríngeas; 3) no padrão circular com Anel de Passavant todas as estruturas no mecanismo velofaríngeo contribuem igualmente para o fechamento, caracterizando assim um esfíncter, uma vez que ocorre também anteriorização da parede posterior da faringe; e 4) padrão sagital, menos comum, e no qual

há um movimento maior das paredes laterais da faringe, até a linha média, aonde encontram o véu palatino, o qual pouco se movimenta.

Figura 2: Esquema ilustrativo da visão superior dos padrões de fechamento velofaríngeo, adaptado de Kummer (2001), página 24. As setas das figuras indicam o movimento das paredes da faringe e do véu palatino, a fim de promoverem o fechamento velofaríngeo. Os números indicam: 1) Fechamento Coronal; 2) Fechamento Circular; 3) Fechamento Circular com Anel de Passavant; 4) Fechamento Sagital.

Peterson (1973) e Flowers e Morris (1973) esclarecem que a separação decorrente do fechamento velofaríngeo pode acontecer durante atividades pneumáticas como fala, sopro, e assobio; e durante atividades não-pneumáticas como sucção, deglutição, e reflexo

de vômito. E acrescentam que, embora o papel deste mecanismo seja fundamental para ambos os eventos (pneumáticos e não-pneumáticos), o seu funcionamento durante a fala difere do realizado em outras atividades.

Antes de se explorar as patologias do MVF, convém se ater para a produção dos sons orais e nasais da fala.

2.1.1 Sons orais e sons nasais da Fala

Os sons da fala, sendo de natureza física e dando substância às formas fonológicas, ocorrem nas línguas do mundo compostas pelas vogais e pelas consoantes. O sistema do Português Brasileiro (PB) apresenta dezenove fonemas consonantais ([p], [b], [t], [d], [k], [g], [f], [v], [s], [z], [ʃ], [ʒ], [m], [n], [ɲ], [l], [λ], [R], [r]), e sete fonemas vocálicos ([a], [e], [ɛ], [i], [o], [ɔ], [u]). Em suma e conforme Russo (1999), os sons da fala consistem em uma combinação de sons consonantais e vocálicos.

As vogais são pronunciadas com a passagem livre do ar pelo trato vocal, e são classificadas, de acordo com Ladefoged (2001), quanto à altura da língua (altas, médias altas, médias baixas e baixas), à posição horizontal da língua (anteriores, centrais ou posteriores), e ainda quanto ao arredondamento dos lábios (pronunciadas com eles distendidos ou arredondados). Há outras classificações, consideradas secundárias, como a duração, o desvozeamento, a nasalização e a tensão (Lamprecht, 2004).

Se considerarmos a teoria elaborada por Fant (1970), a qual propõe um modelamento do trato vocal humano¹⁷, veremos que é evidentemente aplicável às vogais. Isso porque, assim como um tubo cilindro (ou sonoro), o trato vocal permite diversas combinações acústicas, que resultariam nos sons que podemos produzir.

17 Região compreendida entre a glote e os lábios, contendo as cavidades laríngea, faríngea oral e nasal.

Pensando desta maneira, as pregas vocais funcionariam como a fonte geradora de som, sendo este composto por uma frequência fundamental (f_0) e seus harmônicos (ou derivados). A região supraglótica seria responsável por aumentar ou amortecer estas frequências (como um filtro acústico), segundo sua própria conformação, originando faixas de frequências que concentram maior energia acústica, chamadas formantes. Tendo por base o princípio da ressonância, que diz: “quanto mais a frequência da energia aplicada for próxima da *frequência natural* [grifos meus] do sistema elástico, maior será a amplitude de vibração resultante” (Speaks, 1999), quando pensamos na dinâmica do trato vocal, as suas constantes mudanças refletem diretamente nos formantes, uma vez que são elas que determinam as regiões de ressonância a serem amplificadas, ou seja, o próprio formante.

Teoricamente, existem infinitos formantes, que são identificados pelos algarismos arábicos da frequência mais grave para a mais aguda, mas na prática apenas os três primeiros são interessantes (Schwartz, 1968; Behlau, 1984; Kent e Read, 1992; Kent, 1997). Para as vogais, o primeiro formante (ou a frequência natural de ressonância) – F1 – varia inversamente com a altura da mandíbula; o segundo formante – F2 – varia com a dimensão antero-posterior da língua; e o terceiro formante – F3 – corresponde a constrições dos lábios, do palato e da faringe (Kent e Read, 1992; Kent, 1997). Fundamentado no modelo citado anteriormente, para a vogal oral [a] que é classificada como baixa e posterior (Kent, 1997; Ladefoged, 2001), o seu tubo seria reto, com uma abertura em um dos lados, a qual representaria os lábios, sendo esta com maior diâmetro da metade em direção à referida abertura (fig.3). Assim, de acordo com Kent e Read (1992), para a vogal [a] o F1 tem uma frequência mais alta (por ser uma vogal baixa), e o F2 tem uma menor frequência (por ser uma vogal mais posterior), resultando em uma pequena diferença F2-F1.

Figura 3 – Configuração do trato vocal e função de área correspondente para a vogal [a], adaptado de Kent e Read (1992, p. 23); Kent (1997, p. 335). As letras “G” e “L” representam, respectivamente, glote e lábios.

Conforme Minifie e col. (1973), um tubo sonoro de 17,5cm de comprimento (típico de um adulto masculino) e 4cm de diâmetro, em posição de repouso (língua no assoalho bucal, como na vogal [a]), teria 500, 1.500 e 2.500 Hz como frequências naturais de ressonância do sistema. Da mesma forma, utilizando a equação $F_n = (2n - 1) c / 4l$, onde F_n é o número do formante, $(2n - 1)$ é um termo que ajusta a diferença para o número inteiro, c é a velocidade do som (aproximadamente 350 m/s), e l é o tamanho do tubo; as três primeiras frequências formantes para um trato vocal feminino, peculiar, de 15cm podem ser calculadas, resultando em 583, 1.749, e 2.915Hz (Kent, 1997).

Por outro lado, se ainda considerarmos a mesma analogia, porém com uma abertura a mais (ou uma bifurcação) no tubo anterior, alterando o comprimento deste tubo e criando um filtro acústico, a característica do som que passa pelo novo tubo seria mudada. De acordo com Kent (1997) e Baken e Orlikoff (2000), vogais nasalizadas ou produzidas com nasalização tem uma função-filtro composta por formantes orais, formantes nasais, e antiformantes¹⁸ introduzidos pela bifurcação do trato vocal, o que causa um efeito complexo e extremamente variável. A referida bifurcação representa o acoplamento entre as cavidades oral e nasal, para a produção dos sons nasais. Neste caso, a cavidade nasal por ser revestida de mucosa e possuir sinuosidades, absorve energia sonora (também como um

¹⁸ Antiformantes são o oposto dos formantes por resultarem em perda de energia sonora, e não aumento. São representados por vales espectrais ou zeros (ressonâncias negativas).

filtro acústico), diminuindo a intensidade dos formantes. Segundo Schwartz (1968), para a vogal [a], uma anti-ressonância pode ser vista em 2.400Hz, eliminando o F3.

Estudos utilizando a síntese de fala têm ajudado na compreensão deste evento de acoplamento nasal, associando principalmente as características acústicas das vogais com o efeito perceptivo. Os achados de alguns estudos foram os seguintes: atenuação global da energia acústica das frequências (Peterson e Barney, 1952; Fujimura, 1960; Peterson, 1961; Fry, 1979); suavização espectral na região de F1 e F2 - 200 a 2.000Hz (Maeda, 1982); queda no valor de F1 (Schwartz, 1968¹⁹; Fant, 1970; Stevens et al., 1987); inserção de formantes nasais em torno de frequências baixas - 300 a 400Hz - (Stevens et al. 1987), nas frequências de 250 e 1000Hz (Maeda, 1984), e em frequências onde essa energia ressoante não seria normalmente esperada (Schwartz, 1968); inserção de uma anti-ressonância no espectro vocálico, eliminando F3 (House e Stevens, 1956; Schwartz, 1968; Fant, 1970); vogais nasalizadas apresentaram maior largura de banda nos formantes (Fant, 1970; Stevens et al., 1987); mudanças espectrais em F2 são responsáveis pela percepção da nasalização (Stevens et al., 1987); mudanças nas posições relativas da frequência dos formantes pelo efeito da nasalização (Schwartz, 1968); presença de antiformantes em vogais nasalizadas está relacionada ao grau de acoplamento entre as cavidades oral e nasal (Peterson, 1959; Maeda, 1993; Johnson, 1997).

Em um estudo, Fant (1970), com intuito de investigar as vogais russas, analisou comparativamente dados obtidos por meio de síntese (ressoador *doublé Helmholtz*) e circuito elétrico analógico, as emissões de um falante. Para a vogal [a], de um modo geral, pela manipulação das áreas oral, nasal e faríngea, observou variações em F1 com relação direta ao tamanho destas áreas. Especificamente, na condição sem acoplamento oro-nasal, obteve os valores de F1 630Hz, F2 1070Hz e F3 2400Hz (pelo circuito elétrico); e F1 705Hz e F2 1015Hz (pela síntese). Na condição com área de acoplamento oro-nasal de 0,16cm², observou uma atenuação de F3, com a presença de um formante nasal na frequência de 2000Hz, e inserção de um vale (anti-ressonância) entre este formante nasal e

19 Em seu estudo, Schwartz (1968) comparou as condições de fechamento velofaríngeo completo e com abertura de 3,7cm².

F3. Na condição de abertura velofaríngea do tamanho de $2,6\text{cm}^2$, resultando num acoplamento extremo da cavidade nasal, inclusive quanto à abertura das narinas, o autor notou uma grande diminuição na intensidade de F2, pela inserção de anti-formante apenas nesta vizinhança.

Já estudos em humanos (falantes), confirmaram alguns achados acústicos dos estudos em síntese e complementaram com outras características, como é o caso da pesquisa de Pickett (1980), que investigou a nasalização severa na fissura de palato, e constatou: aumento da largura de banda de F1, pelo amortecimento da ressonância formante; aplicação de anti-formantes; redução da amplitude de F1, e mudanças desta frequência formante para uma região mais alta (50Hz a 100Hz); presença de anti-ressonâncias (ou zeros) nas vizinhanças de F2 e F3, reduzindo ou subtraindo estes formantes. Também na população com fissura palatina, Philips e Kent (1984) encontraram para as vogais nasalizadas, um formante nasal de baixa frequência na região abaixo de F1; um enfraquecimento com pequeno incremento na frequência de F2, porém com redução da amplitude de F2; de maneira geral, redução da energia e aumento da largura de banda dos formantes. Especialmente para a vogal [a], em um estudo feito por Peterson e Barney (1952) com falantes normais do inglês, os autores obtiveram valores médios da largura de banda de 124Hz para os homens e de 212Hz para as mulheres.

2.2 Mecanismo Velofaríngeo (MV) e Hipernasalidade de Fala

Como já dito, a função básica do MV é separar a cavidade nasal da cavidade oral, a partir do fechamento velofaríngeo, fato este imprescindível para a produção adequada dos sons orais da fala. Dessa forma, quando há uma comunicação significativa entre as duas cavidades (oral e nasal), pela abertura do MV, ocorre a nasalização²⁰ dos sons da fala (Baken e Orlikoff, 2000). Quando tal comunicação é indesejável a mesma resulta em um

20 Importante diferenciar os termos nasalização e nasalidade. O primeiro se refere ao fenômeno mais geral de escape de ar, comprometendo não somente os sons vozeados, mais os obstruintes também. Já o segundo, é bem específico aos sons vozeados, e faz referência à qualidade mais nasal da fala (ou voz).

quadro de disfunção velofaríngea (DVF), na qual o MV é incapaz de realizar seu funcionamento adequado, gerando assim nasalização inadequada dos sons orais da fala.

A DVF pode ser classificada em três categorias, de acordo com a sua etiologia: insuficiência velofaríngea, incompetência velofaríngea, e erro de aprendizagem (Trost-Cardamone, 1981, 1989; Kummer, 2001). Segundo as autoras, a insuficiência velofaríngea é causada por um defeito anatômico ou estrutural, em que haja a falta de tecidos para o fechamento velofaríngeo, e que pode ser resultado de: a) fissura palatina ainda aberta (não operada); b) fissura submucosa; c) véu palatino encurtado ou faringe profunda (parede posterior mais afastada); d) tonsila faríngea hiperplásica (adenóide com superfície irregular, ou no pós-período de involução, ou no estado pós-cirúrgico de remoção); e) pós-cirurgias ortognáticas de avanço maxilar; f) pós-remoção de tumores na cavidade oral; g) raramente depois de retirada cirúrgica de tonsilas palatinas hiperplásicas na cavidade oral (amídalas). Por incompetência velofaríngea, a DVF se dá quando existe prejuízo neuromotor ou desordem fisiológica. Isso pode ocorrer por: a) inserção muscular anormal (reparos cirúrgicos ou fissura submucosa); b) movimento reduzido das paredes laterais da faringe; c) disfunção motora oral (apraxia e disartria²¹); d) alterações adquiridas ou congênitas no nervo cranial; e) fadiga velar provocada por instrumentos de sopro. Finalmente, a DVF por erro de aprendizagem é devido a: a) desordens articulatórias, pelo pouco movimento dos articuladores, e/ou distúrbios articulatorios compensatórios (DACs²²); b) padrões de fala aprendidos, os quais aparecem em indivíduos que restabelecem a estrutura cirurgicamente e não “sabem” usá-la por terem esta fala habitual; c) falta de *feedback* auditivo, em indivíduos com deficiência auditiva severa ou profunda; d) raramente, desordem de conversão ou reação aprendida a certos eventos, que em geral está ligada a situações dolorosas.

21 Apraxia é uma desordem da articulação que resulta da perda da capacidade de organizar o posicionamento da musculatura da fala, porém não há fraqueza, lentidão ou incoordenação motora. Ao contrário, a disartria é causada por uma lesão central ou periférica que provoca problemas na comunicação oral, justamente, por conta de uma paralisia, fraqueza ou incoordenação muscular da fala.

22 Os DACs são distorções aprendidas dos gestos de fala mal adaptados, que na maioria das vezes, estão no ponto da produção (geralmente alterado para mais posterior), sendo o modo articulatorio mantido.

Conforme Bzoch (2004), a dificuldade para atingir fechamento velofaríngeo durante a produção da fala é tida como a maior causa de desordem articulatória (consoantes distorcidas, produção de DAC), pressão oral reduzida, fluxo nasal e oral inadequado, e ressonância hipernasal. Shames e Wiig (1986) e Bzoch (1989) descreveram a ressonância hipernasal como a qualidade de fala produzida pelo excesso de ressonância nasal. Já Massengill, 1972; Case, 1996; Schwartz, 1979; Baken e Orlikoff, 2000; Kummer, 2001; Peterson-Falzone et al., 2001, citam a hipernasalidade como uma desordem na ressonância comumente associada com a percepção demasiada, indesejável, ou inaceitável da nasalidade de fala, em geral, nas vogais.

Diante de tais comprometimentos quanto à qualidade da fala, fica evidente o prejuízo na inteligibilidade da comunicação de indivíduos com DVF, embora, de acordo com Kummer (2001), a correspondência entre a severidade deste distúrbio da fala e o dano na inteligibilidade não seja “um pra um”, devido a fatores variáveis como resistência nasal e uso de produção articulatória compensatória. Quanto à inteligibilidade especialmente das vogais, Peterson-Falzone et al. (2001) colocam que a hipernasalidade pode degradar a compreensão das mesmas, dificultando a diferenciação entre vogais, conforme também indicam Philips e Kent (1984).

2.2.1 Avaliação da Hipernasalidade de Fala

A avaliação da hipernasalidade requer métodos que permitem ao clínico inicialmente inferir quanto às habilidades de funcionamento velofaríngeo do falante. Para isso, é realizada a avaliação perceptivo-auditiva, que se trata de uma etapa imprescindível para a identificação e caracterização do distúrbio da ressonância. Após a verificação da presença e da consistência da hipernasalidade o clínico pode utilizar-se de avaliação instrumental tanto para caracterizar mais objetivamente o sinal da fala quanto para determinar causa, grau e localização da disfunção velofaríngea (Bzoch, 2004; Kummer 2001; Genaro et al, 2004).

A avaliação perceptivo-auditiva é feita com enfoque específico na identificação do contexto fonético onde ocorre à nasalidade. Apesar de ser uma avaliação importante no processo diagnóstico do paciente, já que se trata de uma análise qualitativa da fala, a avaliação perceptivo-auditiva é bastante subjetiva e possui grande variabilidade de teste-reteste. Para Schwartz (1971) o efeito do acoplamento nasal pode ser avaliado objetivamente, mas as diferenças na qualidade vocal dos sujeitos podem influenciar significativamente no julgamento da ressonância nasal, o que faz com que a avaliação perceptiva da fala seja importante e confiável.

Por ser subjetiva, este tipo de avaliação exige certo cuidado na hora de preparar os dados, e de transmitir com bastante clareza as instruções aos juízes, para os quais é recomendado possuir experiência neste tipo de trabalho. Anderson (1996), porém, sugere que podem existir diferenças culturais na percepção da nasalidade aceitável de fala, o que dificulta a avaliação perceptual da hipernasalidade.

A análise instrumental do sinal de fala foi desenvolvida para complementar os testes perceptivo-auditivos, uma vez que possibilita uma análise mais objetiva e quantitativa do sinal da fala. Dentre os vários tipos de avaliação instrumental do sinal da fala encontramos a análise acústica. Tanto a espectrografia quanto a nasometria são técnicas acústicas que permitem a análise do sinal de fala fornecendo informações que facilitam o entendimento do processo de produção dos sons, além de corroborar com as informações obtidas durante a avaliação clínica.

2.2.1.1 Nasometria

Criado por Fletcher em 1970, o primeiro instrumento para medir a razão entre a energia acústica oral e nasal foi chamado de TONAR – *The Oral-Nasal Acoustic Ratio* –, e de acordo com o próprio autor e colegas em 1989, o aparelho atuava na faixa de frequência entre 350Hz e 650Hz. Seis anos mais tarde, Fletcher (1976), desenvolveu o TONAR II, introduzindo no sistema uma equação para classificar a porcentagem de “nasalância”. Na

fórmula, nasalância é a razão numérica do nível de pressão sonora nasal sobre a soma do nível de pressão sonora oral mais o nível de pressão sonora nasal, multiplicada por 100 (Fletcher, 1978). Operando ainda na banda de frequências de $500 \pm 150\text{Hz}$, Fletcher (1989), cita três vantagens no uso da equação pelo TONAR II: 1) comparação entre produto nasal combinado pelo produto nasal + oral, semelhante ao julgamento intuitivo de ouvintes para discernir o grau de nasalidade; 2) estabelecimento de limites absolutos para extremo de duração na nasalância; 3) o *score* dado em porcentagem oferece um resultado imediato tanto para o avaliador, quanto para o paciente.

Em 1987, a empresa *Kay Elemetrics Corp.*, inseriu no mercado um instrumento com princípio semelhante ao do TONAR II, o Nasômetro. Sua aplicação se dá por meio do microcomputador, no qual os níveis de pressão sonora oral e nasal do sinal acústico da fala são captados por dois microfones posicionados em uma placa horizontal de metal que permitem a captação das ondas sonoras simultaneamente por um microfone direcionado à boca e por outro direcionado ao nariz do indivíduo. O sinal de cada um dos microfones é filtrado e digitalizado por módulos eletrônicos num processador e analisado por um software específico para a nasometria, o qual permite o cálculo do grau de “nasalância”. Por sua vez, o valor de nasalância reflete a quantidade relativa da energia acústica nasal da fala de um indivíduo, fornecendo um correlato acústico da nasalidade de fala.

O Nasômetro tem sido usado por muitos pesquisadores como uma forma objetiva de se quantificar a hipernasalidade (Dalston e Warren, 1986; Dalston, Warren e Dalston, 1991; Hardin, Van Demark, Morris e Payne, 1992; Dutka, 1996; Watterson, Lewis e Deutsch, 1998; Whitehill, 2001), e também a hiponasalidade²³ (Parker, Maw e Szallasi, 1989; Parker, Clarke, Dawes, e Maw, 1990; Dalston, Warren e Dalston, 1991; Hardin, Van Demark, Morris e Payne, 1992; Williams, Preece, Rhys e Eccles, 1992). Em seu estudo sobre valores de ressonância normal para falantes americanos, Seaver et al. (1991) concluíram que o nasômetro não pode ser usado como substituto do julgamento clínico auditivo, porém

23 Ao contrário da hipernasalidade, a hiponasalidade é a ausência de nasalidade durante a produção de sons nasais, como por exemplo, na situação de resfriado, na qual o sujeito está com congestão nasal.

pode auxiliar na quantificação dos julgamentos clínicos e facilitar a participação das informações a respeito da manifestação das desordens de ressonância nos pacientes.

A maioria dos dados normativos disponíveis para avaliar a ressonância por instrumentação foi coletada com indivíduos falantes da língua inglesa. Por isso, um estudo feito por Anderson (1996) teve o objetivo de fornecer dados iniciais também para a língua espanhola. Os escores médios de nasalância foram obtidos de 40 mulheres porto riquenhas falantes normais do Espanhol, as quais leram três tipos de estímulos: sentenças contendo consoantes nasais, uma passagem lida com consoantes nasais e orais, e uma passagem com consoantes orais. Os resultados apontaram diferença significativa nos escores médios de nasalância entre as sentenças nasais (36%, ± 7), bem como entre as duas outras sentenças, das quais a média para o estímulo oral foi de 22% (± 8). Em comparação com dados normativos prévios do Inglês (Seaver, 1991), em leituras similares – passagem oral, um texto oral e nasal, e um texto nasal -, também em adultos normais e falantes do inglês americano (148 sujeitos), os resultados mostraram médias de nasalância de: 24% (± 3) para as sentenças nasais, 13% (± 5) para o texto oral, e 29% (± 2) para o texto oral e nasal. Tendo em vista que os valores dos estudos mostraram diferenças estatisticamente significativa quando comparados, Anderson (1996) justificou atentando para a grande variabilidade de nasalância entre-sujeitos na produção do estímulo alvo, bem como para diferenças lingüísticas e culturais. Para o Português Brasileiro, Sugimoto e Pegoraro-Krook (1995) avaliaram 80 falantes, metade de cada gênero, em dois estímulos: um texto oral e um texto nasal, e encontraram médias de nasalância 12% (± 3) e 43% (± 5), respectivamente.

Em grande parte dos estudos em que o nasômetro foi utilizado na identificação da hipernasalidade de fala, valeram-se de estímulos orais, nos quais os escores de corte para que a nasalância fosse interpretada como indicativa de aumento excessivo da nasalidade foram: maior que 32% (Dalston, 1991); maior que 26% (Hardin, 1992; Watterson, 1998); maior que 28% Dalston (1993; Dejonckere, 2003); maior que 31% (Karnell, 1995). De um modo geral, estas pesquisas constataram que a correspondência entre a nasometria e

avaliação clínica não é exata, embora a nasometria tenha sido efetiva na detecção de pacientes que tiveram parecer clínico, pelos avaliadores, de hipernasalidade importante, além de sugerirem que o Nasômetro é um instrumento apropriado que pode validar a avaliação de pacientes com suspeita ou que possuem diagnóstico de DVF.

2.2.1.2 Espectrografia

A partir do desenvolvimento do processamento digital de sinais (do inglês, DSP – *Digital Signal Processing*), em meados da década de 70, conforme Kent e Read (1992), o espectro pode ser computado usando métodos tais como a Transformada Rápida de Fourier (do inglês, FFT – *Fast Fourier Transform*), *Cepstrum*, Predição Linear (da sigla em inglês LPC – *Linear Predictive Coding*), e filtragem. Essa facilidade para o uso de modelos e de sistemas computadorizados tem aumentado a eficiência e a aplicabilidade da espectrografia (Callou e Leite, 1990; Ball, 1993).

As técnicas de análise acústica foram desenvolvidas com base na hipótese de que o julgamento perceptivo da fala de um paciente pudesse estar relacionado à informação do seu sinal acústico (Bzoch, 2004). De acordo com Pinho e Camargo (1998), a dimensão acústica permite a mediação entre os níveis fisiológico e perceptivo da voz e da fala. Diante disso, para complementar os achados dos testes perceptivo-auditivos têm-se sugerido o uso de análise espectrográfica (Philips e Kent, 1984; Kent, Liss, e Philips, 1989; Gooch et al., 2001; Santelmann et al., 1999), uma vez que possibilita uma apreciação mais objetiva e quantitativa do sinal da fala. A utilização da espectrografia tem, portanto, permitido que os clínicos compreendam melhor o processo de produção dos sons, bem como tem corroborado com as informações obtidas durante os procedimentos de avaliação e diagnóstico.

A espectrografia avalia o resultado acústico de uma emissão vocal (Fant, 1958; Fry, 1979; Pickett, 1980; Ladefoged, 2001; Farmer, 1984; Callou e Leite, 1990; Ball, 1993; Russo e Behlau, 1993; Buder, 2000; Hanayama et al., 2001). Segundo Pinho e Camargo (2001), a análise espectrográfica permite que o avaliador visualize a representação tridimensional da voz, em um gráfico de dois eixos, sendo que a frequência é representada

no eixo vertical, o tempo no eixo horizontal e a intensidade pela variação de tonalidade do espectrograma. Segundo Callou e Leite (1990) a análise acústica da voz por meio da espectrografia permite a decomposição da onda sonora, visualizando-se as concentrações de energia em faixas de frequência, os formantes.

A espectrografia acústica tem papel fundamental na área de análise acústica por detalhar a produção vocal em função dos parâmetros de natureza física, em especial a frequência, a intensidade e a duração (Pinho e Camargo, 1998). Este último parâmetro, de acordo com Kent e Read (1992) é influenciável por vários fatores, dentre eles a taxa de fala, necessitando do auxílio do ouvinte para distinção do segmento no espectro. Para Behlau et al. (1988), a análise mais comum obtida pela espectrografia é o estudo dos formantes das vogais de uma língua.

A habilidade de expressarmos os formantes numericamente - embora se reconheça que a leitura do formante pelo valor mediano da região de frequências não é ideal (Behlau, 1988) -, permite a obtenção de um correlato acústico da ressonância da fala, pois, como já dito, os formantes são modulações impostas ao som pelas características do trato vocal. Portanto, o estudo e o entendimento dos distúrbios da ressonância, em particular da hipernasalidade, pode vir a se beneficiar com o uso da espectrografia. Tal técnica vem sendo empregada, porém de maneira limitada, tanto no diagnóstico como no tratamento da hipernasalidade, tornado-se cada vez mais útil na prática clínica, ao permitir comparações pré-pós terapia onde o clínico pode avaliar os resultados terapêuticos obtidos (Boone e Plante, 1994; Boone e Mcfarlane, 1994; Bradley, 1997 e Casal et al. 2002).

Por outro lado, estudos para a descrição principalmente das vogais orais e nasais em falantes normais, têm sido de certa forma comum na área da fonética acústica. Abaixo, seguem algumas pesquisas realizadas no Brasil.

Behlau (1984), estudou as características perceptuais, dos formantes e de frequência fundamental das 7 vogais orais e 5 nasais, de 90 falantes do português brasileiro nativos da

cidade de São Paulo, sendo 30 homens, 30 mulheres e 30 crianças. Foram utilizadas várias listas de palavras com monossílabos do tipo p_s (variando a vogal da sílaba). Com relação a vogal [a] emitida pelo grupo feminino, as médias obtidas para os três primeiros formantes foram: F1 956Hz (± 132), F2 1634Hz (± 240), e F3 2721Hz (± 297). Para a vogal [ẽ] do mesmo grupo, as médias dos formantes foram: F1 817Hz (± 77), F2 1642Hz (± 169), e F3 2764Hz (± 184).

Na dissertação de Sousa (1994), foi realizada uma série de quatro experimentos, a fim de determinar as características acústicas das vogais nasais e das consoantes nasais do português brasileiro. Os dois primeiros estiveram mais focalizados nas vogais, enquanto os dois últimos mais direcionados para as consoantes. O experimento 2 foi mais parecido com o presente estudo, por apresentar o contraste entre pares mínimos de vogal oral x vogal nasal inseridos em frases idênticas. Como achados gerais, houve uma tendência para diminuição da intensidade dos formantes, com certas exceções, sendo que o primeiro formante (F1) da vogal [ẽ] foi o de mais difícil medição devido à influência de um possível formante nasal muito próximo a F1. Quanto à duração (ms), notou-se que as vogais nasais são sempre mais longas que suas contrapartes orais. De modo particular, a vogal [a] e sua contraparte oral [ẽ], do par mínimo “cata e canta” inserido na frase-veículo citada acima, tiveram as frequências dos três primeiros formantes e da duração da vogal, a saber:

- “cata” = F1 700Hz, F2 = 1240Hz, e F3 = 2160Hz, com duração da vogal [a] de 140,6 ms;

- “canta” = F1 ?²⁴, F2 = 1480Hz, e F3 = 2280Hz, com duração da vogal [ẽ] de 200 ms.

Seara (2000) pesquisou em sua tese os parâmetros acústicos - de frequência, intensidade e duração, e também perceptuais das vogais do Português Brasileiro, em contextos tônicos e átonos no interior de vocábulos. Para a parte de análise acústica, avaliou as emissões de cinco falantes adultos do gênero masculino; e para os testes perceptivos, utilizou manipulação de estímulos por meio de sintetizador, alterando parte

24 notação do autor, indicando dúvida na determinação do parâmetro

oral e nasal da vogal, onde cinco ouvintes julgavam oralidade e nasalidade em 6 graus. A autora encontrou maior projeção espectral de F1 para a maior parte dos dados, e a duração das vogais nasais mostrou-se equivalente em ambos os contextos de tonicidade em relação à sílaba total.

A nasalidade vocálica do Português Brasileiro também foi estudada por Jesus (2002), que contou com 10 falantes adultos normais, 5 de cada gênero, os quais produziram um material para análise espectrográfica composto de vogais isoladas ([a], [i], [u]), e de 18 palavras contendo as mesmas vogais, inseridas na frase de referência “Diga ____ pra ela”. Para a vogal [a] inserida na frase e emitida pelas mulheres, as médias de F1, F2, F3, e da duração foram respectivamente, 829Hz (± 72), 1537Hz (± 112), 2305Hz (± 122), e 168ms. Da mesma forma para a sua contraparte nasal ([ã]), os valores médios de F1, F2, F3, e de duração foram 604Hz (± 68), 1361Hz (± 150), 2620Hz (± 169), e 196ms, respectivamente. A autora complementa que houve diferença significativa no F1, uma vez que o F1 da vogal nasal mostrou-se menor em todas as emissões, em relação à vogal oral. Esse fato a levou sugerir que a vogal seja classificada como média e não-baixa, uma vez que o F1 mais baixo implica numa vogal nasal produzida com a língua mais alta e com maior abertura faríngea. Segundo a autora, essa postura da língua mais alta pode ter interferido também na elevação de F3, que variou muito, sendo apagado em algumas amostras, provavelmente pela ação de anti-ressonâncias nesta região.

Um estudo que recentemente verificou, pela espectrografia, o perfil dos formantes das vogais [a] e [ã] em falantes hipernasais do gênero feminino foi o trabalho de Vieira (2003), que observou “inserção de formantes nasais e antiformantes dentre os formantes orais, especialmente na vizinhança do F1, em alguns casos, chegando a suprimir o F2, e/ou o F3”. Uma das limitações deste estudo, no entanto, foi o fato de Vieira não ter podido controlar o tamanho da abertura velofaríngea durante as produções de fala nasalizadas (hipernasal).

O controle do tamanho da abertura velofaríngea (tamanho do gap) é uma variável importante na definição do perfil acústico da fala hipernasal, dado que a hipernasalidade é um produto decorrente de alterações no funcionamento do mecanismo velofaríngeo, como afirmaram vários autores (Bradley, 1997; Kummer, 2001; Bzoch, 2004). A severidade da hipernasalidade tem relação direta com o tamanho da abertura velofaríngea (Kummer, 2001); contudo, a relação entre nasalidade e gap velofaríngeo ainda não foi bem definida na literatura. Por isso, este estudo propõe descrever o perfil espectrográfico da vogal [a] e sua contraparte [ẽ] durante a produção em diferentes condições de abertura velofaríngea.

2.3 Estudos Experimentais em Prótese de Palato

As manipulações experimentais com abertura velofaríngea, usando aplicações de prótese com várias aberturas, têm sido empregadas para examinar os efeitos de fechamento controlado das cavidades oronasal na ressonância, em pressão de ar, intensidade vogal, e na produção articulatória. Nesse sentido, foram descritos abaixo alguns estudos.

Em um recente estudo, Marino (2001), investigou experimentalmente, o desempenho articulatório da fala de um sujeito adulto do gênero masculino e com fissura palatina não operada, usuário de prótese de palato obturadora. O experimento consistiu de 9 condições, nas quais uma réplica da prótese obturadora do sujeito (prótese experimental) foi manipulada pela inserção de orifícios de três tamanhos diferentes (10mm², 20mm², e 30mm²), na porção anterior e posterior da prótese experimental, sendo que na condição 9 os testes foram realizados após 5 dias de uso da prótese com furo de 20mm² pelo sujeito. Foi utilizado um articulógrafo eletromagnético (sigla em inglês EMA – *Eletromagnetic Articulography*), modelo AG-100, da *Cartens Medizinelektronik* (Alemanha), como instrumento para medir o movimento da língua, nas consoantes [t] e [k] nas posições final e inicial de pares mínimos do tipo CVC (consoante-vogal-consoante). Assim, quando em posição inicial, as consoantes ([t] e [k]) seguiram da vogal [æ] com a plosiva [p] no final; da mesma forma, ao contrário, quando as consoantes ([t] e [k]) estavam em posição final

antecediam da vogal [æ] e começavam com a plosiva [p]. Os resultados revelaram que as duas variáveis em questão – localização e tamanho da fístula -, afetaram o movimento da língua, entretanto, mudanças no movimento da língua foram mais freqüentes na presença de “fistulas” na parte anterior do palato para a consoante alveolar [t], estando, portanto, as mudanças mais relacionadas aos orifícios anteriores que posteriores. As mudanças no movimento da língua, também ocorreram de maneira mais expressiva nos orifícios de tamanhos 20mm² e 30mm², em ambas as posições. Na condição 9, o movimento da língua foi o mesmo que o observado para a condição controle, na qual a prótese experimental não tinha nenhum orifício. De acordo com a autora, tais achados são importantes no controle de fistulas palatais remanescentes do reparo cirúrgico da fissura palatina.

Henningsson e Isberg (1987) avaliaram os efeitos perceptuais de fistulas na fala de um grupo de 10 sujeitos com fistulas abertas e de outro grupo com fistulas temporariamente ocluídas com goma de mascar. O tamanho da fístula foi controlado por um molde de gesso confeccionado, individualmente, para cada participante. Como resultado, os autores referiram que uma fístula de tamanho 4,5mm² causou um claro impacto na ressonância da fala dos sujeitos, resultando em hipernasalidade, escape nasal audível, e fraca pressão para consoantes que são articuladas em pontos anteriores à fístula.

Ritchner (1986) investigou, experimentalmente, os efeitos que aberturas de tamanhos controlados (5mm², 10mm², 20mm², e 30mm²) feitos nas partes anterior, média e posterior do palato, podem causar na articulação e ressonância da fala de um sujeito adulto usuário de prótese de palato obturadora. Quanto à ressonância, os testes perceptuais feitos por seis juízes experientes revelaram que: para a abertura de 5mm², encontrou-se ressonância nasal inconsistente e levemente nasal, e embora os testes não tenham acusado diferença estatisticamente significativa, foram percebidas mudanças na produção da fala. Para a abertura de 10mm² houve grande aumento nos erros de produção, os quais foram incrementados ainda mais pelo furo de 20mm², resultando na faixa crítica de abertura para

alteração na fala. Por fim, na condição de abertura com 30mm², apresentou uma relação não linear no nível de erro de produção em quase todos os testes realizados.

A fim de estudar o impacto do acoplamento entre as cavidades oral e nasal na respiração, laringe, e funções supralaríngeas, Sapienza et al. (1996) utilizou uma prótese de palato obturadora com bulbo faríngeo²⁵ em um falante adulto do gênero masculino, que produziu uma série de sílabas CV (pa), repetidas em uma intensidade vocal alta e confortável, para cada uma das três condições experimentais (10mm², 20mm², 30mm²). Mais duas condições foram incluídas no estudo, nas quais uma delas o obturador não foi alterado (sem furo), e outra, na qual nenhum obturador foi utilizado. Os orifícios foram feitos, gradual e consecutivamente, no bulbo faríngeo da prótese e também no local da junção entre o palato duro e o mole. Em geral, a autora observou que com o aumento do tamanho da abertura velofaríngea, houve aumento do fluxo nasal e redução da pressão de ar intraoral e intensidade vocálica, resultando num aumento da ressonância nasal e percepção da hipernasalidade. Isso foi mais evidente nas aberturas maiores que 20mm².

Kent (1966), citado por Folkins (1988), utilizou próteses de palato para controlar a abertura velofaríngea com orifícios circulares, constatando depois de certo período, que alguns dos 6 participantes com fissura palatina, apresentaram ausência de hipernasalidade para vogais abertas na condição de 113mm² de abertura. Tendo em vista que o autor do estudo não encontrou variações consistentes no espectro, e observou que os falantes tinham movimentos sistemáticos de abertura dos lábios e mandíbula, bem como movimentos ordenados de língua, a fim de interagir com os aumentos de tamanho da velofaringe, Folkins observou que são as variações das secções transversais de área e não o tamanho absoluto das constrições que determinam as frequências ressonantes, podendo os gestos de abertura para as articulações orais neutralizar uma inabilidade estrutural para reduzir a impedância nasal. A relação de impedância entre as cavidades oral e nasal também foi referida por Colema Jr (1963), como sendo determinada pela altura e posição da língua.

25 As definições dos termos referente à prótese de palato se encontram no item 3.1 no capítulo de Metodologia.

Em 1963, Coleman Jr. manipulou o tamanho da abertura velofaríngea em um falante normal, a fim de investigar o impacto destas mudanças acusticamente – pela espectrografia – e perceptualmente – julgamento auditivo – para as vogais [a], [ɛ], [i], [u] produzidas de maneira isolada. Tais manipulações foram feitas no bulbo faríngeo de uma prótese removível, o qual foi redimensionado por nove vezes, provocando aumentos sistemáticos da abertura velofaríngea. Cada uma das referidas vogais foram emitidas três vezes, por um único sujeito adulto do gênero masculino e falante nativo do inglês americano, devidamente treinado à situação do experimento, o qual tinha um microfone condensado a 8 polegadas (equivalente a 20,32cm) posicionado diante de seus lábios. A avaliação perceptivo-auditiva da ausência e presença de hipernasalidade foi feita por pares das vogais (oral e nasal), por estudantes universitários em dois momentos: no primeiro, 158 amostras com duração de 1 segundo cada, foram separadas por 5 segundos de um intervalo anunciado propositalmente pela voz do pesquisador; e no segundo, oferecidas 230 amostras de pares. O autor não encontrou uma relação direta entre mudanças acústicas e tamanho da abertura velofaríngea. Para ambas as avaliações (acústica e perceptual) as variações se deram quando houve aumento da abertura velofaríngea para 3/16 e para 7/16 polegadas (que corresponde a áreas aproximadas de 18 e 97mm², respectivamente), sugerindo em tais condições de abertura um significativo acoplamento oro-nasal; e ainda houve mudanças nas emissões para as repetições de uma mesma vogal em uma mesma condição de abertura velofaríngea, indicando variabilidade intra-sujeito.

Seguindo esta linha das pesquisas anteriores, o presente estudo propõe descrever o perfil espectrográfico e nasométrico da vogal [a] e sua contraparte nasal [ã] durante a produção de fala nas condições controladas de abertura velofaríngea de tamanhos 10mm², 20mm², 30mm², feitas por meio de perfurações criadas experimentalmente no bulbo de réplicas da prótese de palato do participante. Para tanto, tal estudo foi conduzido por meio da análise acústica e da avaliação perceptivo-auditiva da fala de um único sujeito com fissura palatina, usuário de prótese de palato obturadora.

METODOLOGIA

3 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Fonética Experimental do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo, Campus Bauru-SP (LaFE/HRAC/USP). O seu início só foi efetivo após o sujeito ter lido a Carta de Informação ao Paciente (Apêndice A) e ter assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B), bem como depois da aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição, processo n. 038/2004 (Anexo A).

Uma vez que ao fazer uso da prótese de palato obturadora, a participante deste estudo apresenta fala com ressonância julgada normal em avaliações fonoaudiológicas, partimos do pressuposto de que a introdução de perfurações experimentais no bulbo faríngeo resultaria em fala hipernasal, uma vez que tais perfurações levam ao acoplamento das cavidades nasal e nasofaríngea, ao restante do trato vocal. A comparação das medidas espectrográficas e nasométricas obtidas nas condições controle (próteses com abertura tapada com cera) com as medidas obtidas nas condições experimentais (prótese íntegra e com abertura velofaríngea de tamanhos diferentes) nos permitiram testar as hipóteses: diferentes aberturas resultariam em diferentes medidas acústicas (1) tanto na nasometria; (2) quanto na espectrografia.

3.1 Definições Operacionais dos Termos

Nesta pesquisa o termo *mecanismo velofaríngeo* se refere ao palato mole e paredes laterais e posterior da faringe em funcionamento para produção de fala, enquanto *velofaringe* se refere ao espaço entre a nasofaringe e a orofaringe onde ocorre, por meio do funcionamento do mecanismo velofaríngeo, o acoplamento e desacoplamento das cavidades nasofaríngea e nasal ao restante do trato vocal. O mecanismo velofaríngeo é o sistema diretamente responsável pelo fechamento velofaríngeo, o qual pode envolver: 1)

elevação e posteriorização do palato mole, 2) medialização das paredes laterais da faringe, e 3) anteriorização da parede posterior da faringe. **Fechamento velofaríngeo** resulta na separação da nasofaringe e cavidades nasais do restante do trato vocal, condição necessária para a produção de sons orais. **Abertura velofaríngea** resulta no acoplamento das cavidades nasofaríngea e nasais ao restante do trato, condição necessária para a produção de sons nasais. O termo **disfunção velofaríngea** é usado para alterações no funcionamento velofaríngeo onde o mecanismo não fecha ou não abre adequadamente resultando na percepção de alterações na produção dos sons. Por exemplo, a produção de sons orais do Português Brasileiro na presença de abertura do mecanismo velofaríngeo resulta no acréscimo de energia acústica nasal durante a produção destes sons orais. Como consequência do acréscimo de energia acústica nasal durante a produção de sons orais é percebida a presença da hipernasalidade.

Assume-se, para este estudo, que a **hipernasalidade de fala** é o produto diretamente decorrente de alterações no funcionamento do mecanismo velofaríngeo, na qual a voz é caracterizada pela presença excessiva de nasalidade durante a produção de sons orais.

Para a identificação da hipernasalidade foi usada a avaliação perceptivo-auditiva, e para uma caracterização mais objetiva da mesma foi usada a avaliação acústica. Como instrumentos para a análise acústica instrumental, foram utilizados a nasometria e a espectrografia, por fornecerem as medidas objetivas do sinal acústico da fala, que neste caso foram, respectivamente, de nasalância e dos formantes.

Por **nasalância** considera-se a medida fornecida pelo nasômetro, e cujo valor reflete a quantidade relativa da energia acústica nasal da fala de um indivíduo, correspondendo assim a um correlato acústico da nasalidade. Por **formantes orais** (Fn)²⁶ entende-se que são bandas de frequências características do segmento analisado, produtos do sistema composto pela glote e trato vocal. Neste estudo foram extraídos os três primeiros (F1, F2, e F3). Da mesma forma, as bandas de frequências que são produtos do sistema composto pela glote, trato oral e trato nasal (agora, tem-se acoplamento de dois tubos), denominam-se **formantes nasais** (FN). No presente estudo, apenas o primeiro formante nasal do segmento analisado foi considerado. Foi investigada ainda a presença de **zeros espectrais** ou **anti-formantes**,

26 Optou-se pela notação Fn por se tratar de formantes modificados pela nasalidade.

que surgem no espectro como vales pronunciados. Este efeito ocorre devido ao cancelamento das frequências ressonantes do trato vocal que estão próximas às frequências de ressonância do trato nasal. Analisou-se também a **duração** da vogal [a] e da sua contraparte [ẽ], referindo-se ao tempo de produção da vogal (em milisegundos - ms), compreendido entre o pico do primeiro e o pico do último pulso, ambos ainda estáveis. Não foi considerada a duração do murmúrio nasal da vogal nasal [ẽ].

Como o objetivo deste estudo foi o de descrever o perfil espectrográfico e nasométrico da vogal [a] e sua contraparte [ẽ] durante a produção de fala em diferentes condições de abertura velofaríngea, as amostras de fala analisadas foram obtidas de um sujeito usuário de uma prótese de palato com bulbo faríngeo, bulbo o qual permitiu a introdução de abertura velofaríngea por meio da introdução de furos experimentais de tamanhos padronizados.

Neste estudo o termo **prótese de palato com bulbo faríngeo** se refere a um aparelho removível que possui uma extensão fixa em direção à faringe (o bulbo). Por sua vez, **bulbo faríngeo** possui a função de atuar dinamicamente e funcionalmente com a musculatura da faringe para o controle do fluxo de ar oronasal (Pegogaro-Krook, 1995).

Foi definido para o estudo, um **corpus** que nada mais é do que um conjunto de palavras selecionadas a fim de descrever algum evento. Neste caso, três palavras foram eleitas (pato, mato, manto), mais um logatoma (panto), os quais foram inseridos numa frase em **posição tônica**, ou seja, no lugar aonde recai o acento frasal. A frase escolhida para o estudo (“Digo__bojudo”), é denominada **frase-veículo**, cuja função é carregar a **palavra-foco** num contexto controlado. Portanto, **amostra de fala** constituiu-se das produções do sujeito para cada palavra, em cada condição do estudo, contando as repetições solicitadas. No total, 136 amostras de fala do sujeito foram analisadas: (4 palavras X 5 repetições X 5 condições experimentais) + (4 palavras X 3 repetições X 3 condições controle) = 136 amostras.

3.2 Sujeito

As amostras de fala deste estudo foram obtidas de um único sujeito, do gênero feminino, com 17 anos de idade, e com fissura pós-forame incisivo incompleta, reparada cirurgicamente por meio de palatoplastia. Tendo em vista que a paciente apresentou, após a palatoplastia, insuficiência velofaríngea (fig.4), optou-se pela confecção de uma prótese de palato com bulbo faríngeo, para correção desta insuficiência (Vide figura 7). Vide fig.5, para uma visão oral da prótese adaptada na boca do sujeito. A fig.6 apresenta a visualização da prótese original, na qual se encontra evidente o bulbo faríngeo na área velofaríngea atrás do palato mole, em uma situação de fala encadeada. Na última avaliação fonoaudiológica da paciente, observou-se que sua prótese se encontrava adequada e funcional, uma vez que durante avaliação perceptivo-auditiva e nasométrica da fala, a paciente apresentou ressonância normal ao usar a prótese, e ressonância hipernasal sem a mesma.

Figura 4: Visão superior da área velofaríngea da paciente obtida por meio da avaliação nasoendoscópica durante produção de fala oral. A seta indica abertura velofaríngea (GAP) decorrente do quadro de insuficiência velofaríngea. Os números indicam: 1) parede posterior da faringe; 2) véu palatino.

Figura 5: Visão oral da prótese de palato com bulbo faríngeo adaptada na boca do sujeito. As indicações numéricas representam: 1) dentes superiores; 2) porção anterior da prótese; 3) porção intermediária da prótese; 4) pilar anterior. 5) pilar posterior, 6) parede posterior da faringe.

Figura 6: Visão superior da prótese de palato com bulbo faríngeo original da paciente (prótese controle), obtida por meio da avaliação nasoendoscópica durante produção de fala. Nesta figura, a seta indica o bulbo faríngeo da prótese de palato. A enumeração representa: 1) parede posterior da faringe; 2) véu palatino; 3) parede lateral da faringe.

3.3 Próteses Experimentais e Condições Experimentais

Para que os tamanhos da abertura velofaríngea pudessem ser controlados experimentalmente, foram confeccionadas três próteses experimentais usando-se a prótese original do sujeito como modelo (vide prótese original na figura 7). Em cada uma das réplicas foi adaptado um orifício de tamanho diferente no bulbo faríngeo, resultando em três diferentes áreas de abertura velofaríngea, feitas a partir de brocas de aço para madeira. Em suma, os bulbos experimentais foram acrilizados com um orifício no centro, por meio do uso de brocas que possuíam diâmetro de 3.55mm, 5.10mm e 6.27mm, resultando em áreas aproximadas de 10mm², 20mm² e 30mm², respectivamente (vide figuras 8 e 9).

Figura 7: Visão superior da prótese de palato original do sujeito com o bulbo faríngeo íntegro (sem perfurações). A enumeração representa: 1) porção anterior da prótese, 2) porção intermediária, e 3) bulbo faríngeo.

Figura 8: Visão superior das próteses experimentais acrilizadas com orifícios de 10mm², 20mm² e 30mm², da esquerda para a direita.

As brocas utilizadas para a obtenção dos orifícios possuíam um diâmetro original dado em polegadas, por isso houve a necessidade de converter as medidas para milímetros, a fim de calcularmos a área em milímetros quadrados - mm² (vide figura 9). Assim, foi feita a conversão, por meio do Paquímetro Digital, da *Digimess Stainless Steel*, com metrologia dimensional de capacidade 200/8'', e exatidão de $\pm 0,03$ mm. Obtiveram-se, portanto, as seguintes medidas em milímetros (mm): $9/64 = 3.55$ mm; $13/64 = 5.10$ mm; e $1/4 = 6.27$ mm. Após a medição do diâmetro das brocas, para cada uma delas foi aplicada a fórmula: $A = \pi \cdot r^2$, para o cálculo da área (A) a ser moldada no bulbo da prótese. Dessa forma, considerando $\pi = 3.14159$, os seguintes valores de A foram obtidos:

- para broca 3,55mm de diâmetro = 9.8979 mm²;
- para broca 5,10mm de diâmetro = 20.4282 mm²
- para broca 6,27mm de diâmetro = 30.8762 mm²

Figura 9: Visão superior das brocas de madeira utilizadas para moldagem dos furos nos bulbos das próteses experimentais. Da esquerda para a direita, as brocas de 3.55mm, 5.10mm e 6.27mm de diâmetro, respectivamente.

Os orifícios feitos no centro do bulbo faríngeo das próteses experimentais foram realizados de forma a tentar reproduzir uma situação de insuficiência velofaríngea (fig. 10) mantendo-se, no entanto, uma abertura de tamanho controlado.

Figura 10: Visão superior, por meio de avaliação nasoendoscópica, de uma das réplicas da prótese da paciente, durante produção de fala oral. Na figura, a seta indica o bulbo faríngeo com o furo de 10mm². A enumeração representa: 1) parede posterior da faringe; 2) véu palatino.

Os tamanhos destas aberturas foram baseados em pesquisas prévias (Richtner, 1986; Henningsson e Isberg, 1987; Sapienza et al., 1996; Marino, 2001), como já explorado no capítulo de Revisão de Literatura. Assim sendo, as amostras de fala foram obtidas, em 5 condições experimentais, descritas a seguir: 1) Condição experimental pI (pI): na qual as amostras foram obtidas durante uso da prótese de palato original e íntegra, proporcionando funcionamento velofaríngeo normal; 2) Condição experimental pII (pII): condição de abertura velofaríngea, na qual as amostras foram obtidas sem o uso da prótese resultando em insuficiência velofaríngea; 3) Condição experimental p10 (p10): condição de abertura velofaríngea, na qual as amostras foram obtidas durante uso da prótese experimental com abertura de aproximadamente 10mm² feita no centro do bulbo faríngeo, a partir da moldagem de uma broca de aço para madeira com 3.55mm de diâmetro; 4) Condição experimental p20 (p20): condição de abertura velofaríngea, na qual as amostras foram obtidas durante uso da prótese experimental com abertura de aproximadamente 20mm² feita no centro do bulbo faríngeo, a partir da moldagem de uma broca de aço para madeira com 5.10mm de diâmetro; 5) Condição experimental p30 (p30): condição de abertura

velofaríngea, na qual as amostras foram obtidas durante uso da prótese experimental com abertura de aproximadamente 30mm² feita no centro do bulbo faríngeo, a partir da moldagem de uma broca de aço para madeira com 6.27mm de diâmetro.

As Condições experimentais pI e pII foram realizadas a fim de se adquirir amostras indicando normalidade da fala (prótese original - pI) e também indicando hipernasalidade (sem prótese – pII). Já as Condições experimentais p10, p20 e p30 foram realizadas, como já dito anteriormente, para obterem-se amostras de fala em aberturas velofaríngeas de tamanhos controlados.

3.3.1 Adaptação das Próteses Experimentais

Antes da coleta das amostras foi solicitado que o sujeito usasse as próteses experimentais, alternadamente – meio período do dia cada uma - durante uma semana, de forma que a se evitar alterações de fala decorrentes da falta de adaptação da paciente durante o uso das próteses experimentais. Para controlar possíveis variações de confecção entre as três replicas e a prótese original, uma amostra de fala controle também foi coletada durante o uso das próteses experimentais com os orifícios vedados (fig. 11). Para tal os orifícios foram obstruídos com cera e foi coletada uma amostra de fala, em situação semelhante à da coleta das amostras com os furos abertos. Às condições nas quais esta amostra foi coletada, denominou-se condições controle do estudo – p10t (prótese com furo de 10mm² tapado com cera), p20t (prótese com furo de 20mm² tapado com cera), e p30t (prótese com furo de 13mm² tapado com cera).

Figura 11: Visão superior das próteses experimentais com os furos vedados com cera. Da esquerda para a direita, as próteses com furos de áreas 10mm^2 (p10t), 20mm^2 (p20t) e 30mm^2 (p30t), respectivamente.

Esta amostra consistiu de 3 repetições de cada palavra com cada uma das 3 próteses (3 repetições X 4 palavras X 3 condições controle), portanto 36 amostras no total. As amostras das condições controle (p10t, p20t, p30t) foram usadas para comparação com as amostras obtidas na condição experimental pI (prótese íntegra), por serem todas condições de fechamento velofaríngeo. Constatou-se em teste estatístico diferença significativa entre as réplicas e a original, tanto para a nasometria quanto para a espectrografia. Por esta razão, a fim de estabelecer uma condição controle homogênea nos testes estatísticos dos exames de nasometria e de espectrografia, duas novas condições “controle” foram determinadas: p0n e p0e, respectivamente. (cf.p. 60 e p. 65 no capítulo *Resultados*).

3.4 Amostra de Fala

Para a amostra de fala foi definido um *corpus*, que nada mais é do que um conjunto de palavras selecionadas a fim de descrever algum evento. Neste caso, elegeram-se as palavras pato, mato, manto, e mais o logatoma “panto”, os quais foram inseridos numa

frase em posição tônica, ou seja, no lugar aonde recai o acento frasal. A frase escolhida para o estudo (“Digo__bojudo”) é denominada frase-veículo, cuja função é carregar a palavra-foco num contexto controlado. Estas palavras foram selecionadas com o objetivo de permitirem a produção da vogal [a] e de sua contraparte nasal [ẽ] nos seguintes contextos fonéticos:

- 1) Pato: nesta palavra, a vogal oral [a] foi precedida e sucedida por consoante oral não vozeada, [p] e [t] respectivamente. O contexto requer fechamento velofaríngeo consistente durante produção tanto das consoantes quanto das vogais.
- 2) Mato: nesta palavra, a vogal oral [a] foi precedida pela consoante nasal [m] e sucedida pela consoante oral não vozeada [t], contrastando com a palavra “pato”. Este contexto implica em abertura velofaríngea para produção da consoante [m] seguida de rápido e antecipado fechamento para produção da sílaba oral [to].
- 3) Panto: neste logatoma, a vogal nasal [ẽ] foi precedida de consoante oral não vozeada [p] e sucedida pela consoante oral não vozeada [t], contexto este que requer fechamento velofaríngeo consistente durante produção da consoante [p], porém seguido de rápida abertura para produção da vogal nasal [ẽ] e novamente fechamento para produção da sílaba oral [to].
- 4) Manto: nesta palavra, a vogal nasal [ẽ] foi precedida pela consoante nasal [m] e sucedida pela consoante oral não vozeada [t], contrastando, portanto, com a palavra anterior (“panto”), num contexto que envolve abertura velofaríngea durante produção da consoante [m] e vogal [ẽ] seguido de fechamento rápido para produção da sílaba oral [to].

Privilegiou-se o contexto da vogal na palavra, a fim de conseguir maior semelhança à fala natural. Dessa forma, permitiu-se a análise de um *corpus* de pares mínimos de vogal oral X vogal nasal, em posição tônica, inseridas na frase-veículo “Digo _____ bojudo”. A frase-veículo foi empregada para garantir um padrão de fala encadeada. Sua escolha foi baseada em estudos, que utilizaram as frases “Disse ____ pra ele” (Souza, 1994) e “Digo _____ pra ela” (Seara, 2000; Jesus, 2002). Optou-se em não utilizar as palavras “pra

ela(e)”, por começarem com uma consoante surda, o que poderia alterar o momento de silêncio que ocorre na coarticulação²⁷ da palavra-foco com a seguinte. Sendo assim, a palavra “bojudo” foi eleita por ser um trissílabo iniciado por uma consoante sonora, o que permite que este momento de silêncio seja identificado com mais precisão. O fato de todas as palavras da frase terminarem com a vogal “o”, também foi proposital para não haver o risco de alterações na tonicidade da vogal-alvo, uma vez que mantendo a mesma vogal nos finais garantimos que a tônica da frase recaia nas vogais-foco: [a] das palavras “pato”, “mato”, e [ẽ] de “panto”, “manto”. Dessa forma, há um maior controle prosódico/articulatório na repetição das frases.

É importante ressaltar que, uma vez sendo o participante instruído e treinado a pronunciar as frases com maior naturalidade possível, não há problemas no uso de logatomas, como no caso da palavra “panto”. Além disso, o foco maior do presente estudo está na análise acústica da vogal da palavra (ou logatoma) e não em outros tipos de análises linguísticas, nas quais há necessidade de um rigoroso controle do contexto onde a vogal (foco) está inserida.

3.5 Procedimentos para Coleta e Armazenamento das Amostras e para Análise Acústica

As amostras de fala foram obtidas nas condições experimentais (pI, pII, p10, p20, p30), e nas condições controle (p10t, p20t, p30t), durante produção das 4 palavras descritas. O sujeito produziu 5 vezes, aleatoriamente, cada uma das 4 palavras nas condições experimentais para um total de 100 amostras, e 3 vezes cada uma das 4 palavras nas 3 condições controle para um total de 36 amostras. Desta forma 136 amostras de fala foram analisadas: (4 palavras X 5 repetições X 5 condições experimentais) + (4 palavras X 3 repetições X 3 condições controle) = 136 amostras. Para cada condição, as frases-veículos com as palavras-foco foram apresentadas em cartões embaralhados, sendo sua ordem definida de forma aleatória, previamente, por meio de sorteio.

27 Neste contexto, o termo coarticulação se refere às articulações transicionais entre uma posição-alvo de um dado articulador e outra, durante a locução.

O seguinte protocolo/cronograma foi utilizado para obtenção das amostras:

- 1- Dia 1: Confecção das próteses experimentais, seguida do uso das mesmas por uma semana, antes da coleta das amostras.
- 2- Prazo de uma semana para a adaptação do sujeito ao uso das próteses experimentais.
- 3- Dia 2: Coleta das amostras nas 3 Condições controle: p10t, p20t, p30t
Coleta das amostras na Condição experimental pI
Coleta das amostras na Condição experimental p10
Coleta das amostras na Condição experimental pII
Coleta das amostras na Condição experimental p20
Coleta das amostras na Condição experimental p30

As gravações digitalizadas do sinal áudio, as quais foram posteriormente utilizadas para análise espectral e perceptivo-auditiva, foram obtidas em sala tratada acusticamente, do LaFE/HRAC/USP. A captação do sinal de áudio foi feita por meio de uma placa de som integrada da Creative, modelo Sound Blaster Audigy 2, por meio do programa Sound Forge, versão 7, em monocal, com amostragem de 44.100Hz e 16 bit. Foi utilizado um microfone de cabeça, condensado/cardióide AKG C-420, da Audio-Technica, o qual foi fixado ao suporte de captação do nasômetro e mantido em uma distância constante de 5 cm da comissura labial esquerda da falante (vide figura 12a).

As amostras foram armazenadas diretamente no computador Pentium 4, 1.8GHz, com memória de 256Mb como arquivo de áudio com extensão “.wav”. Estas amostras de fala foram usadas pela examinadora para a realização da análise espectrográfica dos formantes da vogal [a] e da sua contraparte [ẽ].

Figura 12a: Posicionamento do sujeito e do examinador para a coleta das amostras de fala. A letra (a) indica o computador de captação e armazenamento do sinal áudio (para análise espectrográfica); a letra (b) indica o sistema computador + interface externa do Nasômetro; a letra (c) indica o suporte de captação do Nasômetro junto ao microfone para captação do sinal áudio.

Simultaneamente às gravações digitalizadas do sinal áudio, as mesmas emissões foram captadas pelo Nasômetro (da Kay Elemetrics Corp., modelo 6200-3, instalado em um computador Pentium Modelo 423, 64MB), por meio do uso de um suporte de captação munido de um microfone nasal (posicionado frente às narinas) e de um microfone oral (posicionado frente à boca), suporte este conectado a uma interface externa a qual permite a transferência dos dados para o computador. Anteriormente a captura, foi tomado o cuidado de calibrar o equipamento, bem como de higienizar a placa com álcool 70% conforme especificações do fabricante. Dessa forma, a paciente manteve o seu rosto junto ao suporte de captação do nasômetro (adaptado conforme Dutka, 1992) e junto ao microfone para captação do sinal de áudio, durante a produção de todas as emissões (fig. 12b).

Figura 12b: Posicionamento do sujeito para a coleta das amostras de fala. A seta 1 indica o microfone de captação do sinal áudio (à 5cm da comissura labial); a setas 2 e 3 indicam o microfone oral e o microfone nasal, respectivamente, ambos da placa do nasômetro, estando alinhados na dimensão vertical.

Uma vez captado pela interface do Nasômetro, o nível de pressão sonora de cada emissão foi transformado, transferido, e arquivado no computador conforme procedimento descrito no manual do equipamento.

3.6 Análise Acústica

3.6.1 Nasometria

Foram analisadas as medidas de nasalância de 116 amostras das coletadas (cf.p. 58 do capítulo *Resultados*), por meio de *software* específico para o Nasômetro 6200-3, instalado em computador compatível. No sistema, o sinal captado é transformado por

módulos eletrônicos na sua interface, e depois é transferido para o computador, para que seja realizada a análise. Este *software* permite o cálculo do grau de nasalância, fornecendo um valor que reflete a quantidade relativa da energia acústica nasal da fala de um indivíduo, e que corresponde a um correlato acústico da nasalidade de fala, quantificando-se assim, a hipernasalidade. Esta medida objetiva é dada em porcentagem, sendo resultado da seguinte fórmula:

$$\text{Nasalância} = \frac{\text{NPS nasal}}{\text{NPS oral} + \text{NPS nasal}} \times 100$$

Onde, NPS nasal é o nível de pressão sonora captado pelo microfone nasal; e NPS oral é o nível de pressão sonora captado pelo microfone oral.

Na tela do *software* do Nasômetro é exibido um gráfico, onde no eixo vertical está representado o grau de nasalância em porcentagem (de 0 a 100%) e no eixo horizontal está representada a duração da fala do paciente. A duração total da tela pode ser de até 100 segundos, porém a duração da amostra de fala exibida na tela pode variar de acordo com a seleção do examinador. No caso deste estudo, optou-se por exibir amostras com duração de 4 segundos, tal como na ilustração da figura 13. Se a amostra de fala produzida for oral, terá nasalidade mínima e, portanto, a correspondência na porcentagem de nasalância do gráfico será mínima (vide “1” na figura 13); do mesmo modo, se for nasal, terá maior grau de nasalância (vide “2” na figura 13).

Figura 13: Gráfico apresentado na tela no *software* de análise do Nasômetro 6200-3 (Kay Elemetrics Corp.). O número 1 representa a amostra de fala oral “papapa” – com menos nasalância correspondente -; e o número 2 representa a amostra de fala nasal “mamama” – tendo um grau maior de nasalância.

Para análise das amostras, a sílaba, palavra ou frase é selecionada com os cursores vermelhos e, dado o comando, é realizada automaticamente a análise descritiva do dado selecionado: valores de média, máximo, mínimo de nasalância e também a posição do cursor em segundos. Abaixo, a fig. 14 ilustra a tela do Nasômetro com a análise de uma amostra de fala oral, e da mesma forma, na fig. 15 está a análise de uma amostra de fala nasal.

Figura 14: Tela do *software* de análise do Nasômetro 6200-3 (Kay Elemetrics Corp.). A presente tela ilustra uma amostra de fala oral selecionada pelos cursores – seta b) –, na qual o valor médio de nasalância apresentado é de 17.66% - seta a).

Figura 15: Tela do *software* de análise do Nasômetro 6200-3 (Kay Elemetrics Corp.). A presente tela ilustra uma amostra de fala nasal selecionada pelo cursor – seta b) -, na qual o valor médio de nasalância apresentado é de 75,15 % - seta a).

No presente estudo, não foi possível separar a vogal ou a sílaba da palavra para a análise. Portanto, a palavra toda (pato, mato, “panto”, manto) teve que ser selecionada para a extração dos dados, fornecidos em porcentagem (%), devido à baixa resolução do equipamento. Dessa forma, a análise estatística realizada para a nasometria foi diferente da análise para a espectrografia, já que foram realizados testes não-paramétricos (Kruskal-Wallis).

3.6.2 Espectrografia

A análise espectrográfica das 136 amostras de fala foi realizada por meio do uso do *software* Praat²⁸, versão 4.3.37, instalado em computador compatível. O Praat é um *software* desenvolvido por Paul Boersma e David Weenink, do Instituto de Ciências Fonéticas, da Universidade de Amsterdam, na Alemanha. Ele possui uma janela principal, denominada “Praat objects” (fig.16), na qual os sons contidos no arquivo do computador podem ser trabalhados para análise, e aonde podem ser criados TextGrids, que é um objeto (arquivo) para serem feitas seleção do som analisado e segmentação do mesmo.

Figura 16: Janela principal do programa computacional “Praat”, denominada “Praat objects”.

Os arquivos de som do presente estudo foram divididos por Condição, e para cada um, criou-se um TextGrid. Nele, foram geradas duas linhas de fronteira (1- palavra; 2- duração) e uma linha de ponto (3- formantes). Dessa forma, puderam-se definir exatamente a duração da palavra na frase, a duração da vogal na palavra, e o local de extração dos

28 Boersma, Paul; Weenink, David (2005). Praat: doing phonetics by computer (Version 4.3) [*Computer program*]. Retirado, em 15 de dezembro de 2005, do site <http://www.praat.org/>.

padrões formânticos da vogal selecionados para o estudo (fig. 17). Sobre a duração, tem-se que esta corresponde à marcação no primeiro pico estável da vogal e no último pico estável da mesma, em milissegundos (ms), excluindo a fase de murmúrio nasal da vogal [ẽ]. Com relação ao ponto de extração dos formantes, tomou-se o devido cuidado para que posicionamento do cursor estivesse no local mais estável da vogal, a fim de evitar as fronteiras articulatórias e garantir ausência de transições.

Figura 17: Tela do programa computacional “Praat” para a frase-veículo “Digo pato bojudó”, a qual é possível visualizar o menu, a forma de onda, o espectrograma de banda-larga. As linha 1, 2 e 3, demonstram a função do TextGrid, que neste caso, marca a palavra “pato”, a vogal [a], e o ponto exato de extração dos parâmetros, respectivamente.

Nos arquivos de som das amostras de fala deste estudo foram utilizadas as técnicas de análises: Transformada Rápida de Fourier (FFT – *Fast Fourier Transform*) e *Cepstrum*, para a extração dos valores dos formantes orais (F1, F2, F3), o primeiro formante nasal (FN) e zeros espectrais (ou anti-formantes), todos em Hertz (Hz). Para isto, num primeiro momento o espectrograma foi transformado de banda-larga (janela de tamanho 0,005

segundos) para banda-estreita (janela de tamanho 0,02 segundos), por meio da opção “Spectrum” do menu. Em seguida, extraiu-se o FFT, no qual foi possível visualizar todos os harmônicos (amplificados ou não); e também o *Cepstrum*, o qual concede um envelope sobre o FFT, permitindo a identificação dos formantes (orais e nasais) e também dos anti-formantes. É importante notar, que ora foi utilizado para o *Cepstrum* um filtro largura de banda de 400 Hz, ora 350 Hz, e ora de 300 Hz, dependendo da necessidade do avaliador, para que os formantes fossem identificados mais precisamente. A figura 18 mostra a análise FFT (preto) e *Cepstrum* (vermelho) do ponto do cursor da figura 17, na vogal [a] da palavra “pato”.

Figura 18: Análise FFT (traçado preto) e *Cepstrum* (traçado vermelho) da vogal [a] da palavra “pato” inserida na frase-veículo “Digo pato bojudo”. Destacam-se nesta figura os picos da frequência fundamental (f_0), primeiro formante (F_1), segundo formante (F_2) e terceiro formante (F_3), em Hertz.

Para as contrapartes nasais (“panto” e manto”), sempre foi feita a comparação com as contrapartes orais, para que os valores dos formantes orais (F_n), nasais e dos anti-formantes pudessem ser extraídos (fig. 19 e 20). Isso foi realizado para todas as condições do estudo.

Figura 19: Análise FFT da vogal [ẽ] de “panto” (traçado preto) sobreposta à vogal [a] de “pato” (traçado azul); e análise *Cepstrum* da vogal [ẽ] de “panto” (traçado vermelho) sobreposta à da vogal [a] de “pato” (traçado verde). Destacam-se nesta figura os picos da frequência fundamental (f0), primeiro formante (F1n), formante nasal (FN), segundo formante (F2n), terceiro formante (F3n), e zero, apenas da análise *Cepstrum* da vogal [ẽ] (em vermelho).

Figura 20: Análise FFT da vogal [ẽ] de “manto” (traçado preto) sobreposta à vogal [a] de “mato” (traçado azul); e análise *Cepstrum* da vogal [ẽ] de “manto” (traçado vermelho) sobreposta à da vogal [a] de “mato” (traçado verde). Destacam-se nesta figura os picos da frequência fundamental (f0), primeiro formante (F1n), segundo formante (F2n), terceiro formante (F3n), e zero, apenas da análise *Cepstrum* da vogal [ẽ] (em vermelho). Não foi possível nesta amostra calcular o FN.

3.7 Procedimentos da Avaliação Perceptivo-Auditiva das Amostras de Fala

O monitoramento das alterações da ressonância da fala - presença e/ou ausência da hipernasalidade - foi obtido por meio de análise perceptivo-auditiva *live*, feita por cinco fonoaudiólogas experientes. Trata-se do julgamento “ao vivo” da fala, isto é, em tempo real, utilizando como instrumento a audição do profissional capacitado – fonoaudiólogo, a fim de definir a presença de alterações na fala, neste estudo da hipernasalidade.

A avaliação perceptivo-auditiva foi realizada por cinco fonoaudiólogas da equipe do HRAC-USP, com experiência mínima de dois anos na avaliação de pacientes com hipernasalidade, sem qualquer histórico de problemas auditivos. Tal avaliação foi feita *live* (ao vivo), individualmente, e sem troca de informações entre profissionais durante os julgamentos. Antes da avaliação, foi realizado um treinamento verbal conduzido pela

autora, onde foi descrito e demonstrado para as profissionais a tarefa de julgar, para este estudo, apenas a presença ou a ausência da hipernasalidade. O julgamento foi realizado em fala dirigida durante a leitura de um texto.

Durante a situação de avaliação o sujeito realizou a leitura do texto oral “A história do urso preto” (Sugimoto e Pegoraro-Krook, 1996), abaixo citado:

A história do urso preto

Esta é a história do urso preto que veio da floresta. Hoje ele vive atrás das grades do zoológico da cidade. Todos os dias ele aparece logo cedo para ver os outros bichos. Gosta de olhar os pássaros e de ouvir o barulho das araras. Outro dia, resolveu sair da jaula. Logo viu que era difícil. Ficou triste, pois descobriu que estava preso. Decidiu que deveria esperar o dia de sua verdadeira liberdade.

Foi elaborado um protocolo (Apêndice C) contendo: o número da Condição (Controle ou Experimental) apresentada - sem descrevê-la e sem que as fonoaudiólogas pudessem identificar qual condição de prótese estava sendo julgada -; um item para indicar presença ou ausência da hipernasalidade; e uma linha para possíveis observações.

Uma vez que as fonoaudiólogas ouvintes indicaram não terem dúvidas quanto a sua tarefa de avaliar presença ou ausência de hipernasalidade, foi solicitado ao sujeito que produzisse cada uma das quatro amostras de fala nas oito condições estudadas. Cada uma das Condições (Controles ou Experimentais) foi apresentada em ordem aleatória, sendo que a troca das próteses experimentais foi realizada em sala separada, garantindo assim que as fonoaudiólogas não tivessem informação visual de qual prótese a paciente utilizava para a avaliação.

A leitura pôde ser repetida quantas vezes fossem necessárias, até que as avaliadoras tivessem uma conclusão para preencher o protocolo, uma vez que nenhum dos campos poderia ficar sem resposta. O texto foi utilizado no lugar das frases-veículo, a fim de controlarmos um contexto oral grande o bastante para conseguirmos maior semelhança a uma conversa espontânea.

Os dados coletados foram organizados em duas tabelas. Na primeira tabela, na linha horizontal foram relacionados os profissionais (Fono 1, Fono 2, Fono 3, Fono 4, Fono 5), na vertical foram relacionadas as condições experimentais do estudo (pI, pII, p10, p20,

p30), da mesma forma na segunda tabela, na linha horizontal foram relacionados os profissionais e na vertical foram relacionadas as condições controle (p10t, p20t, p30t); e em ambas as tabelas nas intersecções foram relacionados o julgamento das avaliadoras de “hipernasal” ou “normal”, conforme será apresentado no item 4.2 do capítulo *Resultados*.

3.8 Análise dos Dados

As medidas espectrográficas (valores dos formantes orais e nasais - Hz, anti-formantes - Hz, e duração - ms) e nasométricas (grau de nasalância - %) obtidas neste estudo foram submetidas à análise estatística descritiva e inferencial. Os resultados da análise estatística descritiva foram organizados em forma de tabelas e gráficos com medidas de posição e de variabilidade. Foi utilizada como medida de posição a média ($\bar{X}$) e, de variabilidade, o desvio padrão (DP).

Para a espectrografia, a análise de variância foi realizada pelo teste MANOVA, de três fatores (**Condições** – p10, p20, p30, pII, p0e; **Palavras** – começadas por [p] ou [m]; e **Vogais** - [a] e [ẽ]), e três variáveis dependentes (F1, F2, F3, em Hertz). Para os formantes nasais (FN) e anti-formantes (Zeros), foi realizado o teste ANOVA de dois fatores (Condição e Palavra), já que estes parâmetros foram extraídos apenas para a vogal [ẽ]. Para a medida de duração (ms) foi realizado o teste ANOVA de três fatores (Condição, Palavra e Vogal). As diferenças significativas destas análises foram submetidas ao teste *post-hoc* Scheffé, para constatar a diferença significativa e a homogeneidade dos grupos.

Para a nasometria, aplicou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, onde os dois fatores foram as **Condições** (p10, p20, p30, pII, e p0n) e as **Palavras** (começadas por [p] ou [m]), e a variável dependente foi a medida de nasalância, em porcentagem (%).

A relação inter-juízes da avaliação perceptivo-auditiva foi descrita apenas em porcentagem de concordância, uma vez que as opiniões foram praticamente unânimes, diferindo em apenas uma das condições (c.f.p. 72 do capítulo *Resultados*).

RESULTADOS

4 RESULTADOS

4.1 Análise Acústica das Amostras de Fala

4.1.1 Nasometria

Para o procedimento de nasometria, havia a proposta inicial de coleta e análise de 136 amostras de fala, assim como foi feita com a análise espectrográfica. Porém, devido a um erro no processo de realização do exame nasométrico, uma vez que o tempo de leitura das frases-veículo excedeu ao permitido pelo *software*, apenas 116 amostras foram capturadas e analisadas.

4.1.1.1 Descrição Geral dos Achados Nasométricos

A Tabela 1 apresenta a média ($\bar{X}$) dos valores de nasalância em porcentagem (%) e o desvio padrão (DP), obtidos para as condições sem abertura VF (p10t, - 10mm² furo tapado, p20t – 20mm² furo tapado, p30t – 30mm² furo tapado, pI – prótese íntegra), de acordo com cada uma das palavras do *corpus*, inseridas na frase-veículo. Temos, portanto, as medidas que foram extraídas das palavras.

Tabela 1 – Valores de nasalância (%) - média ($\bar{X}$), desvio padrão (DP), média mínima e média máxima para as condições sem abertura velofaríngea (p10t, p20t, p30t, pI), para cada uma das palavras do *corpus*.

Condições	N = 52	Nasalâncias (%)			
		Pato	Panto	Mato	Manto
p10t	12	51 (1)	58 (3)	58 (1)	67 (1)
p20t	12	47 (5)	55 (2)	59 (1)	53 (3)
p30t	12	44 (2)	56 (1)	54 (3)	63 (1)
pI	16	44 (10)	53 (4)	47 (10)	56 (3)
Min-Max	-	44-51	53-58	47-59	53-67

Vê-se que para as condições sem nenhuma abertura velofaríngea, seja com a prótese íntegra ou com as próteses experimentais com orifício tapado, os valores de

nasalância encontrados variaram entre um valor de nasalância mínimo de 44% (na palavra “pato”) a um valor máximo de 67% (na palavra “manto”).

A tabela 2 apresenta média ($\bar{X}$) e desvio padrão (DP) para condições com abertura VF (p10 – 10mm², p20 – 20mm², p30 – 30mm², pII – sem prótese), de acordo com cada uma das palavras do *corpus*, inseridas na frase-veículo. Temos, mais uma vez, as medidas que foram extraídas das palavras.

Tabela 2 – Valores de nasalância (%) - média ($\bar{X}$), desvio padrão (DP), média mínima e média máxima para as condições com abertura velofaríngea (p10, p20, p30, pII), para cada uma das palavras do *corpus*.

Condições	N = 64	Nasalâncias (%)			
		Pato	Panto	Mato	Manto
p10	16	53 (4)	57 (4)	58 (3)	59 (1)
p20	16	59 (1)	56 (4)	56 (2)	62 (2)
p30	16	56 (2)	60 (1)	59 (3)	62 (1)
pII	16	54 (5)	64 (4)	56 (5)	59 (4)
Min-Max	-	53-59	56-64	56-59	59-62

Vê-se que para as condições com diferentes aberturas velofaríngea, tanto com as próteses com orifícios como sem prótese, os valores de nasalância encontrados variaram entre um valor de nasalância mínimo de 53% (na palavra “pato”) a um valor máximo de 64% (no logatoma “panto”).

4.1.1.2 Definição da Condição controle (p0n)

Para a análise estatística inferencial foi realizado o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis. Neste teste os valores em porcentagem são ordenados do menor para o maior evidenciando a diferença em grau entre as categorias, uma vez que não é possível estimar o valor específico dos intervalos entre os valores de nasalância. Inicialmente comparou-se as condições sem abertura velofaríngea (pI, p10t, p20t, p30t), como pode ser visto na tabela 3.

Tabela 3 – Rank do teste estatístico não paramétrico Kruskal-Wallis, para as condições controles do estudo (pI, p10t, p20t, p30t).

Condições	N = 48 ²⁹	Ranks
pI	12	175
p10t	12	413*
p20t	12	286
p30t	12	302

* valor significantemente diferente

O resultado, para $\alpha=0.05$, não foi o esperado porque mostrou uma diferença estatisticamente significante entre estas condições (todas sem nenhuma abertura velofaríngea): $H(3, N=48) = 12,10$; $p=0.0071$. O teste post-hoc, para $\alpha^*<0.001$, revelou que o valor de nasalância encontrado para a condição p10t foi significantemente diferente dos demais valores ($p=0.0012$).

Em vista deste achado, no qual foram obtidos valores de nasalância significantemente diferentes para a condição p10t, foi estabelecida uma nova condição controle p0n usando-se uma amostra aleatória das condições pI, p20t e p30t (homogêneas segundo o teste estatístico), e sem o envolvimento de abertura VF para análise dos dados.

4.1.1.3 Estatística inferencial dos Achados

Novamente foi realizado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, agora comparando os valores de nasalância nas condições experimentais (pII, p10, p20, p30) e nova condição controle (p0n). Para $\alpha=0.05$, o teste apresentou como resultado: $H(4, N=80) = 16,10$; $p=0.020$, revelando diferença estatisticamente significante entre as condições. No teste post-hoc, para $\alpha^*=0.005$, foi observado que houve diferença marginal entre as condições p0n (controle) e pII (sem prótese), com $p=0.0059$; e significância estatística entre as Condições p0n (controle) e p30 (furo 30mm²), com $p=0.0003$. A tabela 4 apresenta o Rank do teste não-paramétrico Kruskal-Wallis, para as condições do estudo.

²⁹ Foram retiradas, aleatoriamente, 4 amostras do grupo pI, a fim de igualar o número de amostra deste grupo com a dos demais grupos para que fosse feito o teste estatístico.

Tabela 4 – Rank do teste estatístico não paramétrico Kruskal-Wallis, para as condições do estudo: p0n, p10, p20, p30, pII.

Condições	N = 80	Ranks
p0n	16	353
p10	16	586
p20	16	717
p30	16	860*
pII	16	724 [#]

* valor significativamente diferente; [#] valor marginal.

Nos histogramas apresentados na figura 21, os valores de nasalância (%) foram plotados no eixo X enquanto a frequência absoluta destes valores foi plotada no eixo Y, para a condição p0n e demais condições testadas.

Figura 21 – Histograma das condições testadas no estudo: p10 – 10mm², p20 – 20mm², p30 – 30mm², pII – sem prótese e p0n – amostra aleatória das condições pI, p20t e p30t.

Destaca-se na figura acima, os valores de nasalância mais espalhados (entre 35% e 65%) para a condição p0n, na qual não há abertura velofaríngea. Para as demais condições (pII, p10, p20 e p30), nas quais há diferentes aberturas VF, os valores de nasalância, em geral, ficaram mais concentrados em torno de 45% e 70%.

4.1.2 Espectrografia

De acordo com as explicações feitas na seção 3.6.2 do capítulo *Metodologia*, a partir da análise espectrográfica realizada no *software* Praat (versão 4.3.37) foram determinados: a) os valores de duração, em milissegundo (ms), b) das três primeiras frequências formantes orais em Hertz (Hz) - F1, F2, F3, c) da primeira frequência formante nasal (FN), e, d) do zero espectral (anti-formante), para as vogais [a] e [ẽ] do *corpus* selecionado (pato, mato, panto, manto), em todas as condições controle (p10t – 10mm² furo tapado, p20t – 20mm² furo tapado, p30t – 30mm² furo tapado) e experimental (pI – prótese íntegra, p10 – 10mm², p20 – 20mm², p30 – 30mm², pII – sem prótese). Além de extrair as medidas acústicas, foi realizado para cada amostra uma minuciosa inspeção visual nos espectrogramas.

4.1.2.1 Achados da Inspeção Visual dos Espectrogramas

Pela inspeção visual dos espectrogramas em banda-larga foi possível observar nas amostras de orifício 10mm² (p10) o correlato acústico do escape de ar nasal audível (EAN), sistematicamente, nos plosivos [p] e [t], como apresentado na figura 22. Para as amostras de orifícios 20mm² e 30mm², das Condições experimentais (p20 e p30) foi visualizado o correlato acústico de EAN sistematicamente nos plosivos e de modo assistemático nas consoantes sonoras [d] e [b] da frase-veículo (“**D**igo ____ **b**ojudo”). Nas amostras da Condição experimental pII (sem prótese), foi possível observar EAN sistemático para as consoantes surdas e sonoras.

Figura 22 – Correlato acústico do escape de ar nasal audível (EAN) indicado pelas setas nos plosivos [p] e [t], respectivamente, da esquerda para a direita. As linha 1, 2 e 3, demonstram a marcação da palavra “pato”, da vogal [a], e do ponto exato de extração dos parâmetros, respectivamente.

Ainda pela inspeção visual, para as análises *Cepstrum* das amostras de fala foram observados os movimentos dos formantes (F1, F2, F3) e também presença de FN e Zero, para cada Condição do estudo. Dessa forma, para a Condição experimental pI (prótese íntegra) foi observado que todos os nasais (panto e manto) tiveram amplitudes rebaixadas e houve perda de energia, especialmente, na região de 2500Hz. Para esta condição, de um modo geral, as regiões de F1 e F3 estiveram deslocadas para a esquerda, enquanto que a de F2 esteve deslocada para a direita. A região de FN esteve entre 750Hz e 1200Hz, o que provocou muitas vezes o rebaixamento de F2. O zero encontrou-se em torno de 3000Hz.

Para a Condição experimental p10 (10mm²), o F1 ficou deslocado mais para a esquerda se aproximando da frequência fundamental (f0). Também foi comum a presença de FN na região de 750 Hz (entre F1 e F2). Houve queda de energia em todo o espectro, e muitas vezes não foi possível identificar a presença de FN e Zero.

Na Condição experimental p20 (20mm²), também foi observada perda de energia em todo o espectro, sendo que as amplitudes se encontraram rebaixadas. Foi observado

ainda, presença de vales espectrais (zeros) ora na região de 2500 Hz, ora na de 4500 Hz. Nas Condições experimentais p30 (30mm²) e pII (sem prótese) foi observado um deslocamento dos formantes (Fn) para a esquerda, bem como a queda brusca de energia no espectro na região pós F3 e, por vezes até, na região pós F2. Ainda para ambas as condições, o FN esteve, em sua maioria, na região pós F2 - em torno de 1850 Hz; e o Zero foi observado próximo a 3500 Hz. Em todas as três Condições experimentais (pII, p10, p20 e p30), com exceção da Condição pI (prótese íntegra), foi observado – poucas vezes³⁰ – presença de FN e Zero (o que sugere nasalidade) na vogal oral nas palavras “pato” e “mato”.

Para as condições controle, nas quais as próteses tiveram o furo tapado com cera (p10t, p20t, p30t), as observações da inspeção visual foram muito semelhantes às da Condição experimental pI.

4.1.2.2 Definição da Condição controle (p0e)

Assim como para a nasometria, o planejamento inicial do estudo era comparar as medidas das Condições Experimentais (pII, p10, p20, p30), todas com abertura velofaríngea de tamanhos diferentes, apenas com os valores da condição de fechamento velofaríngeo pI (prótese íntegra). Entretanto, o teste estatístico MANOVA de três fatores (Condições, Palavras, Vogais), e três variáveis dependentes (F1, F2, F3, em Hertz), indicou que as amostras coletadas das próteses experimentais tendo o furo tapado com cera (p10t, p20t, p30t) e as amostras da Condição pI diferiam significativamente ($F_{9,73}=4,5$; $p<10^{-4}$), para $\alpha=0.05$, o que não era esperado uma vez que todas as 3 próteses experimentais foram réplicas da original (vide figura 23). O teste post-hoc Scheffé, confirmou o resultado e apontou que, desta vez, a diferença encontrava-se na pI.

30 A presença do formante nasal (FN) e do zero, deu-se em aproximadamente três palavras de cada condição estudada, de 20 possíveis.

Figura 23 - Gráfico das médias de F1, F2, F3 (Hz), para as quatro condições de fechamento velofaríngeo: p10t – 10mm² furo tapado, p20t – 20mm² furo tapado, p30t – 30mm² furo tapado, pl – prótese íntegra.

De acordo com a figura acima, as três réplicas pertenceram a um mesmo grupo por possuírem médias de formantes muito próximas, enquanto que para a Condição pl houve um aumento significativo dos valores do primeiro formante (F1, em Hertz) em “panto” e “manto”, sugerindo mudança na posição da mandíbula, e diminuição significativa dos valores do segundo formante (F2, em Hertz) em “pato” e “mato”, sugerindo mudança na posição da língua.

Por este motivo, as amostras das Condições experimentais (p10, p20 e p30) foram comparadas a uma nova condição controle, denominada p0e, na qual foi feita uma amostra aleatória dos valores nas condições experimentais (p10t, p20t, p30t), homogêneos segundo teste estatístico. Os valores dessa nova condição (p0e), portanto, foram considerados de referência para oralidade (ressonância de fala normal).

4.1.2.3 Estatística descritiva e inferencial dos Achados Espectrográficos

Na Tabela a seguir (tabela 5) estão relacionados os valores médios ($\bar{X}$) das três primeiras frequências formantes (F1, F2, F3, em Hertz) da vogal [a], e o resultado da avaliação perceptivo-auditivo, para todas as condições agora propostas: p0e, p10, p20, p30, pII, respectivamente.

Tabela 5 – Valores de média ($\bar{X}$) e desvio padrão (DP) para os formantes F1, F2, F3 em Hertz (Hz), da vogal [a] de “pato e mato” (N=50), e resultado da avaliação perceptivo-auditiva, em todas as condições (p0e, p10, p20, p30, pII).

Condição	Corpus	F1	F2	F3	Perceptivo*
p0e	Pato	764 (32)	1571 (38)	2627 (60)	Normal
	Mato	762 (30)	1533 (45)	2369 (191)	100%
p10	Pato	730 (4)	1541 (102)	2364 (233)	Normal
	Mato	714 (6)	1464 (80)	2274 (168)	100%
p20	Pato	745 (36)	1369 (120)	2095 (138)	Hipernasal
	Mato	730 (24)	1371 (71)	2148 (173)	60%
p30	Pato	655 (161)	1339 (46)	2175 (112)	Hipernasal
	Mato	704 (12)	1412 (49)	2198 (82)	100%
pII	Pato	756 (20)	1565 (86)	2407 (166)	Hipernasal
	Mato	741 (41)	1504 (34)	2268 (92)	100%

* Avaliação obtida pela leitura de um texto oral.

Vê-se que as médias das frequências para a vogal oral [a], em “pato e mato” estiveram entre 655Hz e 764Hz para F1; entre 1339Hz e 1571Hz para F2; e para F3 entre 2095Hz e 2627Hz. Observa-se, de uma forma geral, que F1, F2 e F3 foram menores nas condições com abertura velofaríngea (p10, p20, p30 e pII)

Na Tabela 6 estão relacionados os valores médios ($\bar{X}$) das três primeiras frequências formantes (F1, F2, F3, em Hertz) da vogal nasal [ẽ], e o resultado da avaliação perceptivo-auditivo, para todas as condições agora propostas: p0e, p10, p20, p30, pII, respectivamente.

Tabela 6 – Valores de média ($\bar{X}$) e desvio padrão (DP) para os formantes F1, F2, F3 em Hertz (Hz), da vogal [ẽ] de “panto e manto” (N=50), e resultado da avaliação perceptivo-auditiva, em todas as condições (p0e, p10, p20, p30, pII).

Condição	Corpus	F1	F2	F3	Perceptivo
p0e	Panto	384 (9)	1371 (43)	2259 (63)	N.A.*
	Manto	371 (7)	1319 (27)	2278 (86)	
p10	Panto	404 (8)	1360 (28)	2276 (28)	N.A.*
	Manto	487 (6)	1274 (33)	2296 (82)	
p20	Panto	377 (8)	1358 (35)	2133 (282)	N.A.*
	Manto	367 (16)	1325 (46)	2167 (246)	
p30	Panto	370 (5)	1347 (14)	2161 (260)	N.A.*
	Manto	363 (20)	1313 (32)	2073 (213)	
pII	Panto	387 (11)	1320 (49)	2193 (483)	N.A.*
	Manto	375 (9)	1167 (29)	2257 (50)	

* N.A. = Não se aplica, pois o contexto das palavras é nasal.

Vê-se que as médias das frequências para a vogal oral [ẽ], em “panto e manto” estiveram entre 363Hz e 487Hz para F1; entre 1167Hz e 1371Hz para F2; e para F3 entre 2073Hz e 2296Hz. De um modo geral, as médias das frequências para a vogal nasal [ẽ], em “panto e manto” foram bem menores que as da vogal [a], em “pato e mato”.

Para a análise estatística inferencial foi realizado o teste MANOVA de três fatores (Condições, Palavras, Vogais), e três variáveis dependentes (F1, F2, F3, em Hertz), resultando em diferença significativa entre as condições e as vogais [a] e [ẽ], para todos os três formantes ($F_{12,206}=7,2$; $p<10^{-5}$), para $\alpha=0.05$. A figura 24 mostra no eixo X as Condições pesquisadas, e no eixo Y os valores dos formantes. À esquerda, o gráfico ilustra a vogal [a] e à direita, a vogal [ẽ].

Figura 24 - Gráfico das médias de F1, F2, F3 (Hz), para as condições: p10 (10mm²), p20 (20mm²), p30 (30mm²), p0e (amostra aleatória das condições experimentais – p10t, p20t, p30t), pII (sem prótese).

O teste post-hoc Scheffé, para homogeneidade, mostrou que a amostra para o F1, dividiu-se em dois grupos distintos: valores maiores para a vogal [a] e menores para vogal [ẽ]. Já para o F2, a análise mostrou que este formante foi o mais interessante para caracterizar a nasalidade da fala, pois a amostra também pôde ser dividida em dois grupos distintos:

- um grupo no qual os valores de F2 foram mais altos, formado pelas condições p10, pII e p0e, para a vogal [a] de “pato” e “mato”;
- um grupo no qual os valores de F2 foram mais baixos, formado por todas as condições (p0e, p10, p20, p30, pII) da vogal [ẽ] mais as condições p20 e p30 da vogal [a].

Ou seja, as Condições p20 (20mm²) e p30 (30mm²) da vogal [a] se comportaram de maneira significantemente semelhante a todas as condições da vogal nasal [ẽ], demonstrando, portanto, nasalidade relevante. Para a análise do F3, observou-se que os

valores obtidos para este formante não apresentaram informações relevantes para a nasalidade, o que era de certa forma esperado, pois o contexto com a consoante foi controlado.

Para o parâmetro duração (ms), foi realizado o teste estatístico ANOVA de três fatores (Condição, Palavra e Vogal) e uma variável dependente (duração). A análise revelou diferença significativa entre as condições e as vogais ($F_{4,80}=5,4$; $p=0,001$), para $\alpha=0.05$. Nota-se na figura 25, que de um modo geral, a vogal [ẽ] apresentou duração menor que a vogal [a] nas condições pesquisadas. Entretanto, esta diferença foi bem mais evidente nas condições p20 (20mm²) e pII (sem prótese).

Figura 25 – Gráfico das médias da duração (ms) das vogais [a] e [ẽ], para as condições: p10 (10mm²), p20 (20mm²), p30 (30mm²), p0e (amostra aleatória das condições experimentais – p10t, p20t, p30t), pII (sem prótese).

Para os parâmetros FN (Hz) e Zero (Hz), realizou-se o teste ANOVA de dois fatores (Condição e Palavra) e duas variáveis independentes (FN e Zero), uma vez que

estes foram extraídos sistematicamente apenas para a vogal [ẽ]. A análise para o FN mostrou que houve diferença estatisticamente significativa ($F_{4,40}=35,7$; $p<10^{-5}$), para $\alpha=0.05$, para o fator Condição (fig. 26). O teste post-hoc Scheffé indicou que a diferença se encontrava no valor médio do formante nasal para a condição experimental pII, que era o maior deles (1804Hz).

Figura 26 – Gráfico das médias do formante nasal (FN, em Hertz) da vogal [ẽ], para as condições do estudo: p10 (10mm²), p20 (20mm²), p30 (30mm²), p0e (amostra aleatória das condições experimentais – p10t, p20t, p30t), pII (sem prótese).

Para o vale espectral (Zero), o teste estatístico ANOVA mostrou que houve diferença significativamente diferente para os fatores Condição ($F_{4,40}=49,7$; $p<10^{-5}$), Palavra ($F_{4,40}=14,1$; $p=0,001$) e para a interação de Condição *versus* Palavra ($F_{4,40}=8,9$; $p<10^{-5}$), todos para $\alpha=0.05$. Neste último caso, a análise mostrou que, em geral, as palavras com [p] (pato e panto) apresentaram maiores valores que as com [m] (fig. 27). Entretanto, a análise post-hoc Scheffé identificou cinco grupos diferentes. Quatro deles

com interações entre si e um único grupo totalmente distinto, constituído pela condição experimental pII e pelas palavras “pato e panto”.

Figura 27 – Gráfico das médias do antiformante (Zero, em Hertz) da vogal [ẽ] das palavras começadas com [p] (pato e panto) e das começadas com [m] (mato e manto), para as condições do estudo: p10 (10mm²), p20 (20mm²), p30 (30mm²), p0e (amostra aleatória das condições experimentais – p10t, p20t, p30t), pII (sem prótese).

4.2 Avaliação Perceptivo-Auditiva das Amostras de Fala

Na avaliação perceptivo-auditiva, as avaliadoras julgaram a leitura do texto oral “A história do urso preto” feita pela participante como “normal” ou “hipernasal”. O resultado desta avaliação, para as condições experimentais (pI - prótese íntegra, p10 - 10mm², p20 - 20mm², p30 - 30mm², pII - sem prótese) do estudo, pode ser visto na Tabela 7.

Tabela 7 – Descrição do julgamento das avaliadoras para a leitura do texto, nas cinco condições experimentais (pI, p10, p20, p30, pII).

Condições	Fono 1	Fono 2	Fono 3	Fono 4	Fono 5
pI	normal	normal	normal	normal	normal
p10	normal	normal	normal	normal	normal
p20	hipernasal	normal	hipernasal	normal	hipernasal
p30	hipernasal	hipernasal	hipernasal	hipernasal	hipernasal
pII	hipernasal	hipernasal	hipernasal	hipernasal	hipernasal

Vê-se pela tabela, que a única condição que não gerou unanimidade entre as avaliadoras foi a condição p2 (prótese experimental com furo de 20mm²), com concordância de fala hipernasal em 60%. Supõe-se que tal resultado se deve por se tratar de uma condição marginal de abertura velofaríngea. Para as condições pI (prótese íntegra) e p10 (prótese experimental com furo de 10mm²) houve concordância de 100% para fala normal, e para as condições p30 (prótese experimental com furo de 30mm²) e pII (sem prótese) houve concordância de 100% para fala hipernasal.

Na tabela 8, encontra-se o resultado da avaliação perceptivo-auditiva para as condições controle do estudo (p10t – 10mm² furo tapado, p20t – 20mm² furo tapado, p30t – 30mm² furo tapado).

Tabela 8 - Descrição do julgamento das avaliadoras para a leitura do texto, nas três condições controle (p10t, p20t, p30t).

Condições	Fono 1	Fono 2	Fono 3	Fono 4	Fono 5
p10t	normal	normal	normal	normal	normal
p20t	normal	normal	normal	normal	normal
p30t	normal	normal	normal	normal	normal

Vê-se pela tabela que houve concordância de 100% das avaliadoras pela fala normal, sugerindo fechamento VF nestas condições.

DISCUSSÃO

5 DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi o de descrever o perfil espectrográfico e nasométrico das vogais [a] e [ẽ] durante a produção de fala em diferentes condições de abertura velofaríngea, de tamanhos controlados, a fim de testar as hipóteses de que: diferentes aberturas resultariam em diferentes medidas acústicas (1) tanto na nasometria; 2) quanto na espectrografia. Enquanto inédito na literatura, os achados acústicos deste trabalho ofereceram resultados interessantes que permitiram comprovar as hipóteses testadas.

5.1 Discussão dos Achados Nasométricos

Os valores de nasalância encontrados para as condições sem abertura velofaríngea (pI, p10t, p20t, p30t) variaram de 44% a 59% durante produção das palavras “pato” e “mato” (vogal [a]), e de 53% a 67% durante a produção das palavras “panto” e “manto” (vogal [ẽ]). Tais valores de nasalância mais altos para o par mínimo “panto” e “manto” são esperados, uma vez que o contexto nasal para “panto e manto” é maior do que para o par mínimo “pato e mato”. Já para as condições experimentais com abertura velofaríngea (pII, p10, p20, p30), os valores de nasalância variaram de 53% a 59% durante produção das palavras “pato” e “mato”(vogal [a]), e de 56% a 64% durante a produção das palavras “panto” e “manto” (vogal [ẽ]). Também nas condições com abertura velofaríngea os valores de nasalância foram maiores para as palavras com maior incidência de contexto nasal, conforme esperado, e de uma forma geral, os valores encontrados para as condições com abertura foram mais altos do que os encontrados para as condições sem abertura.

Analisando especificamente a palavra “pato”, tratando-se, portanto, de um contexto oral sem precedente nasal (vogal oral), verifica-se que mesmo estando evidente que os valores encontrados para a condição sem abertura velofaríngea são menores que aqueles encontrados para a condição com abertura velofaríngea, tais valores (que variaram de 44% a 51%) ainda estão muito acima dos valores esperados para um falante que demonstre fechamento velofaríngeo durante produção de uma palavra oral. Na literatura brasileira

foram citados, especificamente, os trabalhos de Suguimoto e Pegoraro-Krook (1995), nos quais a nasalância de 12% (DP=3) foi descrita para falantes sem alterações de fala durante produção de uma palavra oral. Trindade et al (1997), por outro lado, sugere o uso do valor de corte de 27%, a fim de distinguir entre as amostras indicativas de fala hipernasal (acima de 27%) e fala com nasalidade normal (27% ou menos), durante produção de sentenças orais. Dessa forma, tem-se por um lado que os achados perceptivo-auditivos deste trabalho indicam presença de nasalidade normal durante produção de amostras orais nas condições sem abertura velofaríngea, e por outro lado, que tais achados nasométricos são paradoxais e muito acima dos valores esperados para um falante com amostras de fala consideradas normais.

Dados nasométricos paradoxais foram descritos previamente por Dalston (2004) e, segundo o autor, podem ser indicativos da inabilidade de um único instrumento ser capaz de distinguir todos os aspectos envolvidos na produção de fala. Também Pegoraro-Krook e Dutka-Souza (2005) já comentaram sobre dados paradoxais, mas de modo particular, para indivíduos que fazem uso da prótese de palato. Apesar de descritos, tais achados não são ainda bem compreendidos e devem ser mais explorados. Por exemplo, o material usado para confecção da prótese de palato (acrílico e metal) pode ser um fator determinante de modificações de ressonância dentro da cavidade oral e faringe. Tais alterações podem não ter sido, necessariamente, transferidas para o ouvinte.

No que diz respeito ao julgamento perceptivo-auditivo, salienta-se a possibilidade de limitação metodológica neste estudo, uma vez que a decisão dos avaliadores foi tomada durante a leitura de um texto oral, enquanto os dados nasométricos foram obtidos durante a emissão de palavras. Como já explicado em capítulos anteriores, a opção de inserir as palavras em frases-veículos foi feita para controlar os contextos, e também para minimizar o fechamento ou abertura velofaríngea antecipada. Sabe-se que estas produções não são representativas da fala espontânea, embora sejam vastas na literatura as discussões quanto a importância do uso de amostras de fala mais representativas possíveis da fala espontânea, o que não foi possível, entretanto, neste estudo.

Apesar da complexidade da relação entre o tamanho do gap velofaríngeo e os distúrbios de fala decorrentes da DVF, na literatura as variações na percepção da

hipernasalidade foram associadas à variações no tamanho do gap velofaríngeo, particularmente com aberturas maiores que 20mm^2 (Warren et al., 1994, 2004). Segundo Warren (2004) quanto maior a abertura velofaríngea (medição por meio de técnica de avaliação aerodinâmica) maior parece ser o grau da hipernasalidade indicado pelo ouvinte. Tal relação, no entanto, não é linear, uma vez que são muitos os fatores que podem afetar a percepção da hipernasalidade, além do tamanho da abertura velofaríngea (Dutka, 1996; Warren 2004). A impedância oral (associada ao grau de abertura da boca), a resistência oferecida pelas pregas vocais e pela posição da língua, por exemplo, também devem ser consideradas, porém, estes não foram controlados neste estudo.

Usando achados obtidos por meio da avaliação aerodinâmica, Warren e outros colegas sugerem que a relação entre área velofaríngea (gap) e resistência velofaríngea é inversa e não linear (Warren 2004; Warren e Devereux, 1966). Ou seja, a diminuição da pressão intraoral e a perda da resistência velofaríngea podem conduzir à fala hipernasal e desencadear mecanismos compensatórios em uma tentativa de manutenção das pressões no trato vocal em um nível estável, o qual permite a produção da fala. Enquanto Sapienza et al. (1996) reportam a existência de ajustes respiratórios e laríngeos após a inserção de orifícios no bulbo de um indivíduo usuário de prótese de palato, Marino e colegas (2005) reportam que como resposta imediata um indivíduo pode apresentar compensações articulatorias (na tentativa de controlar perda de ar nasal). No entanto, com o passar do tempo estas compensações tendem a ser substituídas por compensações mais sutis, como as respiratórias, por exemplo.

Os achados nasométricos deste estudo confirmam a hipótese de que diferentes aberturas velofaríngeas resultam em achados nasométricos significativamente diferentes (mais altos), particularmente no que se refere às aberturas velofaríngeas de 30mm^2 (p30) e sem a prótese (pII), conforme evidenciado em teste estatístico. Tais achados foram também evidentes para os ouvintes, os quais indicaram a presença de hipernasalidade para estas mesmas condições (p30 e pII). Assim, além de se ser o primeiro trabalho a descrever o perfil nasométrico em diferentes condições de abertura velofaríngea, este trabalho também substancia os achados de Warren (1994; 2004), Sapienza (1996) e Marino (2005). Por fim, apesar de indicar resultados significativamente diferentes e, portanto, confirmar uma das hipóteses deste estudo, os achados nasométricos não refletem relação linear entre valores de

nasalância e os diferentes tamanhos de abertura velofaríngea, i.e., os valores de nasalância não acompanharam o aumento gradativo das aberturas VF.

5.2 Discussão dos Achados Espectrográficos

No presente estudo, a média e o desvio padrão dos valores da primeira ressonância (F1) para a vogal [a] na condição sem abertura velofaríngea (p0e) foi de 763 Hz (± 30), o que foi semelhante aos achados de Souza (1994) – 700 Hz – para sujeitos normais falantes do Português Brasileiro. Porém, tal achado discordou dos estudos de Behlau (1984) – 956Hz (± 132) e de Jesus (2002) – 829Hz (± 72) –, os quais apresentaram valores mais altos. Para a segunda ressonância (F2) a média e o desvio padrão para esta condição foi de 1552Hz (± 44), concordando com os estudos de Behlau (1984) – 1634Hz (± 240) – e Jesus (2002) – 1537Hz (± 112) –, e discordando do estudo de Sousa (1994) – 1240Hz – que apresentou valores mais baixos para F2 do que os demais autores. Por sua vez, para a terceira ressonância (F3) a média e o desvio padrão para a condição p0e foi de 2498Hz (± 190), valores estes semelhantes aos do estudo de Jesus (2002) – 2305Hz (± 122) e diferentes dos de Behlau (1984) – 2721Hz (± 297) – e de Sousa (1994) – 2160Hz.

Os valores de F1 obtidos para a vogal [a], em todas as condições (com e sem abertura velofaríngea), foram significativamente mais altos do que os valores de F1 obtidos para a vogal [ẽ], também em todas as condições: com e sem abertura velofaríngea. Tal achado era esperado tanto pelo fator nasalidade - enquanto decorrente da articulação velofaríngea -, quanto pela questão articulatória - enquanto relacionada com a posição da mandíbula. Sabe-se que o rebaixamento de todos os formantes é característico da nasalidade de fala, e que a posição da mandíbula é o principal determinante dos valores de primeiro formante, sendo a frequência deste inversamente proporcional à sua altura (Kent e Read, 1992; Kent, 1997). É sabido também que em contexto tônico, a mandíbula para a produção da vogal [a] se encontra mais rebaixada do que durante a produção da vogal [ẽ], provocando, portanto, a elevação do F1. Dessa forma, para eliminar esta variável articulatória seria interessante, em futuros estudos, a comparação entre os dados acústicos obtidos com a vogal [a] em posição pós-tônica com a vogal [ẽ] em posição tônica, já que a mandíbula em ambas as condições se encontram na mesma posição (mais elevada).

A diminuição dos valores do primeiro formante (F1) como efeito da nasalização provocada pelas condições de abertura velofaríngea para a vogal [a], também concordou com os achados gerais dos estudos de Delattre (1954, 1955), House e Stevens (1956), Dickson (1962), e Pickett (1980), e discordou com os achados dos trabalhos de Fujimura (1960; 1992) e Kent, Liss e Philips (1989).

Os valores de F2 obtidos para a vogal [a] nas condições p20 e p30 foram significativamente mais baixos do que os valores obtidos nas condições p0e, p10 e pII, chegando próximos aos valores encontrados para F2 durante produção da vogal nasal [ẽ], concordando com o estudo de Fant (1970) e Kent, Liss e Philips (1989). Considerando que a posição da língua é o principal determinante do segundo formante (Kent e Read, 1992; Kent, 1997), a posteriorização da mesma numa tentativa de compensar pela perda de ar decorrente da abertura velofaríngea é uma explicação possível para este achado. Da mesma forma, o fato dos valores de F2 na Condição experimental sem prótese (pII) terem sido mais semelhantes à condição sem abertura VF (p0e) sugere o uso de outras possíveis compensações, como por exemplo ajustes laríngeos e respiratórios Sapienza et al. (1996), ou ainda compensações articulatórias Marino et al. (2005).

Pela análise descritiva dos dados não foi observada relação de linearidade entre os diferentes graus de abertura velofaríngea e os achados espectrográficos. Ou seja, conforme a abertura velofaríngea aumentou, não houve a diminuição gradual dos formantes como era inicialmente esperado, o que concordou com o estudo de Coleman Jr (1963), o qual também não encontrou uma relação direta entre mudanças acústicas e tamanho da abertura velofaríngea, sugerindo quanto a isso variabilidade intra-sujeito.

Com relação à vogal nasal [ẽ], os valores médios e o desvio padrão da primeira ressonância (F1) para a condição sem abertura velofaríngea (p0e) foi de 378Hz (± 14), o que foi bem menor e, portanto, contrastante com os achados dos estudos de Behlau (1984) – 817Hz (± 77) e Jesus (2002) – 604Hz (68), para falantes normais do Português Brasileiros. Entretanto, concorda-se com Behlau (1984) e Souza (1994), quando as autoras afirmam uma constante diminuição de F1 da vogal nasal [ẽ] em comparação com a vogal oral [a]. Para a segunda ressonância (F2) a média e o desvio padrão para esta condição foi de 1345Hz (± 43), concordando com os estudos de Sousa (1994) – 1480Hz – e Jesus (2002) – 1361Hz (± 150) –, e discordando do estudo de Behlau (1984) – 1642Hz (± 169) – que

reportou valores mais altos que os demais autores. O abaixamento de F2 para vogais nasalizadas do inglês em falantes com fissura palatina também foi reportado por Philips e Kent (1984).

Por sua vez, para a terceira ressonância (F3) a média e o desvio padrão para a condição p0e foi de 2268Hz (± 72), valores estes semelhantes aos do estudo de Sousa (1994) – 2280Hz, e discordante dos estudos de Behlau (1984) – 2764Hz (± 184) e Jesus (2002) – 2620Hz (± 169). Conforme Kent e Read (1992) e Kent, (1997) este formante (F3) corresponde a constrições dos lábios, do palato e da faringe, portanto, como o contexto das consoantes foi controlado pelo *corpus* selecionado para este estudo, mudanças nos seus valores não eram esperadas.

De um modo geral, para todas as condições (p10, p20, p30 e pII para a vogal [a], e p0e, p10, p20, p30 e pII para a vogal nasal [ẽ]) com exceção da condição p0e para a vogal [a] – foi observada, perda global de energia com diminuição das amplitudes dos formantes, o que é concordante com diversos autores na literatura (Peterson e Barney, 1952; House e Stevens, 1956; Fujimura, 1960; Peterson, 1961; Dickson, 1962; Bernthal e Beukelman, 1977; Fry, 1979; Behlau, 19984; Kent, Liss e Philips, 1989; Jesus, 2002; Vieira, 2004). O deslocamento destes formantes para a esquerda no gráfico da análise *Cepstrum*, observado neste estudo, concorda com Schwartz (1968) que citou mudanças relativas na posição dos formantes pelo efeito da nasalização.

Neste estudo foi notado ainda, que nas condições p30 e pII, para ambas as vogais, houve uma queda brusca da energia espectral na região pós F3 e algumas vezes até na pós F2. Conforme alguns autores (Pickett, 1960; Kent e Read (1992); Kent, 1997) esta região está mais correlacionada às constrições dos articuladores e ao comprimento do trato vocal, sugerindo para o presente estudo, portanto, que um aumento da abertura velofaríngea em torno de 30mm² provoca um acoplamento entre as cavidades oral e nasal, de tal modo que introduz uma quantidade de nasalidade – pela passagem de ondas acústicas para o trato nasal - suficiente para suprimir os formantes desta região. Achados semelhantes não foram encontrados na literatura pesquisada.

Ressalta-se ainda, que o desvio padrão em geral para todas as condições, nas três frequências formânticas (F1, F2, F3), foi baixo em relação à literatura pesquisada. Isso,

provavelmente, deve-se ao fato de que na literatura, os estudos são realizados com grupos de sujeitos, enquanto que o presente estudo foi realizado com sujeito único, eliminando-se, portanto, a variabilidade individual dos sujeitos.

Com relação ao parâmetro de duração, o presente estudo apresentou média de [a] 129ms (9) e de [ẽ] 120ms (12), havendo uma diferença significativa entre ambas, sugerindo que a vogal nasal é mais curta que a vogal oral. Ficou clara a ação da nasalidade diminuindo a vogal oral, apenas na condição p30, na qual o valor de [a] foi semelhante ao de [ẽ]. Estes valores são próximos aos encontrados por Sousa (1994) – 140,6ms [a] e 200ms [ẽ], porém não é possível comparar os achados do presente estudo com os da literatura pesquisada (Sousa, 1994; Jesus, 2002; Seara, 2000), por questões de divergência metodológica. Sabe-se que em palavras, nas quais a vogal nasal é seguida do arquifonema [N], este arquifonema impõe nasalidade fonológica à vogal pela coarticulação (Almeida e Albano, 2004). Ou seja, o véu palatino como articulador, começa a abaixar bem antes da completa oclusão para a consoante nasal e com isso a vogal anterior recebe a nasalização por uma extensão de aproximadamente 100ms de sua duração (Pickett, 1991). Para a vogal nasal, de acordo com Seara (2000), pode haver três fases (fase oral, fase nasal e fase final, onde há só o murmúrio nasal) ou duas fases (fase nasal e murmúrio nasal ou fase oral e murmúrio nasal). Para Sousa (1994) também há dois momentos distintos na vogal nasal (fase oral e murmúrio nasal) possíveis de serem isolados. Na amostra da vogal nasal do presente estudo, reconheceu-se as três fases bem definidas, principalmente na condição experimental pI. Porém para as demais condições experimentais (pII, p10, p20, p30), nas quais houve um acoplamento relevante das cavidades oral e nasal, ficou difícil esta separação, uma vez ele acompanhou todo o enunciado, e por isso, o murmúrio nasal não foi considerado no total da duração. Ao contrário, na literatura pesquisada, a duração foi considerada como vogal nasal + murmúrio, e todos concordam em seus estudos, que a vogal nasal é mais longa que a vogal oral em contexto tônico. Sugere-se, desta forma, que seja feita a extração da duração do murmúrio nasal (ao menos da condição pI) para fins de comparação com a literatura.

Ao mesmo tempo, não se pode afirmar que o achado deste trabalho é contrário ao de Sousa (1994), Jesus (2002) e Seara (2000). A literatura trás (Barbosa, 1996), que há uma

tendência de preservação da duração das unidades vogal-vogal (VV)³¹, a fim de manter a estrutura rítmica e entoacional do enunciado, i.e essas unidades tendem a manter o mesmo tamanho se tiverem a mesma força prosódica. Por isso, em um contexto controlado, no qual as vogais estão em posição tônica (como é o caso em questão), a unidade VV em que está inserida a vogal oral (vogal + tempo de oclusão para o [t] + [t]) tende a ter o mesmo tamanho da unidade em que está inserida a vogal nasal (vogal nasal + murmúrio + tempo de oclusão para o [t] + [t]). Faz-se acreditar, portanto, que o fato de a vogal nasal ser menor que a vogal oral neste estudo, deve-se à maior quantidade de fones dentro da unidade VV.

Para FN e Zero, a literatura sempre trás estes dois parâmetros juntos, como par pólo-zero. O presente estudo mostra que os gráficos de ambos se comportam de maneira visualmente semelhante, embora haja diferenças nos valores em cada condição estudada, bem como na análise estatística.

Para as condições p0e (sem abertura VF) e p10 (10mm²), o formante nasal (FN) foi observado na região entre F1 e F2 (850 Hz a 1200 Hz), o que foi reportado também por Behlau (1984), Maeda (1984) e Vieira (2004). Nestas condições (p0e e p10), o Zero foi observado na região de 3000Hz, porém na p10 não foi possível observá-lo em algumas amostras. Para a condição experimental p20 (20mm²) o valor de FN foi (pouco) maior que nas condições anteriores e apresentou uma variabilidade maior (entre 750Hz e 1500Hz), assim como do Zero que ora estava em 2500Hz, ora em 3500Hz. Vê-se que esta condição ora possui valores próximos às condições p0e e p10, ora às condições pII e p30.

As condições p30 (30mm²) e pII (sem prótese) apresentaram valores (bem) mais altos de Zero e FN que as demais, com desvios padrão também grandes, sendo a pII ainda maior que p30. Para p30, o Zero esteve na região de 3500Hz, enquanto que o FN estava na região de 1200 Hz, por vezes suprimindo o F2. Na pII, o FN estava na região de 1800 Hz por vezes suprimindo o F3, e para o Zero a variabilidade foi grande, podendo ser visto ora em 3500 ora em 5000Hz. Estas diferenças na pII para o FN e o Zero foram comprovadas estatisticamente. Achados semelhantes aos deste estudo foram reportados por Maeda (1984), que também encontrou grande variabilidade na área de inserção de FN. Jesus

31 Intervalo que vai do onset da vogal até o onset da vogal seguinte, incluindo todas as consoantes dentro dele.

(2002) considerou em seu estudo que os formantes nasais (FNs) não foram facilmente identificados, e quando vistos, ocorreram também na região de F1 e F2. Já Picket (1980), observou presença de anti-ressonâncias (Zeros), também nas vizinhanças de F2 e F3 por vezes reduzindo ou mesmo cancelando estes formantes. A eliminação de F3 pela inserção de uma anti-ressonância nesta região também foi reportada por Bloomer e Peterson (1955), House e Stevens (1956), Schwartz (1968), Fant (1970), e Kent, Liss e Philips (1989).

Enfim, relacionam-se os achados da avaliação perceptivo-auditiva com os dados de FN e Zero para a espectrografia. O fato de a condição com abertura velofaríngea de 10mm² (p10) ter sido julgada como “normal” durante a leitura do texto oral, pode estar ligado aos formantes nasais (FNs) e os anti-formantes (Zeros) desta condição, os quais tiveram valores semelhantes aos dos FNs e Zeros na condição sem abertura velofaríngea (prótese íntegra). Além disso, não foram observados FNs e Zeros nas vogais orais, ao contrário do achado para as demais condições (p20, p30, pII). Também a condição p20 pareceu ser uma região de transição para a nasalidade, dada às características de FN e Zero que ora possui valores próximos às condições p0e e p10, ora às condições pII e p30, o que também pode confirmar o achado da avaliação, na qual houve 60% de concordância para hipernasalidade de fala (lembrando que foi a única condição de decisão não unânime entre os juízes). Isto vai de encontro com a citação de Fugimura (1960), que afirma que para a identificação das vogais nasais, as anti-ressonâncias produzidas pela cavidade oral, devido ao acoplamento nasal são essenciais.

5.3 Comentário Final

É importante colocar, que algumas limitações são inerentes aos estudos desta natureza. Neste caso, citam-se os seguintes fatos: a) o de ter sido realizado com um único sujeito integrante do programa de terapia intensiva do setor de prótese de palato do HRAC/USP; b) o de ser realizado com produções em contexto limitado e não com amostras de fala espontânea ou semi-espontânea; e c) o de ter necessidade de replicar a prótese original uma vez que não é possível introduzir orifícios na prótese de uso diário do sujeito devido ao risco de danificar a prótese e prejudicar o processo de reabilitação do sujeito.

Outra limitação que surgiu no início do estudo, porém que pôde ser resolvida, foi o fato de a primeira réplica da prótese com o furo não ter sido apropriada. Esta réplica possuía o bulbo chato, do tipo “bolacha” (com mínima dimensão vertical), e por isso com a inserção do furo, pôde-se perceber pelo exame nasoendoscópico que o palato mole sobrepunha-se ao bulbo na tentativa de vedar o orifício. Sendo assim, uma nova réplica da prótese foi construída, respeitando-se as dimensões horizontais da prótese original porém aumentando as dimensões verticais, criando o bulbo do tipo “torre”. Portanto, controlou-se perfeitamente o tamanho dos orifícios, garantindo que as estruturas móveis responsáveis pelo fechamento velofaríngeo não interferissem nas suas dimensões.

Ressalta-se que, durante produção de contexto oral, conforme sugerido por Warren (2004), apesar da magnitude da pressão intraoral, do grau de esforço respiratório e da quantidade de emissão de ar nasal variar de indivíduo para indivíduo na presença da inadequação velofaríngea, o tanto que estas variações afetam a percepção dos vários aspectos da fala ainda não é bem conhecido. Este estudo é o primeiro ensaio nacional com o objetivo de documentar achados acústicos decorrentes da diminuição da pressão intraoral e da perda da resistência velofaríngea associadas a aberturas velofaríngeas de tamanho controlado, sendo que os dados aqui apresentados justificam a continuidade de estudos nesta área de forma que possam promover um melhor entendimento da relação entre tamanho da abertura velofaríngea e a presença da hipernasalidade de fala.

Sugerem-se, por exemplo, estudos posteriores, investigando a relação da vogal [ẽ] em posição tônica com a vogal [a] em posição pós-tônica, a fim de melhor resolver a questão da posição da mandíbula para o F1, eliminando esta variável para a nasalidade. E ainda, estudos com a vogal [i], uma vez que esta possui uma maior diferença entre F1 e F2, possibilitando uma melhor visualização do movimento destes formantes e a relação deles com os fatores intrínsecos à nasalidade de fala.

CONCLUSÃO

6 CONCLUSÃO

Foram encontradas as seguintes características espectrográficas das vogais [a] e [ẽ] em diferentes condições de abertura velofaríngea:

- Valores de F1, F2 e F3, para a condição p0e em ambas as vogais, foram de um modo geral, semelhantes aos encontrados na literatura, para sujeitos normais falante do Português Brasileiro;
- Em geral, o acréscimo da nasalidade devido às condições de abertura velofaríngea, provocou um rebaixamento dos formantes (perda global de energia), deslocamento dos formantes para a esquerda na análise *Cepstrum*;
- Valores de F1 significativamente mais altos para [a] que para [ẽ], em todas as condições (controles e experimentais);
- Valores de F2 obtidos para a vogal [a] nas condições p20 e p30 foram significativamente mais baixos do que nas demais condições, aproximando-se dos valores para a vogal [ẽ];
- Valores de F3 não demonstraram diferença significativa para as vogais, em todas as condições;
- Queda brusca de energia espectral (suavização da curva) na região pós F3, e algumas vezes pós F2, para as condições pII e p30, em ambas as vogais;
- Duração (ms) da vogal [a] mostrou-se significativamente maior que a duração da vogal [ẽ] (vogal nasal – murmúrio nasal);
- Houve relação entre os achados de FN e Zero com a avaliação perceptivo-auditiva, para as condições p10 e p20;
- Achados espectrográficos não refletiram relação linear entre valores de formantes e de duração, para os diferentes tamanhos de abertura velofaríngea.

Foram encontradas as seguintes características nasométricas dos pares mínimos “pato e mato” e “panto e manto”, em diferentes condições de abertura velofaríngea:

- Valores maiores de nasalância (mais altos) nas condições sem abertura que com abertura, de modo geral;
- Valores de nasalância maiores para “panto e manto”, que para “pato e mato” nas condições controles (sem abertura);
- Achados paradoxais entre nasalância (“pato”, na condição controle) e avaliação perceptivo-auditiva (leitura de texto oral), em contexto oral, onde o valor de nasalância foi acima do valor esperado para falantes sem hipernasalidade e o achado perceptivo-auditivo indicou ausência de hipernasalidade;
- Valores de nasalância significativamente maiores para as condições pII (sem prótese) e p30 (30mm²), confirmando julgamento auditivo (hipernasalidade de fala);
- Achados nasométricos não refletiram relação linear entre valores de nasalância e os diferentes tamanhos de abertura velofaríngea.

REFERÊNCIAS

7 REFERÊNCIAS

ANDERSON, R.T. (1996). Nasometric values for normal Spanish-speakers females: a preliminary reports. *Cleft Palate Craniofacial Journal*. v.33, n.4, p.333-336.

BAKEN, R.J.; ORLIKOFF, R.F. (2000). Velopharyngeal Function. In: _____. *Clinical measurement of speech and voice*. 2nd Ed. USA: Singular. c. 11, p. 453-510.

BALL, M.J. (1993). *Phonetics for Speech Pathology*. 2th Ed. Londres: Whurr Publishers Ltd.

BARBOSA, P.A. (1996). At least two macrorhythmic units are necessary for modeling Brazilian Portuguese duration. *Proceedings of the first ESCA Tutorial and Research Workshop on speech production modeling*. p. 85-88.

BARBOSA, P.A.; ALBANO, E.C. (2004). Illustrations of the IPA – Brazilian Portuguese. *Journal of the International Phonetic Association*. v. 34, n. 2. p. 227-232.1

BEHLAU, M.S. (1984). Uma análise das vogais do Português Brasileiro falado em São Paulo: perceptual, espectrográfica de formantes e computadorizada de frequência fundamental. São Paulo. 123p. [*Dissertação (Mestre)* – Escola Paulista de Medicina].

BEHLAU, M.S.; PONTES, P.A.; GANANÇA, M.M.; TOSI, O. (1988). Análise espectrográfica de formantes das vogais do Português Brasileiro. *Acta Awho*. v. 7, n. 2, p. 74-85.

BERNTHAL, J.E.; BEUKELMAN, D.R. (1977). The effect of changes in velopharyngeal orifice area on vowel intensity. *Cleft Palate Journal*. v. 14, 63-77.

-
-
- BLOOMER, H.; PETERSON, G. (1955). A spectrographic study of hypernasality. *Cleft Palate Bulletin*, n. 5. p. 5-6.
- BOONE, D.; PLANTE, E. (1994). *Comunicação Humana e seus Distúrbios*. Porto Alegre: Artes Médicas. 2ªed, p. 124.
- BOONE, D.; McFARLANE, S.C. (1994). *A voz e a terapia vocal*. 5ª Ed. Porto Alegre: Artes Médicas. Tradução: Sandra Costa.
- BRADLEY, D. (1997). Congenital and acquired velopharyngeal inadequacy. In: BZOCH, K.R. *Communicative Disorders – Related to Cleft Lip and Palate*. 4th Ed. Austin: Pro-Ed. p. 223-243.
- BUDER, E.H. (2000). Acoustic analysis of voice quality: a tabulation of algorithms 1902-1990. In: KENT, R.D.; BALL, M. *Voice quality measurement*. Canadá: Singular.
- BZOCH, K. (1979). *Communicative Disorders – Related to Cleft Lip and Palate*. 2nd. Boston: Little Brown and Company.
- BZOCH, K. (2004). *Communicative Disorders – Related to Cleft Lip and Palate*. Austin: Pro-Ed.
- CALLOU, D.; LEITE, Y. (1990). *Iniciação à Fonética e à Fonologia*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar. p. 13; 14.
- CAPELOZZA FILHO, L.; ÁLVARES, A.L.G.; ROSSATO, C., VALE, D.M.V.; JANSON, G.R.P.; BELTRAMI, L.E.R. (1988). Conceitos vigentes na etiologia das fissuras lábio-palatinas. *Rev Bras Cirurg*. n.78. p. 233-40.
- CASAL, C.; DOMINGUES, C.; FERNÁNDEZ, A.; SARGET, R.; MARTINEZ-CELDRÁN, E.; SENTÍS-VILALTA, J.; GAY-ESCODA, C. (2002). Spectrographic

measures of the speech of Young children with cleft lip and palate. *Folia Phoniatr Logop.* v. 54, p. 247-257.

CASE, J.L. (1996). *Clinical management of voice disorders*. Pro-Ed: Texas.

COLEMAN JR, R.O. (1963). *The effect of changes in width of velopharyngeal aperture on acoustic and perceptual properties of nasalized vowels*. Illinois. [Tese (Doutor) – Northwestern University].

CROFT, C.B.; SHPRINTZEN, R.J.; RAKOFF; S.J. (1981). Patterns of velopharyngeal valving in normal and cleft palate subjects: a multiview videofluoroscopic and nasendoscopic study. *The Laryngoscope*. v. 91, n. 2, p. 265-71.

DALSTON, R.M.; WARREN, D.W.; DALSTON, E.T. (1991). Use of nasometry as a Diagnostic tool for indenfyng patients with velopharyngeal impairment. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*. v. 28, n.2. p. 185-189.

DALSTON, R.M.; NEIMAN, G.S.; GONZALEZ-LANDA, G. (1993). Nasometric Sensitivity and Specificity: A cross-dialect and cross culture study. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*. v. 30, n.3. p. 285-291.

DALSTON, R.M. (2004). The use of nasometry in the assessment and remediation of velopharyngeal inadequacy. In Bzoch, K.R. *Communicative Disorders related to cleft lip and palate*. 5ed. Austin: Pro-ed. p. 495-516.

DEJONCKERE, P.H.; HOGEN ESCH, T.T. (2003). Nasometric assessment of hypernasality in children: optimalized speech material and normative values. *International Congress Series*. v. 1254, p. 169-173.

DICKSON, D.R. (1962). An acoustic study of nasality. *Journal of Speech and Hearing Research*. v. 5, p. 103-111.

DUTKA, J.C.R. (1996). Relationship between perceptual ratings of nasality during cul-de-sac testing and nasalance scores. Florida, 125p. [Tese (Doutor) – University of Florida].

FANT, G. (1958). *Modern instruments and methods for acoustic studies of speech*. Suécia: Acta Polytechnica Scandivaica.

FANT, G. (1970). *Acoustic theory of speech production*. The Hague: Mouton.

FARMER, A. (1997). Spectrography. In: BALL, M.J.; CODE, C. *Instrumental clinical phonetics*. 1st Ed. USA: Singular. p. 22-63.

FLECHTER, S.G. (1970). Theory and instrumentation for quantitative measurement of nasality. *Cleft Palate Journal*. v. 7. p. 601-609.

FLECHTER, S.G. (1978). *Diagnosing speech disorders from cleft palate*. New York: Grune & Statton.

FLETCHER, S.G.; ADAMS, L.E.; MCCUTCHEON, M.J. (1989). Cleft palate speech assessment through oral-nasal acoustic measures. In: BZOCH, K.R. *Communicative disorders related to cleft lip and palate*. 3th. Boston: College-Hill Press. p. 246-257.

FOLKINS, J.W. (1988). Velopharyngeal nomenclature: incompetence, indadequacy, insufficiency, and dysfunction. *Cleft Palate Journal*. v. 25, n. 4, p. 413-6.

FRY, D. (1979). *The physics of speech*. Cambridge: University Press.

FUJIMURA, O. (1960). Spectra of nasalized vowels. *Quarterly progress report*. v.58, p. 214-8.

GENARO, K.F.; YAMASHITA, R.P.; TRINDADE, I.E.K. (2004). Avaliação clínica e instrumental na fissura palatina. In: FERREIRA, L.P.; BEFI-LOPES, D.M.; LIMONGI, S.C.O. *Tratado de Fonoaudiologia*. São Paulo: Roca. c. 36, p. 456-77.

GOOCH, J.L.; HARDIN-JONES, M.; CHAPMAN, K.; TROST-CARDAMONE, J.; SUSSMAN, J. (2001). Reability of listener judgments of compensatory articulations. *Cleft Palate Craniofacial Journal*. v. 38.

HARDIN, M.A.; VAN DEMARK, D.R.; MORRIS, H.L.; PAYNE, M.M. (1992). Correspondence between Nasalance Scores and Listener Judgments of Hypernasality and Hyponasality. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*. v. 29, n.4 p.346-351.

HENNINGSSON, G.; ISBERG, A. (1987). Influence of palatal fistulae on speech and resonance. *Folia Phoniatica*. v. 39, p. 183-191.

HOUSE, A.S.; STEVENS, K. N. (1956). Analog studies of the nasalization of vowels. *Journal of Speech and Hearing Disorders*. v. 21, n. 2, p. 218-32.

JESUS, M.S.V. (2002). Estudo fonético da nasalidade vocálica. In: REIS, C. *Estudos em fonética e fonologia do Português*. Série Estudos Lingüísticos. Belo Horizonte: Fale-UFMG. p. 205-222.

JOHNSON, K. (1997). Nasals and Laterals. In: *Acoustic and auditory phonetics*. Blackwell Publishers Inc: USA. p. 141-160.

KARNELL, M.P. (1995). Nasometric Discrimination of hypernasality and turbulent nasal airflow. *Cleft Palate Craniofacial Journal*. v. 32, n. 2, p. 145-148.

KENT, L. (1966). *The effects of oral-to-nasal coupling on the perceptual, physiological, and acoustical characteristics of vowels*. Unpublished Ph.D. dissertation, University of

Iowa *apud* FOLKINS, J.W. (1988). Velopharyngeal nomenclature: incompetence, inadequacy, insufficiency, and dysfunction. *Cleft Palate Journal*. v. 25, n. 4, p. 413-6.

KENT, R.D.; LISS, J.; PHILIPS, B.J. (1989). Acoustic analysis of velopharyngeal dysfunction in speech. In: BZOCH, K. *Communicative Disorders – Related to Cleft Lip and Palate*. Boston: Little Brown. p. 258-270.

KENT, R.D. (1997). Acoustic Phonetics. In: _____. *The Speech Sciences*. Singular: San Diego. p. 329-370.

KENT, R.D.; READ, C. (1992). *The Acoustic Analysis of Speech*. Singular: San Diego. p. 14; 18; 22-27; 87-100.

KUMMER, A.W. (2001). *Cleft Palate and Craniofacial Anomalies – Effects on Speech and Resonances*. San Diego: Singular.

LADEFOGED, P. (2001). *A course in phonetics*. Fourth Edition. Harcourt College Publishers: Los Angeles. p. 13; 171-178.

LAMPRECHT RR.; BONILHA, G.F.G.; FREITAS, G.C.M.de; MATZENAUER, C.L.B.; MEZZOMO, C.L.; OLIVEIRA, C.C.; RIBAS, L.P. (2004). *Aquisição Fonológica do Português – Perfil de desenvolvimento e subsídios para terapia*. Porto Alegre: Artmed. p. 215; 217.

MAEDA, S. (1982). Acoustic cues of vowel nasalization: a simulation study. Comunicação feita no 104 *Encontro da Sociedade Acústica da América*. Flórida. p. 27-36.

MAEDA, S. (1984). Une paire de pics spectraux comme corrélat acoustique de la nasalisation des voyelles. Comunicação feita no 13^{ème} *J.E.P.* Bruxelles, p. 223-24.

MAEDA, S. (1993). Acoustics of vowel nasalization and articulatory shift in french nasal vowels. In: HUFFMAN, M.K.; KRAKOW, R.A. *Nasals, nasalization and the velum*. Academic: New York. p. 147-167.

MAIA, E.M. (1991). *No reino da fala: a linguagem e seus sons*. 3^a ed, Série Fundamentos. São Paulo: Ática.

MARINO, V.C.C. (2001). *Effects of Experimental Palatal Fistulas on Tongue Movement*. Florida, 156p. [Tese (Doutor) – University of Florida]

MARINO, V.C.C.; WILLIAMS, N.W.; WHARTON, P.W.; PAULK, A.F.; DUTKA-SOUZA, J.C.R.; SCHULZ, G.M. (2005). Immediate and Sustained Changes in Tongue Movement With an Experimental Palatal “Fistula”: A Case Study. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*. v. 42, n. 3. p. 286–296.

MASSENGILL, R. (1972). *Hypernasality: Considerations in cause and treatment procedures*. Charles C Thomas Publisher: Springfield, ILL. p. 16-17.

METTER, E.J. (1991). *Distúrbios da fala – Avaliação Clínica e Diagnóstico*. Rio de Janeiro: Enelivros. p. 8-11.

MINIFIE, F.D.; NIXON, T.J.; WILLIAMS, F. (1973). *Normal Aspects of Speech, Hearing and Language*. Englewood Cliffs: New Jersey.

OHDE, R.N.; SHARF, D.J. (1992). Analysis of Vowels, Glides, and Liquids. In: _____. *Phonetic Analysis of Normal and Abnormal Speech*. New York: Ann Castel. c. 3, p. 39-75.

PARKER, A.J.; MAW, A.R.; SZALLASI, F. (1989). An objective method of assessing nasality: A possible aid in the selection for adenoidectomy. *Clinical Otolaryngology*. v. 14, p. 161-166.

PARKER, A.J.; CLARKE, P.M.; DAWES, P.J.; MAW, A.R. (1990). A comparison of active anterior rhinomanometry and nasometry in the objective assessment of nasal obstruction. *Rhinology*. v. 28, p. 47-53.

PEGORARO-KROOK, M.I. (1995). *Avaliação da fala de pacientes que apresentam inadequação velofaríngea e que utilizam prótese de palato*. São Paulo. 130p. [Tese (Doutor) – Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina].

PEGORARO-KROOK, M.I.; DUTKA-SOUZA, J.C.R. (2005). *Curso de fonoterapia para pacientes com prótese de palato*. 21 e 22 de outubro. HRAC-USP. Bauru.

PETERSON, G. (1959). Vowel formant measurements. *J. Speech Res.* v. 2, p. 173-83.

PETERSON, G. (1961). Parameters of voice quality. *J. Speech Res.* v. 4, p. 10-29.

PETERSON, G.; BARNEY, H.L. (1952). Control methods used in a study of vowels. *J. Acoust. Soc. Amer.* v. 24, p. 175-84.

PETERSON, S.J. (1973). Velopharyngeal closure: some important differences. *Journal Speech Disorders*. v. 38, p. 89-97.

PETERSON-FALZONE, S.J.; HARDIN-JONES, M.A.; KARNELL, M.P. (2001). Communication disorders associated with cleft palate. In: _____. *Cleft Palate Speech*. 3th Ed. Mosby: USA. p.162-163; 172; 182.

PHILIPS, B.J.; KENT, R. (1984). Acoustic-phonetic descriptions of speech production in speakers with cleft palate and other velopharyngeal disorders. In: LASS, N. *Speech and language: advances in basic research*. Academic-Press: New York.

-
-
- PICKETT, J.M. (1980). *The sounds of speech communication: a primer of acoustic phonetics and speech perception*. Baltimore: University Park Press.
- PICKETT, J.M. (1991). Consoants: nasal, stop and fricative manners of articulation”. In: *Readings in Clinical Spectrography of Speech*. San Diego: Singular Publish Group Inc. and Kay Elemetrics Corp. p. 113-123.
- PINHO, S.M.R.; CAMARGO, Z. (1998). Laboratório da voz e fala. In: FOZ, F.B.; PICCARONE, M.L.C.D.; BURSZTYN, C.S. *A tecnologia informática na fonoaudiologia*. Plexus: São Paulo. c. 10, p. 135-146.
- PINHO, S.M.R.; CAMARGO, Z. (2001). Introdução à análise acústica da voz e da fala. In: PINHO, S.M.R. *Tópicos em voz*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. cap. 2.
- PRESS, W.H; TEUKOLSKY, S.A.; VETTERLING, W.T.; FLANNERY, B.P. (1992). Numerical Recipes. In: *C: the art of scientific computing*. 2nd Ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- RICHTNER, U.E.M. (1986). *Effects of experimental palatal fistulas on speech and resonance*. Florida. [Tese (Doutor) – University of Florida].
- RUSSO, I.C.P.; BEHLAU, M.S. (1993). *Percepção da Fala: Análise Acústica do Português Brasileiro*. São Paulo: Lovise.
- RUSSO, I.C.P. (1999). Acústica e psicoacústica aplicadas à Fonoaudiologia. 2ªEd. São Paulo: Lovise. p. 151-156.
- SANTELMANN, L.; SUSSMAN, J.; CHAPMAN, K. (1999). Perception of middorsum palatal stops from speech of three children with repaired cleft palate. *Cleft Palate Craniofacial Journal*. v. 36, n. 3, p. 233-242.

SAPIENZA, C.M.; BROWN, W.S.; WILLIAMS, W.N.; WHARTON, P.W.; TURNER, G.E. (1996). Experimental coupling of oral and nasal cavities. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*. March, v. 33, n. 2, p.118-126.

SCHWARTZ, M.F. (1968). The acoustics of normal and nasal vowel production. *Cleft Palate Journal*. v. 5, p. 125-140.

SCHWARTZ, M.F. (1971). Acoustic measures of nasalization and nasality. In: GRABB W.C.; ROSENSTEIN, S.W.; BZOCH, K.R. *Cleft Lip and Palate*. Little, Brown: Boston. p. 798-804.

SCHWARTZ, M.F. (1979). Acoustic measures of nasalization and nasality. In: BZOCH, K.R. *Communicative Disorders Related to Cleft lip and palate*. 2nd Little Brown and Company: Boston. p. 263-268.

SEARA, I.Z. (2000). *Estudo Acústico-Perceptual da nasalidade das vogais do Português Brasileiro*. Florianópolis, 271p. [Tese (Doutor) – Universidade Federal de Santa Catarina].

SEAVER, E.J.; DALSTON, R.M.; LEEPER, H.Á.; ADAMS, L.E. (1991). A study of nasometric values for normal nasal ressonance. *Journal of Speech and Hearing Research*. v. 34, p 715-721.

SHAMES, G.H.; WIIG, E.H. (1986). *Human communication disorders*. 2nd Ed. Merrill: Columbs. p. 464.

SKOLNICK M.L.; MCCALL G.N.; BARNES M (1973). The sphincteric mechanism of velopharyngeal closure. *Cleft Palate Journal*. v.10. p. 286-305.

SPEAKS, C.E. (1999). *Introduction to Sound – Acoustics for the Hearing and Speech Sciences*. 3th Ed. San Diego: Singular. p. 186.

STEVENS, K.N.; FANT, G.; HAWKINS, S. (1987). Some acoustical and perceptual correlates of nasal vowels. In: CHANNON, R.; SHOCKEY, L. *For Ilse Lehiste*. Foris: Holanda. p. 241-54.

STEVENS, K. (1999). Vowels: Acoustics events with a relatively open vocal tract. In: _____. *Phonetics Acoustics*. c. 6. p.257-322.

SOUZA, E.G. (1994). Para caracterização fonético acústica da nasalidade do Português Brasileiro. 140p. [*Dissertação (Mestre)* – Universidade Estadual de Campinas].

SUGUIMOTO, M.L.C.P.; PEGORARO-KROOK, M.I. (1995). Avaliação nasométrica em adultos normais falantes do português brasileiro. *Revista de Atualização Científica*. v. 7, n. 2. p.03-09.

TRINDADE, I.E.K.; GENARO, K.F.; DALSTON, R.M. (1997). Nasalance scores of normal brazilian portuguese speakers. *The Brazilian Journal of Dysmorphology and Speech Hearing Disorders*. v.1. p. 23-34.

TROST, J.E. (1981). Articulatory additions to classical description of the speech of persons with cleft palate. *Cleft Palate Journal*. v.18, n. 3, p. 193-203.

TROST-CARDAMONE, J.E. (1989). Coming to terms with VPI: A response to Loney and Bloem. *Cleft Palate Journal*. v. 26, n. 1, p. 68-70.

VIEIRA, J.M. (2003). *Perfil Espectrográfico da hipernasalidade de fala de mulheres portadoras de fissura palatina*. São Carlos, 209p. [*Dissertação (Mestre)* – Universidade de São Paulo].

WARREN, D.W.; DEVEREUX, J.L. (1966). Na analog study of cleft palate speech. *Cleft Palate Journal*. v. 3, p. 103-114.

WARREN, D.W. (1967). Nasal emission of air and velopharyngeal function. *Cleft Palate Journal*. v. 4, p. 148-156.

WARREN, D.W. (1979). PERCI A method for rating palatal efficiency. *Cleft palate Journal*. v.16, p. 279-285.

WARREN, D.W. (1986). Compensatory speech behaviors in cleft palate a regulation; a control phenomenon . *Cleft palate Journal*. v.23, p.251-280.

WARREN, D.W.; DALSTON, R.M.; MORR, K.E.; HAIRFIELD, W.M.; SMITH, L.R. (1989). The speech regulating system: temporal and aerodynamic responses to velopharyngeal inadequacy. *Journal of Speech and Hearing Research*. v. 32, p. 566-575.

WARREN, D.W.; DALSTON, R.M.; MAYO, R. (1994). Hypernasality and velopharyngeal impairment. *Cleft Palate Craniofacial Journal*. v. 31, p. 257-262.

WARREN, D.W. (2004). Aerodynamic assessment and procedures to determine extent of velopharyngeal inadequacy. In Bzoch, K.R. *Communicative Disorders related to cleft lip and palate*. 5ed. Austin: Pro-ed. p. 595-628.

WATTERSON, T.; LEWIS, K.E.; DEUTSCH, M.S. (1998). Nasalance and Nasality in low pressure and high pressure speech. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*. v. 5, n.4, p. 293-298.

WILLIAMS, R.G.; PREECE, M.; RHYS, R.; ECCLES, R. (1992). The effect of adenoid and tonsil surgery on nasalance. *Clinical Otolaryngologica*. v. 110, p. 136-140.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Carta de Informação apresentada ao sujeito participante do estudo.**CARTA DE INFORMAÇÃO**

Você está sendo convidado a participar do estudo intitulado “PERFIL ESPECTROGRÁFICO E NASOMÉTRICO DA VOGAL /a/ E SUA CONTRAPARTE [ẽ] EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE ABERTURA VELOFARÍNGEA”, que tem por objetivo descrever o perfil espectrográfico e nasométrico da vogal /a/ durante a produção de fala em condições de abertura velofaríngea de tamanhos controlados.

Para isso, sua fala será gravada no computador e também no nasômetro. As gravações serão obtidas, enquanto você lê as frases solicitadas pelo pesquisador, durante o uso de uma réplica da sua prótese de palato, na qual serão introduzidas perfurações de diferentes tamanhos na parte posterior desta, denominada bulbo faríngeo. Serão também realizados exames de Nasoendoscopia e da Técnica de Fluxo-Pressão (PERCI), para acompanhamento das mudanças do padrão de movimentação do Mecanismo Velofaríngeo, para cada condição de abertura velofaríngea. Todos estes exames já são de seu conhecimento, por estarem incluídos na rotina de acompanhamento dos pacientes do Setor de Prótese de Palato, no Laboratório de Fonética Experimental.

Ressaltamos que estes procedimentos não causarão nenhum risco a sua saúde, e você estará colaborando para os conhecimentos da ressonância de fala.

Qualquer dúvida a respeito da análise espectrográfica, bem como de assuntos relacionados ao estudo serão esclarecidos. Vale lembrar que suas emissões constituirão um banco de dados que poderá ser utilizado em outros estudos posteriormente.

Ressaltamos que sua participação no estudo é inteiramente voluntária. A não aceitação em participar do mesmo, sem expor as razões, assim como a desistência de sua participação não prejudicará seu tratamento no HRAC/USP. Sua identidade será mantida em sigilo. As informações obtidas no estudo serão divulgadas apenas na literatura especializada.

Dúvidas ou reclamações poderão ser feitas diretamente ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), do HRAC-USP, pelo endereço: Rua Silvio Marchione, 3-20 Bauru-SP, ou pelo telefone (014) 2358421.

Aveliny Mantovan Lima
Mestranda

Jeniffer C. R. Dutka-Souza
Orientadora

Endereço Institucional (R. N°): **Rua Silvio Marchione, 3-20**
Cidade: **Bauru** Estado: **SP** CEP: **17043-900**
Telefone: **(014) 235-8000** Ramal: **8432**

APÊNDICE B – Termo de consentimento Livre e Esclarecido apresentado ao sujeito participante do estudo.

TERMO DE CONSENTIMENTO

Eu, _____,
portador de RG nº _____, residente à rua
_____ nº _____ na cidade de
_____ estado _____, após leitura minuciosa da CARTA DE
INFORMAÇÃO, devidamente explicada pelos profissionais em seus mínimos detalhes,
ciente dos procedimentos aos quais serei submetido, concordo em participar na pesquisa
de Título: **“PERFIL ESPECTROGRÁFICO DA VOGAL [a] E SUA
CONTRAPARTE [ẽ] EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE ABERTURA
VELOFARÍNGEA”**, realizada por Aveliny Mantovan Lima, fonoaudióloga CRF^a
13817, sob orientação da Dr^a Jeniffer Cássia Rillo Dutka-Souza.

**Estou ciente e de acordo com os termos de realização deste estudo, não
restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e explicado, firmo meu
CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO concordando em participar da
pesquisa proposta.**

Bauru, _____ de _____ de 2004.

Assinatura do Paciente

APÊNDICE C – Protocolo da Avaliação Perceptivo-Auditiva “Live”, para respostas das avaliadoras, durante a leitura do texto oral “A História do Urso Preto”.

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA

Nome do Avaliador: _____

CONDIÇÃO 1: _____

A) Texto Oral: “A História do Urso Preto”

Hipernasalidade: () presente () ausente

CONDIÇÃO 2: _____

A) Texto Oral: “A História do Urso Preto”

Hipernasalidade: () presente () ausente

CONDIÇÃO 3: _____

A) Texto Oral: “A História do Urso Preto”

Hipernasalidade: () presente () ausente

CONDIÇÃO 4: _____

A) Texto Oral: “A História do Urso Preto”

Hipernasalidade: () presente () ausente

CONDIÇÃO 5: _____

A) Texto Oral: “A História do Urso Preto”

Hipernasalidade: () presente () ausente

CONDIÇÃO 6: _____

A) Texto Oral: “A História do Urso Preto”

Hipernasalidade: () presente () ausente

CONDIÇÃO 7: _____

A) Texto Oral: “A História do Urso Preto”

Hipernasalidade: () presente () ausente

CONDIÇÃO 8: _____

A) Texto Oral: “A História do Urso Preto”

Hipernasalidade: () presente () ausente

ANEXO

ANEXO A – Ofício de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do HRAC/USP/Bauru

Ofício nº 038/2004-UEP-CEP

Bauru, 30 de março de 2004.

Prezado(a) Senhor(a)

O projeto de pesquisa encaminhado a este Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, denominado “Perfil espectrográfico e nasométrico da vogal /a/ em diferentes condições de abertura velofaríngea”, de autoria de AVELINY MANTOVAN LIMA, desenvolvido sob sua orientação, foi enviado ao relator para avaliação.

Na reunião de 24 de março de 2004 o parecer do relator, **aprovando o projeto**, foi aceito pelo Comitê, considerando que não existem infrações éticas pendentes para início da pesquisa. Solicitamos a V.Sª a gentileza de comunicar o parecer à pesquisadora.

A pesquisadora fica responsável pela entrega na Unidade de Ensino e Pesquisa dos relatórios semestrais.

Informamos que após o recebimento do trabalho concluído, este Comitê enviará o parecer final para publicação.

Atenciosamente

PROF. DR. ROBERTO LOUREIRO MARINGONI
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa do HRAC-USP

Ilmo(a) Sr(a)

Dra. Jeniffer Cássia Rillo Dutka-Souza

Projeto Flórida – HRAC/USP