

Michele Gindri Vieira

**ESTUDO ACÚSTICO E AERODINÂMICO DAS CONSOANTES
NASAIS DO PORTUGUÊS BRASILEIRO: VARIEDADE DE
FLORIANÓPOLIS**

Tese submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Linguística da
Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau de
Doutor em Linguística
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Izabel
Christine Seara

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Vieira, Michele Gindri

Estudo acústico e aerodinâmico das consoantes
nasais do português brasileiro : variedade de
Florianópolis / Michele Gindri Vieira ; orientadora,
Izabel Christine Seara, 2017.
349 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Comunicação e Expressão,
Programa de Pós-Graduação em Linguística,
Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Linguística. 2. consoantes nasais. 3. análise
acústica. 4. análise aerodinâmica. 5. português
brasileiro. I. Seara, Izabel Christine. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Linguística. III. Título.

Michele Gindri Vieira

**ESTUDO ACÚSTICO E AERODINÂMICO DAS CONSOANTES
NASAIS DO PORTUGUÊS BRASILEIRO: VARIEDADE DE
FLORIANÓPOLIS**

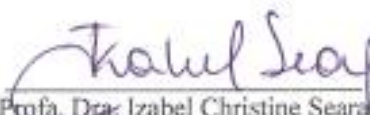
Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de
“Doutor em Linguística”, e aprovada em sua forma final pelo Programa
de Pós-Graduação em Linguística.

Florianópolis, 16 de maio de 2017.

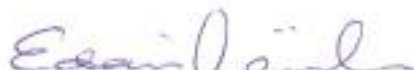


Prof. Dr. Marco Antônio Martins
Coordenador do Curso

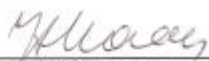
Banca Examinadora:



Prof. Dra. Izabel Christine Seara
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dra. Edair Maria Görski
Presidente
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. João Antonio de Moraes
Universidade Federal do Rio de Janeiro



Prof. Dr. Albert Rilliard
UFRJ (Brasil) - LIMSI/CNRS (França)



Profa. Dra. Mirian Rose Brum de Paula
Universidade Federal de Pelotas



Profa. Dra. Denise Cristina Kluge
Universidade Federal do Paraná



Profa. Dra. Carla Cristofolini
Prefeitura Municipal de São José e CEFAC

Este trabalho é dedicado:

Aos meus pais amados, Acioli Viçosi
Vieira e Neuza Lúcia Gindri Vieira,
pela dádiva da vida e por me
conduzirem ao longo dela.

Aos meus sobrinhos queridos, Nícolas,
Sofia e Lucas, pela experiência de ser
tia e por reforçarem o sentido de viver.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ao Programa de Pós-Graduação em Linguística (PPGL) e ao Laboratório de Fonética Aplicada (FONAPLI) da UFSC, pela oportunidade de ampliação do conhecimento científico.

Ao Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina - UNIEDU/FUMDES da Diretoria de Educação Superior (DIES) da Secretaria de Estado da Educação (SED), pelo financiamento.

À gerência e aos servidores do Centro Catarinense de Reabilitação/Centro Especializado em Reabilitação e da Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina, pela concessão da redução de carga horária para finalização do doutorado; e aos estimados profissionais, especialmente do serviço de Reabilitação Intelectual e Transtorno do Espectro do Autismo, pelo apoio e pela compreensão.

À Profa. Dra. Izabel Christine Seara, excelente professora e admirável orientadora, por seu exemplo profissional (e pessoal), sua generosidade em compartilhar os dados de seu Pós-Doutorado e todos os demais conhecimentos; sua disponibilidade, sabedoria e motivação nas orientações e atuação constante nesta tese e nas publicações científicas decorrentes de nossa pesquisa.

Aos participantes da pesquisa que doaram seu tempo e suas falas ao banco de dados do FONAPLI, contribuindo para as Ciências da Fala.

Aos professores do *Laboratoire de Phonétique et Phonologie*, da *Université Paris III – Sorbonne Nouvelle*, especialmente à Profa. Dra. Angelique Amelot, ao Prof. Dr. Shinji Maeda, à Dra. Lise Crevier-Buchman e ao Prof. Dr. Albert Rilliard; e aos profissionais do Laboratório de Circuitos e Processamento de Sinais, da UFSC; pelo desenvolvimento de ferramentas, pelo apoio para a coleta dos dados de fala e para as análises metodológicas.

Aos professores do PPGL, pelos ensinamentos e pela busca de saberes compartilhados, e aos colegas, pelo aprendizado ao longo do convívio acadêmico, especialmente à amiga Clara Simone Ignácio de Mendonça.

À Profa. Dra. Adelaide Hercília Pescatori Silva, do Programa de Pós-Graduação em Letras da Universidade Federal do Paraná (UFPR), e à Profa. Dra. Larissa Cristina Berti, do Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus Marília, pelos conhecimentos transmitidos na área de Fonologia Gestual.

Aos professores da banca examinadora de defesa do projeto de tese – Profa. Dra. Ana Paula Blanco-Dutra e Profa. Dra. Carla Cristofolini; e aos professores da banca examinadora de defesa desta tese, pela disponibilidade, atenção dispensada e contribuições científicas.

Aos colegas e amigos, Leonice Passarella dos Reis e Alison Roberto Gonçalves, pelo auxílio na língua inglesa. E à colega Enaiane Cristina Menezes, pelo auxílio com a análise estatística.

Ao Prof. Dr. Francisco José de Moraes Macedo, por ceder imagens ilustrativas e ao Design de Produto Jhonatas da Silveira, pela parceria em transformar meus rabiscos em maravilhosas ilustrações.

À Letícia Vanroo Westphal, ao Luís Fernando Toledo Orlando, à Elisa Lemos, ao José Fernando de Souza Fonseca e à Rosane Costa Weber, pelo auxílio na vitalização da saúde física, mental e espiritual.

Aos estimados amigos e familiares, aqui não nomeados para não incorrer no lapso do esquecimento, que mantiveram a torcida, o incentivo e a amizade ao longo desses quatro anos (e bem mais do que isso).

Ao meu amado Maurício Gariba Júnior, maior incentivador para essa jornada de estudos, pelo auxílio na informática e na revisão final, por respeitar meus momentos de distanciamento e, simplesmente, por estar sempre ao meu lado.

Aos meus queridos irmãos, por tudo que nos une, Vanessa Gindri Vieira, especialmente por ter me introduzido na arte da leitura e escrita, e Vinícius Gindri Vieira, também pelas soluções de informática.

Aos meus pais, Acioli e Neuza, pelo amor incondicional que ultrapassa o tempo e a distância.

À energia divina universal.

Gratidão!

“O importante não é a perfeição com a qual conseguimos realizar o que provém da vontade, e sim que, o que tiver de surgir, por mais imperfeito que venha a parecer, seja feito uma vez para que haja um começo.”

(Rudolf Steiner, 1988)

RESUMO

Esta tese aborda os sons nasais consonantais e seus aspectos acústicos e aerodinâmicos. Objetiva investigar como se caracterizam e se relacionam as propriedades acústicas e aerodinâmicas da consoante nasal palatal e suas variações e das consoantes nasais [m] e [n], produzidas na variação da consoante nasal palatal e na produção das consoantes nasais [m], [n] e [ɲ], por adultos falantes do português brasileiro (PB), da variedade de Florianópolis (Santa Catarina), com apoio teórico de modelos dinâmicos de produção da fala. Para isso, foram realizadas gravações de fala controlada (logatomas), com três participantes do sexo feminino e dois do sexo masculino. As medidas acústicas, coletadas por meio de microfone oral, foram sincronizadas às aerodinâmicas, obtidas com os instrumentos piezoelétrico e Estação EVA (*Evaluation Vocale Assistée*). Foram analisados parâmetros acústicos de duração relativa, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências, bem como parâmetros de fluxo aéreo oral e nasal (FAN) da curva aerodinâmica, de modo qualitativo e quantitativo testado estatisticamente. Os resultados da consoante nasal palatal indicaram produções fônicas gradientes ou contínuas, identificadas como consoante [ɲ] e semivogal nasalizada [j]. Os achados quanto aos sons nasais consonantais permitiram a caracterização de cada uma das consoantes nasais, o estabelecimento de critérios acústicos comuns para a classe das consoantes nasais e a distinção acústica e aerodinâmica entre as três consoantes nasais, principalmente por parâmetros acústicos (forma de onda, duração relativa, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências), e de modo menos relevante, por aspectos aerodinâmicos (configuração aerodinâmica, valores mínimos e do início da curva de FAN). As evidências apresentadas e discutidas nesta tese apontam para a integração das características acústicas e aerodinâmicas na descrição das consoantes nasais do PB e contribuem para um embasamento teórico na perspectiva dinâmica de produção da fala.

Palavras-chave: Consoantes nasais. Análises acústicas e aerodinâmicas. Português brasileiro.

ABSTRACT

The present dissertation investigates consonant nasal sounds and their acoustic and aerodynamic aspects. It seeks to characterize the acoustic and aerodynamic properties in the production of the variation of the palatal nasal consonant and of the nasal consonants [m], [n] and [ɲ] by adult speakers of Brazilian Portuguese (PB), whose variety is from Florianópolis (Santa Catarina), with the theoretical support of dynamic models of speech production. In order to do so, controlled speech recordings (pseudowords) were obtained from three female and two male participants. The acoustic measurements were collected with an oral microphone, whereas the aerodynamic measurements were obtained with piezoelectric instruments and an EVA Station (*Evaluation Vocale Assistée*). Both types of measurements were later synchronized. Acoustic parameters of relative duration, nasal formant frequencies and the intervals among these frequencies, as well as both oral and nasal air fluxes of the aerodynamic curve were analyzed, qualitatively and quantitatively with statistical treatment. The results of the palatal nasal consonant indicated gradient or continuous phonic production, identified as the consonant [ɲ] and the nasalized semivowel [j̃]. The findings of this study allowed the characterization of each of the nasal consonants, the establishment of common acoustic criteria for this class of nasal consonants, and the acoustic and aerodynamic distinction among the three nasal consonants, principally by acoustic parameters (waveform, relative duration, nasal formant frequencies and their intervals), and, in a less relevant way, by aerodynamic aspects (aerodynamic configuration, minimum values, and the beginning of the FAN curve). The evidence presented and discussed in this dissertation points to the integration of acoustic and aerodynamic characteristics in the description of BP nasal consonants and contributes to a theoretical framework in the dynamic perspective of speech production.

Key-words: Nasal consonants. Acoustic and aerodynamic analyzes. Brazilian portuguese.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração das variáveis do trato vocal e seus articuladores.....	45
Figura 2 – Ilustração esquemática da passagem do fluxo aéreo durante a produção de: (a) sons orais, incluindo vogais e consoantes; (b) vogais nasais e nasalizadas; (c) consoantes nasais.	51
Figura 3 – Exemplo de pautas gestuais da nasalização no PB.	52
Figura 4 – Representação das regiões articulatórias para as consoantes nasais do PB.	55
Figura 5 – Corte médio sagital do trato vocal ilustrando a configuração articulatória da consoante nasal bilabial [m]. Setas indicando os articuladores lábios e o movimento de abaixamento do véu palatino.	56
Figura 6 – Musculatura facial envolvida na produção da consoante nasal bilabial.	57
Figura 7 – Corte médio sagital do trato vocal demonstrando a configuração articulatória da consoante nasal alveolar [n]. Setas indicando os articuladores ponta de língua e região alveolar, e o movimento de abaixamento do véu palatino.	58
Figura 8 – Corte médio sagital do trato vocal ilustrando a configuração articulatória da consoante nasal palatal [ɲ]. Setas indicando os articuladores corpo da língua e região palatal, e o movimento de abaixamento do véu palatino.	59
Figura 9 – Corte médio sagital do trato vocal ilustrando os sistemas laríngeo e supralaríngeo. Setas indicam laringe, faringe (partes laríngea, oral e nasal), cavidade oral e cavidade nasal.	62
Figura 10 – Corte médio sagital do trato vocal ilustrando as estruturas da cavidade oral: mandíbula, lábio inferior, lábio superior, dentes, região alveolar, maxila, palato duro, língua e palato mole ou véu palatino.	64
Figura 11 – Corte médio sagital do trato vocal ilustrando as regiões anatômicas da língua: ponta, corpo e raiz.	65
Figura 12 – Músculos intrínsecos da língua, representados de modo esquemático.	66
Figura 13 – Representação esquemática dos músculos extrínsecos da língua. .	67
Figura 14 – Representação do posicionamento do véu palatino nos movimentos de abaixamento (1) e de elevação (2).....	68
Figura 15 – Corte médio sagital da cavidade nasal representando a parede lateral direita com as conchas nasais (superior, média e inferior) e com os meatos nasais (superior, médio e inferior). Indicação dos seios paranasais frontal e esfenoidal.....	69
Figura 16 – Esquema ilustrando a região do esfíncter velofaríngeo (EVF), representada pelo véu palatino, pela parede lateral direita da faringe e pela parede posterior da faringe.	71
Figura 17 – Músculo elevador do véu palatino: a) vista posterior do músculo elevador do véu palatino direito e esquerdo; b) vista medial do músculo elevador do véu palatino direito.....	72

Figura 18 – Músculo tensor do véu palatino: a) vista posterior do músculo tensor do véu palatino direito e esquerdo; b) vista medial do músculo tensor do véu palatino direito.	73
Figura 19 – Músculo palatofaríngeo: a) vista medial do músculo palatofaríngeo direito; b) vista anterior do músculo palatofaríngeo esquerdo.	73
Figura 20 – Músculo palatoglosso: a) vista medial do músculo palatoglosso direito; b) vista anterior do músculo palatoglosso esquerdo.	74
Figura 21 – Músculos do esfíncter velofaríngeo: visão anterior da cavidade oral.	75
Figura 22 – Músculos do esfíncter velofaríngeo: visão posterior das cavidades oral e nasal.	75
Figura 23 – Visão posterior do crânio seco, setas centrais representando as forças musculares que atuam no movimento do véu palatino. As setas representam os músculos: (1) levantador do véu palatino, (2) tensor do véu palatino, (3) palatoglosso e (4) palatofaríngeo.	76
Figura 24 – Duração dos gestos vélicos (abertura, platô e fechamento) das consoantes nasais [m] e [n] do português europeu.	84
Figura 25 – Imagens palatográficas das consoantes nasais [n] e [ɲ] do PB, segundo Reis e Espesser (2006).	86
Figura 26 – Imagens palatográficas das consoantes nasais [n] e [ɲ] do PB, ilustradas por Marchal e Reis (2012).	87
Figura 27 – Sequência de palatogramas para a consoante nasal alveolar [n] do PB.	87
Figura 28 – Palatogramas para: (a) consoante nasal palatal [ɲ] e (b) aproximante palatal nasalizada [j̃], do PB.	88
Figura 29 – Caracterização do murmúrio nasal: a) vogal nasal [ĩ] (P1 – pimpapa) e b) consoante [n] (P1 – penapa), com análise do espectro de frequências por meio de Fast Fourier Transform (FFT).	92
Figura 30 – Representação dos parâmetros acústicos das consoantes nasais.	94
Figura 31 – Representação do trato vocal durante a produção de [m] em (a), [n] em (b) e [ɲ] em (c), com sobreposição esquemática em forma de tubos acústicos.	97
Figura 32 – Esquematização acústica das três consoantes nasais do francês.	100
Figura 33 – Localização dos formantes (círculos preenchidos) e antiformantes (círculos vazados) das consoantes nasais do inglês.	102
Figura 34 – Espectrogramas de [m] e [n] pronunciados diante da vogal [a] na língua francesa.	103
Figura 35 – Fenômenos do fluxo aéreo nasal: (a) antecipação, (b) início sincrônico, final sincrônico, (c) progressivo e (d) atrasado.	122
Figura 36 – Equipamentos utilizados para a gravação dos dados acústicos e aerodinâmicos: microfone oral, microfone nasal e captador piezoelétrico.	133
Figura 37 – Equipamento utilizado para a gravação dos dados acústicos e aerodinâmicos: Estação EVA.	135

Figura 38 – Equipamento utilizado para a gravação dos dados articulatórios: fotonasografia, com (a) indicação do aparelho, (b) do procedimento de coleta e (c) representação interna.	136
Figura 39 – Visualização da tela do software Praat com etiquetagem e segmentação acústica da frase-veículo ‘Digo papama pamapa baixinho’, pronunciada por P1.	138
Figura 40 – Visualização da segmentação acústica da consoante nasal bilabial na frase-veículo ‘Digo papama pamapa baixinho’, pronunciada por P1.	139
Figura 41 – Visualização da segmentação acústica da consoante nasal alveolar na frase-veículo ‘Digo papama panapa baixinho’, pronunciada por P1.	139
Figura 42 – Visualização da segmentação acústica da consoante nasal palatal na frase-veículo ‘Digo papama panhapa baixinho’, pronunciada por P2.	140
Figura 43 – Dados acústicos e aerodinâmicos coletados pelos equipamentos microfone oral (Audio), captador piezoelétrico (RMS piezo) e microfone nasal (RMS micnas), nos logatomas ‘papama pamapa’, produzidos por P1.	144
Figura 44 – Esquema dos locais de coleta dos valores da curva de FAN (em RMS): mínimo (1), médio (2), máximo (3), do início (4), do meio (5) e do fim (6).	145
Figura 45 – Logatomas [pa'pẽɲẽ pẽ'ɲapẽ] produzidos por P3, com destaque para as regiões ['ẽɲẽ] [ẽ'ɲa], mostrando: em (a), forma de onda do sinal acústico, captada pelo microfone oral e, em (b), forma de onda do FAN, captada pelo piezoelétrico.	146
Figura 46 – Dados acústicos no microfone oral (Audio) e dados aerodinâmicos em fluxo aéreo nasal (Naf) e fluxo aéreo oral (Oaf), na frase-veículo ‘digo papama pamapa baixinho’, pronunciada por P1, coletados pela Estação EVA.	149
Figura 47 – Canais oral e nasal no Ocenaudio, indicando a seleção do canal nasal para outiva do sinal acústico nasal.	151
Figura 48 – Canais oral e nasal no Ocenaudio, indicando o marcador do início da frase-veículo e os marcadores das regiões ['ẽɲẽ] [ẽ'ɲa] dos logatomas ‘papinha pinhapa’, pronunciados por P3.	152
Figura 49 – Canais oral (FAO) e nasal (FAN) no Ocenaudio, indicando as formas de onda da: (a) consoante nasal palatal, pronunciada por P3; (b) consoante nasal alveolar e (c) vogal nasal alta anterior, pronunciadas por P5.	153
Figura 50 – Em (a), forma de onda de ['ẽɲẽ] do logatoma [pa'pẽɲẽ] (P5), com o som-alvo delimitado pelo pontilhado; em (b), espectrograma de banda larga com traçados e energia dos formantes; em (c), superposição do espectro FFT de banda estreita com janela de 0,025 s (em preto) e cepstro (em vermelho).	155
Figura 51 – Canais oral (FAO) e nasal (FAN) coletados pela Estação EVA e visualizados pelo software Ocenaudio, indicando (entre as linhas pontilhadas) as formas de onda esperadas para produção de: (a) consoante nasal; (b) vogal nasal.	178
Figura 52 – Canais oral (FAO) e nasal (FAN) coletados pela Estação EVA e visualizados no software Ocenaudio, indicando (entre as linhas pontilhadas) as	

formas de onda das produções de: (a) consoante nasal alveolar; (b) vogal nasal alta anterior.....	179
Figura 53 – Espectrogramas com traçados e energia dos formantes e som-alvo delimitado pelo pontilhado: (a) som com característica consonantal; (b) som com característica vocálica.	181
Figura 54 – Exemplos de produções nasais consonantais e vocálicas para a consoante nasal palatal. Com espectrogramas (à esquerda) e, superposição do espectro de Fourier de banda estreita com janela de 0,025 s (em preto) e cepstro (em vermelho) (à direita).....	183
Figura 55 – Representação da gradiência das produções da consoante nasal palatal, com base no dialeto de Florianópolis/SC/Brasil.	185
Figura 56 – Traçado da curva do FAN para a Configuração Aerodinâmica 1 nos logatomas [pa'pẽɲẽ pẽ'ɲapẽ] (L3). Em destaque, curva de FAN de ['ẽɲẽ].	202
Figura 57 – Traçado da curva do FAN para a Configuração Aerodinâmica 2 no logatoma [pa'pũɲẽ] (L3). Em destaque, curva de FAN de ['ũɲẽ].	203
Figura 58 – Traçado da curva do FAN para a Configuração Aerodinâmica 3 nos logatomas [pa'pũɲẽ pũ'ɲapẽ] (L2). Em destaque, curva de FAN de ['ũɲẽ].	204
Figura 59 – Traçado da curva do FAN para a Configuração Aerodinâmica 4 nos logatomas [pa'pĩɲẽ pĩ'ɲapẽ] (L2). Em destaque, curva de FAN de ['ĩɲẽ].	205
Figura 60 – Traçados das curvas de FAN nos sons-alvo.	206
Figura 61 – Exemplos de [m], [n] e [ɲ] pronunciadas diante da vogal [ẽ] e seguida de vogal [ɐ], no PB: a) forma de onda, b) espectrograma, c) superposição do espectro FFT (em preto) e cepstro (em vermelho), d) frequências dos formantes.	239
Figura 62 – Canais oral (FAO) e nasal (FAN) coletados pela Estação EVA e visualizados pelo software Ocenaudio, indicando as formas de onda da região V ₁ CnV ₂ em [m], [n] e [ɲ] (linhas pontilhadas) pronunciadas diante da vogal [ẽ] e seguidas de vogal [ɐ], no PB.....	268
Figura 63 – Configurações aerodinâmicas das curvas de FAN das consoantes nasais do PB, coletadas com o piezoelétrico.	271
Figura 64 – Ilustração das médias das frequências dos formantes nasais e dos intervalos entre as frequências desses formantes nas consoantes nasais do PB, no sexo feminino e masculino.	293

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição das variáveis do trato vocal e seus articuladores envolvidos.....	44
Quadro 2 – Consoantes nasais das línguas do mundo.....	48
Quadro 3 – Amostra da pesquisa.	126
Quadro 4 – Corpus da tese contendo as frases-veículo com os pares de logatomas por consoante nasal do PB.....	128
Quadro 5 – Equipamentos utilizados na coleta de dados com seus parâmetros analisados, estruturas envolvidas e tipo de análise.	130
Quadro 6 – Caracterização dos parâmetros: intensidade dos formantes no espectrograma e espectro FFT e cepstro, por produção nasal consonantal (Tipos 1 e 2) e vocálica (Tipos 3 e 4).....	184
Quadro 7 – Resumo dos resultados da consoante nasal palatal e suas variações.	225
Quadro 8 – Objetivos específicos, questões de pesquisa, hipóteses de pesquisa e resultados.....	301

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios das frequências dos formantes nasais das consoantes nasais [m] e [n], segundo dados dos estudos de Fant (1960), Fujimura (1962), Sousa (1994) e Seara (2000).	105
Tabela 2 – Duração absoluta média das consoantes nasais [m] e [n] em contextoônico e átono, de acordo com dados de Seara (2000).	107
Tabela 3 – Valores médios das frequências dos formantes nasais da consoante nasal [n] do PB, de acordo com as pesquisas de Sousa (1994), Seara (2000), Gamba (2011, 2014) e Vieira e Seara (2017).	112
Tabela 4 – Duração absoluta média da consoante nasal [n] em contextoônico e átono, de acordo com dados de Seara (2000).	115
Tabela 5 – Análise estatística dos dados aerodinâmicos coletados por meio do piezoelétrico e do microfone nasal (n=352).	148
Tabela 6 – Estimativa do número de consoantes nasais gravadas em uma repetição do <i>corpus</i> , por participante e por equipamento de coleta.	157
Tabela 7 – Número total de consoantes nasais obtido por participante e por equipamento de coleta.	158
Tabela 8 – Duração relativa (%) e frequências dos formantes nasais (Hz) entre o sexo feminino e masculino, por produção nasal consonantal e vocálica (n=256).	166
Tabela 9 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) por sexo, entre produção nasal consonantal e vocálica (n total=100).	168
Tabela 10 – Duração relativa (%), frequências dos formantes nasais (Hz) e intervalos entre essas frequências (Hz) entre os participantes, por produção nasal consonantal e vocálica (n total=256).	170
Tabela 11 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) por participante entre produção nasal consonantal e vocálica (n=100).	174
Tabela 12 – Número de dados de produção nasal consonantal e vocálica por participante (n=256).	186
Tabela 13 – Duração relativa (%), frequências dos formantes nasais (Hz) e intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) entre produção nasal consonantal e vocálica, separados por sexo (n=256).	189
Tabela 14 – Duração relativa (%) entre os contextos de tonicidade e vocálico precedente, por produção nasal consonantal e vocálica, separada por sexo (n=256).	193
Tabela 15 – Frequências e intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) por contexto de tonicidade, entre produção nasal consonantal e vocálica, separados por sexo (n total=256).	195
Tabela 16 – Frequências e intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) por contexto vocálico precedente, entre produção nasal consonantal e vocálica, separados por sexo (n total=256).	198

Tabela 17 – Configurações aerodinâmicas da região V ₁ CnV ₂ e traçados das curvas dos sons-alvo (n=100).	206
Tabela 18 – Configurações aerodinâmicas da região V ₁ CnV ₂ e dos traçados das curvas dos sons-alvo por contexto de tonicidade e vocálico precedente (n=100).	207
Tabela 19 – Configurações aerodinâmicas e traçados dos sons-alvo, por produção nasal consonantal e vocálica (n=100).	208
Tabela 20 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) entre produção nasal consonantal e vocálica, separados por sexo (n total=100).	210
Tabela 21 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) por contexto de tonicidade (átono e tônico) entre produção nasal consonantal e vocálica, separados por sexo (n=100).	212
Tabela 22 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) por contexto vocálico precedente entre produção nasal consonantal e vocálica, separados por sexo (n=100).	214
Tabela 23 – Parâmetros acústicos e aerodinâmicos das variações da consoante nasal palatal: produção nasal consonantal e vocálica, e suas relevâncias estatísticas (n=256).	217
Tabela 24 – Comparação das médias dos valores dos parâmetros acústicos e aerodinâmicos entre as variações da consoante nasal palatal, com suas relevâncias estatísticas (n=256).	219
Tabela 25 – Duração relativa, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências entre os sexos, por consoante nasal (n=711).	228
Tabela 26 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) entre os sexos, por consoante nasal (n=280).	230
Tabela 27 – Duração relativa (%), frequências dos formantes nasais (Hz) e intervalos entre essas frequências (Hz), entre os participantes, por consoante nasal (n=711).	232
Tabela 28 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) entre os participantes por consoante nasal (n=280).	235
Tabela 29 – Duração relativa (%) entre as consoantes nasais, separada por sexo (n=711).	243
Tabela 30 – Frequências dos formantes nasais (Hz) entre as consoantes nasais, separadas por sexo (n=711).	246
Tabela 31 – Intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) entre as consoantes nasais, separados por sexo (n=711).	251
Tabela 32 – Duração relativa (%) entre contexto de tonicidade e contexto vocálico precedente, por consoantes nasais, separada por sexo (n=711).	255
Tabela 33 – Frequências dos formantes nasais (Hz) entre o contexto de tonicidade, por consoantes nasais, separadas por sexo (n total=711).	257
Tabela 34 – Frequências dos formantes nasais (Hz) por contexto vocálico precedente, considerando as consoantes nasais, separadas por sexo (n=711)..	259

Tabela 35 – Intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) entre o contexto de tonicidade, por consoantes nasais, separados por sexo (n=711).	262
Tabela 36 – Intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) entre o contexto vocálico precedente, por consoantes nasais e separados por sexo (n=711).	264
Tabela 37 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) entre as consoantes nasais, separados por sexo (n=280).	274
Tabela 38 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) por contexto de tonicidade (átono eônico) entre as consoantes nasais, separados por sexo (n=280).	278
Tabela 39 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) por contexto vocálico precedente, considerando as consoantes nasais, separados por sexo (n=280).	281
Tabela 40 – Parâmetros acústicos e aerodinâmicos da consoante nasal bilabial do PB e suas relevâncias estatísticas.	286
Tabela 41 – Parâmetros acústicos e aerodinâmicos da consoante nasal alveolar do PB e suas relevâncias estatísticas.	288
Tabela 42 – Parâmetros acústicos e aerodinâmicos da consoante nasal palatal do PB e suas relevâncias estatísticas.	290
Tabela 43 – Comparação das médias dos valores dos parâmetros acústicos e aerodinâmicos entre as consoantes nasais, com suas relevâncias estatísticas.	296

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEPSH – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
cf. – conforme
CNS – Conselho Nacional de Saúde
CONEP – Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
CV – consoante-vogal; coeficiente de variação
dB – decibel
dp – desvio padrão
ECA – Estatuto da Criança e Adolescente
EMMA – *Electro-magnetic midsagittal articulometer*
EPG – Eletropalatografia
et al. – e colaboradores
EVA – *Evaluation Vocale Assistée*
EVF – esfíncter velofaríngeo
EUA – Estados Unidos da América
FAAR – Fonologia Acústico-Ararticulatória
FAN – Fluxo aéreo nasal
FAO – Fluxo aéreo oral
FFT – *Fast Fourier Transform*
F0 – frequência fundamental
F1 – primeiro formante
F2 – segundo formante
F3 – terceiro formante
FN – formante nasal
FN1 – primeiro formante nasal
FN2 – segundo formante nasal
FN3 – terceiro formante nasal
FN4 – quarto formante nasal
FN5 – quinto formante nasal
FONAPLI – Laboratório de Fonética Aplicada
FR – Folha de Rosto
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPA – *International Phonetic Association*
IRM – Imagem de Ressonância Magnética
LINSE – Laboratório de Circuitos e Processamento de Sinais
LPC – *Linear Predictive Coding*
LPP – *Laboratoire de Phonétique et Phonologie*
OMS – Organização Mundial de Saúde
PB – Português Brasileiro
P – Participante

P1 – Participante número um
P2 – Participante número dois
P3 – Participante número três
P4 – Participante número quatro
P5 – Participante número cinco
PNG – *Photonography*
PPGL – Programa de Pós-Graduação em Linguística
RMS – *Root Means Square*
SAMPA – *Speech Assessment Methods Phonetic Alphabet*
SC – Santa Catarina
s/d – sem data; sem dados
TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UCLA – *University of California of Los Angeles*
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
UPSID – *Phonological Segment Inventory Database*
VARISUL – Variação Linguística da Região Sul do Brasil

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Diagramas de dispersão entre os dados gerados pelos equipamentos piezoelétrico (PIEZO) e microfone nasal (MICNAS).....	147
Gráfico 2 – Histogramas dos valores de duração relativa das produções nasais consonantal e vocálica, por sexo.....	190
Gráfico 3 – Histogramas dos valores das frequências dos formantes nasais (Hz) das produções nasais consonantal e vocálica, por sexo.	191
Gráfico 4 – Intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) das produções nasais consonantal e vocálica, por sexo.	191
Gráfico 5 – Histogramas dos valores de duração relativa (%) das consoantes nasais, por sexo.	244
Gráfico 6 – Histogramas dos valores das frequências dos formantes nasais (Hz) das consoantes nasais, por sexo.	247
Gráfico 7 – Valores dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) entre as consoantes nasais, por sexo.	253
Gráfico 8 – Valores mínimos e do início da curva de FAN entre as consoantes nasais, por sexo.	276

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	25
1.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO	27
1.3 OBJETIVOS	32
1.3.1 Objetivo Geral.....	32
1.3.2 Objetivos Específicos.....	32
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	39
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	41
2.1 FONOLOGIA GESTUAL	41
2.2 A NASALIDADE	48
2.3 AS CONSOANTES NASAIS DO PB	53
2.4 DINÂMICA DO TRATO VOCAL NA PRODUÇÃO DAS CONSOANTES NASAIS	60
2.5 O ESFÍNCTER VELOFARÍNGEO E A PRODUÇÃO DAS CONSOANTES NASAIS	70
2.6 CARACTERIZAÇÃO ARTICULATÓRIA DA NASALIDADE.....	77
2.6.1 Propagação da nasalidade	77
2.6.2 Estudos articulatórios.....	79
2.7 CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DAS CONSOANTES NASAIS	90
2.7.1 Sobre o murmúrio nasal	91
2.7.2 Parâmetros acústicos das consoantes nasais	93
2.7.3 Estudos acústicos sobre as consoantes nasais: bilabial e alveolar	101
2.7.4 Estudos acústicos sobre a consoante nasal palatal	108
2.8 CARACTERIZAÇÃO AERODINÂMICA DAS CONSOANTES NASAIS.....	117
2.8.1 Parâmetros aerodinâmicos	117
2.8.2 Estudos aerodinâmicos.....	119
3 METODOLOGIA	125
3.1 AMOSTRA.....	126
3.2 CORPUS.....	127
3.3 EQUIPAMENTOS	130
3.4 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS	131
3.4.1 Coleta de dados acústicos e aerodinâmicos	132
3.4.1.1 Equipamentos microfone oral, microfone nasal e captador piezoelétrico	132
3.4.1.2 Estação EVA	134

3.4.2 Coleta de dados articulatórios.....	136
3.5 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS.....	137
3.5.1 Procedimento de análise dos dados acústicos.....	137
3.5.1.1 Procedimentos de análise acústica quantitativa	141
3.5.1.2 Procedimentos de análise acústica qualitativa	143
3.5.2 Procedimentos de análise dos dados aerodinâmicos com os equipamentos microfone oral, microfone nasal e captador piezoelétrico	143
3.5.3 Procedimentos de análise dos dados aerodinâmicos com a Estação EVA	148
3.5.4 Outros procedimentos de análise acústica e aerodinâmica da consoante nasal palatal	150
3.5.5 Número de dados coletado com os equipamentos	156
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	158
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	163
4.1 TAXA DE ARTICULAÇÃO.....	164
4.2 CONSOANTE NASAL PALATAL E SUAS VARIAÇÕES 164	
4.2.1 Análise entre os sexos com parâmetros acústicos e aerodinâmicos da consoante nasal palatal e suas variações.....	165
4.2.2 Análise entre os participantes com parâmetros acústicos e aerodinâmicos da consoante nasal palatal e suas variações.....	169
4.2.3 Análise acústica da consoante nasal palatal e suas variações	176
4.2.3.1 Análise acústica qualitativa da consoante nasal palatal ..	177
4.2.3.2 Análise acústica quantitativa da consoante nasal palatal	188
4.2.4 Análise aerodinâmica da consoante nasal palatal e suas variações	201
4.2.4.1 Análise aerodinâmica qualitativa da consoante nasal palatal	201
4.2.4.2 Análise aerodinâmica quantitativa da consoante nasal palatal.....	209
4.2.5 Discussão dos resultados da consoante nasal palatal e suas variações	216
4.3 CONSOANTES NAsAIS – [m], [n] e [ɲ]	227
4.3.1 Análise entre os sexos com parâmetros acústicos e aerodinâmicos das consoantes nasais	227
4.3.2 Análise entre os participantes com parâmetros acústicos e aerodinâmicos das consoantes nasais	231
4.3.3 Análise acústica das consoantes nasais.....	237
4.3.3.1 Análise acústica qualitativa das consoantes nasais	237
4.3.3.2 Análise acústica quantitativa das consoantes nasais	242

4.3.4	Análise aerodinâmica das consoantes nasais	267
4.3.4.1	Análise aerodinâmica qualitativa das consoantes nasais	267
4.3.4.2	Análise aerodinâmica quantitativa das consoantes nasais	273
4.3.5	Discussão dos resultados das consoantes nasais – [m], [n] e [ɲ]	284
4.3.5.1	Caracterização das consoantes nasais.....	285
4.3.5.1.1	Consoante nasal bilabial	285
4.3.5.1.2	Consoante nasal alveolar	287
4.3.5.1.3	Consoante nasal palatal.....	289
4.3.5.2	Comparação entre as consoantes nasais	291
4.4	QUADRO GERAL DOS RESULTADOS	300
5	CONCLUSÕES	307
	REFERÊNCIAS	311
	ANEXO A – CERTIFICADO DE APROVAÇÃO PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS DA UFSC	322
	ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS DA UFSC	323
	ANEXO C – SCRIPT GERA TABELAS PARA DURAÇÃO (PACHECO, S/D).....	325
	ANEXO D – SCRIPT ANALYSE CEPSTRALE (RILLIARD, 2016)	327
	ANEXO E – SCRIPT AFFI_PIEZO_3FILES (AMELOT, S/D) ..	331
	ANEXO F – SCRIPT PIEZO_CUT_3FILES (AMELOT, S/D)....	337
	ANEXO G – SCRIPT RMS_AUTO_3FILES (AMELOT, S/D) ...	341
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	345
	APÊNDICE B – AUTORIZAÇÃO PARA DIVULGAÇÃO DE IMAGENS FOTOGRÁFICAS.....	346
	APÊNDICE C – CORPUS TOTAL.....	347

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Nos últimos anos, os estudos sobre a produção da linguagem oral têm ampliado sua notoriedade e atingido várias áreas científicas, no Brasil e no mundo. A fala, diante de sua complexidade, torna-se objeto de pesquisas multidisciplinares para a investigação de como os sons são produzidos pelo ser humano e de como são utilizados nos contextos sociais. Apesar disso, muitos estudantes, professores e profissionais da área da linguagem oral ainda não tiveram contato ou têm pouco acesso a essa discussão. Por isso, antes de introduzirmos o assunto central desta pesquisa – as consoantes nasais do português brasileiro (doravante PB) – se faz necessária uma contextualização sobre a evolução das Ciências da Fala e sobre o ponto de vista aqui adotado sobre a linguagem.

No Brasil, um dos aspectos investigado nas áreas da Linguística e da Fonoaudiologia está voltado para uma caracterização da especificidade de cada um dos sons da fala e, ao mesmo tempo, das possíveis variações individuais e dialetais em suas produções a partir de análises articulatórias, acústicas e da dinâmica do fluxo de ar (aerodinâmica). Outras áreas científicas, como Engenharia, Matemática, Estatística, Informática e Física, fornecem subsídios para aperfeiçoar as Ciências da Fala, repensar os constructos teóricos da Linguística e aproximá-los da prática educacional e da prática clínica fonoaudiológica.

Os estudos sobre a linguagem contribuem para o avanço do conhecimento em diversos aspectos relacionados à comunicação – voz, fala e linguagem. Entre esses aspectos, podemos citar o benefício dos estudos para o entendimento da evolução da linguagem humana, do uso e da variação da linguagem oral; do ensino e da aprendizagem da língua portuguesa e das línguas estrangeiras; a maior precisão da perícia no sistema judicial por meio da fonética forense para identificação de voz/fala do locutor; a síntese de fala para a comunicação suplementar e alternativa; a avaliação e o tratamento das alterações da linguagem e da audição, dentre tantas outras possibilidades de inclusão na vida prática dos conhecimentos gerados pelas Ciências da Fala.

Não podemos deixar de salientar que esses conhecimentos foram, e ainda são, proporcionados pelo crucial avanço tecnológico, principalmente das últimas duas décadas, o que permitiu maior rapidez e ampliação nas possibilidades de comunicação, reduzindo a distância

entre as pessoas. Aqui ressaltamos o que tange aos instrumentos desenvolvidos pelos laboratórios de engenharia e de fonética para a análise acústica, e mais recentemente em âmbito nacional, possibilitando análises articulatórias e aerodinâmicas da fala, porém de modo ainda pouco expandido se comparado ao contexto internacional. Essa afirmação pode ser comprovada pelo reduzido volume de publicações científicas brasileiras, de modo geral, sobre análise aerodinâmica e articulatória dos sons da fala, em conjunto com a análise acústica (GREGIO, 2006; LOVATTO; AMELOT; BASSET, 2008; OLIVEIRA; MARIN, 2005; VIEIRA; SEARA, 2017).

Este percurso de amadurecimento científico e de troca entre as áreas interessadas pelas Ciências da Fala contribui para uma mudança de paradigma da Linguística no século XXI, partindo do exterior até chegar ao Brasil. Alguns pesquisadores passam a considerar a linguagem oral como um sistema dinâmico e a entendê-la como um fato decorrente de processos adaptativos durante a evolução da espécie humana.

Dessa forma, nas pesquisas internacionais dos últimos 30 anos, essa visão teórica da origem da linguagem influenciou de modo mais direto as Ciências da Fala ao considerar a Fonética e a Fonologia como um único nível indissociável: o fônico. Essa é a proposta da Fonologia Articulatória (BROWMAN; GOLDSTEIN, 1986, 1989, 1990, 1992), também conhecida como Fonologia Gestual. Esse modelo de análise fonológica, proposto nos EUA, adota a abordagem dinâmica do nível fônico da linguagem e reconhece que a linguagem oral é um sistema complexo, com representação em nível cognitivo decorrente e interrelacionada ao nível articulatório na produção dos sons da fala.

Contudo, no Brasil, esses avanços teóricos são mais recentes e esses conceitos foram trazidos inicialmente para o PB por Albano na década de 90, culminado na proposição da Fonologia Acústico-Articulatória (FAAR), pela autora, em 2001. No mesmo sentido, a conciliação das pesquisas teóricas às pesquisas experimentais instrumentalizadas ainda está algumas décadas atrasada em relação a outros países, mas mostra progressos, principalmente, nas últimas duas décadas com a instalação de laboratórios de fonética no Brasil.

Portanto, a abordagem dinâmica, representada pela Fonologia Gestual e pela FAAR, é a concepção de linguagem adotada no presente trabalho, a qual está pautada nos estudos advindos dos sistemas dinâmicos e na visão evolutiva do desenvolvimento da linguagem. Por essa concepção, a fala é vista como uma sequência fônica e, nesse sentido, ao longo da tese restringiremos a utilização de nomenclaturas

teóricas que remetam às áreas da Fonética ou da Fonologia de modo dissociado.

Importante esclarecer também que não é nossa pretensão tornar a teoria como objeto principal de pesquisa, para uma análise direta sobre os fatos fônicos do PB, e sim objetivamos que os resultados obtidos na presente tese, descritiva e experimental, por meio de aspectos fisiológicos, físicos e aerodinâmicos da nasalidade, possam servir, posteriormente, a estudos com fins teóricos.

1.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO

Tendo em vista o exposto, concluímos a breve explanação a cerca da contextualização do presente estudo e continuamos em direção ao tema central: as consoantes nasais do PB. Abordaremos aqui o problema de pesquisa, delimitação do tema, algumas limitações da pesquisa e sua justificativa.

Esta pesquisa tem por finalidade abordar as consoantes nasais do PB em seus parâmetros acústicos e aerodinâmicos. Esses sons envolvem questões anatômicas e funcionais do trato vocal, variáveis entre os indivíduos, e apresentam variações nas configurações articulatórias e consequentemente acústicas e aerodinâmicas, que estão intimamente subordinadas ao acoplamento entre as cavidades oral e nasal (com o movimento do esfíncter velofaríngeo), ao movimento de oclusão na cavidade oral e à saída do fluxo aéreo exclusivamente pela cavidade nasal.

Essas características únicas trazem certa complexidade na busca das propriedades acústicas que distinguem as três consoantes nasais do PB, conforme indicam os estudos de Sousa (1994) e Seara (2000), alguns dos precursores nesse tema no Brasil. Além das questões acústicas mais investigadas até o momento, pouco sabemos sobre os aspectos perceptuais, aerodinâmicos e articulatórios que poderiam caracterizar, em conjunto, mais adequadamente esses sons nasais.

Nesse sentido, há também a necessidade de utilização de instrumentos precisos e específicos de coleta simultânea de dados de fala, acústicos e aerodinâmicos, que podem ser posteriormente associados a dados articulatórios dos movimentos do véu palatino (fotonasografia) ou da língua (eletropalatografia e ultrassonografia). Para isso, um conjunto de informações sobre os sons consonantais, coletado com equipamentos diversos permitiria a análise e a comparação desses sons.

Tanto as especificidades de produção quanto a instrumentalização necessária para a coleta dos dados contribuem para que as características acústicas, perceptuais, aerodinâmicas e articulatórias não estejam totalmente estabelecidas no PB.

No que se refere, especificamente à consoante nasal palatal, encontramos descrições diferenciadas em termos de suas bases articulatórias, de sua ocorrência no PB, das variações que podem ser encontradas nas regiões do Brasil, além dos fatores linguísticos e sociolinguísticos associados a essas variações. Sendo assim, mostra-se um campo interessante a ser explorado com auxílio de instrumentos acústicos e aerodinâmicos, sendo o primeiro ponto a ser pesquisado nesta tese.

Em virtude desse reduzido conhecimento sobre esses aspectos da produção das consoantes nasais no PB, formularam-se dois problemas de pesquisa. O primeiro diz respeito à variação da consoante nasal palatal: por meio das análises acústica e aerodinâmica, é possível descrever e caracterizar essa variação? O segundo inclui a consoante nasal palatal e as outras duas consoantes nasais - a bilabial e a alveolar: por meio de análise acústica associada à análise aerodinâmica, é possível caracterizar as três consoantes nasais do PB, considerando as características comuns e as que as diferenciam umas das outras?

Para responder a essas perguntas, o presente estudo está delimitado pela análise da fala de cinco adultos que utilizam a variedade de Florianópolis (Santa Catarina/Brasil), sem alteração evidente de fala e voz. Partimos da fala típica considerando a necessidade de ampliar dados de normalidade em adultos para auxiliar futuramente pesquisas com outras faixas etárias e com distúrbios da comunicação.

Para averiguação das consoantes nasais, aliamos as tecnologias computadorizadas, tanto com *softwares* para análise acústica quanto com equipamentos voltados à análise aerodinâmica da nasalidade da fala. Os dados acústicos e aerodinâmicos obtidos por esses recursos serão analisados de modo qualitativo e quantitativo, com o apoio da estatística descritiva e inferencial. Já os dados articulatórios serão utilizados parcialmente, com uso somente dos dados coletados por meio do microfone oral, para a análise acústica.

Para o estudo qualitativo e quantitativo dos dados acústicos, serão analisadas as frequências dos formantes nasais, os intervalos entre essas frequências e a duração dos sons nasais consonantais. Além disso, analisaremos as características acústicas das possíveis variações presentes nas produções da consoante nasal palatal.

Para a análise qualitativa e quantitativa dos dados aerodinâmicos, investigaremos as configurações de curvas de fluxo aéreo oral e nasal; os valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da produção, nas três consoantes nasais e, ainda, nas possíveis variações das produções da consoante nasal palatal.

Passamos agora a abordar possíveis limitações do estudo para, em seguida, apontar as justificativas de sua realização. Uma das limitações encontrada no trabalho poderia estar relacionada à amostra, no que se refere ao número de participantes (cinco) dentre a população de falantes da cidade de Florianópolis, e de modo mais amplo, que representam a fala do PB. Entretanto, na área da Linguística, o número de dados das produções de fala é bastante suficiente, conforme as pesquisas realizadas na área, e parece representar bem a população-alvo, uma vez que será considerado o número de dados de fala emitidos por cada um dos participantes.

Outra possível limitação a ser analisada, refere-se ao número de dados envolvendo as consoantes nasais proposto na elaboração do *corpus*. Devido a esses dados terem sido coletados em um estágio de pós-doutorado, realizado no *Laboratoire de Phonétique et Phonologie* (LPP), da *Université Sorbonne-Nouvelle, Paris III*, para focalizar a análise das vogais nasais, o número estabelecido de dados consonantais nasais pode parecer reduzido, por se tratar de 30 logatomas – foco do presente trabalho. Entretanto, esse número se amplia ao considerarmos que temos cinco participantes que fizeram gravação com diferentes equipamentos e com repetições do *corpus* da tese, o que representa em torno de 250 dados de cada consoante nasal. Dessa forma, teremos um total de aproximadamente 750 dados, número suficiente para alcançarmos os objetivos aqui estabelecidos. Esses dados inéditos, obtidos com alta tecnologia em uma instituição conceituada internacionalmente, ainda não haviam sido analisados e então originaram a presente tese de doutorado.

Uma terceira limitação poderia estar associada à fala controlada. No entanto, para que pudéssemos ter controle do número de dados e dos contextos de tonicidade e vocálico precedente, preferimos obter os dados a partir da leitura de logatomas, todos paroxítonos, com três sílabas, que apresentassem, no contexto precedente, cinco vogais do PB e que fossem produzidas em contexto tônico e átono (pós-tônico). Assim, o controle desses contextos permitirá que a variação nas produções seja mais adequadamente observada, uma vez que não poderia estar condicionada por diferenças de contextos de produção.

A pesquisa proposta justifica-se por alguns fatores. Primeiramente, relativo ao quadro exposto no cenário brasileiro quanto à escassez de dados, à teoria da Fonologia Gestual e à comprovação experimental, levando-se em conta as consoantes nasais. Não temos conhecimento de pesquisas linguísticas motivadas pela busca por uma caracterização das propriedades acústicas e aerodinâmicas das consoantes nasais, com investigação simultânea. Além disso, os dados acústicos e aerodinâmicos aqui obtidos poderão servir para futuras pesquisas teóricas sobre as consoantes nasais.

Segundo, e ainda relacionado ao primeiro fator, os dados deste estudo são inéditos na área das Ciências da Fala e são difíceis de serem obtidos com o PB, dadas as especificidades dos equipamentos utilizados nas coletas de dados (piezo-elétrico e Estação EVA).

Em terceiro lugar, as pesquisas que analisam os sons nasais e que foram desenvolvidas no Brasil, em sua maioria tratam das vogais nasais, usando análises acústicas e perceptuais (Ex.: SEARA, 2000; SOUSA, 1994), ou acústica e aerodinâmica (Ex.: DEMASI, 2009), ou acústica e articulatória (Ex.: GREGIO, 2006). Em algumas, as consoantes nasais do PB são parte das pesquisas e são investigadas acusticamente (Ex.: SEARA, 2000; SOUSA, 1994), perceptualmente ou com uma descrição articulatória em nível das estruturas da cavidade oral, sem serem o foco dos estudos. Entretanto, nenhuma pesquisa com falantes brasileiros integra as análises acústica e aerodinâmica no estudo das três consoantes nasais no PB.

Uma quarta justificativa aborda a necessidade de estabelecer critérios acústicos para a classificação da consoante nasal palatal. Embora existam várias pesquisas sociolinguísticas que contribuam para a investigação da nasalidade no Brasil, no que se refere à consoante nasal palatal, a grande maioria detém-se em análise de outiva para a classificação das produções, ou, muitas vezes, apóia-se em proposições teóricas, mas não realiza análises experimentais (Ex.: ALMEIDA, 2004; PINHEIRO, 2009; SOARES, 2002, 2008). Sendo assim, devido às variações regionais que apresenta e até mesmo ao questionamento sobre sua presença no PB, podemos trazer contribuições sobre a consoante nasal palatal para a investigação da variação e da mudança na língua.

Um último fator a ser considerado para justificar a realização desta pesquisa é o alcance em várias áreas de interfaces que necessitam fundamentalmente de conhecimentos das Ciências da Fala. Visualizamos que nossos resultados poderão frutificar em diversas áreas, não só na produção como, indiretamente, na percepção dos sons.

Uma delas é o ensino de língua materna e estrangeira, pois, à medida que as informações sobre a produção das consoantes nasais forem aprimoradas, podem servir como recurso no ensino e aprendizagem. Outra área é a Fonoaudiologia, contribuindo na compreensão dos mecanismos neuro-anátomo-funcionais, acústicos, aerodinâmicos e articulatórios, relacionados à produção das consoantes nasais. Dessa maneira, ajudará na atuação fonoaudiológica em alterações da nasalidade no processo de desenvolvimento da fala, que estão associadas a dificuldades da respiração nasal; e no trabalho com a reabilitação vocal, em casos de distúrbios da nasalidade. Mais especificamente, as patologias da comunicação humana que poderão ser beneficiadas incluem os desvios fonológicos (alteração dos sons da fala que engloba os níveis de representação mental e articulatório da fala) e os casos de hiponasalidade e hipernasalidade (incluindo fissura labiopalatina) da voz ou da fala.

Outra interface que nossa pesquisa pode atingir é a área da Fonética Forense, que teve seu crescimento impulsionado pela inovação dos instrumentos laboratoriais de análise de fala, para a identificação do locutor. Da mesma forma, as tecnologias computacionais da fala como síntese de fala e reconhecimento de fala poderão se beneficiar do conhecimento sobre as consoantes nasais do PB.

Estes fatores apontam para um promissor objeto de pesquisa – a nasalidade consonantal – especialmente para pesquisadores das áreas da Linguística e da Fonoaudiologia. Sendo assim, a partir da identificação dos aspectos citados anteriormente, aliados à vivência profissional da pesquisadora na área de Fonoaudiologia, com atuação na reabilitação dos distúrbios da comunicação humana, surge a intenção da realização de uma pesquisa sobre as consoantes nasais que concilie análises acústica e aerodinâmica, com base teórica pautada em modelos dinâmicos de produção de fala como a Fonologia Gestual e a Fonologia Acústico-Articulatória.

1.3 OBJETIVOS

Neste momento, serão expostos o objetivo geral e os objetivos específicos que norteiam a realização desta pesquisa, juntamente com as questões de pesquisa e suas respectivas hipóteses.

1.3.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo geral investigar como se caracterizam e se relacionam as propriedades acústicas e aerodinâmicas na variação da consoante nasal palatal e na produção das consoantes nasais [m], [n] e [ɲ], por adultos falantes do PB, da variedade de Florianópolis (Santa Catarina), com apoio teórico de modelos dinâmicos de produção da fala.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para que possamos atingir o objetivo geral, este estudo deverá abordar os objetivos específicos a seguir enumerados, referentes à consoante nasal palatal e às três consoantes nasais em conjunto, incluindo a análise acústica e aerodinâmica, finalizando com o conjunto de análises.

Após elencados os objetivos específicos, serão incluídas as questões de pesquisa e suas respectivas hipóteses de pesquisa.

(i) Verificar se há uma correlação entre os valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de fluxo aéreo nasal (doravante FAN), obtidos por meio de dois instrumentos de pesquisa: microfone nasal e piezoelétrico, a fim de validar o uso de um desses instrumentos na presente pesquisa.

(ii) Verificar se os resultados encontrados para a taxa de articulação entre os participantes apresentam diferenças estatísticas significativas, a fim de definir se as análises temporais apresentadas nesta tese incluirão valores absolutos ou relativos.

(iii) Verificar se os resultados encontrados na análise acústica (duração, frequências dos formantes nasais e intervalos entre as frequências dos formantes nasais) e na análise aerodinâmica (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de

FAN) mostram diferenças estatisticamente significativas nas consoantes bilabial e alveolar e nas variações encontradas para as produções de [ɲ], entre os sexos, a fim de possibilitar a inclusão dos participantes em um único grupo ou manter a análise com os dois grupos separados (participantes masculinos e femininos).

(iv) Investigar se há diferenças individuais nas consoantes bilabial e alveolar e nas variações encontradas para as produções de [ɲ], considerando as características acústicas (duração, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências) e aerodinâmicas (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN) entre os participantes.

(v) Identificar, analisar e descrever as características acústicas específicas das consoantes bilabial e alveolar e das variações encontradas nas produções referentes à consoante nasal palatal, considerando o contexto de tonicidade e o contexto vocálico precedente, por meio dos parâmetros:

- duração (análise temporal);
- frequências dos formantes nasais (análises espectrográficas e espectrais);
- intervalos entre as frequências dos formantes nasais (FN2-FN1, FN3-FN2, FN4-FN3).

(vi) Identificar, analisar e descrever as características aerodinâmicas específicas das consoantes nasais bilabial e alveolar e das variações encontradas nas produções da consoante nasal palatal, considerando o contexto de tonicidade e o contexto vocálico precedente, a partir dos parâmetros:

- configurações das curvas de fluxo aéreo oral (doravante FAO) e de FAN;
- valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim das curvas de FAN.

(vii) Finalmente, associando os resultados obtidos via análise acústica e aerodinâmica, comparar e relacionar esses dados, para a caracterização final das variações das produções da consoante palatal [ɲ] e das três consoantes nasais bilabial, alveolar e palatal. E ainda verificar em quais aspectos as consoantes nasais se assemelham e em quais se diferenciam umas das outras.

De acordo com esses objetivos, e com base nos estudos apresentados na revisão de literatura e no estudo piloto que realizamos para a tese¹, a presente pesquisa será norteadas pelas seguintes questões (Q) e suas respectivas hipóteses (H) de pesquisa. A ordem de exposição aqui adotada pode ter alguma modificação no decorrer da apresentação dos resultados.

Iniciamos com questões gerais que envolvem tanto a consoante nasal palatal e suas variações, quanto as três consoantes nasais em conjunto (bilabial, alveolar e palatal):

Q1: Há correlação entre os valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim, obtidos por meio do piezoelétrico e do microfone nasal?

Embasamento: Nas análises realizadas para o estudo piloto (VIEIRA; SEARA, 2017) foram observadas muitas semelhanças nas características aerodinâmicas obtidas pelos dois equipamentos.

H1: Haverá correlação entre os valores dos parâmetros aerodinâmicos apresentados por esses equipamentos.

Q2: Há diferenças estatísticas na taxa de articulação entre os participantes?

Embasamento: Análise de ouvida (perceptual auditiva) realizada pela pesquisadora.

H2: Haverá diferenças estatísticas na velocidade de fala entre os participantes.

Em continuidade, de acordo com os objetivos específicos relacionados à consoante nasal palatal e suas variações, a presente pesquisa será norteadas pelas seguintes questões (Q) e suas respectivas hipóteses (H) de pesquisa:

Q3: Há diferenças significativas entre o sexo feminino e masculino nos parâmetros acústicos (valores da duração e das frequências dos formantes nasais) e nos parâmetros aerodinâmicos (valores médios, mínimos, máximos, do início, meio e fim da curva de FAN),

¹ O estudo piloto da presente tese incluiu análise qualitativa acústica e aerodinâmica de 30 sons referentes à consoante nasal palatal. A publicação está disponibilizada como: VIEIRA, M. G.; SEARA, I. C. Primeiras considerações sobre medidas aerodinâmicas da consoante nasal palatal do português brasileiro. *Revista de Estudos da Linguagem*, Belo Horizonte, v.25, n.2, p. 515-553, 2017.

considerando as variações encontradas nas produções da consoante nasal palatal?

Embasamento: Apoiamos nossa hipótese no estudo de Gamba (2014), sobre duração entre os sexos; na pesquisa de Oliveira et al. (2013), sobre as frequências dos formantes entre os sexos; e em estudos aerodinâmicos sobre sons nasais por sexo masculino e feminino (MARINO et al., 2016; MENDONÇA; SEARA, 2015).

H3: Haverá diferenças significativas entre os sexos nos valores da duração, das frequências dos formantes nasais e nos valores aerodinâmicos, levando em conta as variações da consoante nasal palatal.

Q4: Há diferenças estatísticas entre os participantes nos parâmetros acústicos (duração, frequências dos formantes e intervalos entre as frequências dos formantes nasais) e nos valores aerodinâmicos (valores médios, mínimos, máximos, do início, meio e fim da curva de FAN), por variações encontradas para as produções da consoante nasal palatal?

Embasamento: Estudos (OLIVEIRA et al., 2013; SEARA, 2000; SOUSA, 1994; VAISSIÈRE, 1995) reportam influências das características individuais nos parâmetros acústicos e aerodinâmicos.

H4: Haverá diferenças estatísticas entre os participantes nos parâmetros acústicos e aerodinâmicos, considerando as variações encontradas para a consoante nasal palatal.

Q5: Existem variações acústicas nas produções da consoante nasal palatal?

Embasamento: Estudos presentes na literatura da área (GAMBA, 2011, 2014; SEARA, 2000; SILVA, 2010; SOUSA, 1994; VIEIRA; SEARA, 2017) relatam diferenças no detalhamento acústico da consoante nasal palatal.

H5: Haverá diferentes produções fônicas na produção da consoante nasal palatal.

Q6: Há diferenças estatísticas nos valores da duração, das frequências dos formantes nasais e dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais entre as variações encontradas para as produções da consoante nasal palatal?

Embasamento: Estudo piloto desta tese (VIEIRA; SEARA, 2017) e em estudos como os de Gamba (2011, 2014).

H6: Haverá diferenças estatísticas nos valores da duração, das frequências dos formantes e dos intervalos entre as frequências dos formantes entre as variações encontradas para a consoante nasal palatal.

Q7: Em uma análise qualitativa, existem configurações distintas de curvas aerodinâmicas na produção da consoante nasal palatal?

Embasamento: Achados de Vieira e Seara (2017).

H7: Haverá configurações diferentes de curvas de FAN para a consoante nasal palatal.

Q8: No caso de existirem configurações aerodinâmicas distintas, elas estariam associadas às diferentes produções acústicas da consoante nasal palatal?

Embasamento: Dados do estudo piloto (VIEIRA; SEARA, 2017).

H8: Não haverá associação entre as variações acústicas da consoante nasal palatal e as configurações aerodinâmicas do FAN. Essa hipótese concorda com a hipótese nula.

Q9: Há diferenças estatísticas entre os parâmetros aerodinâmicos (valores médios, mínimos, máximos, do início, meio e fim da curva de FAN), entre as variações da consoante nasal palatal?

Embasamento: Como as variações observadas para a consoante nasal palatal podem apresentar diferenças, por exemplo, nas saídas de ar (se for uma produção mais consonantal ou mais vocálica), acreditamos que essas diferenças podem estar refletidas nos parâmetros aerodinâmicos.

H9: Haverá diferenças estatísticas entre os parâmetros aerodinâmicos, levando-se em conta as as variações da consoante nasal palatal.

Q10: Há diferenças significativas entre o contexto de tonicidade e entre o contexto vocálico precedente nos parâmetros acústicos (duração, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências) e nos parâmetros aerodinâmicos (valores médios, mínimos, máximos, do início, meio e fim do FAN), nas variações da consoante nasal palatal?

Embasamento: Estudos reportam diferenças de parâmetros acústicos e aerodinâmicos em produções nasais (GAMBA, 2011, 2014; MARINO et al., 2016; MENDONÇA; SEARA, 2015).

H10: Haverá diferenças significativas por contexto de tonicidade e vocálico precedente, entre os parâmetros acústicos (duração, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências) e os

parâmetros aerodinâmicos (valores médios, mínimos, máximos, do início, meio e fim do FAN) nas variações da consoante nasal palatal.

Em continuidade, de acordo com os objetivos específicos relacionados às três consoantes nasais: bilabial, alveolar e palatal, e com base nos estudos apresentados na revisão de literatura e no estudo piloto que realizamos para a tese, a presente pesquisa será norteadas pelas seguintes questões (Q) e suas respectivas hipóteses (H) de pesquisa:

Q11: Há diferenças estatísticas entre o sexo feminino e masculino nos parâmetros acústicos (valores da duração, das frequências dos formantes nasais e dos valores dos intervalos entre essas frequências) e aerodinâmicos (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN) levando-se em conta as consoantes nasais ([m], [n], [ɲ]) do PB?

Embasamento: Estudos acústicos referentes às consoantes nasais do PB e sobre características aerodinâmicas de sons nasais, entre o sexo masculino e feminino (MARINO et al., 2016; MENDONÇA; SEARA, 2015; OLIVEIRA et al., 2013).

H11: Haverá diferenças estatísticas entre as produções de falantes masculinos e femininos considerando os parâmetros acústicos e aerodinâmicos nas três consoantes nasais do PB.

Q12: Há diferenças estatísticas entre os participantes nos valores acústicos (duração, frequências dos formantes e intervalos entre as frequências dos formantes nasais) e aerodinâmicos (valores médios, mínimos, máximos, do início, meio e fim da curva de FAN), por consoante nasal [m], [n] e [ɲ] do PB?

Embasamento: Estudos (OLIVEIRA et al., 2013; SEARA, 2000; SOUSA, 1994; VAISSIÈRE, 1995) indicaram variabilidade individuais nos parâmetros acústicos e aerodinâmicos.

H12: Haverá diferenças estatísticas entre os participantes nos parâmetros acústicos e aerodinâmicos, considerando as consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB.

Q13: Em uma análise qualitativa, quais são as características acústicas que caracterizam a produção das consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] no PB?

Embasamento: Estudos (SOUSA, 1994; SEARA, 2000) reportaram diferenças acústicas observadas na produção das consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB.

do PB.

H13: Haverá diferenças acústicas qualitativas que caracterizem as consoantes nasais.

Q14: Há diferenças estatisticamente significativas na duração, nas frequências dos formantes nasais e nos intervalos entre as frequências dos formantes nasais entre as consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB?

Embasamento: Barbosa e Madureira (2015) e Seara (2000) relataram diferenças acústicas na duração absoluta das consoantes nasais do PB. Em Sousa (1994) e Seara (2000), foram apontadas algumas diferenças entre as consoantes nasais do PB quanto às frequências dos formantes nasais, porém sem testes estatísticos que validassem tais distinções.

H14: Haverá diferenças significativas considerando esses parâmetros acústicos entre as três consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB.

Q15: Em uma análise qualitativa, que configurações das curvas do fluxo aéreo nasal (FAN) e oral (FAO) podem ser encontradas para as consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB?

Embasamento: Baseado nas diferenças articulatórias e de saída do fluxo aéreo oral e nasal apresentadas na produção de cada uma das consoantes nasais do PB.

H15: Haverá curvas de FAN e FAO distintas para cada uma dessas consoantes.

Q16: Há diferenças significativas nos parâmetros aerodinâmicos (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim), advindos da curva de FAN, entre as consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB?

Embasamento: Achados de pesquisas do PB (MARINO et al., 2016; MENDONÇA; SEARA, 2015).

H16: Haverá diferenças significativas nos valores aerodinâmicos entre as consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB.

Q17: Há diferenças estatísticas entre os contextos de tonicidade e de vogal precedente, em que a consoante nasal se encontra, considerando os parâmetros acústicos (valores de duração, das frequências dos formantes nasais e dos intervalos entre as frequências desses formantes nasais) e aerodinâmicos (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN)?

Embasamento: Consideram-se estudos sobre as consoantes nasais do PB que reportaram diferenças acústicas nesses contextos (SEARA, 2000; GAMBA, 2011; 2014) e estudos sobre características aerodinâmicas dos sons nasais (MARINO et al., 2016; MENDONÇA; SEARA, 2015).

H17: Haverá diferenças significativas entre os contextos de tonicidade e de vogal precedente, relacionadas à duração, às frequências dos formantes nasais, aos intervalos entre essas frequências e aos valores aerodinâmicos das consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Na busca por atender aos objetivos propostos, esta tese está organizada em cinco capítulos, incluindo aqui este primeiro que consiste da Introdução.

Delineamos no Capítulo 2, intitulado Revisão de literatura, as bases e os direcionamentos teóricos adotados nesta pesquisa, a saber: 2.1) Fonologia Gestual; 2.2) Nasalidade, 2.3) Consoantes nasais do PB, 2.4) Dinâmica do trato vocal, 2.5) Esfíncter velofaríngeo, 2.6) Caracterização articulatória, 2.7) Caracterização acústica e 2.8) Caracterização aerodinâmica das consoantes nasais.

Após essa explanação, no Capítulo 3 discurremos sobre a metodologia empregada para a obtenção dos dados, incluindo sua natureza, amostra, *corpus*, equipamentos utilizados, procedimentos para coleta, análise dos dados e análise estatística.

O Capítulo 4 apresenta os resultados e a discussão. Na Seção 4.1, sobre a análise da taxa de articulação, na Seção 4.2, sobre a consoante nasal palatal e suas variações e na Seção 4.3 sobre as consoantes nasais: bilabial, alveolar e palatal. As duas últimas seções iniciam com análise entre os sexos, seguida por análise entre os participantes, e após, subdividem-se em resultados dos parâmetros acústicos e aerodinâmicos, nos seus aspectos qualitativos (com inspeção auditiva e/ou visual dos dados) e quantitativos (com análise estatística), finalizando com análise sobre os contextos de tonicidade e de vogal precedente. Na sequência de cada uma das Seções 4.2 e 4.3, apresentamos uma discussão sobre as variações da produção da consoante nasal palatal e sobre as consoantes nasais [m], [n] e [ɲ]. Nesta última seção, elaboramos a descrição das características encontradas no presente estudo para cada uma das consoantes nasais, os aspectos semelhantes e as características específicas que distinguem, comparativamente, as consoantes nasais do PB, no dialeto de Florianópolis. No encerramento do Capítulo 4, em 4.4,

organizamos um resumo geral indicando a numeração dos objetivos específicos, retomando as questões e as hipóteses de pesquisa, apresentando uma síntese dos resultados das análises qualitativas e quantitativas.

Para finalizar, no Capítulo 5, apresentamos as conclusões. E, por último, são exibidos os elementos complementares constituídos de referências, anexos e apêndices.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, expomos a fundamentação teórica que permeia esta tese, organizada em diferentes seções, a saber: 2.1) Fonologia Gestual; 2.2) A nasalidade, 2.3) As consoantes nasais do PB, 2.4) Dinâmica do trato vocal, 2.5) O esfíncter velofaríngeo, 2.6) Caracterização articulatória, 2.7) Caracterização acústica e 2.8) Caracterização aerodinâmica das consoantes nasais.

2.1 FONOLOGIA GESTUAL

A teoria linguística elegida para subsidiar esta tese foi desenvolvida por Browman e Goldstein (1986, 1989, 1990, 1992), inicialmente com a denominação de Fonologia Articulatória e, posteriormente, teve o termo modificado para Fonologia Gestual. Um argumento provável para a nova nomenclatura, seria de que a teoria não levasse ao entendimento de uma relação exclusiva com a fonética articulatória ou de um caráter restrito aos movimentos articulatórios².

A Fonologia Gestual teve sua formulação inicial na década de 70 e foi proposta, efetivamente, nos anos 80 por pesquisadores do *Haskins Laboratories*³. No Brasil, na década de 90, esta teoria impulsionou estudos na Linguística, culminando com a proposta da Fonologia Acústica-Articulatória do PB por Albano (2001)⁴.

A Fonologia Gestual é considerada um modelo dinâmico de produção de fala, no qual as noções básicas relativas aos sistemas dinâmicos, a seguir abordadas, são reportadas para os estudos da linguagem humana. Essas noções, segundo Port (2002), foram atribuídas aos modelos matemáticos empregados pelos sistemas dinâmicos, derivados de fontes da biologia e da física, especialmente da ideia de

² Informação fornecida pela Profa. Dra. Adelaide Hercília Pescatori Silva na apresentação intitulada *Fatos fônicos do PB como evidências para um tratamento dinâmico*, no Programa de Pós-Graduação em Linguística (PPGL) da UFSC, em 2013.

³ *Haskins Laboratories*, New Haven, USA, www.haskins.yale.edu. “Founded in 1935 and located in New Haven, Connecticut since 1970, Haskins Laboratories is a private, non-profit research institute with a primary focus on speech, language and reading, and their biological basis”.

⁴ A presente tese toma por base os conceitos teóricos propostos por Browman e Goldstein (*op. cit.*) e por Albano (*op. cit.*).

redes neurais e da ideia de um oscilador simples, como o pêndulo. E serviram para a formulação de uma equação dinâmica por Browman e Goldstein (1986, p. 238) para explicar um sistema dinâmico⁵.

Para Port (2002), quanto às redes neurais, foram elaboradas para modelar o fluxo de íons de sódio e potássio através das membranas das células nervosas e basearam-se na noção de *inputs* excitatórios e inibitórios que atuam, não só sobre as membranas dos axônios, mas sobre os neurônios como um todo. Dessa forma, segundo o autor, uma equação dinâmica para o modelo assume que a alteração de uma variável do sistema pode acarretar mudanças de estado em todo o sistema.

No que se refere ao movimento de um pêndulo, esse serviu como protótipo, inicialmente, para os movimentos dos membros do corpo humano. Após, na equação dinâmica que modela um sistema dinâmico simples, foi incluído o movimento do sistema tipo massa-mola, para modelar os movimentos dos órgãos fonoarticulatórios envolvidos na produção da fala (ALBANO, 2012).

Outra noção incorporada ao modelo de sistemas dinâmicos foi a de considerar que as atividades do sistema cognitivo, da mesma forma que os processos físicos, ocorrem no tempo e no espaço. Por isso, a fala é vista como uma atividade que envolve extraordinária noção temporal em um sistema único: o trato vocal. Em consequência, a Fonologia Gestual é proveniente de modelos cognitivos que passam a ver o sistema cognitivo como um sistema dinâmico (SILVA; MEDEIROS, 2007).

Além disso, a Fonologia Gestual incluiu o tempo intrínseco, já pesquisado por Fowler (1980), em seu modelo fonológico. Segundo Silva (2008), a teoria de tempo intrínseco surgiu em oposição à teoria de tempo extrínseco, vigente na década de 70.

Silva (2008) referiu que no tempo extrínseco, o plano articulatório representa uma série ordenada de traços, segmentos ou sílabas, com a exclusão da dimensão temporal. O que, segundo Fowler (1980), não conseguiu explicar os padrões de coarticulação da fala, enquanto a teoria de tempo intrínseco mostrou-se mais adequada, porque leva em conta a coordenação entre os articuladores envolvidos na produção do som. E, ainda, complementou Silva (2008), tem como

⁵ Conforme os autores, são consideradas variáveis da equação dinâmica que modela o gesto articulatório: rigidez do articulador; massa do articulador; deslocamento, velocidade e aceleração do articulador.

característica unir o plano mental com a execução da fala, incorporando o tempo no planejamento para a produção.

A Fonologia Gestual, ao incorporar a variável tempo à estrutura do primitivo de análise e, também, o modelo de Dinâmica de Tarefa (*Task Dynamics*) (SALTZMAN, 1986; SALTZMAN; KELSO, 1987), estabeleceu os conceitos de gesto articulatório, faseamento, pauta gestual, sobreposição e magnitude de gestos (BROWMAN; GOLDSTEIN, 1989).

O conceito crucial para o entendimento da Fonologia Gestual é a identificação das unidades fonológicas chamadas de gestos articulatórios. Browman e Goldstein (1989, 1992) propuseram os gestos articulatórios como unidades fonológicas ou unidades de ação dinâmica (não estática), que apresentam um tempo intrínseco e que podem funcionar como primitivos de contraste fonológico.

Assim, ao invés de segmentos, traços e sílabas, os gestos articulatórios constituem as próprias unidades linguísticas representadas no léxico. A variação linguística da pronúncia seria entendida por processos de implementação física dessas representações dinâmicas. Devido ao dinamismo da fala, muitos processos comumente entendidos como fonológicos podem ser vistos como fonéticos, isto é, resultantes da variação contínua de relações dinâmicas entre os articuladores (ALBANO et al., 1998).

Da mesma forma que todo o funcionamento das atividades motoras do corpo humano, a produção da fala é coordenada e dependente da organização funcional muscular (FOWLER, 1980; BROWMAN; GOLDSTEIN, 1990; 1993).

Conforme Browman e Goldstein (1993), os estudos dos padrões da fala humana têm abordado a fala como tendo duas estruturas, uma considerada física (corpo) e outra considerada como uma estrutura linguística ou cognitiva (mente), sendo que para um melhor entendimento, a relação entre esses domínios deveria ser vista uma como intrínseca à outra. Para a Fonologia Gestual, portanto, esses domínios, aparentemente diferentes, são dimensões de um único sistema complexo, que tem por base estruturas anatômicas integradas. A Fonologia Gestual postulou a ideia de que a fonética (plano motor ou concreto) pode ser traduzida na fonologia (plano de representação mental ou simbólico), formando um único e complexo sistema relacionado intrinsecamente com o mesmo primitivo de análise, o gesto articulatório.

A noção advinda do modelo de Dinâmica de Tarefa explicou que as tarefas são distribuídas aos vários conjuntos de articuladores do trato vocal: lábios, língua, glote e véu palatino, e uma produção é derivada de um pequeno número de unidades gestuais sobrepostas potencialmente. Na fala, essas tarefas envolvem a formação de várias constrictões e movimentos de variáveis do trato vocal. Cada variável do trato vocal tem determinados articuladores envolvidos, que contribuem para a formação e relaxamento das constrictões, e são organizados dentro de uma estrutura coordenada (BROWMAN; GOLDSTEIN, 1992, 1993).

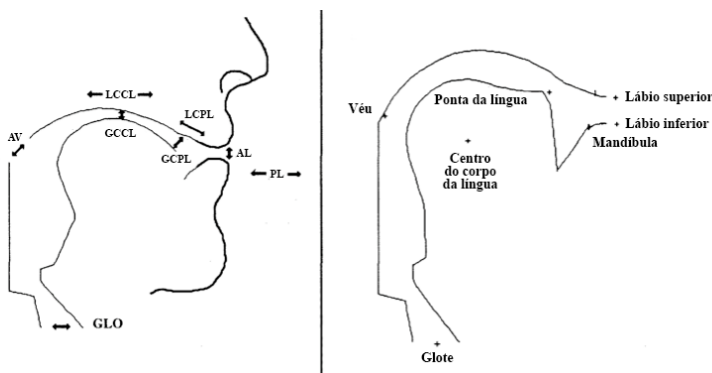
No Quadro 1 e na Figura 1, estão expostas as variáveis do trato vocal e os conjuntos de articuladores envolvidos na produção da fala, segundo Browman e Goldstein (1989, 1993). Ainda, os autores referiram a intenção de implementar o articulador raiz da língua, o qual foi incluído posteriormente como um órgão de constrição do trato vocal (GOLDSTEIN; FOWLER, 2003), por isso não se encontra aqui descrito.

Quadro 1 – Descrição das variáveis do trato vocal e seus articuladores envolvidos.

Variáveis do trato vocal	Articuladores envolvidos
Protrusão labial – PL	Lábio superior e inferior, mandíbula
Abertura labial – AL	Lábio superior e inferior, mandíbula
Local de constrição da ponta da língua – LCPL	Ponta e corpo da língua, mandíbula
Grau de constrição da ponta da língua – GCPL	Ponta e corpo da língua, mandíbula
Local de constrição do corpo da língua – LCCL	Corpo da língua, mandíbula
Grau de constrição do corpo da língua – GCCL	Corpo da língua, mandíbula
Abertura vélica – AV	Véu palatino
Abertura glotal – GLO	Glote

Fonte: Adaptado de Browman e Goldstein (1989, 1993).

Figura 1 – Ilustração das variáveis do trato vocal e seus articuladores.



Fonte: Adaptado de Browman e Goldstein (1993, p. 55).

Legenda: AL - abertura labial; AV - abertura vélica; GCCL - grau de constricção do corpo da língua; GCPL - grau de constricção da ponta da língua; GLO - abertura glotal; LCCL - local de constricção do corpo da língua; GCPL - grau de constricção da ponta da língua; PL - protrusão labial.

Segundo Albano (2001), as variáveis relacionadas ao modo de articulação são: grau de constricção e abertura, sendo obtidos valores de aberto, fechado (oclusivas) e crítico (fricativas). O aberto subdivide-se em estreito (aproximantes, vogais altas, etc.), médio e largo; ocasionalmente, ainda, médio estreito, para a variável grau de constricção do corpo da língua, que participa também da formação das vogais. Enquanto as variáveis - local de constricção da ponta e do corpo da língua - estão relacionadas ao ponto de articulação, com valores de: dental, alveolar e pós-alveolar; e palatal, velar, uvular e faríngeo, respectivamente.

Cada gesto articulatório possui um aspecto espacial inerente (isto é, um alvo da variável do trato) e um aspecto temporal intrínseco, combinado com sua abstração, que são incorporados a um conjunto de fases que especifica a coordenação espaço temporal dos gestos. Logo, os gestos organizam-se entre si através de relações de faseamento, ou seja, um gesto pode começar concomitantemente a outro ou após algum tempo de ativação do primeiro (BROWMAN; GOLDSTEIN, 1989). Para Browman e Goldstein (1989), essa organização embasa a noção fundamental da Fonologia Gestual de sobreposição gestual e da organização temporal dos gestos articulatórios.

O padrão de coordenação intergestual que resulta da aplicação do mecanismo de princípios de fases, juntamente com o intervalo de controle ativo de gestos, pode ser representado graficamente em pautas gestuais. A pauta gestual apresenta em uma dimensão as camadas articulatórias, que representam os conjuntos de articuladores utilizados pelos gestos, e em outra, as informações temporais (BROWMAN; GOLDSTEIN, 1989).

Ainda, para Browman e Goldstein (1989), o fato de cada gesto ter uma duração no tempo e, conseqüentemente, poder haver sobreposição entre as unidades gestuais, produz diferentes tipos de variações nos sons da fala.

Os autores explicam que a grande diferença entre a pronúncia canônica e a pronúncia em fala fluente pode ser o resultado de dois processos: 1) redução na magnitude dos gestos (no espaço e no tempo) e 2) aumento da sobreposição entre os gestos. O aumento na sobreposição entre os gestos pode variar de uma não sobreposição até uma sobreposição completa (BROWMAN; GOLDSTEIN, 1989). Esta gradiência produz diferentes conseqüências na produção articulatória e acústica, dependendo se a sobreposição ocorre entre gestos articulatórios que empregam as mesmas ou diferentes variáveis do trato vocal.

Conforme Albano (2017), os fenômenos fonológicos são atribuídos pela Fonologia Gestual a três processos gestuais: redução ou aumento da magnitude de um gesto articulatório (no qual está a maioria das reduções); maior ou menor sobreposição entre dois ou mais gestos articulatórios; e fusão de gestos articulatórios quase inteiramente sobrepostos (nesses casos está a maioria dos apagamentos e inserções, termos associados à outra teoria).

Na visão da teoria da Fonologia Gestual a comunicação linguística entre as pessoas é possível pois as formas de linguagem são como ações públicas, não categorias exclusivamente mentais, e pode explicar as propriedades dessas ações públicas e como elas são produzidas e percebidas, pelos gestos articulatórios (LOCKE, 1989).

Com base na proposta da Fonologia Articulatória, Albano (2001) propôs a Fonologia Acústico-Articulatória (FAAR), a qual incluiu modificações quanto ao papel dos fatores acústicos na constituição do gesto articulatório e destacou a importância das relações acústico-articulatórias para a questão da comensurabilidade. Esta, conforme explica a autora, indica que a fonologia e a fonética têm muitos parâmetros em comum, que diferem apenas quanto à partição discreta ou contínua das dimensões envolvidas.

Assim, conforme Albano (2001), a fonologia deve, em princípio, emergir a partir das regiões dos contínuos (equivalentes ao ponto e modo de articulação, à magnitude e sincronização relativa entre os gestos) mobilizados pela fonética, nas quais atuam fatores que favoreçam a manifestação (via percepção) de descontinuidades.

Os processos fônicos, segundo Albano (2001), podem ser “correntes” – quantitativos, físicos, e lexicalizados – qualitativos, simbólicos. A autora referiu que os processos fônicos da fala corrente resultam dos mecanismos quantitativos de sobreposição e redução da magnitude dos gestos. Assim, a partir da fala corrente, ocorre a mudança nas entradas lexicais, contando com fatores favoráveis. A unidade acústica do gesto é construída *off line*, primeiro, durante o processo de desenvolvimento da linguagem e, depois, na mudança linguística socialmente motivada.

Em sua proposta, Albano (2001) buscou representar fatos dialetais, aparentemente devidos a graus distintos de sobreposição gestual, a partir dos quais se tem a presença de um segmento num dado dialeto e não em outro, com a lexicalização de pautas gestuais similares, mas que tenham resultados acústicos distintos e que corresponderiam, portanto, a variantes dialetais.

A FAAR defende que o ajuste acústico-articulatório, com conexões neurais subjacentes, faz parte do equipamento biológico para a linguagem humana, havendo uma certa dotação do sensorio para apreender os ritmos da motricidade, ou seja, para estabelecer correspondências entre sinais de fala e movimentos articulatórios. Nesse sentido, Albano (2001) citou que há sinais acústicos de fala geráveis por mais de uma manobra articulatória, dependentes, pelo menos em parte, da morfologia individual de cada trato vocal. O mesmo sinal acústico pode ter consequências auditivas distintas e depender do seu contexto de ocorrência.

Para finalizar esta breve exposição, sob a ótica da FAAR a definição do gesto só pode ser acústico-articulatória: se refere a regiões acústico-articulatórias discretas (e não articuladores e trajetórias), capazes de garantir efeitos acústicos estáveis e, ao mesmo tempo, acomodar variações dialetais, muitas desencadeadas por fatores prosódicos (ALBANO, 2001).

A seguir, passaremos a algumas considerações sobre características articulatórias e aerodinâmicas da nasalidade nas línguas naturais, além de exemplo de pautas gestuais para a nasalização no PB (ALBANO, 1999).

2.2 A NASALIDADE

A nasalidade tem sido entendida como uma propriedade de função distintiva na linguagem e como um universal linguístico nas línguas naturais. Para Ferguson (1975), as línguas naturais contam com os seguintes sons nasais: consoantes nasais, vogais nasais, vogais e semivogais nasalizadas, glides nasais e os cliques nasais. Desses sons, as consoantes nasais são os mais comuns com função distintiva nas línguas.

Segundo a base de dados *Phonologycal Segment Inventory Database* (UPSID)⁶, as consoantes nasais estão presentes em 435 línguas, ou seja, 96,45% das línguas que compõem essa base de dados. Foram estabelecidas 51 possíveis produções para as consoantes nasais, o que representa 5,55% dos sons que existem em todas as línguas. O levantamento de dados indicou que as vozeadas são as mais frequentes, na seguinte ordem de ocorrência nas línguas do mundo: bilabial (94%), velar (52%), alveolar (44%), dental/alveolar (35%) e palatal (31%).

Quanto às características articulatórias, o quadro a seguir apresenta o alfabeto fonético internacional - *International Phonetic Association* (IPA, 2005), que distingue sete consoantes nasais encontradas nas línguas do mundo. Aparecem, ainda, os demais sons consonantais classificados segundo o modo e o ponto de articulação e diferenciados pela sonoridade (vozeado e não-vozeado).

Quadro 2 – Consoantes nasais das línguas do mundo.

THE INTERNATIONAL PHONETIC ALPHABET (revised to 2005)

CONSONANTS (PULMONIC) © 2005 IPA

	Bilabial	Labiodental	Dental	Alveolar	Postalveolar	Retroflex	Palatal	Velar	Uvular	Pharyngeal	Glottal
Plosive	p b			t d		ʈ ɖ	c ɟ	k ɡ	q ɢ		ʔ
Nasal	m	ɱ		n		ɳ	ɲ	ŋ	ɴ		
Trill	ʙ			r					ʀ		
Tap or Flap		ⱱ		ɾ		ɽ					
Fricative	ɸ β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	ʂ ʐ	ç ʝ	x ɣ	χ ʁ	ħ ʕ	h ɦ
Lateral fricative				ɬ ɮ							
Approximant		ʋ		ɹ		ɻ	j	ɰ			
Lateral approximant				l		ɭ	ʎ	ʟ			

Where symbols appear in pairs, the one to the right represents a voiced consonant. Shaded areas denote articulations judged impossible.

Fonte: *The International Phonetic Alphabet* (IPA, 2005).

⁶ Criada por Maddieson (1984) pela *University of California, Los Angeles* (UCLA) e fornece um banco de dados dos sons de 451 línguas. Disponível em: <http://menzerath.phonetik.uni-frankfurt.de/cgi-bin/upsid_sounds.cgi>. Acesso em: 08 out. 2015.

Observamos, no Quadro 2, que as consoantes nasais (destacadas no retângulo), produzidas durante a expiração do ar pulmonar, caracterizam-se por serem todas sonoras e apresentarem variação no ponto de articulação, podendo ser: bilabial, labiodental, alveolar, retroflexa, palatal, velar e uvular. Veja a Figura 4 (cf. Seção 2.3, p. 55), na qual estão detalhadas as regiões articulatórias da cavidade oral na produção das consoantes nasais. As consoantes nasais podem ser articuladas pelos lábios, pela língua em toda a extensão do palato duro (alveolar, retroflexa e palatal), até chegar ao véu palatino (velar) e na úvula (uvular). Observe a Figura 10 (cf. Seção 2.4, p. 64), na qual estão mostrados os articuladores da cavidade oral.

No que se refere aos aspectos aerodinâmicos, as consoantes orais se opõem às consoantes nasais por aspectos particulares de suas produções articulatórias, com consequentes diferenças nas características acústicas e aerodinâmicas. Nas primeiras, o fluxo de ar encontra a saída exclusivamente na cavidade oral. Em contrapartida, nas consoantes nasais a passagem do fluxo aéreo é direcionando exclusivamente para a cavidade nasal, também com influência do movimento dos articuladores da cavidade oral. Visualize a ilustração na Figura 2 (a, c).

A oposição de nasalidade também se evidencia entre vogais orais e vogais nasais, sendo estabelecida pelo local da saída do ar, conforme Figura 2 (a, b). Durante a articulação das vogais orais, o véu palatino se encontra levantado e o acesso do fluxo de ar à cavidade nasal fica impossibilitado, com a saída do fluxo aéreo somente pela cavidade oral. Entretanto, para a articulação das vogais nasais, o véu palatino se encontra abaixado, parte do fluxo aéreo passa pela cavidade nasal saindo pelas narinas, e parte passa, simultaneamente, pela cavidade oral, saindo pela boca.

Quando se trata de consoantes nasais e vogais nasais, como as articulações ilustradas na Figura 2 (b, c), observamos que a característica em comum entre esses sons é o fato de que o fluxo de ar é desviado para a cavidade nasal. O aspecto que os diferencia é a obstrução da saída do fluxo aéreo na cavidade oral. Enquanto as consoantes são produzidas de modo que o estreitamento gerado pelo movimento dos articuladores da cavidade oral gere um bloqueio na passagem do ar, as vogais não encontram obstrução à saída de ar na cavidade oral.

Moraes (2013) explicou que, nas consoantes nasais, o processo de nasalização é completo, no sentido de que todo o ar passa pelo nariz

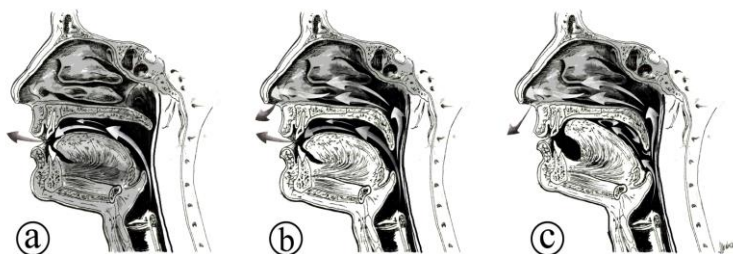
durante sua articulação. Já, nas vogais nasais, do ponto de vista aerodinâmico, o fluxo de ar escapa concomitantemente pela cavidade oral e pela cavidade nasal.

Outra diferenciação de nasalidade presente nos sons das línguas naturais envolve as vogais nasais e as vogais nasalizadas. Em termos articulatórios e aerodinâmicos, vogais nasais e nasalizadas ocorrem da mesma maneira, conforme demonstrado na Figura 2 (b). Tradicionalmente, o que as diferencia é o fato de as primeiras indicarem nas línguas uma distinção de significado entre palavras (com vogais orais), e as segundas não apresentarem essa distinção.

Conforme Moraes (2013), diferenciam-se dois tipos de nasalidade no PB: a contrastiva e a alofônica ou contextual. Na contrastiva, a nasalidade sobre a vogal é o traço distintivo a opor pares mínimos como ‘lã’ e ‘lá’, sendo obrigatória na norma culta brasileira, independentemente de fatores como o contexto acentual e o dialeto. A nasalidade alofônica supõe a presença de uma consoante nasal intervocálica à direita da vogal nasalizada, não podendo, em princípio, opor, por si só, vocábulos, como em ‘lama’. Assim, segundo o autor, essa “vogal nasalizada é o resultado da aplicação de uma regra variável, sensível a fatores como localização do acento vocabular, natureza da consoante subsequente, natureza da vogal nasalizada e o dialeto”.

A Figura 2 ilustra, de modo esquemático, o fluxo de ar nas cavidades oral e nasal, diferenciando a produção dos sons orais (vogais e consoantes) da produção dos sons nasais (vogais nasais, vogais nasalizadas e consoantes nasais).

Figura 2 – Ilustração esquemática da passagem do fluxo aéreo durante a produção de: (a) sons orais, incluindo vogais e consoantes; (b) vogais nasais e nasalizadas; (c) consoantes nasais.



Fonte: Elaborada pela autora⁷.

Na Figura 2, observamos em (a), na produção dos sons orais, o fluxo de ar com saída exclusivamente pela cavidade oral. Já em (b), na emissão das vogais nasais e nasalizadas, o fluxo aéreo é direcionado tanto para a cavidade oral quanto para a cavidade nasal, com saída em ambas as cavidades. Enquanto, em (c), na produção das consoantes nasais, o fluxo de ar tem saída somente pela cavidade nasal, embora seja também direcionado para a cavidade oral.

Um dos processos fônicos, considerados como gradiente na Fonologia Gestual, é a nasalização. Segundo Albano (1999), o modelo gestual é de fato necessário para dar conta de processos fonológicos vistos como categóricos no PB, entre eles a nasalização.

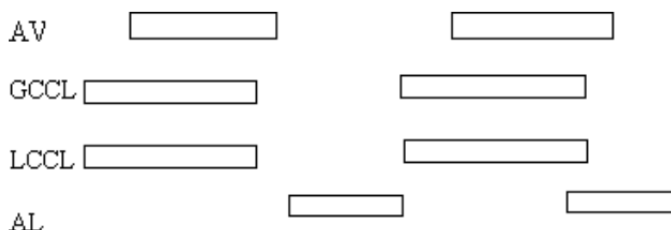
Conforme Albano (1999), sobre a presença de uma consoante nasal, dita intrusiva, entre a vogal nasal e uma consoante de início de sílaba seguinte, a Fonologia Gestual postula:

Um gesto de abertura vélica que começa depois do início do gesto vocálico e termina depois do fim desse. A presença ou não de nasal “intrusiva” depende da maior ou da menor sobreposição entre o gesto consonantal seguinte e os gestos vocálico e vélico, que não é especificada no léxico, podendo variar de acordo com o contexto prosódico, segmental ou mesmo pragmático (ALBANO, 1999, p. 31, 32).

⁷ As figuras apresentadas como “Elaborada pela autora” foram ilustradas por Jhonatas da Silveira a partir da elaboração da autora.

A autora apresentou exemplo de pautas gestuais para formalizar essa análise, demonstrando a ocorrência de nasalização vocálica sem (esquerda) e com (direita) murmúrio nasal no PB, exposto a seguir na Figura 3. As camadas correspondem a variáveis do trato – os parâmetros que são afetados pelas oscilações que especificam os gestos, enquanto o comprimento das barras é uma aproximação gráfica das durações intrínsecas que são especificadas no componente dinâmico.

Figura 3 – Exemplo de pautas gestuais da nasalização no PB.



Fonte: Albano (1999, p. 32).

Legenda: AL - abertura labial; AV - abertura vélica; GCCL - grau de constrição do corpo da língua; LCCL - local de constrição do corpo da língua.

Assim, de acordo com Albano (1999), para a Fonologia Gestual, as camadas correspondentes a variáveis do trato no caso da nasalização vocálica seriam: abertura vélica (AV) que especifica o gesto de nasalização; grau (GCCL) e local (LCCL) de constrição do corpo da língua que especificam o gesto vocálico; e abertura labial (AL) que especifica o gesto consonantal seguinte (no caso uma labial). Essas variáveis já foram antecipadas na Figura 1 e no Quadro 1 (cf. Seção 2.1). Ainda, na Figura 3, a autora destaca “que é possível o caso em que o gesto consonantal seguinte se sobrepõe ao gesto nasal, mas não ao gesto vocálico”, o que poderia explicar os dados em que a duração do murmúrio não é previsível a partir da duração da vogal.

Portanto, com base na teoria da Fonologia Gestual, podemos dizer que as consoantes nasais incluem gestos articulatórios de abaixamento velar e de constrição oral. Enquanto a variável do trato chamada abertura glotal – na glote, as pregas vocais estão aproximadas e em vibração – está em seu padrão (*default*) por isso não precisa ser descrito.

Nesta seção, foram descritos aspectos gerais, articulatórios e aerodinâmicos, relacionados aos sons nasais, a fim de caracterizar sons nasais consonantais e vocálicos, incluindo a visão da Fonologia Gestual.

A seguir serão abordadas especificidades das consoantes nasais presentes no PB, com considerações sobre sua ocorrência e sua articulação.

2.3 AS CONSOANTES NASAIS DO PB

A distribuição estatística das consoantes nasais no PB foi pesquisada por Seara (1994) com falantes da cidade de Florianópolis (SC). Foram analisados cerca de 20.000 sons do banco de dados pertencente à pesquisa linguística que se realiza na UFSC, intitulada “Variação Linguística da Região Sul do Brasil - Censo” (VARSUL). Participaram 20 adultos, de ambos os sexos, com nível de escolaridade entre o primário e o colegial⁸ e idade maior do que 25 anos.

Seara (1994) verificou, entre as consoantes do PB, uma frequência relativa média semelhante entre [m] e [n], com ocorrência de 3,51% e 3,20%, respectivamente. A consoante [ɲ] foi a que apresentou menor ocorrência, com 0,92% de frequência relativa média nas palavras do PB.

Analisando as consoantes nasais, Seara (1994) observou, também, a frequência com relação à tonicidade da sílaba. Citou que a palatal [ɲ] apresentou uma particularidade em relação ao contexto de tonicidade, estando com maior frequência em contextos átonos (90,81%) do que em contextos tônicos (9,19%). As outras duas consoantes nasais, [m] e [n], apresentaram comportamento neutro para os dois contextos (tônico e átono), com frequências similares (em torno de 50%).

As consoantes [m] e [n] no PB podem ocupar na palavra as posições de *onset* inicial e medial (Ex.: ‘mulher, amor’; ‘navio, anel’). Em pesquisas, como as de Sousa (1994) e de Freitas (2004), foi demonstrado que a consoante [ɲ] ocupa somente a posição de *onset* medial (Ex.: ‘carinho’), ocorrendo, de acordo com Silva (2014)

⁸ Correspondentes aos termos atuais da educação básica: Ensino Fundamental e Ensino Médio, de acordo com a Redação dada pela Lei nº 12.796, de 2013, que altera a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Acesso em: 23 jan. 2017.

exclusivamente em posição intervocálica, sendo a vogal precedente geralmente nasalizada.

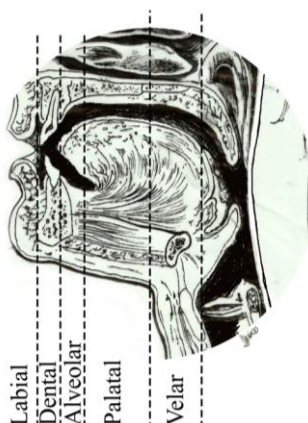
Silva (2014) acrescenta na tabela fonética consonantal para o PB, um glide palatal nasalizado, que geralmente ocorre no lugar da consoante nasal palatal. Assim, conforme a autora “podemos ter uma consoante nasal palatal [...] ou um segmento vocálico nasalizado que será transcrito como [ỹ]”. Para Silva (2014), a diferença entre essas produções é que na consoante ocorre obstrução da passagem do ar na cavidade oral causada pelo contato da língua na região palatal. No segundo caso, não há contato da língua com o palato duro e o que articulamos é uma vogal nasalizada com qualidade vocálica de [i] (como a vogal de ‘sim’), mas em termos distribucionais tal vogal ocupa a posição de consoante na estrutura silábica.

Segundo Albano (2001), para a descrição dos fatos fônicos com o inventário das configurações gestuais possíveis no PB, consideram-se as ocorrências de frequências efetivamente observadas (O) e as que seriam esperadas nos seus contextos de ocorrência (E). A razão O/E expressa a frequência relativa de ocorrência das unidades fônicas em contextos diferentes. A autora citou que a consoante [m] está entre as configurações gestuais com maior frequência, sendo que o grau e o local de constrição auxiliam em destacar as pistas acústicas um do outro. Essas propriedades fônicas promovem um realce acústico-auditivo que leva esse som a estar entre os universalmente favoritos.

Ainda, Albano (2001) apresentou dados de frequência relativa das consoantes nasais do PB nas posições de *onset* inicial e medial. A consoante [m] tem maior frequência relativa em *onset* inicial (1,24) do que na posição medial (1,01); enquanto [n], ao contrário, na posição medial (1,02) apresenta maior frequência relativa do que na inicial (0,32). Já [ɲ], que ocorre somente na posição medial, tem a menor frequência relativa (0,14) das configurações gestuais na posição medial.

Cagliari (1974), em uma investigação da palatalização no PB, indicou regiões articulatórias para os sons do PB. Com base nessa proposta, na Figura 4, estão representadas regiões articulatórias para as consoantes nasais do PB.

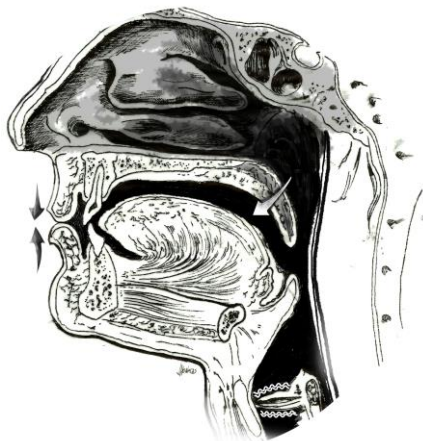
Figura 4 – Representação das regiões articulatórias para as consoantes nasais do PB.



Fonte: Elaborada pela autora, adaptada de Cagliari (1974, p. 69).

A Figura 4 indica cinco regiões articulatórias possíveis para a produção das consoantes nasais do PB: labial, dental, alveolar, palatal e velar. Essas regiões estão delimitadas por traços pontilhados que estabelecem limites aproximados entre cada uma delas. Em relação a esses aspectos articulatórios, geralmente são descritas três consoantes nasais em posição de *onset* para o PB: uma consoante nasal bilabial [m], uma alveolar ou dental ou dento-alveolar [n] e uma palatal [ɲ], sendo todas vozeadas, conforme podem ser observadas representações nas Figuras 5, 7 e 8, respectivamente. No entanto, segundo Cagliari (1974), a consoante nasal velar pode ser observada em posição de *coda* medial, quando é produzida diante de consoante posterior como na palavra ‘canga’.

Figura 5 – Corte médio sagital do trato vocal ilustrando a configuração articulatória da consoante nasal bilabial [m]. Setas indicando os articuladores lábios e o movimento de abaixamento do véu palatino.

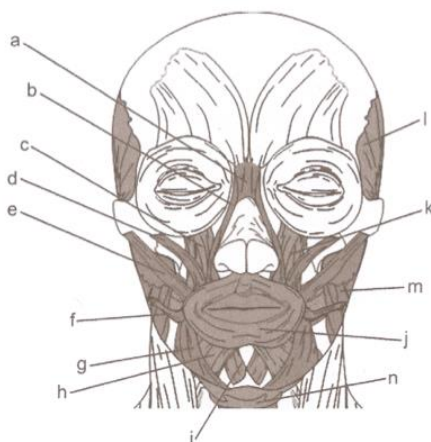


Fonte: Elaborada pela autora.

Na Figura 5, está representada a articulação da consoante nasal bilabial [m], a qual envolve a vibração das pregas vocais que gera um som vozeado; a obstrução total e momentânea do fluxo aéreo na cavidade oral com o contato entre o lábio superior e o lábio inferior; o abaixamento simultâneo do véu palatino, que permite a passagem do fluxo aéreo para a cavidade nasal e sua saída pelo nariz. O som gerado nas pregas vocais é influenciado também pela cavidade de ressonância oral antes de ser expelido somente pela cavidade nasal.

Conforme Marchal e Reis (2012), o fechamento dos lábios na produção de [m] realiza-se pela ação dos músculos orbicular da boca, masseter, temporal, pterigoideo interno e levantador do ângulo da boca. Os autores complementaram que a abertura dos lábios resulta da ação do músculo depressor do lábio inferior, dos levantadores do lábio superior em conjunto com o depressor do ângulo da boca e o platisma. Uma ilustração sobre os principais músculos dos lábios, envolvidos na produção da consoante [m], é apresentada na Figura 6.

Figura 6 – Musculatura facial envolvida na produção da consoante nasal bilabial.



Fonte: Marchal e Reis (2012, p. 109).

Legenda: Músculos faciais: a) nasal; b) levantador do lábio e da asa do nariz; c) levantador do lábio superior; d) zigomático menor; e) zigomático maior; f) risório; g) depressor do ângulo da boca; h) depressor do lábio inferior; i) mental; j) orbicular da boca; k) levantador do ângulo da boca; l) temporal; m) masseter; n) platisma.

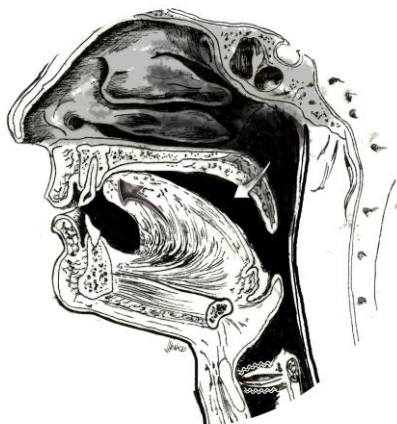
Nota-se, na Figura 6, que o músculo pterigoideo interno não é ilustrado, o que ocorre devido ao seu posicionamento interno na cavidade oral.

Observando-se agora a Figura 1 (*cf.* 2.1), à luz da proposta apresentada pelos autores da Fonologia Gestual, para a produção da consoante nasal bilabial do PB, estão envolvidas as seguintes variáveis do trato e articuladores: abertura vélica (véu palatino) que especifica o gesto de nasalização e abertura de lábios (lábio superior, lábio inferior e mandíbula) que especifica o gesto labial presente nessa consoante.

Goldstein, Byrd e Saltzman (2006) explicaram que o gesto bilabial [m], por exemplo, é produzido por um conjunto de movimentos padrões funcionais do lábio superior, lábio inferior e mandíbula que são ativamente controlados para atender à tarefa de fechamento dos lábios. Então esses articuladores compõem um sistema efetor que controla a variável abertura dos lábios. Enquanto a variável do trato vocal da abertura vélica, que envolve o articulador véu palatino, é um sistema

efetor coordenado conjuntamente com o sistema efetor de abertura labial para produção da consoante nasal [m].

Figura 7 – Corte médio sagital do trato vocal demonstrando a configuração articulatória da consoante nasal alveolar [n]. Setas indicando os articuladores ponta de língua e região alveolar, e o movimento de abaixamento do véu palatino.



Fonte: Elaborada pela autora.

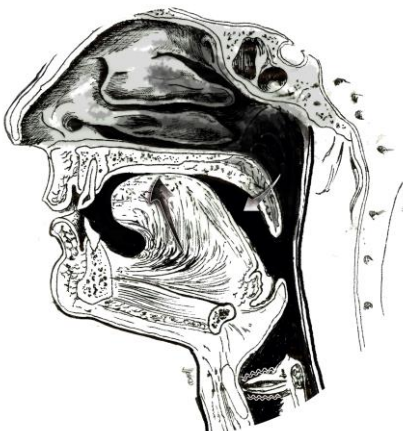
A Figura 7 representa a articulação da consoante nasal alveolar, a qual envolve a vibração das pregas vocais que gera um som vozeado; a obstrução total e momentânea do fluxo aéreo na cavidade oral com o contato da ponta da língua na região alveolar; o abaixamento simultâneo do véu palatino, permitindo a passagem do fluxo de ar para a cavidade nasal e sua saída pelo nariz. O som gerado nas pregas vocais é também influenciado pela cavidade de ressonância oral antes de ser impulsionado para a saída somente pela cavidade nasal.

Devido à região alveolar estar situada imediatamente após os dentes incisivos superiores, o contato da ponta da língua pode ocorrer nesses dentes e, então, ser denominada consoante nasal dental ou, ainda, dento-alveolar.

De acordo com a Fonologia Gestual, para a produção da consoante nasal alveolar do PB, estão envolvidas as seguintes variáveis do trato e articuladores: abertura vélica (véu palatino) que especifica o gesto de nasalização; local de constricção de ponta da língua e grau de constricção de ponta da língua (ponta da língua, corpo da língua e

mandíbula) que especificam o gesto consonantal. Pode-se observar as variáveis na Figura 1 (*cf.* 2.1).

Figura 8 – Corte médio sagital do trato vocal ilustrando a configuração articulatória da consoante nasal palatal [ɲ]. Setas indicando os articuladores corpo da língua e região palatal, e o movimento de abaixamento do véu palatino.



Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 8 ilustra a articulação da consoante nasal palatal [ɲ], a qual envolve a vibração das pregas vocais que gera um som vozeado; a obstrução total e momentânea do fluxo de ar na cavidade oral com o contato do corpo da língua na região palatal; o abaixamento simultâneo do véu palatino (indicado pela seta), que permite a passagem do fluxo aéreo e sua saída na cavidade nasal. O som gerado nas pregas vocais é também influenciado pela cavidade de ressonância oral antes de sair somente pela cavidade de ressonância nasal.

Para a produção da consoante nasal palatal do PB, com base na Fonologia Gestual, estão envolvidas as seguintes variáveis do trato e articuladores: abertura vélica (véu palatino) que especifica o gesto de nasalização; local de constrição do corpo da língua e grau de constrição do corpo da língua (corpo da língua e mandíbula) que especificam o gesto consonantal, conforme ilustrado na Figura 1 (*cf.* Seção 2.1).

Após a revisão das questões articulatórias que caracterizam as consoantes nasais do PB, damos continuidade às descrições com aspectos de seus desenvolvimentos. Esclarecemos que, embora o

presente estudo não tenha como propósito observar questões relacionadas ao desenvolvimento das consoantes nasais, essas questões são retomadas brevemente para situar as consoantes nasais dentro os demais sons do PB e a fim de demonstrar que desde o princípio do desenvolvimento da linguagem oral, a consoante nasal palatal parece ter características específicas quando comparadas às outras duas consoantes nasais do PB: a bilabial e a alveolar.

No desenvolvimento dos sons da fala, as nasais estão entre os primeiros a se desenvolverem (FREITAS, 2004; FERREIRA-GONÇALVES; FREITAS, 2016) e apresentam pontos de articulação distanciados uns dos outros (lábios, ponta da língua e dorso da língua), demonstrando que esses sons exigem menos especificidades do que outros desenvolvidos posteriormente e comprovando, assim, a facilidade com que geralmente são adquiridos no PB.

A ordem de aquisição das consoantes nasais do PB indica que, invariavelmente, [m] e [n] são adquiridas em um primeiro momento e o [ɲ] posteriormente (FREITAS, 2004). Especialmente com a nasal palatal, Freitas (2004) relata que ocorrem algumas estratégias no desenvolvimento, como apagamento ou substituição por prolongamento da vogal alta anterior em posição de *onset* medial.

Nesta seção, expusemos as configurações articulatórias, as variáveis do trato e os articuladores (com base na Fonologia Gestual) envolvidos na produção das consoantes nasais do PB.

Serão apresentados na próxima seção os sistemas envolvidos diretamente na produção da fala e as estruturas do trato vocal relacionadas às propriedades articulatórias, acústicas e aerodinâmicas das consoantes nasais do PB, concentrando-se na tentativa de explicar a dinâmica do trato vocal na produção dos sons de fala.

2.4 DINÂMICA DO TRATO VOCAL NA PRODUÇÃO DAS CONSOANTES NASAIS

Na execução motora da fala, percebe-se claramente a relação anatômica e funcional das estruturas que formam o trato vocal: pulmões, traqueia, laringe, faringe, cavidades oral e nasal. A organização dessas estruturas e o desempenho de suas funções devem ser entendidos como sistemas interligados, que produzem, pela articulação da fala, consequências acústicas e aerodinâmicas.

Os sistemas responsáveis pela produção da fala baseiam-se fortemente em outros sistemas, sendo todos formados por unidades

dependentes entre si, e com funcionamento de modo coordenado. Desde o sistema muscular, os sistemas esquelético e articular, o sistema respiratório (vias aéreas e pulmões) até o sistema nervoso central (encéfalo, tronco encefálico e medula) e periférico (nervos e receptores sensoriais), todos são fundamentais na produção da linguagem oral (ZEMPLIN, 2000).

Fowler (1980) apresentou três sistemas relacionados diretamente à produção da fala: respiratório, laríngeo (fonatório) e supralaríngeo (articulatório). Para designar esses mesmos sistemas, outras nomenclaturas são usadas, tendo também como parâmetro a posição vertical da glote, como subglótico, glótico e supraglótico, respectivamente.

No sistema respiratório (subglótico), ocorre uma sequência de atividades coordenadas dos músculos inspiratórios e expiratórios durante a produção da fala e a emissão das consoantes nasais. São formados ciclos respiratórios nos quais a pressão subglótica é mantida em um nível quase constante, apesar da diminuição contínua do volume de ar dos pulmões.

No sistema fonatório (glótico), ocorre a produção da voz (fonação) pelas pregas vocais e o ajuste do tônus dos músculos intrínsecos envolvidos na vibração das pregas vocais por meio de receptores presentes na mucosa e nas articulações da laringe. Essa vibração gera sons vozeados na fala, como as consoantes nasais do PB.

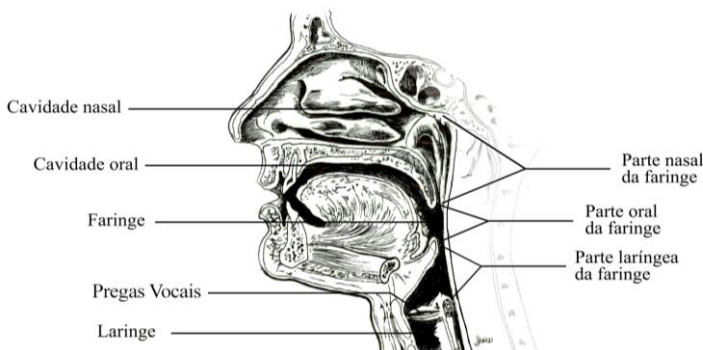
No sistema articulatório (supraglótico), ocorrem modificações da voz pelas cavidades de ressonância e operam circuitos para controle da velocidade e ajuste dos movimentos da fala. Essas modificações ocorrem em pontos de estreitamento ao longo do trato vocal (BEHLAU, 2008), pelos lábios, pela língua ou pelo véu palatino, que agem como válvulas de constrição para bloquear o fluxo de ar e para liberá-lo (ZEMPLIN, 2000).

No caso dos sons consonantais nasais, o abaixamento do véu palatino passa a ter um papel fundamental do ponto de vista dos valores atingidos pela pressão intraoral, apesar de uma constrição supralaríngea, o fluxo de ar distribui-se pelas cavidades oral e nasal e a pressão intraoral aumenta menos do que nos sons orais, segundo Mateus (1990). Para a autora, por serem vozeados, uma segunda constrição, a laríngea, se combina à constrição supralaríngea nas consoantes nasais, e a velocidade de volume do fluxo de ar e a pressão supralaríngea atingem valores menos elevados do que nos sons não-vozeados.

Todos os sistemas estão intimamente atuantes e integrados na produção da nasalidade da fala. Porém, o papel executado pelo sistema respiratório não é diferenciado para a produção das consoantes nasais, uma vez que pulmões e traqueia desempenham suas funções da mesma forma para todos esses sons nasais.

Já, nos sistemas laríngeo e supralaríngeo, está centrado o maior interesse da presente pesquisa. Mais especificamente, no supralaríngeo estão as estruturas do trato vocal relacionadas às diferentes propriedades articulatórias, que caracterizam, acústica e aerodinamicamente, as consoantes nasais. Por isso, aqui serão descritas, em termos anatômicos e funcionais, a laringe, a faringe e as cavidades oral e nasal, as quais são essenciais ao entendimento do nosso trabalho e podem ser visualizadas na Figura 9.

Figura 9 – Corte médio sagital do trato vocal ilustrando os sistemas laríngeo e supralaríngeo. Setas indicam laringe, faringe (partes laríngea, oral e nasal), cavidade oral e cavidade nasal.



Fonte: Elaborada pela autora.

Na laringe (Figura 9), estão localizadas as pregas vocais, que são responsáveis pela fonação e são a fonte de produção da voz, ou seja, do sinal acústico primário para os sons vozeados, que serão articulados pelos ressoadores do trato vocal. A tensão ou relaxamento das pregas vocais influencia o *pitch*⁹ da voz e a sua velocidade de vibração, o que é o resultado da interação entre o fluxo de ar pulmonar e a glote (abertura

⁹ Parâmetro perceptual geralmente relacionado ao parâmetro físico da frequência fundamental ou frequência de vibração das pregas vocais (REETZ; JONGMAN, 2009).

entre as pregas vocais). O *loudness*¹⁰ da voz também é influenciado pelas pregas vocais, de acordo com o vigor que se aproximam e se afastam durante sua oscilação devido à passagem de ar pulmonar.

Na glote, a vibração das pregas vocais durante a fala é um mecanismo muito complexo. Mateus (1990) referiu que essa vibração é uma atividade mecânica que modula o fluxo do ar que atravessa a glote, e que é resultante da interação de forças aerodinâmicas, musculares e elásticas. O fluxo resultante da vibração é quase-periódico, constituído por uma sucessão de saídas de ar cuja velocidade de volume é variável e determinada pelo modo de vibração.

Na produção dos sons nasais, Barbosa e Madureira (2015) esclareceram que há fonte de voz relacionada com a vibração das pregas vocais, mas não há fontes de ruído que sejam provenientes de ajustes dos articuladores.

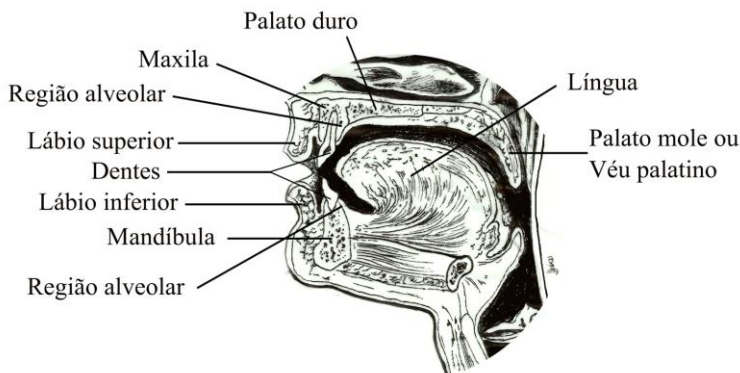
Situada logo acima da laringe, a faringe é um tubo muscular que pertence aos sistemas digestório e respiratório e está dividida nas partes laríngea, oral e nasal (Figura 9). Pela faringe se dá a passagem do fluxo aéreo oral e nasal, advindo dos pulmões e traqueia. A parte laríngea da faringe localiza-se na região mais inferior e está relacionada com a laringe. A cavidade oral se comunica com a faringe através do istmo das fauces. Entre o véu palatino e a abertura de entrada da laringe está a parte oral da faringe. A região acima do véu palatino é a parte nasal da faringe, que é contínua com a cavidade nasal.

As cavidades oral e nasal (Figura 9) são responsáveis pela entrada e saída do ar para respiração e fonação, podendo modificar as características de ressonância, as propriedades acústicas e a qualidade do sinal de fala (ALTMANN, 2005; REETZ; JONGMAN, 2009). As modificações acústicas nas consoantes nasais serão abordadas na Seção 2.7.

A cavidade oral, ilustrada na Figura 10, é composta pela região alveolar e dentes, maxila, mandíbula, língua, palato duro, palato mole ou véu palatino e lábios, comunicando-se posteriormente com a faringe (BATH-BALOGH, 2008; SEARA; NUNES; LAZZAROTTO-VOLCÃO, 2015).

¹⁰ Parâmetro perceptual relacionado ao parâmetro físico da intensidade do sinal de fala (REETZ; JONGMAN, 2009).

Figura 10 – Corte médio sagital do trato vocal ilustrando as estruturas da cavidade oral: mandíbula, lábio inferior, lábio superior, dentes, região alveolar, maxila, palato duro, língua e palato mole ou véu palatino.



Fonte: Elaborada pela autora.

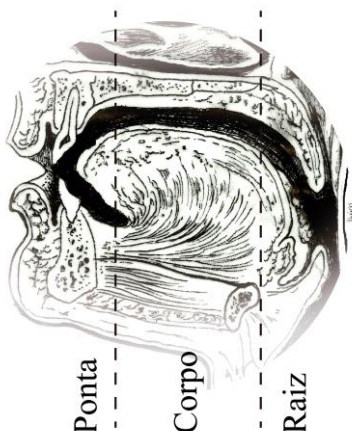
As estruturas fixas ósseas e musculares, como a arcada dentária e o palato duro, juntamente com as estruturas móveis permitem a articulação dos sons da fala. As estruturas móveis (articuladores ativos) mais relevantes da cavidade oral para a produção de sons nasais são os lábios, a língua e o véu palatino, as quais, segundo Barbosa e Madureira (2015), ao se configurarem para a produção dos sons, determinam tubos de diferentes áreas de seção transversal para formar a constrição. Assim, os autores explicam que “essas cavidades ressoantes [...] modificam o som laríngeo, a voz, através da formação de ondas estacionárias que aumentam a energia fornecida pela fonte sonora” (BARBOSA; MADUREIRA, 2015, p. 47), como será descrito, no caso das consoantes nasais, na Seção 2.7.

Os lábios são formados pelo lábio superior e pelo lábio inferior, sendo o superior com menor mobilidade. São constituídos pelo músculo orbicular da boca, que tem uma disposição circular, permitindo movimentos de protrusão, retração, arredondamento, abertura e fechamento.

A complexa musculatura da língua justifica a ampla possibilidade de movimentação desse órgão articulatório e permite seu envolvimento refinado na produção dos sons da fala. A Figura 11 representa as três regiões anômicas da língua: ponta, corpo (dorso) e raiz, sendo que não existem demarcações anômicas específicas que correspondam a cada

uma dessas regiões. As regiões articulatórias que atuam na produção das consoantes nasais são, principalmente, a ponta e o corpo (dorso).

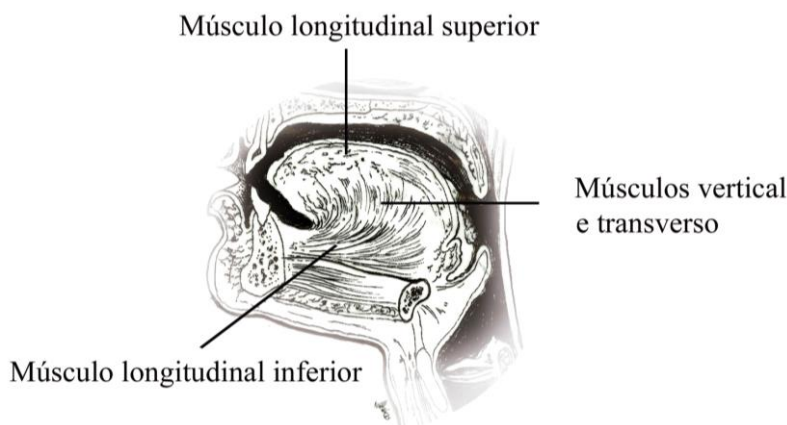
Figura 11 – Corte médio sagital do trato vocal ilustrando as regiões anatômicas da língua: ponta, corpo e raiz.



Fonte: Elaborada pela autora.

Conforme Madeira (2008), as formas, posições variadas e movimentos da língua são tomados pelas ações combinadas dos músculos intrínsecos (longitudinal superior e inferior, transverso e vertical), ilustrados na Figura 12 e dos músculos extrínsecos (genioglosso, hioglosso, estiloglosso e palatoglosso), indicados na Figura 13.

Figura 12 – Músculos intrínsecos da língua, representados de modo esquemático.

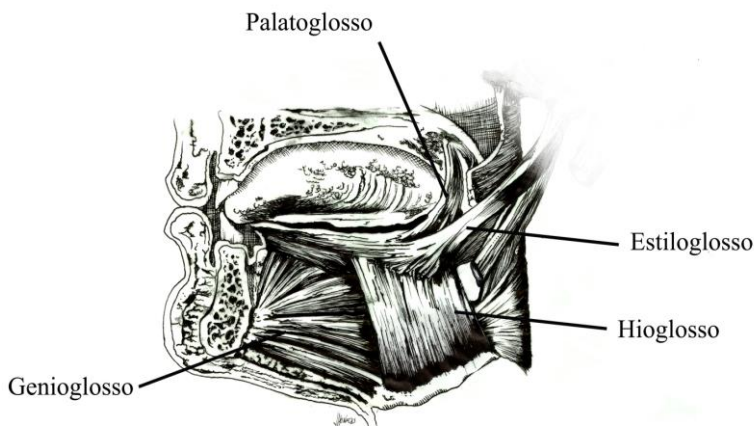


Fonte: Elaborada pela autora.

Com apoio na Figura 12, segue a explicação de Zemlin (2000) sobre os movimentos dos músculos intrínsecos. O músculo longitudinal superior é um músculo superficial que se estende por todo o comprimento da língua, da ponta à raiz. Sua ação encurta a língua, eleva a ponta da língua para cima ou as laterais para cima (cânula), auxiliando na produção da consoante nasal alveolar [n], em sinergia com o longitudinal inferior. O músculo longitudinal inferior ao se contrair encurta a língua e empurra a ponta para baixo, característica do relaxamento do [n].

Segundo Marchal e Reis (2012), esse músculo participa também na articulação das vogais altas anteriores e das consoantes velares, abaixando a ponta da língua e abaulando o dorso da língua. A contração do músculo transverso faz com que a língua se estreite e se alongue. Enquanto o músculo vertical, que constitui com o transverso, parte considerável da massa central da língua, tem por função achatar a língua.

Figura 13 – Representação esquemática dos músculos extrínsecos da língua.



Fonte: Elaborada pela autora.

Quanto aos movimentos dos músculos extrínsecos, conforme esquema indicado na Figura 13, Zemlin (2000) explica que o genioglosso (o músculo mais volumoso), de modo geral, traciona a língua para baixo e para frente. O hioglosso puxa a língua para baixo e para trás. O estiloglosso atua em sinergia com o palatoglosso e, de maneira antagonista com o hioglosso, para mover a língua para cima e para trás, auxiliando na produção das articulações velares.

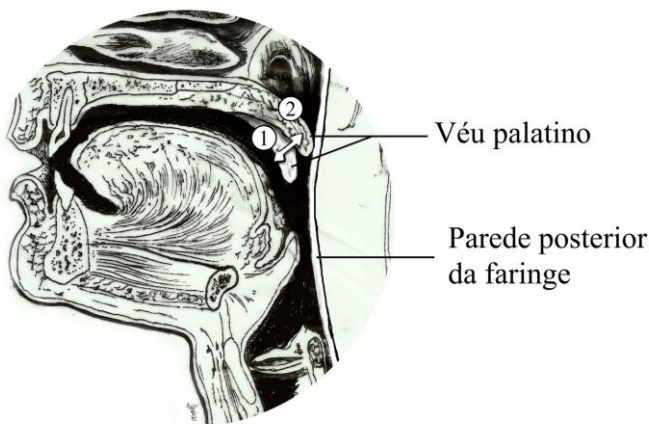
O músculo palatoglosso também é considerado um músculo do véu palatino, por ter a função de elevar a língua ou abaixar o véu palatino. Essa função muscular justifica a relação inversamente proporcional entre a altura da língua e o movimento do véu palatino, pois, conforme Marchal e Reis (2012), esses movimentos da língua podem influenciar a posição do véu palatino.

Outra importante estrutura da cavidade oral para a produção da nasalidade da fala é o véu palatino, assim denominado por sua posição vertical, como um véu ou uma cortina (MADEIRA, 2008). É composto por tecido fibroso e músculos, revestido por mucosa, e contribui para o fechamento do esfíncter velofaríngeo (doravante EVF) através de seu deslocamento para cima e para trás (ALTMANN, 2005). Os músculos que formam o véu palatino serão descritos detalhadamente na Seção 2.5.

O véu palatino, segundo descreveu Madeira (2008) e ilustrado na Figura 14, separa a cavidade oral da faringe quando está em posição

verticalizado ou abaixado, e quando se eleva em uma posição horizontal, separa a parte oral da parte nasal da faringe.

Figura 14 – Representação do posicionamento do véu palatino nos movimentos de abaixamento (1) e de elevação (2).



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Figura 14, podemos observar os movimentos do véu palatino para exercer as funções de respiração, articulação da fala e deglutição. Na posição indicada com o número 1, o véu palatino está abaixado, permitindo a abertura velofaríngea (véu palatino distanciado da parede posterior da faringe), a passagem do fluxo de ar e o consequente acoplamento da cavidade oral à cavidade nasal, tanto para a respiração nasal quanto para a produção das consoantes nasais e de outros sons nasais. Para que um som seja percebido como nasal faz-se necessária uma abertura velofaríngea entre 0,4 ou 0,5 e 1,0 cm², segundo estudos articulatórios (BASSET et al., 2001; BELL-BERTI, 1993) (cf. 2.6.2).

Na posição número 2, o véu palatino está elevado, auxiliando na oclusão velofaríngea para a deglutição e para a produção das consoantes orais e de outros sons orais da fala. Conforme Amelot (2004) os sons orais também podem ser produzidos com uma pequena abertura velofaríngea de até 0,5 cm² (cf. 2.6.2).

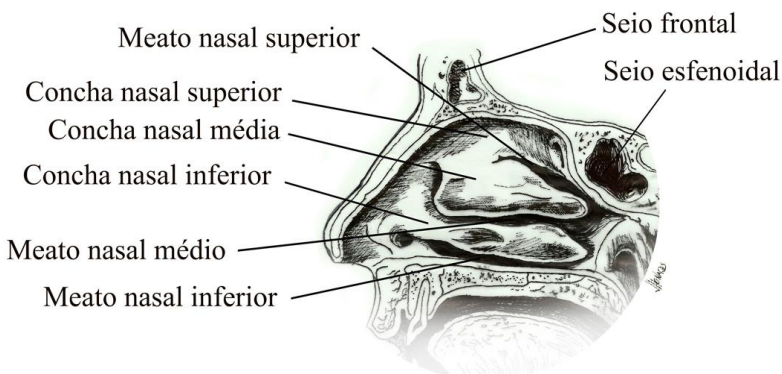
Além da cavidade oral e suas estruturas descritas acima, a cavidade nasal (Figuras 9 e 15) tem seu papel relevante na produção da nasalidade da fala. A cavidade nasal é o espaço profundo do nariz que se comunica com o meio externo por meio das narinas: duas câmaras

estreitas, mais ou menos simétricas, com forma e tamanho altamente variáveis, revestidas por mucosa e separadas pelo septo nasal (BATH-BALOGH, 2008; SEARA; NUNES; LAZZAROTTO-VOLCÃO, 2015). Posteriormente a cavidade nasal se comunica com a parte nasal da faringe, na qual se encontra o EVF (REETZ; JONGMAN, 2009).

Conforme Reetz e Jongman (2009), o tamanho e a forma da cavidade nasal diferem consideravelmente entre indivíduos, sendo que a passagem do ar pode ser estreitada por vasos sanguíneos ou mucosas inchadas. Também, o EVF pode apresentar diferentes padrões de fechamento associados à posição do dorso da língua. Fisiologicamente, Zemlin (2000) explica que a cavidade nasal desempenha funções de controle de temperatura (aquecimento), de umidificação e de filtragem de partículas do ar.

As paredes laterais das narinas (direita e esquerda) são preenchidas pelas conchas nasais (superior, média e inferior) e pelos meatos nasais (superior, médio e inferior), representados na Figura 15.

Figura 15 – Corte médio sagital da cavidade nasal representando a parede lateral direita com as conchas nasais (superior, média e inferior) e com os meatos nasais (superior, médio e inferior). Indicação dos seios paranasais frontal e esfenoidal.



Fonte: Elaborada pela autora.

Essas paredes laterais contêm orifícios que se comunicam com os seios paranasais (ZEMLIN, 2000). Os seios paranasais são cavidades cheias de ar e são denominados de acordo com os ossos em que se situam: frontal, esfenoidal, etmoidal e maxilar. Na Figura 15 estão

situados os maiores deles: frontal e esfenoidal. Os demais seios paranasais não foram indicados nessa figura devido ao seu posicionamento na estrutura óssea não ficar visível na representação.

Dentre as suas funções, os seios paranasais tornam mais leves os ossos da cabeça, atuam como caixas de ressonância e produzem muco para o interior da cavidade nasal (BATH-BALOGH, 2008).

A estrutura anatômica da cavidade nasal influencia no aumento ou na diminuição da amplitude sonora das ressonâncias nasais. Um dos pontos citados por Stevens (1998) é a superfície da mucosa que cobre a cavidade nasal e suas conchas nasais. Outro aspecto elencado pelo autor é a influência dos seios paranasais nas ressonâncias nasais, defendendo que, ao menos, os seios paranasais maiores podem ter uma atuação na produção da nasalidade da fala. Maeda (1982) complementa que a maior contribuição dos seios paranasais pode ser na questão acústica, com o surgimento das ressonâncias nasais de baixa frequência.

Ohalá (1975) explica que a cavidade nasal tem uma área de superfície relativamente grande para seu volume e a maioria de sua superfície é mole e acusticamente absorvente. Em decorrência disso, a amortização das ressonâncias é favorecida pela maior área de contato do ar com as conchas nasais e pelo seu revestimento ser de mucosa, além das estruturas preenchidas por ar na região da face, nos seios paranasais.

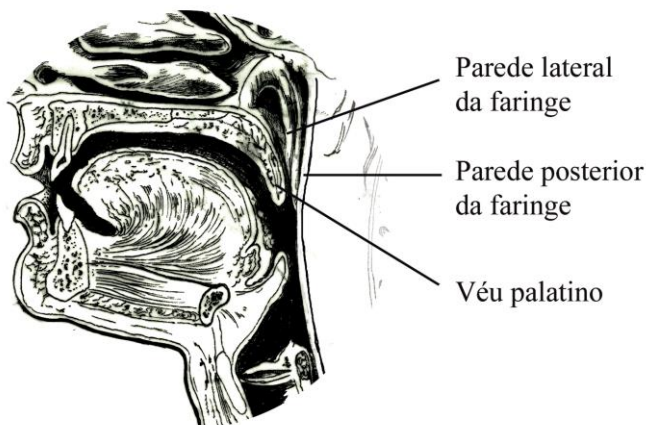
A seguir, será aprofundado o tema do esfíncter velofaríngeo para uma melhor compreensão da interação entre as características articulatórias e aerodinâmicas na produção da nasalidade.

2.5 O ESFÍNCTER VELOFARÍNGEO E A PRODUÇÃO DAS CONSOANTES NASAIS

Como vimos anteriormente, a produção das consoantes nasais ocorre com uma oclusão oral, em algum ponto entre os lábios e o final do véu palatino, simultâneo ao abaixamento do véu. Nesta seção descreveremos o suporte anatômico necessário à funcionalidade dos movimentos da região velofaríngea.

Segundo Altmann (2005), o EVF corresponde à área do véu palatino e das paredes laterais e posterior da faringe, conforme ilustrado esquematicamente na Figura 16.

Figura 16 – Esquema ilustrando a região do esfíncter velofaríngeo (EVF), representada pelo véu palatino, pela parede lateral direita da faringe e pela parede posterior da faringe.



Fonte: Elaborada pela autora.

Fisiologicamente, o mecanismo velofaríngeo comporta-se como uma válvula esfíntérica que se fecha e se abre como resultado da ação sinérgica de seus músculos (ALTMANN, 2005). Para tanto, são necessários três mecanismos básicos, conforme Altmann (2005), para o fechamento do EVF: elevação e posteriorização do véu palatino, aproximação medial das paredes laterais da faringe e, com menor frequência, a anteriorização da parede posterior da faringe.

Está envolvido um complexo mecanismo neuromuscular de ajuste, com uma variedade de graus de fechamento, podendo assumir inúmeras posições intermediárias entre as condições extremas de abertura (repouso) e fechamento (deglutição) (PONTES; BEHLAU, 2005). Essas posições dependem da atividade a ser realizada: sopro, deglutição, sucção, fala e ventilação do ouvido médio (ALTMANN, 2005).

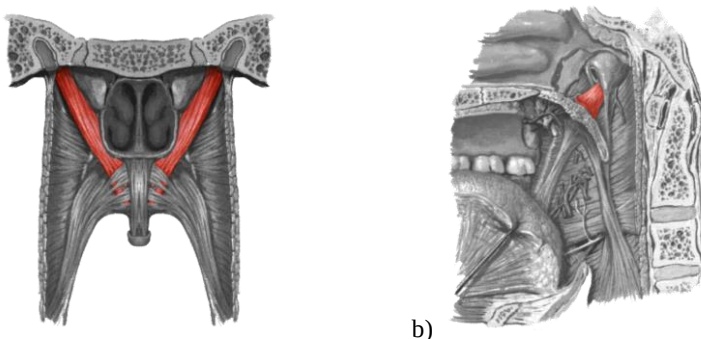
Segundo Altmann (2005), anatomicamente, o EVF é composto pelos músculos velares (direitos e esquerdos): elevador ou levantador do véu palatino, tensor do véu palatino, palatofaríngeo, palatoglosso e pelo músculo da úvula (único); e pelos músculos faríngeos: constritor superior da faringe e salpingofaríngeo.

Esses grupos musculares velares e faríngeos estão parcialmente interligados na altura do véu palatino e suas ações no processo de fala

serão explicadas a seguir, de acordo com o exposto por Altmann (2005):

- o músculo elevador ou levantador do véu palatino é considerado o músculo mais importante do fechamento velofaríngeo durante a fala, quando movimenta o véu palatino para cima e para trás. Insere-se no véu palatino e se estende até perto da úvula (Figuras 17, 21 e 22);

Figura 17 – Músculo elevador do véu palatino: a) vista posterior do músculo elevador do véu palatino direito e esquerdo; b) vista medial do músculo elevador do véu palatino direito.

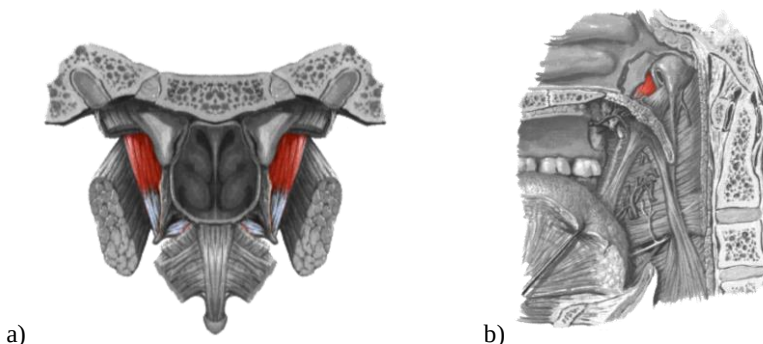


Fonte: Prof. Dr. Francisco José de Moraes Macedo ¹¹.

- o músculo tensor do véu palatino é composto de três feixes funcionais de fibras: medial, lateral e tensor do tímpano. O feixe lateral tem como função tensionar o véu palatino, auxiliando no fechamento da passagem velofaríngea (Figuras 18 e 22);

¹¹ Figuras numeradas de 15 a 18 foram cedidas pelo Prof. Dr. Francisco José de Moraes Macedo, que as modificou de Netter (2011).

Figura 18 – Músculo tensor do véu palatino: a) vista posterior do músculo tensor do véu palatino direito e esquerdo; b) vista medial do músculo tensor do véu palatino direito.



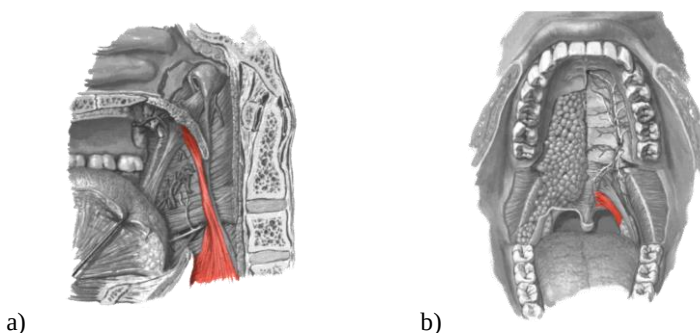
a)

b)

Fonte: Prof. Dr. Francisco José de Moraes Macedo¹².

- a participação do músculo palatofaríngeo na fala ainda é controvertida, sendo possível sua participação no abaixamento do véu palatino (Figuras 19, 21 e 22);

Figura 19 – Músculo palatofaríngeo: a) vista medial do músculo palatofaríngeo direito; b) vista anterior do músculo palatofaríngeo esquerdo.



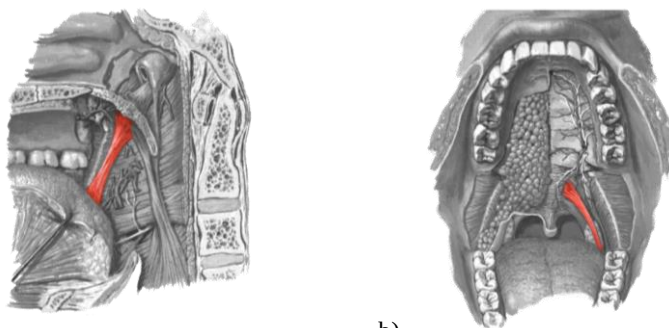
a)

b)

Fonte: Prof. Dr. Francisco José de Moraes Macedo¹².

- a função do músculo palatoglosso está ligada à posição da língua (*cf.* Seção 2.4, Figura 13), auxiliando a elevá-la e a retrai-la, e faz conexão entre o véu palatino e a língua. Quando a língua está fixa, a atividade movimenta o véu palatino para baixo e para frente. Observe as Figuras 20 e 21.

Figura 20 – Músculo palatoglossos: a) vista medial do músculo palatoglossos direito; b) vista anterior do músculo palatoglossos esquerdo.



a)

b)

Fonte: Prof. Dr. Francisco José de Moraes Macedo¹.

- o músculo da úvula, através de sua contração, se encurta e forma uma elevação central no véu, sendo o responsável pelo aumento da massa muscular na linha média do véu palatino. Sua principal função é ajudar no fechamento da porção central do EVF (Figuras 21 e 22);

- o músculo constritor superior da faringe direciona-se medialmente para trás e de forma oblíqua para cima, dá mobilidade à parede faríngea posterior durante a fala, conjuntamente com o elevador do véu palatino. Também pode contribuir para a movimentação do véu, da língua, do osso hióide e da laringe (Figuras 21 e 22);

- o músculo salpingofaríngeo, na produção da fala, parece contribuir para a movimentação medial e superior das paredes laterais da faringe (Figura 22).

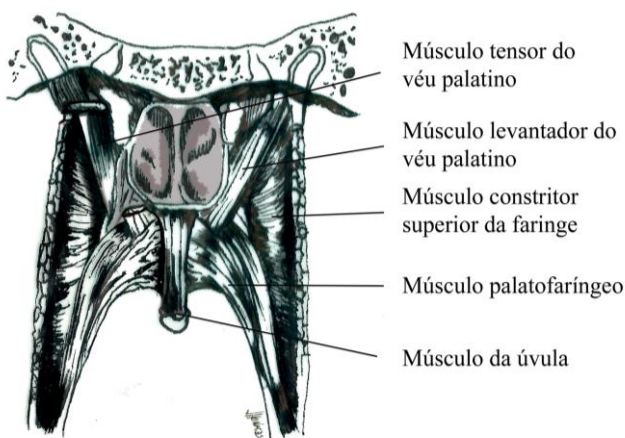
Nas Figuras 21 e 22, são ilustrados, em uma visão esquemática geral, os principais músculos que constituem o EVF, em visão anterior e posterior, respectivamente.

Figura 21 – Músculos do esfíncter velofaríngeo: visão anterior da cavidade oral.



Fonte: Elaborada pela autora, modificada de Netter (2011).

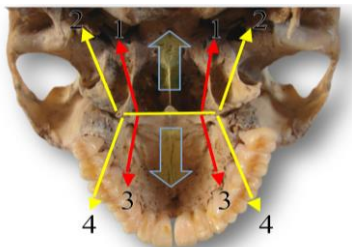
Figura 22 – Músculos do esfíncter velofaríngeo: visão posterior das cavidades oral e nasal.



Fonte: Elaborada pela autora, modificada de Netter (2011).

A posição adquirida pelo véu palatino durante a fala é determinada pelas forças musculares atuantes no mecanismo velofaríngeo, representadas pelas setas centrais na Figura 23. De um lado, o músculo levantador do véu palatino (1) e o músculo tensor do véu palatino (2), direitos e esquerdos, exercem força para cima e para trás e, de outro, como força antagonista a eles, estão o músculo palatoglosso (3) e o músculo palatofaríngeo (4), direitos e esquerdos.

Figura 23 – Visão posterior do crânio seco, setas centrais representando as forças musculares que atuam no movimento do véu palatino. As setas representam os músculos: (1) levantador do véu palatino, (2) tensor do véu palatino, (3) palatoglosso e (4) palatofaríngeo.



Fonte: Prof. Dr. Francisco José de Moraes Macedo¹².

Na Figura 23, observamos, em uma visão posterior do crânio seco da região da cavidade nasal e da maxila, a representação por setas do esquema das forças que atuam sobre o mecanismo velofaríngeo e que permitem os movimentos de abertura e fechamento do véu palatino, responsáveis pela nasalidade da fala. Os músculos levantador e tensor do véu palatino exercem força para cima, enquanto os músculos palatofaríngeo e palatoglosso exercem força para baixo, com consequente força resultante (flecha maior) para cada um dos sentidos.

Existe, portanto, uma interação dinâmica entre esses músculos, cuja combinação de forças resultará em um equilíbrio. Quando um músculo se movimenta, todos os outros reagem de forma passiva ou ativa, dependendo da atividade que será efetuada. Assim, os movimentos do véu, ao passar do repouso para as posições funcionais, resultam de contrações e relaxamentos balanceados dos grupos agonistas e antagonistas, permitindo os fenômenos de alongamento, vedamento e acoplamento (ALTMANN, 2005).

Assim, durante a fala, o acoplamento produz alterações acústicas na ressonância devido à mudança variável do espaço existente entre as cavidades oral e nasal, justamente porque o EVF quase sempre apresenta algum grau de movimentação, raramente estando em posição de repouso completo.

Há uma grande variabilidade no mecanismo de fechamento do EVF, de indivíduo para indivíduo, tornando impossível prever o tipo de

¹² Figura do crânio seco cedida pelo Prof. Dr. Francisco José de Moraes Macedo.

fechamento velofaríngeo de um determinado indivíduo (ALTMANN, 2005).

Camargo, Rodrigues e Avelar (2001) indicaram a presença de escape de ar nasal e/ou *gap* (diferença) velofaríngeo mínimo na maioria dos participantes sem alterações da função velofaríngea durante a vogal [a], em comparação com as vogais [i] e [u]. Esse resultado sugere que o fechamento velofaríngeo é menor em vogais baixas do que em vogais altas, provavelmente devido à altura da língua na cavidade oral durante a emissão das vogais baixas, que é estabelecida pelo músculo palatoglosso (cf. Seção 2.4) e sua relação inversamente proporcional entre a altura da língua e o movimento do véu palatino.

Ao concluirmos a apresentação dos aspectos anatômicos e funcionais do véu palatino e sua atuação no EVF, destacamos que, na seção seguinte, serão detalhados os fatores que influenciam o mecanismo velar, a propagação da nasalidade e estudos articulatórios.

2.6 CARACTERIZAÇÃO ARTICULATÓRIA DA NASALIDADE

Duas questões acerca da nasalidade que envolvem as consoantes nasais serão aqui apresentadas. A primeira questão, abordada em 2.6.1, trata dos sons nasalizados em contextos adjacentes às consoantes nasais. A segunda questão, discutida em 2.6.2, refere-se a estudos que investigaram o nível articulatório comum às consoantes nasais: o véu palatino, e ainda, pesquisas referentes aos movimentos de contato da língua no palato duro para a produção das consoantes nasais [n] e [ɲ].

2.6.1 Propagação da nasalidade

Ao nomearmos essa seção de propagação da nasalidade, nos referimos a um fenômeno inerente à produção dinâmica da fala que, de acordo com Marchal e Reis (2012), ocorre com a aplicação de mecanismos fisiológicos, o que, segundo Albano (2001, p. 43), “necessariamente origina uma grande variabilidade dos movimentos superficiais, devido à coarticulação”.

Neste sentido, Marchal e Reis (2012, p. 211) entendem as formas linguísticas e as regras consideradas não somente como objetos mentais, mas também e, sobretudo, “como condições da produção da fala, resultantes dos mecanismos previstos pelas estruturas musculares coordenativas”.

Segundo referiu Bell-Berti (1993), a coarticulação é a influência dos aspectos articulatórios de um som sobre a articulação de sons próximos, e os consequentes fenômenos de coarticulação antecipatória e progressiva podem ser entendidos como uma coprodução sincrônica, embora não simultânea (BROWMAN; GOLDSTEIN, 1986; FOWLER, 1980).

Por este ponto de vista, Bell-Berti (1993) explicou que os componentes articulatórios de um som (isto é, a estrutura de base do som), presumivelmente, começam antes e terminam após o período acústico no qual eles são dominantes, e os inícios e finais (*onsets* e *offsets*) dos diferentes componentes variam de acordo com o articulador. Então, os efeitos coarticulatórios são vistos como o resultado da sobreposição entre *onsets* e *offsets* de sons vizinhos. Tais interações ocorrem apenas durante um tempo relativamente curto, embora o tempo possa variar entre articuladores na medida em que diferentes articuladores têm diferentes inícios e finais. Ou seja, a coprodução propõe que a natureza da estrutura do núcleo de um som não mude, mas que a sua realização possa parecer modificada à medida que ele se sobrepõe mais e menos com os inícios e finais de outros sons.

Bell-Berti (1993) acrescentou, portanto, que nesta visão de coprodução para explicar a coarticulação os padrões articulatórios do véu palatino não podem ser elucidados por uma descrição que supõe apenas uma especificação binária da atividade velar, ou seja, que o som é ou não é nasal.

A influência exercida pela nasalidade entre os sons de um vocábulo, conhecida como coarticulação, pode ser encontrada, por exemplo, de vogal a vogal, mesmo com uma consoante entre elas (ALBANO, 2001 p. 30), ou ainda, entre consoante e vogal, conforme expôs Albano (2001, p. 41): “assumindo-se uma certa sobreposição temporal das unidades fônicas cuja origem é inegavelmente articulatória”. Browman e Goldstein (1986, 1989) descreveram, na Fonologia Gestual, mecanismos de sobreposição dos gestos na descrição da coarticulação. Nas palavras de Barbosa e Madureira (2015, p. 48) “os efeitos do contexto segmental se fazem sentir porque a fala é coproduzida, ou seja, os movimentos dos articuladores para a produção de um mesmo som modificam-se em função dos sons adjacentes”.

Também foi verificada a coarticulação do véu palatino na maioria das sequências consoante nasal + vogal + consoante oral (por exemplo, na palavra ‘mesa’), segundo relatou Altmann (2005). No estudo de Moll e Shriner (1967), foi observado que o véu palatino pode iniciar seu

movimento de fechamento durante a própria consoante nasal, durante o movimento preparatório para a produção da vogal ou durante a produção da vogal propriamente dita. Em sequências consoante oral + vogal + vogal + consoante nasal (por exemplo, em ‘boina’), os autores observaram que a abertura do véu palatino ocorria até mesmo duas vogais antes da emissão da consoante nasal. (Isso pode estar relacionado com as diferentes curvas aerodinâmicas e por essa razão não tem relação com os sons produzidos, mas com essas variação de movimento de fechamento)

Para Vaissière (1995), o condicionamento da vogal nasalizada talvez seja universal, devido a um fenômeno de coarticulação antecipatória, resultando no abaixamento do véu palatino na produção da vogal antes de uma consoante nasal. Por exemplo, a vogal alta anterior [i] na palavra ‘papinha’ pode ser produzida com maior ou menor nasalidade em função do contexto nasal adjacente. Uma quantidade mínima de coarticulação é esperada na nasalidade, pois leva algum tempo para que o véu palatino se abaixe e suba novamente (50 ms), segundo Ohala (1975).

Na busca por entender o alcance que as consoantes nasais têm para nasalizar o contexto vocálico precedente, o estudo de Pickett (1991) mostrou que a coarticulação da nasalidade tem duração temporal de aproximadamente 100 ms da vogal que antecede ou segue a consoante nasal. A explicação para tal fato está em uma questão articulatória que envolve o tempo do movimento do véu palatino e sua velocidade de completar a abertura e o fechamento do EVF. Para Marchal e Reis (2012) os movimentos do véu palatino seriam relativamente lentos em relação aos movimentos da língua, havendo certa defasagem entre eles, o que poderia provocar fenômenos como o prolongamento da nasalidade vocálica em direção à consoante seguinte ou a nasalização em vogais que precedem as consoantes nasais.

Encerrando a discussão sobre a propagação da nasalidade envolvendo as consoantes nasais e as vogais nasalizadas, prosseguiremos com a descrição de estudos articulatórios na produção dos sons nasais.

2.6.2 Estudos articulatórios

Nesta seção, apresentaremos estudos que investigaram a produção das consoantes nasais sob o ponto de vista articulatório, no PB e em outras línguas. Para tanto, inicialmente o foco recai sobre os

movimentos do EVF, e principalmente, do véu palatino, por ser este o mecanismo fundamental para a nasalidade.

Em seguida, analisaremos os movimentos da língua na cavidade oral, nas consoantes nasais [n] e [ɲ], em estudos com técnicas específicas para este fim, buscando descrições articulatórias que auxiliem no entendimento das variações da consoante nasal palatal.

Como vimos nas seções anteriores, os padrões articulatórios do véu palatino justificam a variabilidade da nasalidade até mesmo em um falante considerado típico em sua produção da fala (BROWMAN; GOLDSTEIN, 1992). Assim, pesquisas investigaram qual seria o nível necessário de abertura do mecanismo velar e de fluxo aéreo nasal (FAN) para que um som fosse considerado nasal.

Basset et al. (2001) esclarecem que a presença do FAN indica que a porta velofaríngea está aberta, mas a ausência de FAN não significa que haja fechamento completo da porta velofaríngea. Assim, conforme Amelot (2004), para a produção de uma vogal nasal ou consoante nasal no francês, a abertura velofaríngea deve estar entre 0,4 e 1,0 cm², pois, com uma abertura menor, não haveria passagem de ar suficiente pelas cavidades nasais para caracterizar perceptualmente um som nasal. Uma representação da abertura velofaríngea pode ser vista na Figura 14 (cf. Seção 2.4), que mostra o posicionamento do véu palatino no movimento de abaixamento com afastamento da parede posterior da faringe. As observações de Bell-Berti (1993), para o inglês, estão de acordo com o exposto por Amelot (2004), reportando que os sons orais também podem ser produzidos com uma pequena abertura velofaríngea de até 0,5 cm².

Warren, Dalston e Mayo (1993) indicam que, para o inglês, os movimentos de abertura ou de fechamento do véu palatino associados às produções das consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] normalmente têm uma duração de 100 a 150 ms. Os autores encontraram valores aproximados aos apresentados por Amelot (2004) para o tamanho da abertura velofaríngea nas consoantes nasais, geralmente entre 0,5 e 1,0 cm². Os autores verificaram que, além do tamanho da abertura, as características temporais da atividade velofaríngea, ou seja, a duração dos movimentos de abertura e fechamento velar antes e depois de um som nasal contribui para a percepção da nasalidade desse som.

Para o francês, Vaissière (1995) observou o papel relevante do movimento do EVF no curso temporal da fala, a partir de estudos articulatórios e aerodinâmicos. A autora constatou que o véu palatino está geralmente elevado durante a fala, sendo abaixado temporariamente

na presença de um som nasal, seja consoante ou vogal.

Vaissière (1995) explica que o gesto de elevação é executado antes da realização do primeiro som da frase, inclusive se o primeiro som for nasal. Já o final da frase, às vezes, é caracterizado por um abaixamento do véu palatino, que pode ser interpretado por estar relacionado à tensão do levantador do véu palatino (*cf.* Seção 2.5) ou como um gesto de antecipação da abertura velofaríngea para a respiração.

Bell-Berti (1993) concluiu que a posição do véu palatino nas consoantes nasais é influenciada apenas indiretamente pelo ponto de articulação, através da força mecânica exercida pelo músculo palatoglosso no véu palatino, com a aproximação do dorso da língua ao véu palatino.

A atividade do músculo palatoglosso (*cf.* Seção 2.5) também pode contribuir para a abertura velofaríngea e parece estar melhor relacionada com o gesto de língua, o que explicaria em parte a tendência das vogais abertas serem pronunciadas com véu palatino mais abaixado (EVF mais aberto) do que as vogais fechadas (BELL-BERTI, 1993). A relação direta da altura da língua com a altura velar reflete a influência do músculo palatoglosso, de acordo com Moll (1962).

Segundo Krakow (1993), é possível observar que os padrões de movimento velar são afetados simultaneamente por uma variedade de influências segmentais, como altura da vogal e ponto da consoante, e não segmentais, como acentuação e velocidade da fala.

Vaissière (1995) encontrou diferenças intrínsecas na altura do véu palatino, inclusive seu comportamento não é uniforme nem mesmo entre os sons nasais (em logatomas), sendo que o véu palatino se encontra mais baixo na produção das vogais nasais do que das consoantes nasais. Krakow (1993) também mostrou que as consoantes nasais estão associadas a posições velares mais baixas e os sons orais com posições velares mais altas.

Outros fatores que influenciam a altura do véu palatino foram citados por Vaissière (1995): (i) fenômeno de antecipação do abaixamento do véu palatino durante a emissão da vogal que precede a consoante nasal; e (ii) o fenômeno de nasalização progressiva, ou seja, quando a nasalidade se propaga à direita de um som. O fenômeno de antecipação implica uma reorganização do sistema motor e foi observado de maneira regular tanto no inglês, no qual a nasalização da vogal anterior a uma consoante nasal é a regra e a nasalidade não desempenha um papel distintivo para as vogais, quanto no francês, para

o qual as vogais desempenham uma função distintiva. Enquanto o fenômeno de nasalização progressiva é mais raro, ocorrendo em línguas nas quais a nasalidade se estende às demais vogais da palavra, sendo essa propagação bloqueada pela presença de um som oclusivo.

Segundo Vaissière (1995), o efeito de posição da nasal na sílaba é mais importante nas sílabas acentuadas do que nas não acentuadas, por exemplo, em uma sílaba acentuada do tipo consoante oral + vogal + consoante nasal (CVN), em C o véu palatino é mais elevado, V é mais nasalizada e em N o véu palatino é mais baixo do que em uma sílaba não acentuada. Bell-Bert (1993) e Krakow (1993) também indicaram esse comportamento velar, com véu palatino mais baixo em sílabas acentuadas.

Altmann (2005) pontua estudos que referiram, ainda, a influência da velocidade da fala na função velar, de forma que, quanto mais rápida a fala, menor apresenta-se o movimento velar. Para Vaissière (1995), quando a velocidade aumenta, as diferenças intrínsecas entre a altura do véu palatino em sons orais e nasais diminuem.

Por fim, Vaissière (1995) constatou que as estratégias individuais de controle da altura do véu palatino estabelecem diferenças entre a velocidade dos movimentos e os objetivos a serem alcançados na fala.

Oliveira e Marin (2005) estudaram os padrões de coordenação velar em posição de *coda* no PB, com um participante, por meio do sistema EMMA¹³, a fim de investigarem palavras com [nd] (Ex.: partindo), que são muitas vezes ouvidas com [n] na fala rápida. Os autores compararam a produção de palavras com [nd] x [d] x [n] (Ex.: ‘partindo’, ‘partido’, ‘patino’), variando a velocidade da fala.

Esta alternância foi explicada, segundo Oliveira e Marin (2005), pois os gestos podem ser vistos como osciladores acoplados, e um determinado acoplamento de gestos produz uma variedade de efeitos *cross* linguísticos observáveis. Os autores argumentaram que o gesto vélico em posição de *coda* é sequencialmente acoplado com a vogal precedente (coordenação anti-fase). No entanto, na velocidade rápida de

¹³ É um método eletromagnético para registro, por meio de sensores, dos movimentos dos articuladores do trato oral. PERKELL, J.; COHEN, M.; SVIRSKY, M.; MATTHIES, M.; GARABIETA, I.; JACKSON, M. Electro-magnetic midsagittal articulometer (EMMA) systems for transducing speecharticulatory movements. *Journal of Acoustical Society of America*, 92, p. 3078-3096, 1992.

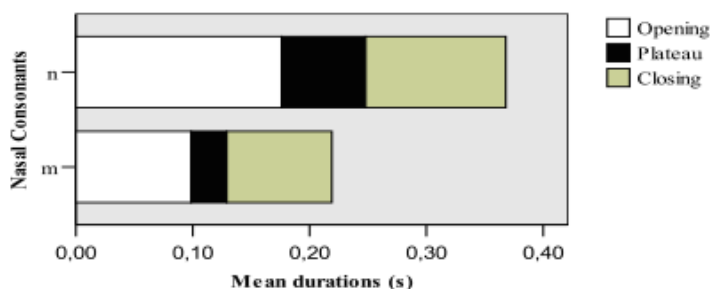
fala, há mudança espontânea da coordenação anti-fase (sequencial) para a coordenação de fase (sincrônica). Assim, os autores propuseram que a velocidade rápida do gesto vélico em *coda* no PB muda de coordenação sequencial com a vogal para uma coordenação sincrônica com o gesto seguinte.

Oliveira e Marin (2005) concluíram que o aparente efeito de apagamento da consoante oral [d] em palavras com [nd], não é uma exclusão categórica dessa consoante, mas uma reorganização gestual devido a um padrão instável entre o gesto vélico e o gesto oral na posição de *coda*. Segundo os autores, essa reorganização ocorre sempre que houver instabilidade da produção da fala (velocidade rápida), e deve resultar em um padrão de sobreposição gestual mais semelhante ao observado em *onset* (ou seja, na coordenação de fase).

Outro estudo sobre os gestos das nasais no português europeu foi realizado por Oliveira e Teixeira (2007), com uma participante. Os dados foram gravados com o sistema Carstens AG100 EMMA. O *corpus* incluiu um pequeno número de palavras com as consoantes nasais [m] e [n] em posição intervocálica, além de palavras com sequências $C_1V_nC_2$, sendo C_1 e C_2 , consoantes plosivas e V_n , vogais nasais (Ex.: [põp]).

Quanto aos gestos do véu palatino, Oliveira e Teixeira (2007) verificaram que o gesto para as vogais e para as consoantes nasais é formado por três tempos (abertura, platô e fechamento). Nas sequências $C_1V_nC_2$, a vogal alta [i] apresentou menor duração de abertura e de fechamento, com menor amplitude do movimento velar. Para as consoantes nasais, a duração do movimento velar foi menor para o [m], principalmente na abertura e no platô, em relação à [n], conforme Figura 24.

Figura 24 – Duração dos gestos vélicos (abertura, platô e fechamento) das consoantes nasais [m] e [n] do português europeu.



Fonte: Oliveira e Teixeira (2007, p. 407).

Ainda, na análise dos gestos orais: abertura e fechamento dos lábios (consoante bilabial) e elevação e abaixamento da ponta de língua (consoante alveolar), as autoras encontraram para abertura, platô e fechamento, as médias de duração respectivas de 88 ms, 21 ms e 133 ms para [m] e de 203 ms, 21 ms e 196 ms para [n]. Assim, Oliveira e Teixeira (2007) explicaram que para ambas as consoantes nasais, o platô tem duração reduzida. Já, os movimentos de abertura e fechamento para [n] apresentaram duração similar e o gesto mostrou-se mais simétrico.

Oliveira e Teixeira (2007) confirmaram a natureza dinâmica das nasais do português europeu, bem como a influência do contexto segmental no movimento velar. Por fim, as autoras concluíram que, em posição de *onset*, o gesto vélico apresenta coordenação sincrônica com o gesto oral (como as consoantes nasais), ou seja, o fechamento oral está sincronizado ao abaixamento do véu palatino; enquanto, em posição de *coda*, o gesto oral é sequencial ao gesto vélico. Esse resultado está de acordo com o encontrado por Oliveira e Marin (2005) para o PB.

Amelot (2004) recorreu à análise articulatória por meio da técnica de fibroscopia com dois interlocutores do francês. Verificou que a duração do movimento de abertura velar é substancialmente a mesma do que a do fechamento, qualquer que seja a vogal nasal, contexto consonantal (oclusiva ou fricativa) e estilo de fala (logatoma ou espontânea¹⁴) pesquisados. Também constatou, para a vogal nasal, que a

¹⁴ Amelot (2004) define o *corpus* “espontâneo” de sua pesquisa como: o discurso que não é lido; uma mensagem não repetida, não planejada com

abertura velar máxima parece tão importante ou mais importante do que o início do movimento velar.

Lovatto, Amelot e Basset (2008) utilizaram a análise fibroscópica com dados de fala do PB a fim de verificar se a altura do véu palatino depende da vogal, do contexto vizinho consonantal e da posição da vogal na palavra (inicial, medial e final). Pesquisaram a altura do véu palatino na produção de vogais [ẽ, ĩ, ũ] com diferentes contextos consonantais [b, f, p] em logatomas produzidos por uma adulta, do Rio Grande do Sul. Os resultados confirmaram que a identidade da vogal influenciou a altura do véu palatino, sendo mais baixa na vogal nasal [ẽ] e mais alta na vogal nasal [ĩ]. Mas os resultados não indicaram diferença significativa na altura velar das vogais nasais em função do contexto consonantal investigado e da posição da vogal (inicial, medial e final) em logatomas.

Além da análise fibroscópica do EVF, o estudo dos dados articulatórios também pode ser conduzido com o uso de imagem de ressonância magnética (IRM) e com ultrassom para complementar a inferência obtida nas análises aerodinâmica e acústica. Para o PB, encontram-se algumas publicações sobre a nasalidade de vogais e técnicas radiológicas (MACHADO, 1993; MASTER; PONTES; BEHLAU, 1991) e com análise acústico-articulatória de vogais nasais e IRM (GREGIO, 2006). O número reduzido de pesquisas deve-se ao alto custo dos equipamentos, o que dificulta sua aplicação às pesquisas sobre a fala.

Outra técnica instrumental voltada para a análise articulatória das consoantes [n] e [ɲ] é a eletropalatografia (EPG), que detecta e mostra visualmente o contato da língua com o palato duro durante a produção temporal da fala. Permite, portanto, uma visão espacial e temporal da produção articulatória com uma descrição detalhada da forma e da extensão desse contato. Para isso, faz-se necessário um palato artificial de acrílico, elaborado sob medida, equipado com eletrodos e conectado a um computador, podendo ser sincronizado ao sinal acústico e ao espectrograma. Entretanto, o EPG não fornece informações para a análise da consoante nasal bilabial.

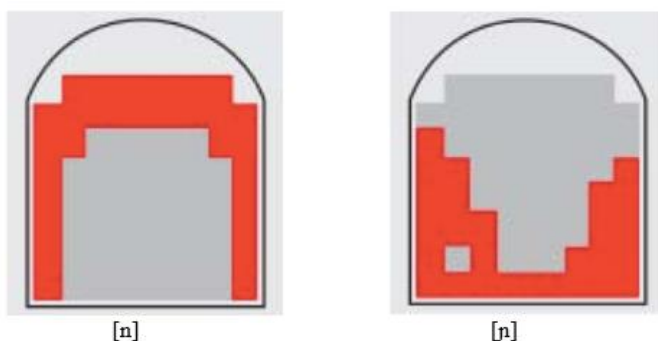
Caqliari (1974), na investigação palatográfica sobre a consoante nasal palatal em português, descreveu três possíveis ocorrências: (1) consoante palatal, que apresenta maiores contatos línguo-palatais, exige

antecedência; maneira de falar em situações informais; qualquer palavra falada de memória em situação de comunicação real e natural.

maior esforço articulatório (energia articulatória) e maior duração; (2) consoante palatalizada, com [n] seguido de [i] ou [ỹ], menos enérgico e firme do que a consoante palatal; (3) despalatalização ou não palatal, no qual ocorre um enfraquecimento ou ausência do contato da língua (linha média) no palato, originando um canal de constrição e o som [j] ou [j]. O autor relatou que essas produções articulatórias são etapas de evolução da palatal, passando para a palatalização até chegar a não palatal.

Reis e Espesser (2006) utilizaram um estudo eletropalatográfico sobre a articulação das consoantes [n] e [ɲ] por um falante de Minas Gerais. A ocorrência da consoante [n] demonstrou contato da língua em região alveolar em todo o eixo longitudinal do palato; enquanto a nasal palatal apresentou maior contato da língua na região palatal e velar (em vermelho), conforme as imagens palatográficas, das palavras ‘panada’ e ‘canhada’ (posição tônica), que podem ser visualizadas na Figura 25.

Figura 25 – Imagens palatográficas das consoantes nasais [n] e [ɲ] do PB, segundo Reis e Espesser (2006).



Fonte: Reis e Espesser (2006, p. 194).

Marchal e Reis (2012) também exemplificaram as consoantes nasais [n] e [ɲ] do PB com imagens palatográficas publicadas anteriormente no trabalho de Reis e Antunes (2002, p. 236), as quais estão indicadas na Figura 26.

Figura 26 – Imagens palatográficas das consoantes nasais [n] e [ɲ] do PB, ilustradas por Marchal e Reis (2012).



Fonte: Reis e Antunes (2002, p.236 *apud* Marchal e Reis, 2012, p. 175).

Jesus e Reis (2012) realizaram uma descrição articulatória das consoantes alveolares do PB, examinando o contato da língua com o palato também por meio da EPG. Foi utilizada a emissão da palavra ‘sanada’ por um participante de Minas Gerais. Os autores consideraram a porcentagem de contatos ativados no ponto de máxima constricção, assim como a inspeção visual dos palatogramas. Verificaram, então, que a consoante [n] apresentou o ponto de máxima constricção, ou seja, o maior contato, na região alveolar. Assim, concluíram que [n] pode ser considerado oclusivo, por apresentar obstrução total da corrente aérea na cavidade oral, tanto na região alveolar quanto na lateral, podendo ser visualizado na sequência de palatogramas na Figura 27, a seguir.

Figura 27 – Sequência de palatogramas para a consoante nasal alveolar [n] do PB.



Fonte: Jesus e Reis (2012, p. 257).

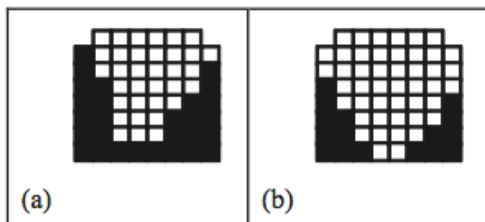
Na Figura 27, parte anterior da cavidade oral representada pelas linhas superiores, seguindo em direção à parte posterior (linhas inferiores); os quadrados em preto referem-se aos contatos realizados pela língua no palato e as áreas em branco a contatos não realizados. Os quatro palatogramas centrais indicam o ponto de máxima constricção na região alveolar. Jesus e Reis (2012) descreveram que, ao longo da produção de [n], observaram um contato inicial das bordas da língua com o palato (colunas um e oito – horizontal) e na região alveolar

(linhas 1 e 2 – vertical, de cima para baixo). Na sequência, constrição nas regiões alveolar e pós-alveolar, mantendo-se o contato no eixo longitudinal, lateralmente, com total obstrução na cavidade oral para a passagem da corrente aérea. Observaram, ainda, um movimento rápido de elevação da lâmina da língua, formando a constrição alveolar e seu abaixamento mais lento e com duração maior.

Shosted, Hualde e Scarpance (2012) pesquisaram a consoante nasal palatal por meio de eletropalatografia com três falantes do PB (Rio de Janeiro, São Paulo e Bahia) do sexo feminino. Utilizaram palavras com [ɲ] (sanha, cronha, senha, vinha, unha), com [ɲj] (insânia, colônia, Armênia) e com [j] (praia, jóia, cheia) gravadas por meio de frase-veículo com três repetições de cada.

Os autores observaram diferentes padrões de constrição linguopalatal na realização da nasal palatal, sendo que a maioria das produções foi realizada sem contato completo, ou seja, como uma aproximante palatal nasalizada [ɲ̃], e raramente com oclusão, ou seja, como nasal palatal, mesmo quando ocorria hiperarticulação (foco). Exemplos dos palatogramas na Figura 28.

Figura 28 – Palatogramas para: (a) consoante nasal palatal [ɲ] e (b) aproximante palatal nasalizada [ɲ̃], do PB.



Fonte: Shosted, Hualde e Scarpance (2012, p. 496).

Ainda, os autores não verificaram evidências articulatórias de oclusão anterior ([ɲj]) na produção da nasal palatal. Também constataram que a produção de [ɲ̃] não foi igual à do aproximante oral [j]. O contato total da nasal palatal foi mais favorecido pela vogal precedente [i]. Quanto à duração, não houve diferenças estatísticas entre a consoante [ɲ] e [ɲ̃]. Por fim, argumentaram que o alvo articulatório da nasal palatal do PB não é ocluído nem anterior.

Ao finalizarmos esta seção, resumiremos alguns achados das pesquisas sobre as consoantes nasais sob o ponto de vista articulatório. Primeiro, em relação ao movimento do véu palatino:

1. a presença do FAN indica que o EVF está aberto, mas a ausência de FAN não significa que haja fechamento completo (BASSET et al., 2001);
2. para uma vogal ou consoante ser percebida como um som nasal, a abertura velofaríngea deve estar entre 0,4/0,5 e 1,0 cm² (AMELOT, 2004; WARREN; DALSTON; MAYO, 1993);
3. os movimentos de abertura ou de fechamento do véu palatino nas consoantes nasais têm duração de 100 a 150 ms (WARREN; DALSTON; MAYO, 1993);
4. a altura do véu palatino depende da tonicidade, sendo mais baixo em sílabas tônicas (BELL-BERT, 1993; KRAKOW, 1993; VAISSIÈRE, 1995);
5. a altura do véu palatino depende dos fenômenos de antecipação e de nasalização progressiva (VAISSIÈRE, 1995);
6. a velocidade da fala altera a coordenação entre os gestos (OLIVEIRA; MARIN, 2005), e quanto maior a velocidade, menor o movimento do véu palatino e consequentemente, menor a diferença deste entre os sons nasais e orais (ALTMANN, 2005; VAISSIÈRE, 1995);
7. a coordenação gestual dos movimentos oral e velar difere de acordo com a posição da consoante nasal na palavra (*coda* ou *onset*), sendo que em *onset* [m] e [n] apresentam fechamento oral sincronizado com o abaixamento vélico (OLIVEIRA; MARIN, 2005; OLIVEIRA; TEIXEIRA, 2007);
8. as consoantes [m] e [n] têm gesto vélico em três tempos: abertura, platô e fechamento (OLIVEIRA; TEIXEIRA, 2007);
9. a duração do movimento do véu palatino é menor para a consoante nasal [m] do que para a consoante [n] (OLIVEIRA; TEIXEIRA, 2007).

Em segundo lugar, sobre os movimentos da língua na cavidade oral para a produção das consoantes nasais [n] e [ɲ] no PB, destacamos os seguintes pontos:

1. a eletropalatografia demonstrou diferentes regiões de contato da língua no palato na produção das nasais [n] e [ɲ], sendo que a consoante alveolar tem contato na região alveolar e lateral do palato, enquanto a consoante palatal apresentou maior contato

- na região palatal e velar (JESUS; REIS, 2012; MARCHAL; REIS, 2012; REIS; ESPESSER, 2006);
2. na produção de [n], há movimento rápido de elevação da língua e abaixamento com maior duração (JESUS; REIS, 2012);
 3. a investigação palatográfica constatou possíveis ocorrências da consoante nasal palatal em PB: consoante palatal; consoante palatalizada, com [n] seguido de [i] ou [ỹ]; e despalatalização, [j] ou [j] (CAGLIARI, 1974);
 4. a eletropalatografia indicou a realização da consoante nasal palatal e da aproximante palatal nasalizada [j] no PB, sendo esta última a mais frequente (SHOSTED; HUALDE; SCARPACE, 2012).

Na seção seguinte, apresentaremos a caracterização acústica das consoantes nasais.

2.7 CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DAS CONSOANTES NASAIS

A análise acústica é uma ferramenta utilizada na investigação de fenômenos que não são contemplados em uma análise guiada apenas pela oitiva (ALBANO, 2001), e também, ao permitir visualização e caracterização do detalhe fonético, fornece pistas para se testarem hipóteses sobre representações fônicas das unidades da gramática (SILVA, 2010). Dessa maneira, o modelo adotado neste estudo, a Fonologia Gestual, ao prever gradientes fônicos permite a incorporação do detalhe fonético no entendimento dos sons nasais.

Para a caracterização acústica das consoantes nasais os aspectos mais facilmente detectáveis no murmúrio nasal (definido em 2.7.1) são a duração no domínio do tempo e as frequências dos formantes nasais no domínio da frequência. Esses parâmetros acústicos serão investigados na presente pesquisa com o auxílio do *software* Praat¹⁵ e de *scripts* para esse fim.

Os parâmetros acústicos de duração, das frequências dos formantes nasais e dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais, considerando os contextos de tonicidade e vocálico precedente, serão introduzidos em 2.7.2, e após aprofundados em duas seções: uma

¹⁵ *Software* de domínio público Praat, desenvolvido por Paul Boersma e David Weenink no Instituto de Ciências Fonéticas da Universidade de Amsterdã, na Holanda, e disponível no endereço eletrônico: www.praat.org.

para as consoantes nasais [m] e [n] (Seção 2.7.3), com literatura nacional e internacional, e outra para a consoante nasal [ɲ] (Seção 2.7.4), que será caracterizada separadamente devido às especificidades acerca dos aspectos acústicos de sua produção no PB.

Outras análises do murmúrio nasal no domínio da frequência, como local dos antiformantes, largura de banda e transições dos formantes nas vogais adjacentes, também serão definidas em 2.7.2 por serem características da nasalidade, mas não farão parte da metodologia da nossa pesquisa.

2.7.1 Sobre o murmúrio nasal

As consoantes nasais são produzidas por um fechamento completo em um ponto da cavidade oral e por um grau de acoplamento entre as cavidades oral e nasal, o que gera um “murmúrio”, decorrente da passagem do fluxo aéreo à cavidade nasal (AMELOT, 2004). É justamente esse fenômeno que está presente tanto nas consoantes nasais, recebendo denominações acústicas como “murmúrio nasal” ou “murmúrio consonantal” (DELATRE, 1968 *apud* SEARA, 2000; FUJIMURA, 1962; SEARA, 2000; SOUSA, 1994), quanto nas vogais nasais, denominado de “murmúrio nasal” (SOUSA, 1994), “murmúrio vocálico” (CAGLIARI, 1977; SEARA, 2000) e apêndice nasal (MEDEIROS; D'IMPÉRIO; ESPESSER, 2008).

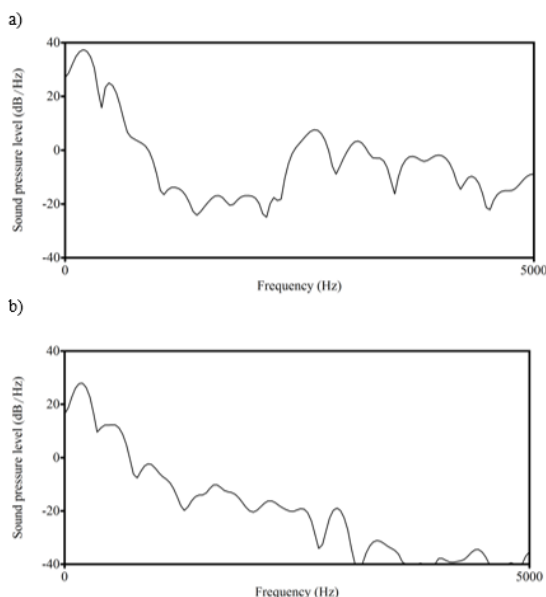
No presente estudo, entendemos que o murmúrio é um som acústico associado a uma radiação de energia essencialmente nasal e corresponde à fixação da oclusão oral enquanto o véu palatino se mantém abaixado permitindo a passagem do fluxo aéreo pelas narinas, segundo aponta Delattre (1968 *apud* SEARA, 2000). Por ser essencialmente nasal e estar presente nas consoantes nasais, vogais nasais, utilizaremos o termo murmúrio nasal.

Entretanto, é necessário esclarecer que a utilização do mesmo termo - murmúrio nasal, para consoantes e vogais, não pressupõe que ambos os murmúrios se apresentem igualmente com as mesmas características.

Seara (2000) citou a existência de semelhanças e diferenças entre o murmúrio de consoantes e vogais. A principal semelhança seria a distribuição frequencial devido à alta densidade de seus formantes e o número de picos espectrais, sendo que desses, somente no primeiro formante nasal (FN1) tem-se uma amplitude consonantal comparável à amplitude vocálica. Por outro lado, a diferença estaria presente, segundo

Seara (2000), nos demais formantes, nos quais o murmúrio na consoante apresenta uma reduzida amplitude dos picos espectrais nas altas frequências, significando que uma consoante nasal terá muito menos energia total do que uma vogal, como pode ser visto na Figura 29.

Figura 29 – Caracterização do murmúrio nasal: a) vogal nasal [i] (P1 – pimpapa) e b) consoante [n] (P1 – penapa), com análise do espectro de frequências por meio de *Fast Fourier Transform* (FFT).



Fonte: Dados primários (2017).

Na Figura 29, são visualizados os espectros de frequência por meio da técnica de análise *Fast Fourier Transform* (FFT)¹⁶, capturados na região central dos sons (murmúrio), com a demonstração da caracterização do murmúrio nasal, em vogal (a) e em consoante (b), apresentando, no eixo horizontal, as frequências (0 a 5000 Hz) e, no eixo vertical, o nível de pressão sonora (amplitude). Observamos, no

¹⁶ *Fast Fourier Transform* (transformada rápida de Fourier) é uma versão simplificada da transformada discreta de Fourier, algoritmo que permite ao computador realizar o equivalente a uma análise de Fourier empregando componentes discretos (ALBANO, 2001).

início do espectro, em baixas frequências, semelhança na amplitude dos picos espectrais na vogal e na consoante. Notamos diferença nessas intensidades à medida que a curva se desloca para as altas frequências, sendo então maior na vogal do que na consoante. Esse dado, de acentuada atenuação nas altas frequências nas consoantes nasais, já havia sido citado por Ohala (1975).

Esse decréscimo de amplitude ao longo da frequência, presente nos espectros do sinal acústico de consoantes nasais, é esperado em uma proporção de 6 dB por oitava, segundo apontado por Heetz e Jongman (2009), por razões associadas ao filtro do trato vocal.

Em relação às consoantes nasais, Fujimura (1962) citou três características em comum do murmúrio nasal. A primeira é a existência de um primeiro formante muito baixo situado em torno de 300 Hz, que está bem separado dos demais formantes, com uma consistente ausência de energia na faixa imediatamente superior (em torno de 600 Hz). A segunda característica refere-se aos altos fatores de amortecimento (*damping*) dos formantes. Esse último aspecto está voltado à alta densidade dos formantes no domínio da frequência e a existência de antiformantes.

Mais duas características, em combinação com essas três primeiras, foram referidas ainda por Fujimura (1962) para as consoantes nasais, como uma distribuição uniforme da energia sonora na faixa das médias frequências, de 800 a 2300 Hz. Nessa faixa não haveria nenhuma concentração de energia, nem vales espectrais pronunciados. Esse fato combinado à localização muito baixa de F1 forma um padrão que pode diferenciar o espectro das consoantes nasais do espectro das vogais.

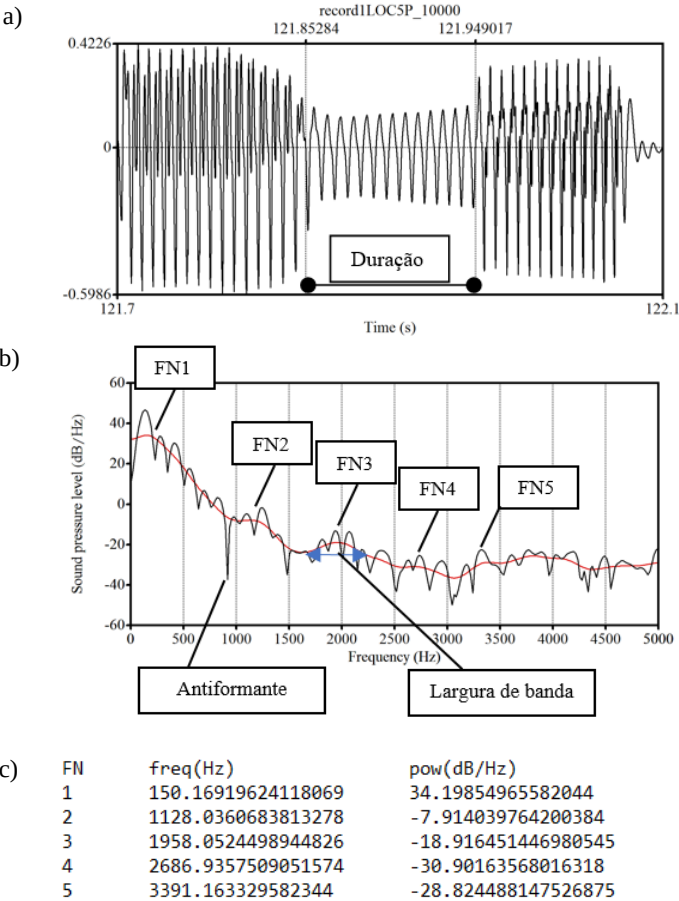
2.7.2 Parâmetros acústicos das consoantes nasais

Os parâmetros acústicos mais comumente utilizados para a caracterização acústica das consoantes nasais são: duração, frequências dos formantes nasais (ressonâncias), local dos antiformantes (antirressonâncias), largura de banda e transições dos formantes nas vogais adjacentes.

Um exemplo de delimitação dos parâmetros acústicos das consoantes nasais pode ser visualizado na Figura 30, com auxílio do *software* Praat. Trata-se da produção da consoante nasal bilabial em [ẽ'ma] do logatoma 'pemapa' com som-alvo delimitado pelo pontilhado, produzida por P5 (masculino). Em (a) forma de onda com indicação da

duração absoluta; em (b) representação aproximada dos formantes nasais (FN1, FN2, FN3, FN4 e FN5), antiformante e largura de banda, por meio de superposição do espectro FFT de banda estreita com janela de 0,025 s (em preto) e cepstro (em vermelho) com filtragem de até 500 Hz; em (c) valores das frequências dos formantes da consoante [m].

Figura 30 – Representação dos parâmetros acústicos das consoantes nasais.



Fonte: Dados primários (2017).

Quanto à duração absoluta (ilustrada na Figura 30), esta equivale ao tempo decorrido do início ao final da produção do som, sendo expressa em ms. Pode ser transformada em duração relativa, expressa

em %, a qual é mensurada a fim de verificar o percentual de ocupação do som na sílaba ou na palavra, eliminando diferenças relacionadas à taxa de articulação dos participantes, ampliando as possibilidades de comparação dos dados entre produções de diferentes regiões ou países.

No caso da presente tese, a duração relativa foi calculada de acordo com o percentual que o som-alvo (consoante nasal) ocupa no total da sílaba. Foi calculada pela divisão da duração absoluta do som nasal consonantal pela duração da sílaba e multiplicada por 100, conforme fórmula a seguir:

$$\text{Duração relativa} = \frac{\text{duração absoluta do som alvo (ms)}}{\text{duração da sílaba}} \cdot 100 = _\%$$

As pesquisas sobre a duração absoluta e relativa nas consoantes nasais serão apresentadas nos estudos acústicos (*cf.* 2.7.3 e 2.7.4).

Quanto à análise dos valores das frequências dos formantes, que também fará parte da tese, optamos por considerar FN1, FN2, FN3 e FN4. Essa opção foi embasada em Seara (2005), que, por meio de análise discriminatória, verificou que os dados de maior consistência para as consoantes nasais do PB estavam nos quatro primeiros formantes. Dessa maneira, FN5 não foi incluído na análise, mas está representado juntamente com os demais formantes nasais na Figura 30.

Buscamos analisar se além dos valores das frequências dos formantes nasais, que variam em função do sexo (OLIVEIRA et al., 2013) e de características individuais (SEARA, 2000), haveria outra medida comparativa que pudesse auxiliar na caracterização das consoantes nasais.

Para isso, introduzimos o parâmetro dos intervalos entre as frequências dos formantes (FN2-FN1, FN3-FN2, FN4-FN3) como uma maneira de normalização dos dados nasais consonantais, por desconhecermos outra ferramenta para essa finalidade. Certamente, há algum parâmetro que permita conseguirmos perceber as consoantes nasais, especialmente a bilabial e alveolar, independente do sexo, do falante ou da idade, sempre da mesma maneira. Apesar de essa uniformidade na percepção do som não ser tão esperada para a nasal palatal, também será nela pesquisada.

Esse parâmetro está apoiado na teoria quântica da fala, proposta por Stevens (1989 *apud* ALBANO, 2001). Conforme Albano (2001, p. 49), “os sons teriam uma estrutura acústica estável dentro de certa margem de variação articulatória”, e exibiriam relações acústico-

articulatórias quânticas. Assim, podemos pensar que variações consideráveis no parâmetro articulatório para a produção das consoantes nasais corresponderiam a variações mínimas do parâmetro acústico, ou seja, nas palavras de Albano (2001, p. 49), “mesmo que o acoplamento relativo das cavidades do trato vocal mude, implicando mudanças nos formantes”, cada uma das consoantes poderia ter intervalos entre as frequências que não variariam muito e poderiam caracterizá-las mais adequadamente do que os formantes isolados.

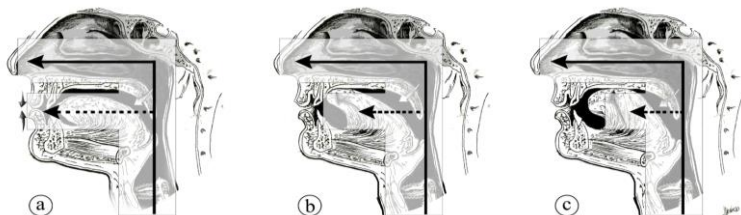
Conforme Fant (1960), os efeitos característicos do acoplamento entre cavidade nasal e oral são as alterações nas frequências dos formantes (ressonâncias) e a introdução dos zeros ou dos antiformantes (antirressonâncias) no espectro do sinal acústico.

Essas variações acústicas nas ressonâncias e antirressonâncias na produção das consoantes nasais são estabelecidas pelas características articulatórias, que podem ser entendidas como uma representação de tubos acústicos, conforme exemplificado na Figura 31.

Essa ideia partiu do modelo “fonte-filtro”, proposto por Fant na década de 60 e denominado de Teoria acústica de produção de fala e até hoje serve de embasamento à análise acústica do sinal de fala. Tem como pressuposto o fato de que os sons são produzidos por uma fonte (as pregas vocais) e modelados por um filtro (trato vocal), atribuindo características que vão diferenciá-los uns dos outros. Segundo Silva (2010), devido ao poder explicativo e preditivo, esse modelo foi um avanço ao permitir explicar os aspectos que se viam no sinal acústico. E, assim, segundo a autora, esta teoria:

Permite calcular as frequências de ressonância produzidas no interior do trato, partindo do pressuposto de que há uma forte interação entre o dado acústico e o dado articulatório, de modo que alterações na área do trato vocal causam alterações nas frequências de ressonância (SILVA, 2010, p. 217).

Figura 31 – Representação do trato vocal durante a produção de [m] em (a), [n] em (b) e [ɲ] em (c), com sobreposição esquemática em forma de tubos acústicos.



Fonte: Elaborada pela autora, modificada de Ohala e Ohala (1993, p. 236).

Na Figura 31, estão representados os diferentes pontos de articulação das consoantes nasais: bilabial em (a), alveolar em (b) e palatal em (c). Observamos, ainda, a sobreposição esquemática em forma de tubos, indicando a variação no tamanho da cavidade oral e o tamanho estável das cavidades laríngea, faríngea e nasal no trajeto do fluxo aéreo.

A ressonância da parte nasal da faringe, indicada pelas setas de traçado contínuo na Figura 31, é a mesma para as três consoantes, conforme o estudo de Ohala e Ohala (1993). No entanto, a variação da ressonância para as três consoantes ocorre na cavidade oral. As setas pontilhadas na Figura 31 demonstram a diferença no ponto de articulação, o que auxilia na diferenciação de uma consoante nasal das outras. Na cavidade oral, observamos a variação no tamanho do espaço intraoral, do maior para o menor, delimitado anteriormente pela oclusão dos lábios na produção de [m], da ponta da língua nos alvéolos na produção de [n] e do corpo da língua no palato duro na produção de [ɲ]. O tamanho desse espaço intraoral é indicado pelo comprimento das setas pontilhadas.

Justamente, para a nasal palatal, essa extensão da constrição da cavidade oral configura-se muito pequena, o que, segundo Barbosa e Madureira (2015), gera antiformantes em regiões bem elevadas de frequência. E também, para os autores, os formantes seriam menos afetados, pois o acoplamento entre as cavidades é bem menor.

Já para as consoantes nasais bilabiais e alveolares, Barbosa e Madureira (2015) referiram que as frequências dos antiformantes se sucedem a partir de uma região em torno de 1000 a 1500 Hz, determinando uma diminuição da energia à medida que a frequência aumenta.

Os espectros das consoantes nasais, segundo Ohala (1975), são caracterizados por uma combinação das ressonâncias faríngea e nasal e um antiformante da cavidade oral. As ressonâncias são relativamente estáveis, não importando o ponto de articulação da consoante, mas as frequências das antirressonâncias variam inversamente com a extensão do espaço na cavidade oral (HOUSE, 1957).

Fant (1960) mostrou que a principal antirressonância para [n] está localizada em 1800 Hz e, para [m], em frequência mais baixa, em torno de 800 Hz. O autor apontou a existência de um segundo antiformante, que estaria situado em torno de 3500 Hz para [m] e 5600 Hz para [n].

Fujimura (1962) indicou que existe uma diferença na posição dos antiformantes entre as consoantes: entre 750 e 1250 Hz para a bilabial (geralmente próximo à F2), entre 1450 e 2200 Hz para a alveolar e, para a velar, em 3000 Hz. Assim, as nasais do inglês [m], [n] e [ŋ] seriam caracterizadas por posições baixa, média e alta das frequências dos antiformantes, respectivamente, e de acordo com as mudanças na configuração da cavidade oral.

Segundo Barbosa e Madureira (2015, p. 119), “ao mudar o ponto de constrição de uma nasal muda-se, sobretudo, a posição dos antiformantes em seu espectro, enquanto a posição dos formantes muda menos”. Assim, para os autores “o efeito final é a saliência maior da amplitude de F1 da nasal, além de sua largura de banda extensa, consequência dos tecidos mais flexíveis do trato nasal”. Portanto, são esses efeitos que caracterizam acusticamente a nasalidade. Passamos agora à largura de banda.

Devido à grande área de superfície da cavidade nasal, há uma considerável amortização (*damping*) do som nas consoantes nasais, resultando, segundo House (1957), em grandes larguras de banda para formantes nasais e antiformantes e uma diminuição geral na amplitude global. A largura de banda caracteriza os formantes e é calculada em Hz diminuindo-se 3 dB do pico espectral (KELLER, 1999). Um exemplo aproximado está indicado na Figura 30 (c).

Conforme aponta Fujimura (1962), a acurácia dos dados nesse sentido não é tão boa quanto os dados das frequências dos formantes e antiformantes. Em sua pesquisa, foram medidos os valores de largura de banda nos pólos (formantes) e nos zeros (antiformantes) do murmúrio nasal, para as consoantes nasais. Sobre os pólos, Fujimura (1962) verificou, para [m] e [n], que o quarto formante (em torno de 4000 Hz) teve a maior largura de banda, sendo maior em [m]. Para a consoante nasal velar, o terceiro formante, que está em torno de 3000 Hz, teve uma

maior largura de banda.

Entretanto a grande diferença entre as consoantes, na pesquisa de Fujimura (1962), foi relativa à largura de banda dos antiformantes, sendo para [n] muito maior (indicando maior *damping*) do que para [m]. Já, para a consoante nasal velar, não foi possível estabelecer esse valor. O autor salientou que certos detalhes, especialmente do local dos pólos nas regiões de frequências encontradas, podem ser bastante dependentes de características individuais dos falantes.

Sobre os antiformantes, o autor explicou que estão relacionados com a cavidade oral. No caso de [n], o formato do final da cavidade oral causa uma mudança gradual na impedância e, portanto, resulta em grande absorção da energia sonora. Por outro lado, para [m], a configuração da cavidade oral tem um final abrupto e tem uma proporção menor de área de superfície, com menor perda da energia sonora e consequente menor largura de banda do antiformante.

Essa relação positiva da largura de banda dos formantes nasais das consoantes [m] e [n] e o amortecimento dos formantes também foi explicada por Seara (2000) para dados do PB. Além disso, em sua análise, a autora verificou que a largura de banda em contexto átono excedeu a do contexto tônico, demonstrando maior amortecimento em contexto átono para a maioria dos formantes do murmúrio nasal.

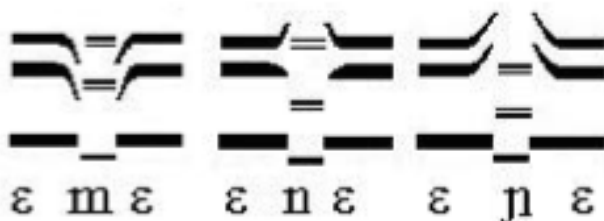
Como vimos, os formantes se alteram devido às mudanças na forma do trato vocal para a produção das consoantes nasais. O mesmo ocorre com as transições formânticas em vogais adjacentes.

Essas mudanças decorrem de constrições que podem ser realizadas pelos articuladores: lábios, ponta e corpo da língua. À medida que uma vogal é incluída à articulação de uma consoante, essas constrições são formadas ou relaxadas surgindo mudanças nas frequências formânticas, chamadas de transições formânticas (KELLER, 1999) e justificadas pela coarticulação dos sons (*cf.* Seção 2.6.1).

Ohala (1975) esclareceu que as transições formânticas em vogais adjacentes também servem para diferenciar o ponto de articulação das consoantes nasais. A transição entre uma vogal e uma consoante nasal, então, envolve mudanças na amplitude e no espectro de frequências (HOUSE, 1957).

Para o francês, Amelot (2004) exemplifica a transição de formantes em um esquema acústico das três consoantes nasais, apresentado por Carton (1974 p. 54 *apud* AMELOT, 2004 p. 27), na Figura 32.

Figura 32 – Esquematisação acústica das três consoantes nasais do francês.



Fonte: Carton (1974 p.54, DELATTRE, 1966 *apud* AMELOT, 2004 p. 27).

No PB, por meio de síntese e de análise perceptual, Seara (2000) verificou que o amortecimento da energia na faixa de frequência entre 700 a 1000 Hz no murmúrio nasal de [n], que não ocorre em [m], parece ser uma pista na diferenciação do ponto de articulação entre essas consoantes. O murmúrio contém informação sobre o ponto de articulação, sendo possível diferenciar as consoantes labial e alveolar, mesmo sem pista vocálica.

Entretanto, as transições formânticas das vogais, em conjunto com o murmúrio, trouxeram muito mais definição do ponto de articulação para a diferenciação das consoantes [m] e [n], conforme demonstraram os testes informais de escuta desenvolvidos por Seara (2000). As informações contidas nas transições, todavia, se sobrepõem àquelas do murmúrio, pois, quando o murmúrio de [n] foi sintetizado e uma vogal com a transição de [m] foi adicionada, testes de percepção apontaram a produção de uma consoante bilabial, e não mais de uma alveolar.

Finalizando esta seção, observamos que, apesar da complexidade e variação nos fenômenos que envolvem a produção do som nasal, como questões individuais, perceptivas, aerodinâmicas e articulatórias, as pesquisas indicam algumas regularidades espectrais no sinal acústico das consoantes nasais, resumidas a seguir de acordo com Seara (2000):

- aparecimento de formantes específicos (formantes nasais) que são as ressonâncias reforçadas quando da passagem do ar pelas narinas;
- presença de antiformantes;
- atenuação geral da amplitude dos formantes, devido à absorção de energia pelas paredes nasais;
- aumento da largura de banda dos formantes.

2.7.3 Estudos acústicos sobre as consoantes nasais: bilabial e alveolar

Nesta seção, vamos apresentar pesquisas com o propósito de fazer um levantamento sobre a duração, as frequências dos formantes nasais e a influência dos contextos de tonicidade e vocálico na produção das consoantes nasais [m] e [n]. Essas consoantes foram organizadas na mesma seção, pois os dados obtidos nas pesquisas apresentam resultados comparativos entre elas. E assim podemos evidenciar aspectos semelhantes e outros que possam diferenciá-las.

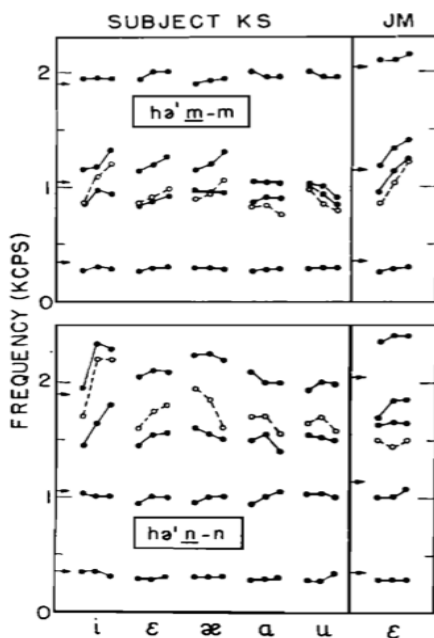
Um dos precursores na investigação dos sons nasais foi Fant (1960), verificando formantes razoavelmente fixos, para consoantes nasais hipotéticas [m] e [n], a saber: em 250 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz e 4000 Hz. Para o autor, o formante nasal em 1000 Hz nem sempre está acima do limite de detectabilidade em espectrogramas devido a sua baixa intensidade. Segundo o autor, o formante em 2000 Hz e os demais podem apresentar alterações quando a faringe é contraída, como nas consoantes nasais coarticuladas com vogais posteriores.

Outro trabalho desenvolvido com auxílio de síntese de fala foi o de Fujimura (1962). Para a consoante nasal bilabial, o autor verificou o primeiro formante nasal (FN1) em torno de 300 Hz; o segundo formante nasal (FN2) abaixo de 1000 Hz, em torno de 800 Hz. Esse valor é aumentado quando [m] é seguido de vogal posterior [u], ficando em torno de 1000 Hz; e quando seguido de vogais anteriores, em torno de 1500 Hz. O FN4 encontrado foi de 4000 Hz.

Em sua pesquisa, Fujimura (1962) constatou, para a consoante nasal alveolar, FN1 em torno de 300 Hz; FN2 em torno de 1000 Hz (FN2 geralmente menor do que para a palatal velar); FN3 em torno de 1400 Hz; FN4 de 2300 Hz (variando com o contexto vocálico) e FN5 entre 2600 a 2700 Hz.

Para Fujimura (1962), a diferença entre os sons do murmúrio das duas consoantes pode ser assim descrita: [m] é obtido quando o segundo formante é substituído por um agrupamento que consiste em dois formantes e um antiformante e [n] é obtido quando o terceiro formante e um antiformante são substituídos por um agrupamento similar, de dois formantes e um antiformante, conforme Figura 33.

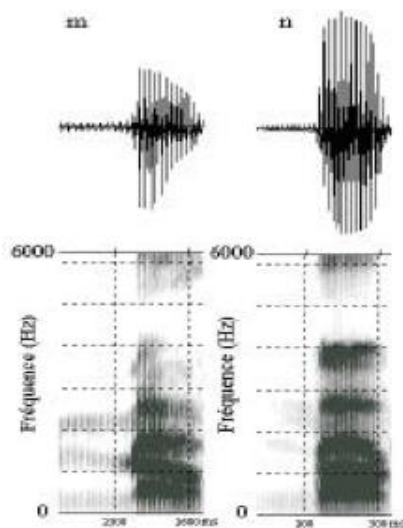
Figura 33 – Localização dos formantes (círculos preenchidos) e antiformantes (círculos vazados) das consoantes nasais do inglês.



Fonte: Fujimura (1962, p. 1871).

Segundo Delattre (1954 *apud* AMELOT, 2004 p. 27), as nasais são caracterizadas por um formante baixo em torno de 250 Hz, um formante relativamente fixo por volta de 2000 Hz e um formante variável em torno de 900 Hz, que varia de acordo com a vogal precedente ou seguinte, conforme Figura 34.

Figura 34 – Espectrogramas de [m] e [n] pronunciados diante da vogal [a] na língua francesa.



Fonte: Carton (1974 p. 54, DELATTRE, 1966 *apud* AMELOT, 2004 p. 27).

Sousa (1994) avaliou dados acústicos de três falantes do sexo masculino, de diferentes regiões do Brasil e observou regularidades marcantes na distribuição de frequências das consoantes nasais [m] e [n], como constância dos valores de FN1; uma pequena variação nas medidas de FN2; e regularidade nos valores de FN3 para as consoantes em separado. Esses dados levaram a autora a considerar o FN3 como um possível parâmetro para a diferenciação das consoantes nasais entre si. A presença de um FN4 também foi constatada para a consoante nasal [m].

Os resultados da pesquisa de Sousa (1994) indicaram que FN1 e FN3 foram os únicos formantes que ocorreram em todas as produções das consoantes [m] e [n]. O FN2 e o FN4 apresentaram várias irregularidades, sendo que o FN1 foi o que apresentou menos alterações de falante para falante. Assim, [m] e [n] apresentaram predomínio de FN1 e FN3, sendo este último mais saliente no espectro do que FN2 e FN4, quando presentes.

Sousa (1994) identificou características principais para as consoantes nasais [m] e [n]: marcada proeminência espectral de FN1 e, com menor intensidade, de FN3; dispersão de energia nos formantes

acima de 1000 Hz, provavelmente devido aos efeitos das antirressonâncias introduzidas pelo acoplamento da cavidade nasal; e tendência ao cancelamento do FN2.

Seara (2000), em sua pesquisa com cinco informantes masculinos do sul do Brasil (Florianópolis/SC), encontrou dados consistentes para FN1, FN2, FN4 e FN5 e inconsistentes para FN3 diante da vogal [a] para a consoante nasal [m] e diante de [a] e [u] para a consoante nasal [n]. Com base nos dados expostos na Tabela 1, observamos os valores formânticos das consoantes [m] e [n]. Notamos que a consoante nasal [m] tem valores médios formânticos menores no contexto átono do que noônico para todos os formantes, confirmados por análise estatística pela autora. Já na consoante nasal [n], em FN1 e FN5, isso não ocorreu, mantendo-se essa relação nos demais formantes (FN2, FN3 e FN4). Segundo a autora, o FN5 aparece com bastante escassez nos dados.

Seara (2000) verificou que, para a diferenciação das consoantes nasais [m] e [n], os formantes FN2 e FN3 foram os que forneceram mais informações. A consoante bilabial apresentou valores de frequências mais baixos para FN2 e FN3 do que a consoante alveolar. A autora refere, ainda, que esse dado se mostrou mais evidente em contextoônico do que em átono.

Na Tabela 1, estão indicados os valores médios de FN1, FN2, FN3, FN4 e FN5 da análise formântica do murmúrio das consoantes [m] e [n], obtidos nos estudos de Fant (1960) e de Fujimura (1962), para a língua inglesa; e nos estudos de Sousa (1994) e de Seara (2000), para o PB. No estudo de Seara (2000), a autora investigou os contextosônico (T) e átono (A).

Tabela 1 – Valores médios das frequências dos formantes nasais das consoantes nasais [m] e [n], segundo dados dos estudos de Fant (1960), Fujimura (1962), Sousa (1994) e Seara (2000).

Frequências dos formantes			
Formantes	Investigação	Consoante nasal [m]	Consoante nasal [n]
FN1	Fant (1960)	250 Hz	300 Hz
	Fujimura (1962)	300 Hz	300 Hz
	Sousa (1994)	240 Hz	240 Hz
	Seara (2000)	260 Hz (T)	260 Hz (T)
		244 Hz (A)	262 Hz (A)
FN2	Fant (1960)	1000 Hz	1000 Hz
	Fujimura (1962)	800 Hz	1000 Hz
	Sousa (1994)	1240 Hz	1232 Hz
	Seara (2000)	812 Hz (T)	1113 Hz (T)
		600 Hz (A)	918 Hz (A)
FN3	Fant (1960)	2000 Hz	2200 Hz
	Fujimura (1962)	s/r	1400 Hz
	Sousa (1994)	2272 Hz	2512 Hz
	Seara (2000)	1733 Hz (T)	2048 Hz (T)
		1091 Hz (A)	1927 Hz (A)
FN4	Fant (1960)	3000 Hz	2900 Hz
	Fujimura (1962)	4000 Hz	2300 Hz
	Sousa (1994)	3560 Hz	---
	Seara (2000)	2395 Hz (T)	2746 Hz (T)
		2391 Hz (A)	2645 Hz (A)
FN5	Fant (1960)	4000 Hz	---
	Fujimura (1962)	s/r	2600-2700 Hz
	Sousa (1994)	---	---
	Seara (2000)	3500 Hz (T)	3500 Hz (T)
		3482 Hz (A)	3580 Hz (A)

Fonte: Adaptado de Fant (1960), Fujimura (1962), Sousa (1994) e Seara (2000).

Legenda: A - átono; FN - formante nasal; Hz - Hertz; s/r - sem referência do autor; T -ônico; --- - não obtido.

A partir dos valores médios das frequências dos formantes expostos na Tabela 1 para as consoantes nasais da língua inglesa e do PB, calculamos a média geral para [m]: FN1 – 259 Hz, FN2 – 890 Hz, FN3 – 1774 Hz, FN4 – 3069 Hz, FN5 – 3660 Hz; e para [n]: FN1 – 272 Hz, FN2 – 1053 Hz, FN3 – 2017 Hz, FN4 – 2648 Hz, FN5 – 3095 Hz. Notamos que, conforme indicam todas as pesquisas mencionadas sobre consoantes nasais, o FN1 tem valor abaixo de 300 Hz para as duas consoantes; os valores de FN2 e FN3 são mais baixos para o [m] em comparação com o [n], enquanto, nesse sentido, não há consenso para os valores de FN4 e FN5. Destacamos que os dados apresentados do PB

são para o sexo masculino.

Quanto à variação inter-falantes, Seara (2000) observou as diferenças significativas entre os formantes nasais entre os diferentes indivíduos e verificou que os formantes FN2 e FN3 foram os menos afetados pela variabilidade da estrutura anatômica das cavidades nasais individuais, podendo contribuir com as maiores pistas para a diferenciação do ponto de articulação entre as nasais labiais e alveolares.

Seara (2005) avaliou os parâmetros de duração e frequência dos formantes nasais das consoantes nasais alveolares e bilabiais, de cinco informantes do sexo masculino de Florianópolis (SC), a fim de identificar parâmetros consistentes que pudessem ser generalizados entre falantes. A autora verificou, por meio de análise discriminatória, que os dados de maior consistência foram os quatro primeiros formantes nasais (FN1, FN2, FN3 e FN4) e as suas respectivas larguras de banda; a duração e a amplitude dos dois primeiros formantes nasais. Os formantes nasais, FN2 e FN3, considerados como discriminantes dos pontos de articulação bilabial e alveolar, somente apresentaram uma melhor taxa de acerto quando associados às suas larguras de banda e, principalmente, na análise das vogais em separado. Com esses dados, foi possível, então, classificar corretamente as consoantes em duas classes distintas em mais de 90% dos casos. Ainda, os contextos vocálicos ([a], [i], [u]) influenciaram os dados, e o percentual passou para cerca de 96%, ou seja, as características consonantais permaneceram estáveis, mesmo com a variação vocálica.

A influência do contexto vocálico também foi analisada por Seara (2000), observando um forte efeito sobre os valores das frequências dos formantes nasais das consoantes [m] e [n]. Em contexto tônico, para [m], foram encontradas diferenças significativas em FN2, FN3 e FN4 diante de [a], [i] e [u]. Enquanto, no contexto átono, a consoante bilabial apresentou diferenças significativas para todos os formantes nos três contextos vocálicos. O FN2 de [m] teve maior elevação diante de [i] e maior abaixamento diante de [u]. Para a consoante alveolar, em contexto tônico, o FN2, FN3 e FN5 se apresentaram com diferenças relevantes nos contextos vocálicos pesquisados. O FN2 de [n] diante de [u] apresentou frequências mais baixas do que para [a] e [i].

Seara (2000) analisou, ainda, o parâmetro temporal nas consoantes [m] e [n], verificando as recorrências que poderiam diferenciar essas consoantes quanto ao ponto de articulação. A autora constatou uma duração do murmúrio consonantal em sílaba tônica maior do que em sílaba átona (Tabela 2), independente do contexto vocálico

adjacente, com diferença em torno de 25 ms entre os contextos de tonicidade para uma mesma consoante.

Tabela 2 – Duração absoluta média das consoantes nasais [m] e [n] em contextoônico e átono, de acordo com dados de Seara (2000).

Duração absoluta		
	Consoante nasal [m]	Consoante nasal [n]
Contextoônico	94,78 ms	87,48 ms
Contextoátono	64,31 ms	49,64 ms

Fonte: Adaptado de Seara (2000).

Legenda: ms - milissegundos.

Conforme Tabela 2, a duração média do murmúrio das duas consoantes em contextoônico foi maior do que em contextoátono. Comparando a duração média de [m] e [n] por contexto de tonicidade, houve diferença significativa entre as medidas somente no contextoátono (SEARA, 2000), demonstrando que as bilabiais seriam mais longas do que as alveolares. Entretanto, essa tendência está presente também no contextoônico.

Os valores de duração absoluta apontados por Seara (2000) para a consoante nasal bilabial concordam com o referido por Marchal e Reis (2012), que o fechamento dos lábios na produção de [m] mantém-se geralmente durante 50 a 150 ms.

Também os valores de duração de [m] foram maiores do que os de [n] para Barbosa e Madureira (2015, p. 472), mas “o contraste duracional entre os pontos de articulação bilabial e alveolar das nasais é, na maior parte das vezes, não significativo”.

Após a apresentação de algumas pesquisas e seus resultados acústicos sobre as consoantes nasais bilabiais e alveolares, podemos resumir as principais características comuns de [m] e [n] para o PB:

1. primeiro formante abaixo de 300 Hz;
2. escassez de dados de FN5;
3. FN2 e FN3 auxiliam na identificação dos pontos de articulação;
4. duração está relacionada ao contexto de tonicidade, sendo maior em sílabaônica;
5. valores de frequências dos formantes estão relacionados ao contexto vocálico precedente.

E ainda as principais diferenças entre as consoantes nasais [m] e [n]:

1. FN2 e FN3 apresentam valores mais baixos das frequências dos formantes para [m] e tendem a ser mais altos para [n];
2. FN4 e FN5 são mais estáveis e com valores mais altos das frequências dos formantes para [m] do que [n];
3. duração: [m] > [n], independente dos contextos vocálico e da tonicidade da sílaba.

Notamos um número relativamente reduzido de dados sobre [m] e [n] no PB. Isso já foi apontado também para outras línguas por Ladefoged e Maddieson (1996) acerca dos estudos de acústica sobre medidas nasais em línguas naturais.

Em continuidade, passaremos à próxima seção sobre a consoante nasal palatal, a qual será restrita aos estudos acústicos que encontramos no PB.

2.7.4 Estudos acústicos sobre a consoante nasal palatal

Assumindo-se a perspectiva de comensurabilidade entre fonética e fonologia, Silva (2010) referiu que “a análise acústica tem precedência sobre a análise de ouvida, permite observar o detalhe fonético que, muitas vezes, é essencial para se compreenderem fatos fônicos que, de outro modo, permaneceriam obscuros”.

Fatos específicos da língua como as alofonias contínuas foram demonstradas por Browman e Goldstein (1986), Albano (2001), dentre outros pesquisadores, graças ao detalhe fonético proporcionado pelos avanços tecnológicos. Silva (2010, p. 216) explica as alofonias contínuas como:

Variações na produção de um som que se estendem ao longo de um contínuo físico; não são, portanto, fatos discretos, no sentido de exibirem variação entre um número determinado de categorias sonoras, estabelecendo uma escala, mas são fatos dinâmicos. Por isso, ao longo de um contínuo podemos encontrar, em teoria, infinitas variantes de um mesmo som (SILVA, 2010, p. 219).

A autora salienta que tais alofonias são também gramaticais e

necessitam ser representadas na gramática de uma língua.

Das consoantes nasais do PB, sem dúvida, a consoante nasal palatal é a que tem sido mais investigada e tem recebido maior interesse de estudos linguísticos. Fato que se deve às suas variações articulatórias e consequente variação acústica e dialetal encontrada no vasto território brasileiro.

No entanto, várias dessas pesquisas são direcionadas principalmente para os fatores sociais ou extralinguísticos, como sexo, faixa etária, grupo social e escolaridade do participante (PINHEIRO, 2009; SOARES, 2002, 2008), e buscam saber como esses fatores interferem no processo de variação do uso de [ɲ]. Ainda, nessas pesquisas, outras análises de fatores estruturais ou linguísticos são apresentadas, como a influência dos contextos vocálicos e de tonicidade.

Observamos que a análise da produção da consoante nasal palatal, na grande maioria dos estudos consultados, foi realizada por meio de análise de ouvintes (ALMEIDA, 2004; PINHEIRO, 2009; SOARES, 2002, 2008), e a classificação das variantes, ou da variação das produções, da consoante nasal palatal visava às análises linguísticas posteriores. Em alguns estudos (PINHEIRO, 2009; SEARA, 2000), são relatadas muitas dúvidas do avaliador, além da necessidade de um segundo juiz ou, até mesmo, do descarte de vários dados acústicos quando a classificação não foi possível por meio da percepção auditiva. Dessa forma, embora tenhamos pesquisas envolvendo a consoante [ɲ], suas metodologias e seus objetivos diferem dos apresentados na presente tese. Buscamos, portanto, partir da análise acústica para classificar as produções da consoante [ɲ], inclusive propondo critérios para essa caracterização acústica e, posteriormente, realizar a análise de fatores linguísticos condicionantes.

Assim, com o propósito de buscarmos parâmetros de duração e valores de frequências de formantes nasais para caracterizar acusticamente a consoante nasal palatal e entender melhor a variação existente na sua produção, apresentamos os resultados qualitativos e quantitativos de algumas pesquisas de cunho acústico desenvolvidas, principalmente, no PB.

Uma delas é o estudo acústico de Sousa (1994), que investigou a consoante nasal palatal, em *onset* medial, com palavras do PB (banhado, canhedo, canhoto, ranhido, sanhudo), com base em dados de três adultos masculinos de diferentes regiões do Brasil. A autora verificou ocorrer uma grande variação na realização da nasal palatal [ɲ], com certa tendência à realização de uma vogal alta anterior [i] fortemente

nasalizada, o que implicou na grande variação do grau de obstrução do trato vocal, com produção desse som dentro de um contínuo acústico entre [ɲ] e [ĩ].

Com resultado similar, em estudo posterior, Seara (2000) investigou a consoante nasal palatal em *onset* medial nas palavras: banhado, canhedo, ranhido, canhoto, sanhudo, cânhamo e tínhamos; com cinco falantes masculinos de Florianópolis (SC). A pesquisadora verificou problemas para extração da consoante nasal [ɲ], pois muitos de seus dados se apresentaram bastante irregulares, comportando-se acusticamente como uma vogal [ĩ] fortemente nasalizada.

Silva (2014) citou a existência de duas variações de produção para essa consoante: nasal palatal [ɲ] e glide palatal nasalizado [ỹ], como sons que ocorrem no PB. Da mesma forma, Barbosa e Madureira (2015) reportaram a possibilidade de realização desse som como uma consoante, como uma aproximante palatal nasalizada ou semivogal palatal nasalizada, que ocorre com frequência no PB. Para Almeida (2004), o [ɲ] foi encontrado no falar de Mato Grosso (Vale do Cuiabá) como consoante nasal palatal, como “i oral” ([i]) e como “i nasalado” ([ĩ]). Ainda, Silva (2014) referiu a ocorrência, em Belém do Pará, da produção de [ɲʲ].

Estudos acústicos mais recentes de Gamba (2011, 2014) contribuem para reforçar esse ponto de vista, na variedade dialetal florianopolitana. Em 2011, o autor investigou dados de palavras com [ɲ] em posição de *onset* medial com três participantes masculinos, classificando os dados inicialmente por análise de outiva e depois realizou análise acústica para investigar as variações encontradas. Gamba (2014) utilizou 70 palavras e logatomas com a consoante nasal palatal em contexto tônico, com dois informantes, um do sexo masculino e outro, feminino. Nesses estudos, o autor confirmou a produção da consoante nasal palatal, da variante semivocalizada [j̃], verificou, ainda, a síncope ou apagamento dessa consoante, mas não constatou produção de [ɲʲ].

As variações na produção da consoante [ɲ], comprovadas na análise acústica, segundo Sousa (1994), receberam influências individuais diferindo sensivelmente conforme o informante e por isso foi bastante difícil de categorizá-las. Um dos informantes tendia a realizar a consoante como uma vogal [ĩ], fortemente nasalizada. O outro informante apresentou uma realização intermediária, estando o murmúrio nasal mesclado a uma emissão semivocálica semelhante a [i],

e o terceiro apresentou o murmúrio característico das demais consoantes nasais, mas precedido e seguido por transições vocálicas semelhantes a [i].

Gamba (2011), por sua vez, não salienta possíveis influências individuais para a ocorrência da consoante nasal palatal. O autor referiu que as variações verificadas nas produções de [ɲ] coexistiram nas produções dos três informantes, em diferentes porcentagens.

No estudo acústico-perceptual, realizado por Seara (2000), as frequências dos formantes foram analisadas somente nos dados que puderam ser extraídos sem deixar dúvida sobre sua realização como uma consoante nasal palatal, por análise de outiva. A autora encontrou as ressonâncias nasais (FN1, FN2, FN3, FN4 e FN5) em contextos tônicos e átonos. Os resultados para o contexto átono apresentam valores um pouco mais elevados do que no contextoônico.

O estudo de Gamba (2011) indicou padrões acústicos específicos para cada uma das variações encontradas. Gamba (2011) descreveu para a consoante [ɲ], quando o contexto vocálico precedente era a vogal baixa, o traçado de F2 como de uma abóboda, movimento de F2 semelhante ao da vogal alta. No entanto, apresentando uma região central com baixa intensidade, o que corresponderia ao bloqueio oral da consoante palatal. Para a produção [j], o padrão formântico foi caracterizado por F2 não se aproximar de F3, e ainda, por F2 apresentar uma subida mais moderada, ao invés do formato de abóboda descrito para a consoante. Quanto aos valores formânticos da consoante nasal palatal, os resultados de Gamba (2011) mostraram que a distribuição dos valores médios de FN1 ficou entre 285 e 481 Hz e de FN2 entre 2039 e 2273 Hz. Para a semivogal nasalizada, a distribuição dos valores médios de F1 ficou entre 256 Hz e 332 Hz, e de F2 entre 1892 Hz e 2094 Hz.

De modo qualitativo, Gamba (2014) descreveu o traçado dos formantes da consoante nasal palatal. Indicou o FN1 entre 250 e 330 Hz, com uma queda da frequência no centro e subida no final para a vogal seguinte; FN2 iniciando-se alto (após subida na vogal precedente), mantendo-se estável ao longo do percurso e aproximando-se de FN3; e com queda no final.

Vieira e Seara (2017), nosso estudo piloto, pesquisaram três informantes do sexo feminino, de Florianópolis (SC) e analisaram 30 dados de logatomas contendo a consoante nasal palatal, gravados com o piezoelétrico. As autoras concluíram que a consoante nasal palatal não apresenta uniformidade nas características acústicas, ocorrendo uma gradiência fônica nas produções, desde a consoante nasal palatal

propriamente dita até a produção de um som vocálico nasalizado. Verificaram, ainda, que as médias dos valores formânticos eram maiores em [j], sendo de 232 Hz (F1), 1963 Hz (F2) e 3123 Hz (F3), do que em [ɲ]. As autoras descreveram também irregularidades do segundo formante nasal em torno de 1000 Hz com maior detectabilidade para as consoantes nasais do que para os sons vocálicos nasalizados.

Estão indicados e resumidos, na Tabela 3, os valores médios de FN1, FN2, FN3, FN4 e FN5 da análise formântica da consoante [ɲ] obtidos nas pesquisas do PB de Sousa (1994), Seara (2000), Gamba (2011, 2014) e Vieira e Seara (2017).

Tabela 3 – Valores médios das frequências dos formantes nasais da consoante nasal [ɲ] do PB, de acordo com as pesquisas de Sousa (1994), Seara (2000), Gamba (2011, 2014) e Vieira e Seara (2017).

Frequências dos formantes nasais		
Formantes	Investigação	Consoante nasal palatal
FN1	Sousa (1994)	184 Hz
	Seara (2000)	252 Hz (T) / 268 Hz (A)
	Gamba (2011)	381 Hz
	Gamba (2014)	250 Hz a 330 Hz = 290 Hz
	Vieira e Seara (2017)	214 Hz
FN2	Sousa (1994)	1048 Hz
	Seara (2000)	1014 Hz (T) / 1025 Hz (A)
	Gamba (2011)	1815 Hz
	Gamba (2014)	1000 Hz
	Vieira e Seara (2017)	1609 Hz
FN3	Sousa (1994)	2236 Hz
	Seara (2000)	2182 Hz (T) / 2248 Hz (A)
	Gamba (2011)	2922 Hz
	Vieira e Seara (2017)	2672 Hz
FN4	Sousa (1994)	3353 Hz
	Seara (2000)	2762 Hz (T) / 2836 Hz (A)
FN5	Seara (2000)	3600 Hz (T) / 3541 Hz (A)

Fonte: Adaptado de Sousa (1994), Seara (2000), Gamba (2011, 2014) e Vieira e Seara (2017).

Legenda: A - átono; FN - formante nasal; Hz - Hertz; T -ônico; PB - português brasileiro.

A partir dos valores médios das frequências dos formantes nasais, expostos na Tabela 3, para a consoante nasal palatal do PB, calculamos os valores mínimos e máximos, respectivamente, para: FN1: 184 e 381 Hz, FN2: 1000 e 1609 Hz, FN3: 2182 e 2922 Hz, FN4: 2762 e 3352 Hz e FN5: 3541 e 3600 Hz.

Apesar de as médias das frequências de FN2 estarem por volta de 1000 Hz para a maioria dos autores (Tabela 3), os dados das consoantes nasais indicaram que o FN2 em torno de 1000 Hz pode estar ou não detectado nesses sons.

No estudo de House (1957), nos formantes nasais para as consoantes nasais, o FN1 apresentou-se em torno de 200 a 300 Hz e o FN2 estava presente com valores em torno de 1000 Hz. Todavia a indicação de FN2 foi variada nos dados apontados por Sousa (1994) nas consoantes nasais [m] e [n] do PB. A autora verificou que o FN2 apresentou inúmeras irregularidades e nem sempre era possível ser detectado (ou seja, seu efeito era provavelmente atenuado ou anulado pelo efeito de um antiformante na mesma região de frequência). Os únicos formantes que ocorreram em todas as elocuições foram FN1 e FN3. Esse dado corrobora com o exposto por Fant (1960), ao referir, para sons nasais, que o formante nasal em 1000 Hz nem sempre está acima do limite de detectabilidade em espectrogramas devido a sua baixa intensidade.

Outro ponto a ser discutido refere-se à similaridade do FN1 e do FN2 entre a consoante nasal e a vogal oral e nasal alta anterior. De acordo com estudos de Delattre (1968 *apud* SEARA, 2000), o murmúrio nasal apresenta FN1 regular com valores entre 250 e 300 Hz para as consoantes, o qual é semelhante ao F1 da vogal alta anterior [i], porém com intensidade bem menor. Esse fato pode ser relacionado ao tamanho da cavidade oral nas produções. Os dados de Seara (2000) também mostraram uma equivalência entre esses formantes (em torno de 260 Hz) com uma diferença média de 6 dB entre a amplitude média de F1 da vogal [i] quando comparada ao FN1 da consoante.

Na vogal nasal alta anterior, similarmente à consoante nasal, o FN2 também pode estar presente. Isso se deve ao acoplamento das cavidades oral e nasal e a consequente modificação no espectro acústico, com o aparecimento de formantes nasais em baixas frequências. A vogal nasal alta anterior [ĩ], conforme Seara (2000), pode ser caracterizada pela presença de dois formantes nasais (FN1 e FN2): um na faixa média de 250 a 300 Hz e o outro entre 950 e 1250 Hz, além dos formantes orais característicos dessa vogal. Ao examinar a distribuição frequencial da vogal nasal alta anterior, Seara (2000) aponta a ocorrência de um formante em torno de 1000 Hz, que foi considerado como um formante nasal (FN2), pois a vogal oral alta anterior exhibe tradicionalmente dois formantes orais, o primeiro em torno de 300 Hz e o segundo em torno de 2000 Hz.

Em relação à influência dos contextos vocálicos à consoante nasal palatal, ainda não há um posicionamento definitivo. Alguns resultados apontaram para a não relevância desse fator – contexto vocálico precedente, para o condicionamento das variantes, como nos estudos de Soares (2008) e de Gamba (2014). O estudo de Soares (2008), desenvolvido em seis cidades do Pará e com 144 informantes, demonstrou que a vogal precedente, quando era alta anterior [i] favorecia a produção de [ɲ]; as vogais não altas [a, e, o] favoreciam a produção vocálica [j]; e as vogais anteriores [e, i] também favoreciam [j]. Logo, a autora concluiu a não relevância do contexto vocálico precedente, pois tanto [ɲ] quanto [j] foram favorecidos em contexto de vogais anteriores. Da mesma forma, Gamba (2014) observou que o contexto antecedente vocálico não proporcionou grande influência para a produção de um ou de outro som ([ɲ] ou [j]).

Entretanto, no estudo de Pinheiro (2009), com 24 falantes de Belo Horizonte (Minas Gerais), a análise do contexto precedente demonstrou que o processo de variação da nasal palatal é influenciado pelo contexto precedente. A autora explicou que as vogais foram agrupadas em anterior, central e posterior; arredondadas e não-arredondadas; e pela sua altura (baixa, média e alta). Assim, os contextos anterior, não-arredondado e mais alto influenciaram as realizações de [y] e [ĩ], sendo o contexto [i] favorecedor da variante [ĩ] e os contextos [a] e [e] (vogais menos arredondadas) favorecedores de [y]. Para a consoante [ɲ] o contexto de vogais mais arredondadas foi o único identificado como influenciando a sua ocorrência. Pinheiro (2009) concluiu que o processo de variação referente à nasal palatal é condicionado pela produção articulatória (contexto vocálico), e não por fatores sociais.

Soares (2002), ao analisar 42 falantes de Marabá (Pará), destacou o desfavorecimento de [ɲ] pela vogal alta anterior [ĩ], e Gamba (2011) obteve resultados semelhantes sobre o comportamento da nasal palatal, como a não ocorrência da nasal palatal quando a vogal alta era o contexto precedente.

No que se refere ao contexto vocálico seguinte, as pesquisas que o investigaram indicaram um mesmo posicionamento. Soares (2008) concluiu que esse fator, no geral, não fixa condicionamentos claros para a variação de [ɲ], assim como Pinheiro (2009) concluiu que o contexto seguinte não é favorecedor da variação na consoante [ɲ].

Quanto ao parâmetro temporal da consoante [ɲ], foi verificado por Seara (2000) que a média da duração do murmúrio nasal em sílaba

tônica era maior do que em sílaba átona (Tabela 4), sem considerar o contexto vocálico.

Tabela 4 – Duração absoluta média da consoante nasal [ɲ] em contextoônico e átono, de acordo com dados de Seara (2000).

Duração absoluta - Consoante nasal palatal	
Contextoônico	77,18 ms
Contexto átono	68,61 ms

Fonte: Adaptado de Seara (2000).

Legenda: ms - milissegundos.

Gamba (2011, 2014) acrescenta evidências de que, na grande maioria dos dados, as palatais são consoantes mais longas do que as outras produções de [ɲ]. No estudo de 2011, com os dados de dois informantes, a nasal palatal teve maior duração relativa do que as suas variações, principalmente em contextoônico, reforçando o encontrado por Seara (2000). Gamba (2011) verificou, para um dos informantes, que, em sílaba tônica, a palatal ocupou em torno de 35% da sílaba, enquanto, em sílaba átona, em torno de 23 a 25%. Para o segundo informante, os dados não foram tão indicativos, mas houve maior duração relativa em sílaba tônica - entre 18 e 25%, do que em sílaba átona - entre 15 e 23%. Já em 2014, Gamba, investigando somente o contextoônico, constatou que as nasais palatais ocupavam em torno de 35 a 50% da sílaba, e as produções da variante vocálica [j], acima de 45%, na maioria dos casos.

Ainda, nesse mesmo indicativo, Barbosa e Madureira (2015, p. 473) citam a duração da nasal palatal (68 ms) como mais curta que as demais consoantes nasais do PB, ambas seguidas da vogal [a], emitida por um participante mineiro do sexo masculino, o que “pode revelar uma tendência muito frequente à realização da nasal palatal como semivogal nasalizada”. Entretanto, segundo os autores, devido à taxa de elocução e outros critérios de segmentação, pode haver diferentes valores de duração entre as consoantes nasais, como os encontrados para um falante de Campinas (SP) e outro de Pernambuco, por Barbosa (1997, 2006 *apud* BARBOSA; MADUREIRA, 2015).

Para finalizar esta seção sobre a caracterização acústica das consoantes nasais, destacaremos algumas considerações sobre os formantes nasais, comparativamente, nas três consoantes nasais:

1. FN1 com valores médios entre 200 e 300 Hz (GAMBA, 2014; SEARA, 2000; SOUSA, 1994);
2. marcada proeminência espectral de FN1 em relação aos demais formantes nasais (SOUSA, 1994);
3. FN2 com valores médios em torno de 1000 Hz (GAMBA, 2014; SEARA, 2000; SOUSA, 1994), sendo semelhantes em [n] e [ɲ];
4. tendência ao cancelamento (SOUSA, 1994) e a irregularidades de FN2 (SEARA, 2000);
5. valores de FN2 e FN3 mais baixos para [m] em relação às outras consoantes nasais;
6. valores de FN4 e FN5 mais altos para [m] do que para as demais consoantes nasais;
7. em [m], o maior intervalo entre as frequências dos formantes ocorreu em FN4-FN3, sendo que FN3 fica centralizado no espectro, enquanto FN1 e FN2, FN4 e FN5 ficam afastados para baixo e para cima, respectivamente;
8. em [n], a distribuição dos formantes no espectro é mais simétrica e mais compactada, com maior intervalo entre FN3-FN2, com FN3, FN4 e FN5 entre 2000 e 3100 Hz;
9. em [ɲ], o intervalo entre FN3-FN2 é mais evidente, separando FN1 e FN2 dos demais (FN3, FN4 e FN5), que se distribuem de modo simétrico;
10. em contexto tônico, [ɲ] apresentou valores médios frequenciais muito próximos de [n] (SEARA, 2000);
11. em contexto átono, [ɲ] se diferenciou de [m] e [n], principalmente em função de FN3 e FN4 (SEARA, 2000);
12. FN5 com escassez de dados;
13. diminuição de energia nas altas frequências (acima de 1000 Hz) (SOUSA, 1994).

Podemos, ainda, acrescentar outras características acústicas das três consoantes nasais para o PB, sobre a duração:

1. em contexto tônico, a consoante nasal [ɲ] mostrou menor duração em relação às demais consoantes nasais, ficando em ordem decrescente de duração [m] > [n] > [ɲ] (SEARA, 2000);
2. em contexto átono, a consoante nasal [ɲ] mostrou maior duração em relação às demais consoantes nasais, ficando em ordem decrescente de duração [ɲ] > [n] > [m] (SEARA, 2000);

[m] > [n] > [ɲ] (BARBOSA; MADUREIRA, 2015); [ɲ] > [m] > [n] (BARBOSA, 1997, 2006 *apud* BARBOSA; MADUREIRA, 2015).

De modo geral, as produções fônicas da consoante nasal palatal, considerando as análises acústica e articulatória (*cf.* 2.6.2) podem ser descritas como consoante nasal palatal [ɲ], consoante nasal palatalizada [ɲʲ] ou [ɲj] e despalatalização ou semivocalização [j] ou [j̥].

Importante ressaltar que o foco da presente pesquisa não será a análise acústica por si só, mas também servirá como apoio para a análise aerodinâmica das consoantes nasais. Passaremos, então, para a caracterização aerodinâmica das consoantes nasais na Seção 2.8.

2.8 CARACTERIZAÇÃO AERODINÂMICA DAS CONSOANTES NASAIS

Os mecanismos anátomo-fisiológicos já descritos (*cf.* Seção 2.4 e 2.5), atuantes na dinâmica da produção das consoantes nasais e essenciais para o estudo das características articulatórias, são os mesmos envolvidos nas questões acústicas e aerodinâmicas.

Para a análise aerodinâmica importa, sobretudo, investigar a passagem do fluxo de ar pelas cavidades oral e nasal, que ocorre com a constrição dos articuladores da cavidade oral e do esfíncter velofaríngeo (EVF).

Nesta seção, abordamos inicialmente em 2.8.1, parâmetros aerodinâmicos analisados em pesquisas sobre a nasalidade. Na subseção 2.8.2, buscamos expor estudos aerodinâmicos realizados no PB e em outras línguas, que empregaram metodologia semelhante à utilizada na presente pesquisa.

2.8.1 Parâmetros aerodinâmicos

A produção aerodinâmica das consoantes nasais está intimamente dependente de aspectos anátomo-fisiológicos envolvidos nos movimentos de elevação e de abaixamento do véu palatino. O véu palatino, em conjunto com as paredes da faringe, forma um complexo mecanismo neuromuscular que compõe o EVF. Esse mecanismo promove uma variedade de graus de abertura e de fechamento do EVF, coordenando a passagem do fluxo aéreo para as cavidades oral e nasal (*cf.* Seção 2.5).

É justamente esse fluxo aéreo o objeto de estudo da análise aerodinâmica. As condições aerodinâmicas da fala são definidas pelo comportamento do trato vocal em relação à passagem do fluxo aéreo. Logo, a aerodinâmica situa-se entre os movimentos articulatórios e a energia do sinal acústico oral, gerada a partir dos lábios, ou do sinal acústico nasal, a partir das narinas.

Dentre os parâmetros aerodinâmicos, podemos citar os que foram investigados na presente pesquisa: tipos de configurações das curvas de FAO e FAN; valores mínimos, médios, máximos, iniciais, mediais e finais do FAN.

Esses podem ser analisados por meio de equipamentos que possibilitam a coleta das gravações de dados acústicos de modo simultâneo aos aerodinâmicos, como: microfone oral, microfone nasal, captador piezoelétrico e a estação ou sistema de medida aerodinâmica EVA2™ (*Evaluation Vocale Assistée, SQLab ou Evaluation Aerodynamyc*¹⁷) (doravante Estação EVA). Esses equipamentos têm sido usados para estudos dos fenômenos da nasalidade e estão descritos e ilustrados na Seção 3.3 da Metodologia (*cf.* Capítulo 3).

O microfone nasal e o captador piezoelétrico possuem a mesma finalidade: converter a energia mecânica em sinais elétricos. No entanto, diferem-se basicamente pela forma como captam a energia mecânica para atingirem sua finalidade. Quanto ao uso, o microfone nasal é inserido em uma das narinas de forma a captar o fluxo de ar da narina à qual foi afixado e o captador piezoelétrico é colocado sobre o nariz. O microfone é um dispositivo que converte o sinal sonoro (energia mecânica) em sinais elétricos, enquanto o captador piezoelétrico converte o movimento vibratório (energia mecânica) em sinais elétricos (FERNANDES, 2000). Já a Estação EVA difere do microfone nasal e do piezoelétrico, que captam somente o FAN, por incluir a medida de FAO.

Os sinais de vibração captados pelos instrumentos citados consistem, geralmente, de inúmeras frequências que ocorrem simultaneamente. Com a utilização da técnica de análise de frequência é possível relacionar a amplitude do sinal com a sua respectiva frequência. Uma das maneiras pela qual a amplitude da vibração pode ser quantificada é o nível quadrático médio ou *Root Mean Square* (RMS),

¹⁷ Informações sobre o sistema EVA2™ estão disponíveis em <http://www.sqlab.fr/evaRootUK.htm#%C2%A72>.

que é uma importante medida da amplitude porque mostra a média da energia contida no movimento vibratório (FERNANDES, 2000).

O estudo do FAN pode auxiliar nas inferências sobre o movimento do véu palatino, desde o início até o final da sua curva, durante a produção das consoantes nasais, revelando, assim, movimentos articulatórios que não poderiam ser inferidos somente pelos dados acústicos. Estudos como o de Vaissière (1995), Amelot e Michaud (2007) e Medeiros, D'Império e Espesser (2008) demonstraram que medições do FAN representam uma indicação indireta do grau de abertura velofaríngea, por existir uma correlação válida entre fluxo de ar e mecanismo velofaríngeo.

Embora as medições aerodinâmicas sejam uma forma indireta de coletar dados sobre o comportamento do véu palatino, elas têm a vantagem de não serem um método invasivo (como o articulatório), o que é interessante para o estudo da nasalidade da fala (BASSET et al., 2001) com um maior número de falantes.

2.8.2 Estudos aerodinâmicos

O uso de equipamentos aerodinâmicos para pesquisas na área da lingüística e com indivíduos adultos sem alteração de fala não se mostra ainda uma realidade no Brasil.

Um dos poucos trabalhos nessa linha de pesquisa foi o de Demasi (2009) ao investigar os ditongos nasais do PB, com a Estação EVA, no Laboratório de Fonética da Universidade de São Paulo. A autora demonstrou que há um padrão aerodinâmico relativo à sincronia do movimento do véu e da língua, gerando três fases acústicas distintas nos ditongos: vogal nasal, glide nasal e apêndice nasal. Ainda, o contorno da trajetória padrão da curva de FAN nos ditongos nasais, em 87% dos casos, apresentou três fases distintas: a primeira, plana; a segunda, um pico acentuado; e a terceira, uma queda abrupta.

O estudo realizado por Oliveira et al. (2013) investigou a diferença entre os sexos, referente à análise de medidas aerodinâmicas do fluxo aéreo oral. Os dados do PB foram obtidos com 20 participantes de cada sexo. Comprovou diferença estatística significativa referente ao sexo entre a média da frequência fundamental, sendo maior no sexo feminino (F_0 : 222 Hz) do que no masculino (F_0 : 139 Hz). Entretanto, entre a média do fluxo oral e o pico da pressão do fluxo oral não houve diferença significativa entre os sexos.

Ainda, quanto à variável sexo, Marino et al. (2016) estabeleceram valores de nasalância, utilizando o Nasômetro II 6400, para sílabas (dez orais e quatro nasais), produzidas por 245 falantes (121 do sexo masculino e 124 do sexo feminino) do PB. Os resultados indicaram valores de nasalância mais altos para sílabas nasais quando comparadas às orais, e mais altos para mulheres quando comparados aos dos homens, particularmente para os adultos.

Porém, para as consoantes nasais, não encontramos nenhum estudo aerodinâmico com falantes do PB cuja coleta de dados tenha sido realizada no Brasil, somente em outros países que dispõem de equipamentos específicos. Entretanto, em alguns países, essa possibilidade está acessível em laboratórios especializados em Fonética. Nesses laboratórios, a nasalidade do PB encontra possibilidade para coletas e investigações aerodinâmicas. Algumas dessas pesquisas serão apresentadas a seguir, e abordam principalmente as vogais, como os estudos de Medeiros, D’Imperio e Espesser (2008) e Mendonça e Seara (2015); e a consoante nasal palatal na pesquisa de Vieira e Seara (2017).

Medeiros, D’Imperio e Espesser (2008) pesquisaram na cidade de *Aix-en-Provence* (França), dados aerodinâmicos de FAN e FAO utilizando a Estação EVA, com cinco falantes da região sudeste do Brasil. Analisaram o murmúrio nasal das vogais nasais (denominado de apêndice nasal), diante de dois contextos consonantais: antes de [p] (contexto oclusivo – ‘quimpa’) e antes de [f] (contexto fricativo – ‘canfa’). As autoras consideraram o apêndice nasal, que apresenta elevado nível de FAN, como resultante da constelação de gestos implicados na produção de uma sequência vogal nasal + consoante oral: gesto vocálico, vélico e labial. O gesto vélico seria ativado durante o gesto vocálico e se sobreporia ao labial, sendo altamente sensível à altura vocálica e aos contextos adjacentes.

Outro ponto observado por Medeiros, D’Imperio e Espesser (2008) refere-se à propagação da nasalidade das vogais nasais investigadas ao contexto consonantal adjacente. Observaram que o contexto de fricativa implica vogais mais nasalizadas, pelo menos acusticamente, quando comparadas ao contexto de plosiva. Esse resultado também havia sido relatado por Amelot (2004) e Ferguson (1975).

Mendonça e Seara (2015), em estudo sobre as vogais nasalizadas coarticulatoriamente, tendo por base 66 dados de dois falantes florianopolitanos, obtidos com o piezoelétrico, verificaram que todas as três consoantes nasais do PB exerceram efeitos coarticulatórios sobre as

vogais precedentes [ẽ], [ē], [ī], [ō], [ū]. Foram utilizados logatomas, nos quais as consoantes nasais ocupavam contextos tônicos e átonos (pós-tônicos). As autoras sugeriram uma diferença no surgimento do FAN entre as consoantes nasais do PB, de modo que o FAN para a produção de [m] iniciou-se muito próximo do *onset* desse segmento, mostrando pouca antecipação sobre a vogal precedente; o FAN para a produção do [n] apresentou antecipação moderada, e em [ɲ] o FAN foi o mais antecipado, se comparado com as duas outras consoantes nasais.

Os resultados do estudo piloto da tese foram publicados em Vieira e Seara (2017). As autoras realizaram pesquisa com três informantes do sexo feminino, de Florianópolis (SC) e analisaram a configuração das curvas aerodinâmicas da consoante nasal palatal. Por meio do instrumento piezoelétrico, a análise aerodinâmica indicou distintas curvas de FAN, a presença do fenômeno de antecipação da nasalidade na vogal precedente, em contexto átono (pós-tônico) eônico, bem como do fenômeno de nasalização progressiva, com propagação da nasalidade para a vogal seguinte. As autoras referiram que a antecipação da nasalidade pode ocorrer de modo variado, temporalmente, na vogal precedente: desde seu início ou começar um pouco depois do seu início.

Além dos estudos sobre o PB, apresentaremos outros referentes ao francês, uns incluídos por tratarem das consoantes nasais (BASSET; AMELOT; CREVIER-BUCHMAN, 2007; BASSET et al., 2001) e outros por serem referentes às vogais nasais (AMELOT, 2004; AMELOT; MICHAUD, 2007).

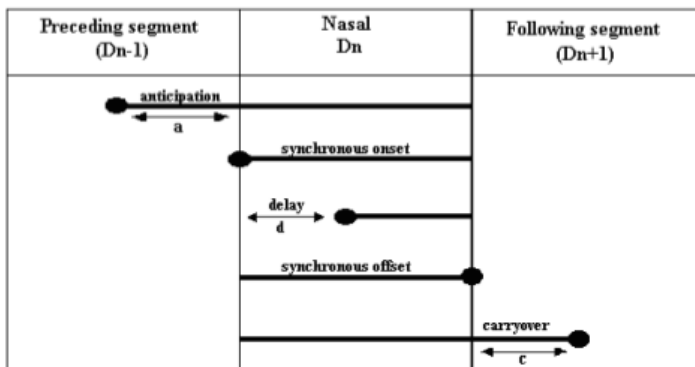
Basset, Amelot e Crevier-Buchman (2007) estudaram as consoantes nasais [m] e [n] do francês por meio de medidas aerodinâmicas com a Estação EVA, e com medidas articulatórias, obtidas com a nasofibroscopia, com três falantes nativos do francês. Os resultados mostraram uma diferença de duração, dependendo do tipo de dado (acústico, aerodinâmico ou articulatório), sendo que a duração do ciclo de abaixamento do véu palatino (articulatório) é o mais longo, seguido pela duração do FAN (aerodinâmico), que é maior do que a duração dos sons acústicos correspondentes às consoantes nasais. A propagação do movimento velar é tanto progressiva quanto regressiva, enquanto a propagação do FAN é bastante gradual.

Basset et al. (2001) pesquisaram os fenômenos de movimento do véu palatino dos sons nasais vocálicos e consonantais, com medidas aerodinâmicas obtidas pela Estação EVA, com quatro falantes nativos do francês. Observaram fenômenos de movimento do véu palatino do

som nasal (D_n) em relação aos contextos precedente (D_{n-1}) e seguinte (D_{n+1}). Denominaram os fenômenos no fluxo aéreo nasal como: (a) antecipação (*anticipation*), (b) sincrônico (*synchronous*), (c) progressivo e (d) atrasado (*delay*), conforme Figura 35.

Os autores definiram a antecipação quando o FAN começa antes do surgimento (*onset*) do som nasal (D_n); como início sincrônico quando o FAN ocorre no mesmo tempo do início do som nasal; final sincrônico ao ocorrer junto ao término do som nasal; como progressivo quando o FAN continua após o término do som nasal sobre o som seguinte (D_{n+1}); e como atrasado quando o FAN começa após o início do som nasal.

Figura 35 – Fenômenos do fluxo aéreo nasal: (a) antecipação, (b) início sincrônico, final sincrônico, (c) progressivo e (d) atrasado.



Fonte: Basset et al. (2001, p. 3).

Em relação aos casos em que a nasal (D_n) era uma consoante nasal e o contexto precedente e o seguinte eram vogais adjacentes, contextos semelhantes ao da presente pesquisa, os resultados de Basset et al. (2001) mostraram muita variabilidade nos resultados. Dos 162 itens analisados (vogal precedente + consoante nasal), segundo Figura 35: $D_{n-1} + D_n$, ocorreu antecipação do FAN em 46% dos dados; fenômeno sincrônico em 46%; e fenômeno atrasado em 8%. Ainda, em 122 itens coletados (consoante nasal + vogal seguinte), na Figura 35: $D_n + D_{n+1}$, houve possibilidade de fenômeno progressivo, que ocorreu em 97% dos dados.

Amelot (2004) destacou uma correlação entre a duração do som (acústica) e a duração total do FAN para logatomas (fala controlada),

mas essa correlação não foi observada na fala menos controlada (espontânea). Verificou também uma estreita correlação entre o FAN e a resistência no trato vocal (vozeamento). Constatou, ainda, a propagação do FAN como importante a longa distância entre os sons na fala espontânea, afetando tanto consoantes vozeadas quanto as não-vozeadas, sem alterar suas propriedades acústicas.

Conforme estudo de Amelot (2004), foram descritos seis traçados aerodinâmicos (FAN) para as vogais nasais em logatomas. Na medida de antecipação do FAN para os logatomas, os resultados indicaram 16% e 20% de antecipação para os dois falantes, principalmente nas vogais [o] e [e], respectivamente, às vezes com pico máximo de FAN. Para a medida de progressão do FAN, encontraram 100% de nasalidade progressiva para os dois falantes. A autora concluiu, portanto, que, no francês, a propagação do FAN para as vogais nasais é mais progressiva do que regressiva (antecipatória).

Outro estudo é o de Amelot e Michaud (2007), que investigou o FAN e FAO por meio da Estação EVA, e o movimento do véu palatino, com fibroscopia, nas vogais nasais do francês, com dois informantes. No *corpus* de logatomas, um dos contextos consonantais era a nasal alveolar [n] (por exemplo: [na'hẽnẽ]), na qual a análise qualitativa dos dados de FAN das vogais nasais indicou uma variabilidade considerável diante deste contexto consonantal. A simples regularidade foi que o FAN era maior nas consoantes nasais do que nas vogais nasais, enquanto o fluxo oral apresentava o padrão inverso. A presença do FAN estava acompanhada por uma diminuição do FAO; o que os autores consideraram particularmente evidente durante a produção de [n], sugerindo que a pressão subglótica mantinha-se relativamente constante ao longo do logatoma.

Ao finalizarmos esta seção referente à caracterização aerodinâmica das consoantes nasais, apresentamos as principais considerações:

1. FAN maior na consoante nasal alveolar do que nas vogais nasais (AMELOT; MICHAUD, 2007);
2. antecipação do FAN na vogal precedente varia de acordo com a consoante nasal, ficando em ordem decrescente de antecipação da nasalidade [ɲ] > [n] > [m] (MENDONÇA; SEARA, 2015).
5. configurações aerodinâmicas com variadas curvas aerodinâmicas para as vogais (AMELOT, 2004);
6. a propagação do FAN em relação aos contextos precedentes e

seguintes para as vogais nasais do francês mostrou-se mais progressiva do que regressiva (AMELOT, 2004; BASSET et al., 2001).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa está vinculada ao Laboratório de Fonética Aplicada (FONAPLI) e ao Programa de Pós-Graduação em Linguística, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), situada em Florianópolis (Santa Catarina/Brasil). Desse modo, os dados analisados nesta pesquisa fazem parte do banco de dados, vinculados a projetos do FONAPLI, inicialmente ao projeto denominado: “O detalhe fonético: análise acústica exploratória de segmentos da fala” e, posteriormente, ao projeto: “Análise acústica, aerodinâmica e articulatória da fala”.

O projeto de pesquisa intitulado “O detalhe fonético: análise acústica exploratória de segmentos da fala”, no qual os dados foram fornecidos, foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Pró-Reitoria em Pesquisa e Extensão da UFSC, sob o processo número 2057 e Folha de Rosto (FR) número 434924. O mesmo estava em conformidade com a Resolução CNS 196/1996, da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), na época de sua aprovação (Anexo A).

O projeto “Análise acústica, aerodinâmica e articulatória da fala” foi submetido à Plataforma Brasil em 2016, sendo aprovado pelo CEPSH, sob parecer número 1.619.768 (Anexo B). Esse projeto está em conformidade com a Resolução CNS 466, de 12 de dezembro de 2012.

Importante salientar que os dados acústicos e aerodinâmicos de fala utilizados na presente pesquisa foram coletados em um estágio de Pós-Doutoramento realizado pela Profa. Dra. Izabel Christine Seara, orientadora desta pesquisa e supervisora do FONAPLI.

O referido Pós-Doutorado foi realizado no período de setembro de 2011 a março de 2012, com a elaboração do experimento para a gravação com o *corpus* contendo vogais nasais, vogais nasalizadas e consoantes nasais. Nesse mesmo período, foi feita a coleta dos dados no *Laboratoire de Phonétique et Phonologie*, da *Université Paris III – Sorbonne Nouvelle*, em Paris (França).

Após o exposto e considerando os objetivos propostos, o presente estudo pode ser classificado como descritivo exploratório. Com relação à sua natureza, classificamos como pesquisa quantitativa e qualitativa. No que tange aos seus procedimentos técnicos, pode ser delineado como um estudo de campo. Para tanto, na análise estatística, a presente pesquisa caracteriza-se por apresentar um *design* correlacional, por investigar relações entre as variáveis, e quase-experimental, por estabelecer critérios de alocação dos participantes.

3.1 AMOSTRA

A amostra foi constituída por cinco indivíduos adultos brasileiros, com idades entre 25 e 52 anos, sendo dois do sexo masculino e três do sexo feminino. Esses indivíduos foram denominados de participantes (P) e numerados de 1 a 5 (P1, P2, P3, P4 e P5). A ordem sequencial aqui estipulada foi estabelecida de acordo com a sequência das gravações, realizadas na coleta da fala. No Quadro 3, estão apresentados os participantes, sexo e idade quando da coleta dos dados (janeiro e fevereiro de 2012).

Quadro 3 – Amostra da pesquisa.

Participante	Sexo	Idade
P1	Feminino	52 anos
P2	Feminino	33 anos
P3	Masculino	36 anos
P4	Feminino	25 anos
P5	Masculino	27 anos

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: P - participante.

Os critérios selecionados para a inclusão dos participantes na amostra, e entendidos como variáveis controladas na pesquisa, estão expostos a seguir. Um deles foi de que os participantes tivessem desenvolvido a linguagem oral no dialeto de Florianópolis, cidade do estado de Santa Catarina (SC), região sul do Brasil. Florianópolis é a capital de SC e possui, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE - Censo, 2010), uma população de 421.240 habitantes e área territorial de 675.409 Km².

Quanto ao critério elencado referente à linguagem oral, além da exposição ao dialeto de Florianópolis, considerou-se também o fato do participante apresentar fala sem alterações articulatórias perceptualmente evidentes.

Outro critério foi de que os participantes tivessem disponibilidade em participar por estarem na cidade de Paris (França) no período de gravação dos dados, que foi de janeiro a fevereiro de 2012. Além disso, que consentissem sua participação na pesquisa e a disponibilidade dos

dados para o FONAPLI, mediante o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A) e a autorização para divulgação de imagens (Apêndice B).

Outro critério de inclusão refere-se à faixa etária, os participantes da pesquisa foram selecionados por serem classificados como adultos. Segundo a Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990, que estabelece o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) (BRASIL, 2008), considera-se criança, a pessoa até doze anos de idade incompletos, e adolescente aquela entre doze e dezoito anos de idade. Já a Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003, que institui o Estatuto do Idoso, regulamenta os direitos assegurados às pessoas com idade igual ou superior a 60 anos. Sendo assim, por exclusão, no Brasil os adultos são considerados as pessoas que apresentam idades entre 18 anos completos e 59 anos, 11 meses e 29 dias.

O último critério estabelecido foi quanto ao nível de escolaridade, sendo que todos os participantes tinham o nível superior completo. Houve variação nas áreas de formação, sendo elas: Computação, Psicologia, Linguística e Filosofia.

3.2 *CORPUS*

O *corpus* total constituiu-se de um recorte do banco de dados do FONAPLI e incluiu pares de logatomas trissilábicos e paroxítonos. Os pares de logatomas contêm vogais nasais e orais (60 frases-veículo), vogais nasalizadas e consoantes nasais (15 frases-veículo), totalizando 75 frases-veículo. Este *corpus* encontra-se no Apêndice C, no qual as sílabas tônicas estão representadas pelo sublinhado (o que manteremos ao longo do texto) e, em negrito, estão os sons-alvo para posterior análise.

Para prosseguimento do presente estudo, foram selecionadas do *corpus* total as consoantes nasais [m], [n] e [ɲ], totalizando 30 logatomas dispostos em 15 frases-veículo, conforme *corpus* da tese apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – *Corpus* da tese contendo as frases-veículo com os pares de logatomas por consoante nasal do PB.

Transcrição ortográfica das frases-veículo com pares de logatomas	Transcrição codificada dos logatomas para textgrid	Transcrição dos logatomas com IPA
Consoante nasal bilabial		
1 Digo <u>papama</u> <u>pamapa</u> baixinho.	[papT6~m6 pacmTap6]	[pa'pẽme pe'mape]
2 Digo <u>papema</u> <u>pemapa</u> baixinho.	[papTe~m6 pecmTap6]	[pa'pẽme pe'mape]
3 Digo <u>papima</u> <u>pinapa</u> baixinho.	[papTi~m6 picmTap6]	[pa'pĩme pi'mape]
4 Digo <u>papoma</u> <u>pomapa</u> baixinho.	[papTo~m6 pocmTap6]	[pa'põme po'mape]
5 Digo <u>papuma</u> <u>pumapa</u> baixinho.	[papTu~m6 pucmTap6]	[pa'pũme pu'mape]
Consoante nasal alveolar		
6 Digo <u>papana</u> <u>panapa</u> baixinho.	[papT6~n6 pacnTap6]	[pa'pẽne pe'napɛ]
7 Digo <u>papena</u> <u>penapa</u> baixinho.	[papTe~n6 pecnTap6]	[pa'pẽne pe'napɛ]
8 Digo <u>papina</u> <u>pinapa</u> baixinho.	[papTi~n6 picnTap6]	[pa'pĩne pi'napɛ]
9 Digo <u>papona</u> <u>ponapa</u> baixinho.	[papTo~n6 pocnTap6]	[pa'põne po'napɛ]
10 Digo <u>papuna</u> <u>punapa</u> baixinho.	[papTu~n6 pucnTap6]	[pa'pũne pu'napɛ]
Consoante nasal palatal		
11 Digo <u>papanha</u> <u>panhapa</u> baixinho.	[papT6~J6 pacJTap6]	[pa'pẽɲe pe'ɲape]
12 Digo <u>papenha</u> <u>penhapa</u> baixinho.	[papTe~J6 pecJTap6]	[pa'pẽɲe pe'ɲape]
13 Digo <u>papinha</u> <u>pinhapa</u> baixinho.	[papTi~J6 picJTap6]	[pa'pĩɲe pi'ɲape]
14 Digo <u>paponha</u> <u>ponhapa</u> baixinho.	[papTo~J6 pocJTap6]	[pa'põɲe po'ɲape]
15 Digo <u>papunha</u> <u>punhapa</u> baixinho.	[papTu~J6 pucJTap6]	[pa'pũɲe pu'ɲape]

Fonte: Banco de dados do FONAPLI (2015).

Com base no Quadro 4, o primeiro logatoma da frase-veículo está estruturado com CV'CV₁CnV₂ (por exemplo: 'papama'). Já o segundo logatoma da mesma frase-veículo apresenta estrutura CV₁'CnV₂CV (por exemplo: 'pamapa'). Nesses logatomas, V₁ é a vogal precedente, Cn é a consoante nasal intervocálica (ou som-alvo) na posição de *onset* medial e V₂ é a vogal seguinte. C refere-se à consoante e V, à vogal.

No primeiro logatoma do par, o som-alvo está em contexto átono (pós-tônico), e no segundo, em contexto tônico. Os logatomas estão dispostos na seguinte frase-veículo: 'Digo _____ baixinho' (por exemplo: 'Digo papama pamapa baixinho').

Em ambos os contextos de tonicidade, o contexto precedente (V₁) à consoante nasal (Cn) foi formado por uma das cinco vogais nasalizadas do PB: [ẽ], [ẽ̃], [ĩ], [õ], [ũ], e o contexto seguinte (V₂) foi representado pela vogal baixa átona [ɐ]. A escolha de o som-alvo ser

seguido pela mesma vogal buscou minimizar variações e influências do contexto vocálico seguinte e, assim, reduzir o efeito de coarticulação na consoante nasal.

A divisão dos dados pelo contexto de tonicidade está pautada em estudos que comprovaram que o fato da vogal estar em sílaba tônica favorece sua nasalização, sendo um contexto de nasalização quase categórico (ABAURRE; PAGOTTO, 2013; SEARA, 2000). Dessa forma, avaliaremos como as consoantes nasais são influenciadas por esses contextos em seus parâmetros acústicos e aerodinâmicos.

Para a análise por vogal precedente das consoantes nasais, optamos em trabalhar com os dados de duas maneiras. A primeira, analisando em conjunto, as vogais precedentes, não diferenciando a qualidade da vogal. Essa decisão apóia-se no estudo de Abaurre e Pagotto (2013), que constatou não haver diferenças entre uma vogal e outra, no que diz respeito ao processo de nasalização regressiva e, por essa razão, os autores trabalharam com os dados em conjunto. A outra maneira é observando cada vogal precedente em separado, pois alguns estudos indicaram que determinadas vogais que antecedem a consoante nasal podem influenciar o grau de nasalização dessa consoante (MENDONÇA; SEARA, 2015).

Para que a interferência dos demais contextos consonantais - precedentes à V_1 e seguintes à V_2 - fosse minimizada, foi selecionada a consoante oclusiva bilabial surda [p], com base nos estudos de Ferguson (1975), indicando que essa consoante não propicia a propagação da nasalidade, e de Basset et al. (2001), comprovando uma menor nasalização em consoantes não-vozeadas adjacentes à vogal nasal. Essa escolha permitiu, então, minimizar a expansão da nasalidade para outros sons, e assim, dar preferência às estruturas-alvo selecionadas: V_1CnV_2 e $V_1'CnV_2$, contribuindo para as análises dos dados acústicos (pela relativa facilidade de identificar essas consoantes) e aerodinâmicos.

A seleção de logatomas trissilábicos, inseridos em frases-veículo para a coleta de dados por meio de leitura, permitiu igualar as possibilidades de ocorrência das consoantes nasais, garantiu um controle experimental dos aspectos segmentais do *corpus*, sendo possível variar os contextos vocálicos precedentes, o contexto silábico de tonicidade, enquanto mantém o som-alvo constante em estrutura sonora com o mesmo número de sílabas, nos dois contextos de tonicidade:ônico e átono (pós-ônico). Segundo Seara (2000), esse procedimento tem a vantagem de reduzir os efeitos de natureza prosódica, como entoação ou a leitura dita em forma de citação.

Essa decisão considerou, ainda, os dados obtidos por Seara (1994), os quais indicaram que a consoante nasal palatal tem pouca ocorrência no PB, em menos de 1% das palavras, e também que sua ocorrência em contexto tônico é menor do que 10%. Fatores esses que dificultariam a análise aprofundada das consoantes nasais com o mesmo número de dados em posição de *onset* na sílaba.

Somado a isso, os dados obtidos por meio de leitura permitem, da mesma forma que a fala espontânea, uma análise dos dados aerodinâmicos e articulatórios. Basset et al. (2001) não encontraram diferenças nos fenômenos de movimento do véu palatino (análise articulatória) quando compararam as medições de FAN (análise aerodinâmica) na fala espontânea e na leitura. Ainda, as consoantes nasais serão analisadas na posição de *onset* medial por ser apenas nessa mesma posição silábica que ocorre a consoante nasal palatal no PB (SILVA, 2014), assim, contemplamos todas as consoantes nasais.

Diante das constatações anteriores, esta metodologia para a coleta dos dados contribuiu para o alcance dos objetivos deste estudo.

3.3 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados na presente pesquisa para a coleta dos dados acústicos, aerodinâmicos e articulatórios fazem parte da plataforma de estudos fisiológicos da fala, foram desenvolvidos pelo *Laboratoire de Phonétique et Phonologie* da *Université Paris III – Sorbonne Nouvelle*, em Paris (França), onde se encontram alocados. Os equipamentos estão citados, individualmente, no Quadro 5.

Quadro 5 – Equipamentos utilizados na coleta de dados com seus parâmetros analisados, estruturas envolvidas e tipo de análise.

	Equipamentos	Parâmetros analisados	Estruturas	Análise	Método
1	Microfone oral	Sinais acústicos orais	Cavidade oral	Acústica	Não invasivo
2	Microfone nasal	Sinais acústicos nasais	Cavidade nasal	Aerodinâmica	Não invasivo
3	Captador piezo-elétrico	Vibrações nasais	Cavidade nasal	Aerodinâmica	Não invasivo
4	Estação aerodinâmica	Fluxo de ar oral	Cavidade oral	Aerodinâmica	Não invasivo

(EVA2)		Fluxo de ar nasal	Cavidade nasal		
5	Fotonasografia (PNG)	Visualização do movimento do véu palatino	Véu palatino	Articulatória	Invasivo

Fonte: Adaptado de Vaissière (2010).

Os procedimentos utilizados com os equipamentos para a coleta dos dados acústicos, aerodinâmicos e articulatórios serão detalhadamente especificados a seguir.

3.4 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS

Os procedimentos para a coleta de dados dividiram-se em dois momentos distintos: um com equipamentos para gravação de dados acústicos e aerodinâmicos, e outro, de dados acústicos e articulatórios.

A coleta das gravações dos dados acústicos e aerodinâmicos (*cf.* Seção 3.4.1) foi realizada no *Laboratoire de Phonétique et Phonologie* (LPP), em um estúdio (sala com tratamento acústico), pela Profa. Dra. Izabel Christine Seara e com supervisão da Profa. Dra. Angelique Amelot¹⁸.

Foram necessárias duas sessões com cada um dos participantes, em dois dias seguidos e com gravação de modo individual. Na primeira sessão foi realizada a coleta com os equipamentos microfone oral, microfone nasal e captador piezoelétrico (*cf.* Subseção 3.4.1.1), e na segunda, com a Estação EVA (*cf.* Subseção 3.4.1.2). O tempo de duração de cada sessão de gravação com cada participante, incluindo o posicionamento dos equipamentos no participante, a calibração dos aparelhos e a coleta dos dados acústicos e aerodinâmicos, foi em torno de uma hora.

Já, os dados articulatórios (*cf.* 3.4.2) foram coletados em ambiente hospitalar (*Hôpital Européen Georges-Pompidou – Paris (FR)*) e sob a supervisão de profissionais do LPP e da área médica¹⁹. A

¹⁸ Queremos deixar aqui um agradecimento especial à pesquisadora do LPP, Profa. Dra. Angelique Amelot, pelo envolvimento e suporte na coleta de dados e no manuseio de equipamentos, tarefas fundamentais ao bom encaminhamento dos dados gravados.

¹⁹ Queremos agradecer aqui novamente à Profa. Dra. Angelique Amelot e ao Prof. Dr. Shinji Maeda e à pesquisadora do *Centre National de la Recherche*

duração da sessão para a gravação dos dados articulatórios transcorreu em torno de duas horas, com apenas um participante (P1), em dia diferente da coleta dos dados acústicos e aerodinâmicos.

Para a coleta dos dados de fala, tanto com equipamentos para gravação de dados acústicos e aerodinâmicos, quanto articulatórios, foi utilizado o mesmo *corpus* (cf. Seção 3.2). Para cada uma das sessões foi solicitado que cada participante repetisse três vezes o *corpus* total da pesquisa. O intervalo entre as gravações respeitou a necessidade do participante.

As frases-veículo constituintes do *corpus* foram organizadas em uma sequência aleatória e apresentadas em *slides* (uma frase-veículo por *slide*) a partir do aplicativo *PowerPoint* da *Microsoft Office*, no computador, seguindo a ordem de apresentação disposta no Apêndice C.

Primeiro os participantes foram orientados a realizar uma leitura silenciosa das 75 frases-veículo antes do início da gravação, observando que as sílabas tônicas dos pares de logatomas encontravam-se sublinhadas. Os detalhes em negrito não constavam da apresentação aos participantes.

Em seguida foi explicado que se fazia necessária a calibração do equipamento no início da primeira gravação, e essa ocorreria com a repetição dos seguintes logatomas [papa'pa mēmēmē'mē] no número de vezes indicado pelo supervisor.

Para a leitura do *corpus* em voz alta, para cada equipamento, os participantes foram avisados de que o comando para mudar o *slide* era dado por eles mesmos, através de um clique no *mouse* e, finalmente, caso percebessem que haviam errado a pronúncia dos logatomas da frase-veículo, os participantes poderiam repetir a mesma frase-veículo até pronunciá-la adequadamente. Essa repetição também poderia ser indicada pelo supervisor das gravações.

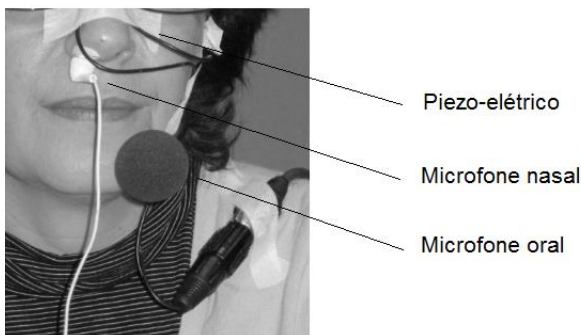
3.4.1 Coleta de dados acústicos e aerodinâmicos

3.4.1.1 Equipamentos microfone oral, microfone nasal e captador piezoelétrico

Scientifique (CNRS) e médica Otorrinolaringologista do *Hôpital Européen Georges- Pompidou*, Dra. Lise Crevier-Buchman, pelo suporte para as gravações de fotonasografia.

Inicialmente foram utilizados os equipamentos microfone oral, microfone nasal e captador piezoelétrico para a coleta das gravações dos dados acústicos de modo simultâneo aos aerodinâmicos, conforme ilustrados na Figura 36.

Figura 36 – Equipamentos utilizados para a gravação dos dados acústicos e aerodinâmicos: microfone oral, microfone nasal e captador piezoelétrico.



Fonte: Arquivo pessoal da orientadora (2012).
Divulgação da imagem autorizada

Pela Figura 36, pode-se observar que o microfone oral (captador do sinal acústico oral) foi apoiado na orelha e captou o sinal da gravação dos dados com posição e distância fixa da boca do falante. Esse equipamento foi utilizado em conjunto com o microfone nasal (captador do sinal acústico nasal) e do captador piezoelétrico (que registra a variação da pressão do ar nasal).

De acordo com a Figura 36, o microfone nasal (*MicroMic C520L*) foi inserido em uma das narinas do participante com o cuidado de não ser desconfortável durante a gravação (VAISSIÈRE et al., 2010).

O captador piezoelétrico (*K&K Sound*) foi afixado na superfície externa do nariz, nos ossos laterais do nariz e logo acima da cartilagem. Ele registrou a amplitude das vibrações do fluxo de ar quando ocorre a ressonância nasal (VAISSIÈRE et al., 2010). Esse captador piezoelétrico foi acoplado com duas pastilhas do diâmetro de 0,5 cm, fixadas por adesivo dupla face nos ossos laterais do nariz. Ele estava ligado a um pré-amplificador (40 dB) e a uma placa de aquisição sonora externa (*Motu Ultralite, mk3, hybride*).

Dessa forma, foi possível gerar medidas de *Root Means Square* (RMS) (cf. Seção 2.8.1) para os dados aerodinâmicos. Essas medidas de

nasalidade foram feitas com base em uma referência e transformadas em percentuais relativos a essa referência. Para isso, antes de iniciar a gravação do *corpus* da pesquisa com cada um dos participantes, foram realizadas a calibração do equipamento e a obtenção do valor máximo de RMS. Esse valor máximo foi obtido com base na produção da consoante [m] em uma sequência nasal, presente no logatoma: [mẽmẽ'mẽ] que foi usado na calibração. Assim, 100% de nasalidade eram referentes ao valor máximo para essa consoante.

Diante desses procedimentos descritos para a coleta dos dados, foram obtidos, separadamente, três arquivos de áudio com extensão “_.wav”, referentes ao microfone oral (acou), com dados acústicos; ao microfone nasal (micnas) e ao piezoelétrico (piezo), com dados aerodinâmicos.

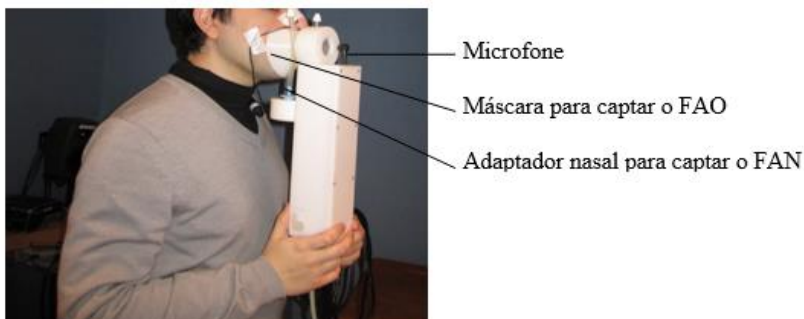
3.4.1.2 Estação EVA

Além dos equipamentos citados para análise acústica (microfone oral) e aerodinâmica (microfone nasal e captador piezoelétrico), utilizamos também a estação aerodinâmica ou sistema de medida aerodinâmica EVA2™ (*Evaluation Vocale Assistée*, SQLab ou *Evaluation Aerodynamyc*) (GHIO; TESTON, 2002).

Segundo Ghio e Teston (2002), a Estação EVA é um pneumotacógrafo empregado para avaliar os parâmetros de fluxo de ar nasal (FAN) e oral (FAO), relacionando o volume e a linearização específica para o fluxo de ar inspirado e expirado, pela pressão do ar gerada no trato vocal durante a produção da fala.

Para tanto, foram utilizadas medidas sincronizadas de dados acústicos e aerodinâmicos obtidos por uma máscara que capta o FAO e transmite a um microfone que grava o sinal acústico oral, e dois adaptadores nasais que captam o FAN, conforme Figura 37.

Figura 37 – Equipamento utilizado para a gravação dos dados acústicos e aerodinâmicos: Estação EVA.



Fonte: Arquivo pessoal da orientadora (2012). Divulgação da imagem autorizada. Legenda: FAN - fluxo de ar nasal; FAO - fluxo de ar oral.

Dessa forma, os dados acústicos e aerodinâmicos, captados via microfone oral, são conduzidos ao canal wa1 (oral) de gravação interligado ao computador e registrados como “_wa1”. Enquanto os dados acústicos e aerodinâmicos, captados via adaptadores nasais, são conduzidos pelo canal wa2 (nasal) ao computador e registrados como “_wa2”. Portanto o equipamento Estação EVA permite que os dados dos canais oral e nasal sejam gravados em arquivos separados.

Conforme indicado na Figura 37, o FAO foi captado com uma máscara oral de silicone encaixada na face do participante, que mantém uma excelente vedação, impedindo o escape de ar para o ambiente e permitindo a mobilidade da boca e dos movimentos mandibulares. Já o FAN foi captado por dois adaptadores vazados de borracha que são ajustados nas narinas, impedindo o escape de ar para o ambiente. Nos adaptadores, estão encaixados dois tubos de silicone, interligados a um transdutor. Os tubos medem cerca de 10 cm de comprimento e 0,5 cm de diâmetro. Nesse transdutor também estão conectados a máscara e o microfone. O microfone está localizado a 8 cm de distância da boca, permitindo a gravação do sinal acústico pelo microfone oral.

Assim, foram geradas medidas de *Root Means Square* (RMS) para os dados aerodinâmicos, do mesmo modo que foi exposto em 3.4.4.1, incluindo o processo de calibração do equipamento. A cada repetição a Estação EVA era calibrada e nivelada no nível 0 (zero) dm^3/s . A digitalização do sinal foi realizada por um computador, que controlava a cadeia de instrumentação e de registro.

Após este procedimento de coleta dos dados, foram obtidos,

separadamente, arquivos tipo: “_naf”, para o fluxo aéreo nasal; “_oaf”, para fluxo aéreo oral; e “_wal”, referente ao registro acústico no canal oral; e “_wa2”, referente ao registro acústico no canal nasal. Por sua vez, todos foram convertidos em arquivos tipo de áudio com extensão “_wav”. Os procedimentos de análise serão explicados na Seção 3.5.3.

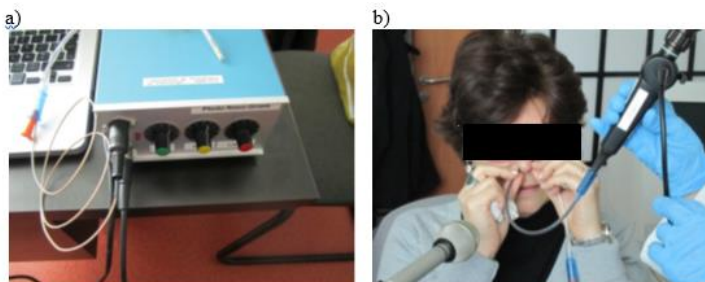
Assim, a Estação EVA permitiu o registro acústico e aerodinâmico em canais separados para o sinal oral e nasal, o que diferiu da coleta de dados acústicos e aerodinâmicos por meio dos instrumentos microfone nasal e piezoelétrico, descritos em 3.4.4.1.

3.4.2 Coleta de dados articulatórios

Os dados coletados para a análise articulatória foram obtidos por meio do sistema de fotonasografia (*Photonasography* - PNG), como ilustrado na Figura 38. Segundo Vaissière et al. (2010), a fotonasografia consiste em uma técnica optoelétrica para visualizar o movimento de elevação e abaixamento do véu palatino, ou seja, para avaliar a abertura e o fechamento do EVF.

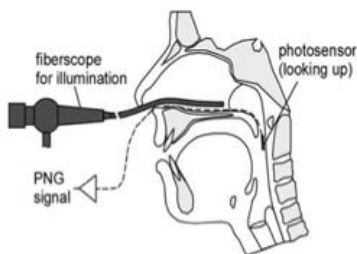
Por ser um procedimento invasivo, a coleta dos dados articulatórios por meio da fotonasografia foi realizada por profissional médico Otorrinolaringologista e em local hospitalar. Devido ao caráter invasivo, o procedimento pode ocasionar certo desconforto ao participante, sendo assim pouco aplicável para pesquisa de campo na área das Ciências da Fala. Diante disso, apenas a pesquisadora presente na coleta de dados submeteu-se como participante.

Figura 38 – Equipamento utilizado para a gravação dos dados articulatórios: fotonasografia, com (a) indicação do aparelho, (b) do procedimento de coleta e (c) representação interna.



Fonte: Arquivo pessoal da orientadora (2012). Divulgação da imagem autorizada.

c)



Fonte: Vaissière et al. (2010, p. 4).

Para a realização da fotonasografia, conforme a Figura 38 (b, c), um fibroscópio (tubo flexível) foi introduzido por uma narina da participante, com uma fonte de luz colocada acima da abertura velofaríngea, e um fotossensor (tubo flexível) é introduzido pela outra narina, sendo localizado abaixo da abertura velofaríngea. Ambos os tubos flexíveis estão sendo segurados pela participante, em 38 (b).

O fibroscópio serve para iluminar a cavidade nasal e o tubo com um fotossensor captura a transiluminação através da abertura velofaríngea. Dessa maneira, o sinal captado é registrado no fotonasógrafo, que está conectado a um computador (VAISSIÈRE et al., 2010). Os dados acústicos da fala são captados por um microfone posicionado em uma distância fixa à frente da participante. Esses dados foram convertidos em arquivos de áudio com extensão “_.wav” e incluídos para análise acústica na presente tese²⁰.

3.5 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS

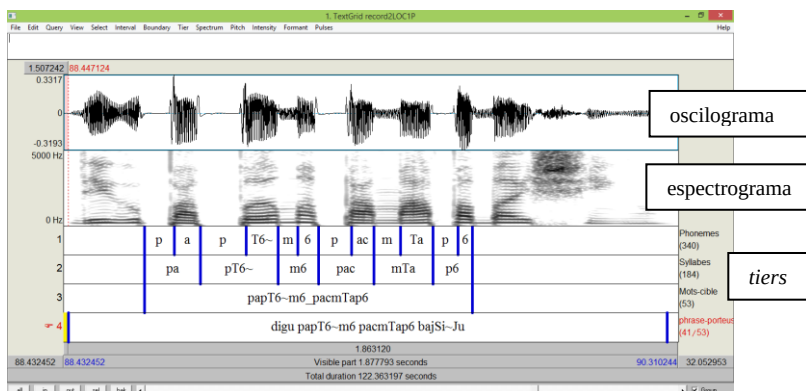
3.5.1 Procedimento de análise dos dados acústicos

Inicialmente, os dados acústicos, obtidos pelo microfone oral, tanto aqueles vinculados à análise aerodinâmica quanto à análise articulatória, foram etiquetados com auxílio do *software* Praat, por meio de etiquetagem manual, a partir de inspeção visual e de análise auditiva, com segmentação acústica dos pares de logatomas com apoio do

²⁰ Por questões de recursos computadorizados e de prazo para o término das análises, os demais dados articulatórios frutificarão em futuras pesquisas.

oscilograma (forma de onda) e do espectrograma, conforme exemplificado na Figura 39. Com isso, foram gerados arquivos com extensão “_TextGrid”.

Figura 39 – Visualização da tela do *software* Praat com etiquetagem e segmentação acústica da frase-veículo ‘Digo papama pamapa baixinho’, pronunciada por P1.



Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: P - participante.

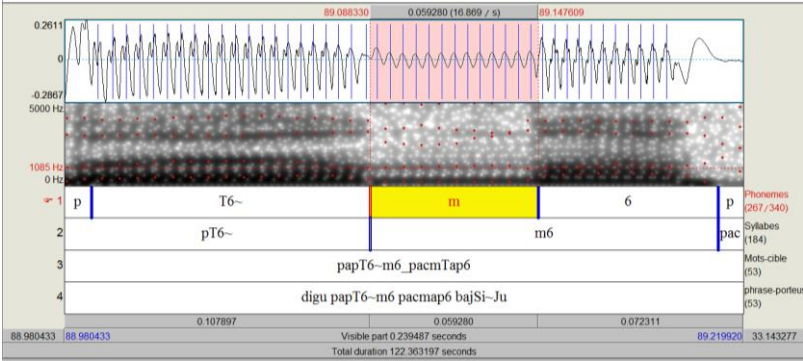
Na Figura 39, estão visíveis as camadas (*tiers*) utilizadas na disposição dos dados, de cima para baixo: sons (*phonemes*), sílabas (*syllables*), logatomas (*mots-cible*) e frase-veículo (*phrase-porteuse*). Os pontos inicial e final da frase-veículo, logatomas, sílabas e sons foram determinados no primeiro e último períodos correspondentes, posicionados no ponto zero de amplitude da onda (*zero-crossing*), ou seja, foram ajustados ao ponto mais próximo ao qual a forma de onda cruza a linha de zero amplitude.

Foi utilizada transcrição codificada para a notação fonética das produções. Os símbolos apresentados na etiquetagem dos dados acústicos estão de acordo com o *Speech Assessment Methods Phonetic Alphabet* (SAMPA), em português: Alfabeto Fonético de Métodos para Avaliação da Fala. Esse alfabeto é baseado nos símbolos do Alfabeto Fonético Internacional (IPA, 2005) e é uma alternativa para registrar os símbolos fonéticos no computador.

A seguir selecionamos telas do *software* Praat para indicar a segmentação das consoantes nasais ou sons-alvo, conforme Figuras 40,

41 e 42. Esses exemplos foram coletados por meio do microfone oral (cf. 3.4.1.1).

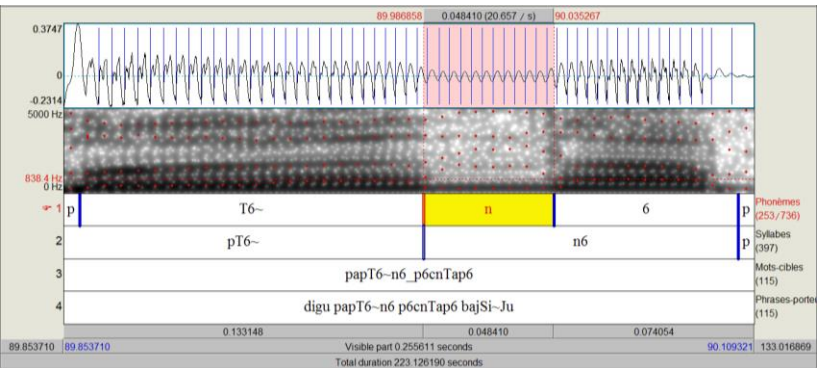
Figura 40 – Visualização da segmentação acústica da consoante nasal bilabial na frase-veículo ‘Digo papama pamapa baixinho’, pronunciada por P1.



Fonte: Dados primários (2017).
Legenda: P - participante.

Na Figura 40, em destaque, está delimitada a consoante nasal bilabial, com duração absoluta de 59 ms, entre a vogal precedente e a vogal seguinte, no logatoma ‘papama’, produzida por P1. De cima para baixo: forma de onda, espectrograma de banda larga, com a opção de 5 formantes até 5000 Hz.

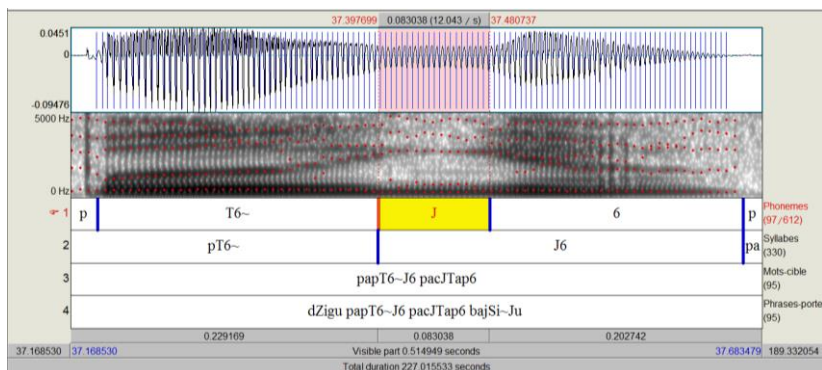
Figura 41 – Visualização da segmentação acústica da consoante nasal alveolar na frase-veículo ‘Digo papana panapa baixinho’, pronunciada por P1.



Fonte: Dados primários (2017).
Legenda: P - participante.

Na Figura 41, está delimitada a consoante nasal alveolar, com duração absoluta de 48 ms, entre a vogal precedente e a vogal seguinte, no logatoma ‘papana’, produzida por P1. De cima para baixo: forma de onda, espectrograma de banda larga, com a opção de 5 formantes até 5000 Hz.

Figura 42 – Visualização da segmentação acústica da consoante nasal palatal na frase-veículo ‘Digo papanha panhapa baixinho’, pronunciada por P2.



Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: P - participante.

Na Figura 42, está delimitada a consoante nasal palatal, com duração absoluta de 89 ms, entre a vogal precedente e a vogal seguinte, no logatoma ‘papanha’, produzida por P2. De cima para baixo: forma de onda, espectrograma de banda larga, com a opção de 5 formantes até 5000 Hz.

Com base nos espectrogramas, podemos descrever acusticamente que a energia formântica das consoantes nasais é menor do que a das vogais adjacentes.

No caso da bilabial e da alveolar, observamos contraste bem visível da intensidade do nível de cinza em comparação com a das vogais adjacentes, facilitando sua segmentação.

Na consoante nasal palatal, o movimento formântico nas vogais adjacentes, principalmente nas regiões de F2 e F3, mostra uma transição mais lenta, tanto antes quanto depois da consoante. Por esse motivo, segundo Barbosa e Madureira (2015, p. 455), “a delimitação da nasal palatal se fundamenta mais num critério experimental”. Assim, definimos dois critérios para a delimitação de nossos dados. O primeiro, nos apoiamos nos padrões formânticos de F2 da vogal precedente.

Assim, para a segmentação, associamos a visualização do traçado de formantes via LPC para análise das transições vocálicas e não dos formantes consonantais. O uso de desta técnica - LPC, conforme Barbosa e Madureira (2015), mostra-se inadequada para sons com antiformantes, caso das consoantes nasais, por não indicarem corretamente as ressonâncias no espectrograma. Assim definimos não incluir as transições vocálicas adjacentes na segmentação da consoante, o que torna essa segmentação mais semelhante à das outras consoantes bilabiais e alveolares.

Como segundo critério, em conjunto com o primeiro, observamos diferenças nas formas de onda para delimitar o som-alvo, estabelecendo o término da V_1 e o início da V_2 .

3.5.1.1 Procedimentos de análise acústica quantitativa

Os parâmetros acústicos extraídos para a análise acústica dos sons-alvo foram: a) taxa de articulação; b) duração (absoluta e relativa) e c) valores das frequências dos formantes nasais (FN1, FN2, FN3 e FN4). Foram analisados os arquivos “_.wav” obtidos pela coleta de dados com os instrumentos descritos em 3.4.1 e 3.4.2.

A taxa de articulação corresponde à relação de sílabas por segundo (sem considerar as pausas), indicando a velocidade da fala de cada participante. Essa taxa foi obtida considerando-se o número de sílabas do par de logatomas (seis) dividido pela média da duração dos pares de logatomas.

Para a extração da duração dos pares de logatomas, foi utilizado um *script* do Praat que gera tabelas com os dados de duração coletados, desenvolvido por Pacheco, s/data (Anexo C). No *script*, para a coleta desses valores, foram editadas as seguintes informações: *tier* número 3, que corresponde aos logatomas (*cf.* Figura 39), diretório, nome do arquivo e valor de frequência de análise de acordo com o sexo de participante (4500/5500 Hz – masculino/feminino). Foram gerados arquivos “_.txt” e os dados obtidos foram organizados em planilha do *Microsoft Excel*.

Para a obtenção da duração absoluta ou total (em ms) dos sons-alvo, foi utilizado esse mesmo *script* do Praat (Anexo C). Para a coleta desses valores, foram editadas, no *script*, as seguintes informações: *tier* número 1, que corresponde aos sons, na extensão do início ao final da segmentação (ver Figura 39), diretório, nome do arquivo e valor de frequência de análise de acordo com o sexo de participante (4500/5500

Hz). Foram gerados arquivos “_.txt” e os dados obtidos foram organizados em planilha do *Microsoft Excel*.

Para o cálculo da duração relativa foi necessária a extração da duração da sílaba com auxílio do mesmo *script*. Nesse caso, foram editadas as seguintes informações: *tier* número 2, que corresponde às sílabas (cf. Figura 39), diretório, nome do arquivo e valor de frequência de análise de acordo com o sexo de participante (4500/5500 Hz). Foram gerados arquivos “_.txt” e os dados obtidos foram organizados em planilha do *Microsoft Excel*, em conjunto com a duração absoluta.

Os dados formânticos foram extraídos por meio de um *script* do Praat, desenvolvido por Albert Rilliard (2016) (Anexo D). Esse *script* considera os procedimentos de análise cepstral descritos por Barbosa e Madureira (2015). Para a coleta desses dados, foram editadas, no *script*, as seguintes informações: diretório, nome do arquivo, sexo, número de formantes (5), tempo de análise, frequência máxima de acordo com o sexo de participante (4500/5500 Hz). Foram gerados arquivos “_measure.txt” e os dados obtidos foram organizados no *Microsoft Excel*.

O *script* lista valores dos formantes nasais considerando o tempo selecionado para a extração, por exemplo, 10 ms. A seguir, foi selecionado apenas um valor de FN1, FN2, FN3 e FN4, extraídos do mesmo ponto de duração, por consoante nasal, de acordo com a literatura (cf. Tabelas 1 e 3), priorizando-se os formantes nasais com localização mais central e os que se repetiam.

Para os casos em que a extração automática dos valores formânticos nasais não foi considerada satisfatória, foi realizada uma nova tentativa com alteração do tempo selecionado para a extração. Após, se ainda necessário, a análise cepstral manual com o *software* Praat foi o recurso utilizado, conforme indicado em Barbosa e Madureira (2015).

Para a análise cepstral manual, foi realizada reamostragem do sinal de fala ao dobro da frequência máxima de 5000 Hz. Também foram consideradas as medidas espectrais, extraídas por meio de análises *Fast Fourier Transform* (FFT) e suavização cepstral (*Cepstral smoothing*). A partir da seleção de pulsos glotais na região medial do som-alvo, foi realizada uma superposição do espectro de Fourier de banda estreita (janela de 0,025 s) e do cepstro com filtragem de até 500 Hz. Dessa forma, foi possível analisar os picos das curvas (regiões formânticas) e obter os valores das frequências dos formantes (*To Spectrum Tier peaks*).

Após estipulados os valores das frequências dos formantes nasais, para a obtenção dos valores dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais, foi realizada uma operação de subtração no *Microsoft Excel*.

3.5.1.2 Procedimentos de análise acústica qualitativa

Para análise qualitativa dos dados acústicos, além do *software* Praat, foi empregado o *software* Ocenaudio, versão 2.0.13 (*build* 6997)²¹, o qual possibilitou a análise perceptual auditiva dos sons-alvo e a visualização, em paralelo, das formas de ondas do sinal acústico e do sinal aerodinâmico.

3.5.2 Procedimentos de análise dos dados aerodinâmicos com os equipamentos microfone oral, microfone nasal e captador piezoelétrico

Os dados acústicos com extensão “_TextGrid” e “_.wav”, referentes ao microfone oral, microfone nasal e piezoelétrico, foram sincronizados através de um *script* (AMELOT, s/data – Anexos E, F, G) que faz a interface entre diferentes *softwares* (Praat e MATLAB²²). Assim, foram extraídas automaticamente medidas aerodinâmicas (em *Root Means Square* - RMS), referentes à duração²³, aos valores mínimos, médios e máximos, em posição inicial, medial e final dos sons-alvo, tanto para a coleta com o instrumento microfone nasal quanto com o piezoelétrico, e organizadas em arquivos do *Microsoft Excel*.

Foram, também, automaticamente gerados arquivos específicos (“_.png”) para cada um dos pares de logatomas contendo as consoantes nasais. Nesses arquivos, foram visualizadas, em janelas, as medidas estudadas a partir dos valores de RMS dos sinais aerodinâmicos orais e nasais.

Um exemplo desses arquivos “_.png”, contendo dados acústicos e

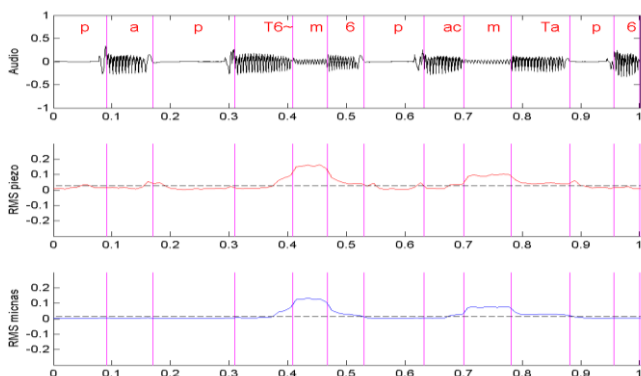
²¹ Desenvolvido pelo grupo de pesquisa do Laboratório de Circuitos e Processamento de Sinais (LINSE) da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em <http://www.ocenaudio.com.br/>.

²² O *software* MATLAB está disponível em <http://www.mathworks.com/products/matlab/>.

²³ Esses valores de duração foram descartados por serem os mesmos utilizados na análise acústica, uma vez que são decorrentes da mesma segmentação e etiquetagem dos sons-alvo.

aerodinâmicos, que foram captados simultaneamente pelos equipamentos microfone oral (Audio), microfone nasal (RMS micnas) e captador piezoelétrico (RMS piezo), após os dados serem rodados por meio de *script* específico, está apresentado na Figura 43.

Figura 43 – Dados acústicos e aerodinâmicos coletados pelos equipamentos microfone oral (Audio), captador piezoelétrico (RMS piezo) e microfone nasal (RMS micnas), nos logatomas ‘papama pamapa’, produzidos por P1.



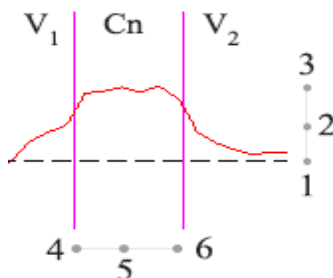
Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: P - participante; RMS - *Root Means Square*.

De acordo com a Figura 43, na janela do alto (Audio), é mostrado o sinal acústico com a forma de onda e a segmentação dos logatomas ‘papama pamapa’, produzidos por P1. Na janela do meio e na janela de baixo, são apresentados os dados aerodinâmicos obtidos com o piezoelétrico (RMS piezo) e com o microfone nasal (RMS micnas), respectivamente, nos quais a amplitude da vibração e do som pode ser quantificada nas curvas de FAN (em RMS). O eixo x está representado pelo tempo e o eixo y, pela amplitude do sinal.

Na Figura 44, pode ser visualizado um esquema indicando os locais de coleta das medidas aerodinâmicas, provenientes do captador piezoelétrico, utilizadas na tese: valores mínimos, médios, máximos (amplitude), em posição inicial, medial e final (temporal) (em RMS) dos sons-alvo.

Figura 44 – Esquema dos locais de coleta dos valores da curva de FAN (em RMS): mínimo (1), médio (2), máximo (3), do início (4), do meio (5) e do fim (6).

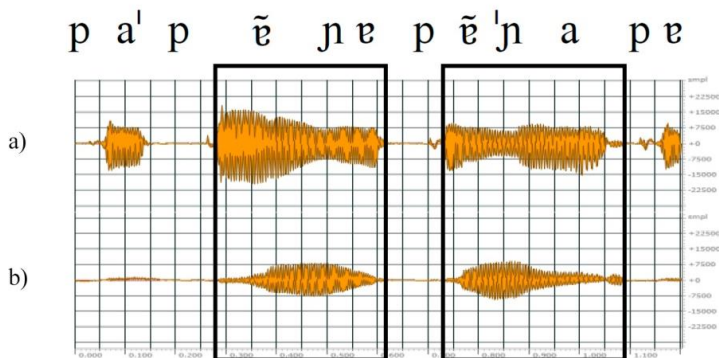


Fonte: Elaborada pela autora (2017).

Legenda: FAN - fluxo aéreo nasal; RMS - *Root Means Square*; V₁ - vogal precedente; Cn - Som-alvo; V₂ - vogal seguinte.

Outro recurso utilizado para análise dos dados acústicos e aerodinâmicos foi o *software* Ocenaudio, versão 2.0.13 (*build* 6997), o qual possibilitou a visualização, em paralelo, das formas de ondas do sinal acústico e do sinal aerodinâmico do piezoelétrico nos logatomas investigados, de acordo com a Figura 45. Por não ser possível sintonizar os arquivos “_.Textgrid” no Ocenaudio, utilizamos as fontes fonéticas do IPA (2005) nessa figura.

Figura 45 – Logatomas [pa'pẽɲe pẽ'ɲapɛ] produzidos por P3, com destaque para as regiões ['ẽɲe] [ẽ'ɲa], mostrando: em (a), forma de onda do sinal acústico, captada pelo microfone oral e, em (b), forma de onda do FAN, captada pelo piezoelétrico.



Fonte: Dados primários (2017).

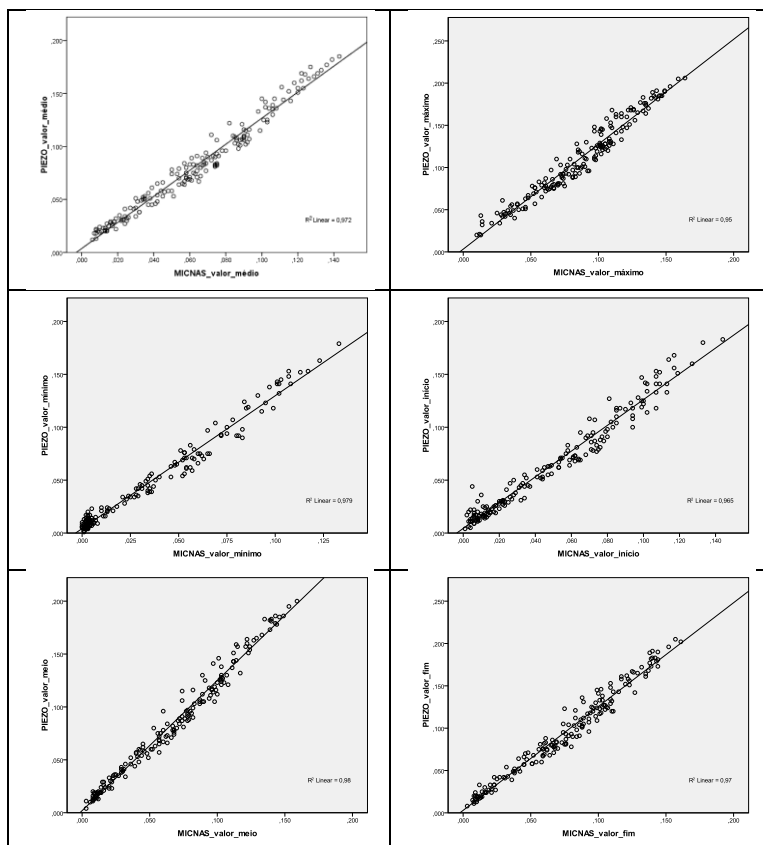
Legenda: FAN - fluxo aéreo nasal; P - participante.

Com base nos procedimentos de análise dos dados aerodinâmicos com os equipamentos microfone oral, microfone nasal e captador piezoelétrico, optamos em validar o uso de um dos instrumentos aerodinâmicos para a continuidade da tese, uma vez que o sinal gerado pelo microfone nasal e pelo piezoelétrico pareciam muito próximos. Sendo assim, verificamos se havia uma correlação entre os valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN, obtidos pelo microfone nasal e pelo piezoelétrico.

Para tanto, os dados foram analisados por correlação para testar a hipótese de que ambos os instrumentos forneciam informações semelhantes quanto ao FAN na produção das consoantes nasais, como pode ser observado na Figura 45. O teste correlacional é o mais utilizado para verificar se dois testes estão medindo um determinado constructo de maneira semelhante (BACHMAN, 2005).

Os gráficos de correlação tipo diagrama de dispersão foram obtidos para visualização da direção e da força de correlação linear entre duas variáveis. Foi verificado que o R2 indicou uma forte correlação entre os valores obtidos pelo piezoelétrico (PIEZO) e microfone nasal (MICNAS), para os valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN, conforme Gráfico 1.

Gráfico 1 – Diagramas de dispersão entre os dados gerados pelos equipamentos piezoelétrico (PIEZO) e microfone nasal (MICNAS).



Fonte: Dados primários (2017).

O teste de Correlação de Spearman permitiu interpretar os dados e comprovar que havia uma forte correlação ($p \leq 0,001$) entre os valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim, obtidos por meio do piezoelétrico ($n=176$) e do microfone nasal ($n=176$), conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Análise estatística dos dados aerodinâmicos coletados por meio do piezoelétrico e do microfone nasal (n=352).

	A1	B1	C1	D1	E1	F1
	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Correlação	947*	,985*	,976*	,976*	,990*	,983*
	,001	,001	,001	,001	,001	,001
R² Linear	0,979	0,972	0,95	0,965	0,98	0,97
Mediana	0,02	0,08	0,11	0,06	0,08	0,09
	0,01	0,06	0,09	0,04	0,07	0,08
Média	0,04	0,08	0,11	0,06	0,08	0,09
	0,03	0,06	0,09	0,05	0,07	0,07
dp	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: dp - desvio padrão; estatística não-paramétrica com Correlação de Spearman; R² Linear - coeficiente de determinação R²; * - valor significativo ($p \leq 0,001$); 1 - piezoelétrico; 2 - microfone nasal; A - valor mínimo; B - valor médio; C - valor máximo; D - valor do início; E - valor do meio; F - valor do fim; A, B, C, D, E referentes à curva de fluxo aéreo nasal (em RMS).

Ainda, na Tabela 5, verificamos que os valores das médias e medianas foram maiores para os dados coletados com o piezoelétrico do que com o microfone nasal. Esse fato pode estar relacionado à forma de coleta dos equipamentos, sendo que o microfone nasal capta o fluxo de ar de apenas uma das narinas na qual está inserido, enquanto o captador piezoelétrico detecta a vibração de ambas as narinas por estar afixado externamente.

Diante do exposto, devido aos maiores valores obtidos em comparação com o microfone nasal, o que pode facilitar a análise estatística, optamos pelos dados coletados com o instrumento piezoelétrico para a continuidade da tese, respondendo à primeira questão de pesquisa (Q1) e confirmando nossa hipótese (H1) de que haveria correlação entre os valores dos parâmetros aerodinâmicos apresentados pelos equipamentos piezoelétrico e microfone nasal.

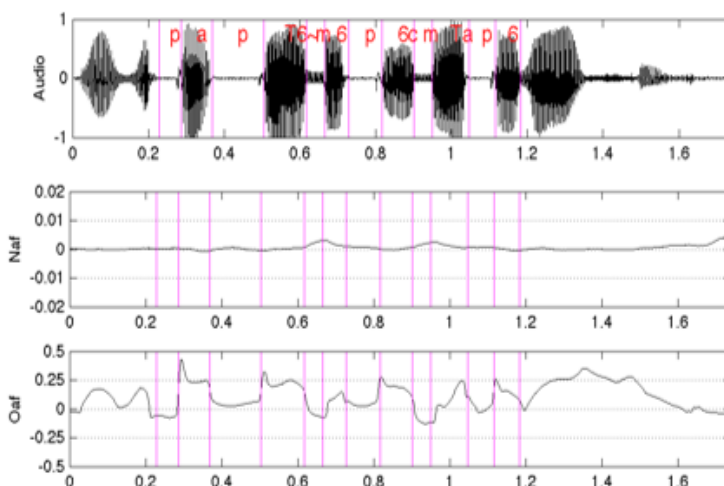
3.5.3 Procedimentos de análise dos dados aerodinâmicos com a Estação EVA

Foram obtidos arquivos de dados com extensão “_.wa1”, referentes ao FAO e “_.wa2”, referentes ao FAN. Além disso, foram

criados arquivos com extensão “_.TextGrid”, a partir da segmentação dos dados acústicos com base na gravação pelo microfone oral.

Foram, também, gerados arquivos tipo “_.png” a partir da sincronização dos arquivos “_.wav”, “_.TextGrid”, “_.naf”, “_.oaf” com *scripts* (AMELOT, s/data), que fazem a interface entre diferentes *softwares* (Praat e MATLAB). Um exemplo dos dados acústicos e aerodinâmicos, captados simultaneamente pela Estação EVA, incluindo microfone oral (Audio), fluxo aéreo nasal (FAN ou Naf), fluxo aéreo oral (FAO ou Oaf), está indicado na Figura 46.

Figura 46 – Dados acústicos no microfone oral (Audio) e dados aerodinâmicos em fluxo aéreo nasal (Naf) e fluxo aéreo oral (Oaf), na frase-veículo ‘digo papama papama baixinho’, pronunciada por P1, coletados pela Estação EVA.



Fonte: Dados primários (2015).

Legenda: Audio - microfone oral; Naf - fluxo aéreo nasal; Oaf - fluxo aéreo oral; P - participante.

Na Figura 46, podemos visualizar na primeira janela (Audio) a forma de onda captada pelo microfone oral. Na segunda janela (Naf), a curva de fluxo aéreo nasal; e na terceira janela (Oaf), a curva de fluxo aéreo oral, ambas captadas pela Estação EVA. O eixo x está representado pelo tempo e o eixo y, pela amplitude do sinal. Na janela do alto (Audio), é mostrado o sinal acústico com a forma de onda e a

segmentação dos logatomas ‘papama papama’ na frase-veículo ‘Digo papama papama baixinho’.

O procedimento de observação da configuração das curvas dos sinais gerados pela Estação EVA, conforme Figura 46, não foi realizado. Optamos, por observar as configurações das curvas de FAN apenas para os dados gerados pelo piezoelétrico (cf. 3.5.2).

Para a análise dos dados acústicos e aerodinâmicos gerados pela Estação EVA, utilizamos o *software* Ocenaudio. Esse *software* permitiu converter para estéreo os arquivos “_wa1” e “_wa2”, criando arquivos “_wa1wa2” e auxiliando na visualização das formas de ondas acústicas e aerodinâmicas para a análise qualitativa das consoantes nasais e, mais especificamente, da consoante nasal palatal (cf.4.2.3).

3.5.4 Outros procedimentos de análise acústica e aerodinâmica da consoante nasal palatal

A consoante nasal palatal, som de fala que tem nos instigado devido às variações que apresenta e até mesmo ao questionamento sobre sua presença no PB, foi investigada de modo separado das demais consoantes nasais. Para tanto, buscamos conciliar uma análise auditiva (perceptual) com a inspeção visual para decidirmos sobre a caracterização desse som-alvo.

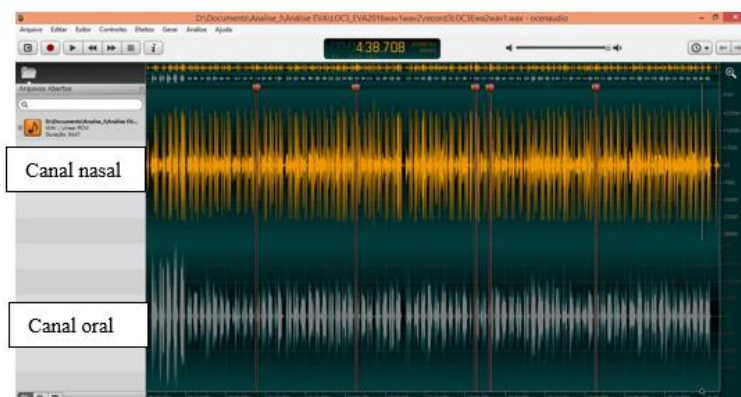
Os dados acústicos referentes à consoante nasal palatal, então, foram analisados qualitativamente de dois modos:

a) análise perceptual auditiva e inspeção visual pelo *software* Ocenaudio, com dados coletados pela Estação EVA (cf. 3.4.1.2), com canais separados de gravação oral (wa1) e gravação nasal (wa2);

b) inspeção visual pelo *software* Praat com dados coletados pelo microfone oral associado com os dados do piezoelétrico (cf. 3.4.1.1), da Estação EVA (cf. 3.4.1.2) e daqueles provenientes do microfone oral nas coletas de dados com o fotonasógrafo (cf. 3.4.1.3).

Inicialmente, para a análise de outiva e inspeção visual no Ocenaudio, os canais oral e nasal, gravados em arquivos separados, foram convertidos em estereo (cf. Figura 47), a fim de que esses sinais pudessem ser visualizados ao mesmo tempo. Ainda, o Ocenaudio permitiu visualizar as formas de onda dos sinais obtidos pelos canais oral e nasal, a partir da Estação EVA, facilitando a comparação entre elas.

Figura 47 – Canais oral e nasal no Ocenaudio, indicando a seleção do canal nasal para oitiva do sinal acústico nasal.



Fonte: Dados primários (2017).

Com auxílio do Ocenaudio, foram selecionados os canais oral e nasal em separado, e depois, em conjunto, na busca por padrões classificatórios do som-alvo pela percepção auditiva e visual. Inicialmente ouvimos as produções de todo o logatoma, depois, da região ‘vogal precedente, som-alvo e vogal seguinte’ (V_1CnV_2) e, em seguida, somente da região do som-alvo (Cn).

Assim, optamos pela análise das regiões V_1CnV_2 dos logatomas. Os resultados foram inseridos em planilha do *Microsoft Excel*, de forma que fossem anotados os dados referentes ao sinal oral e ao sinal nasal: padrão acústico auditivo e amplitude das formas de onda.

Na Figura 48, podem ser visualizados os canais, oral, com registro do FAO, e nasal, com registro do FAN, por meio do Ocenaudio, indicando marcador do início da frase-veículo (em amarelo) e a região V_1CnV_2 dos logatomas (em vermelho). Os logatomas foram pronunciados por P3, do sexo masculino.

Esse procedimento foi realizado em todas as gravações dos arquivos “_.wav” para marcação dos sons da consoante nasal palatal.

Figura 48 – Canais oral e nasal no Ocenaudio, indicando o marcador do início da frase-veículo e os marcadores das regiões [ʔɪɲɐ] [iʔɲa] dos logatomas ‘papinha pinhapa’, pronunciados por P3.



Fonte: Dados primários (2017).

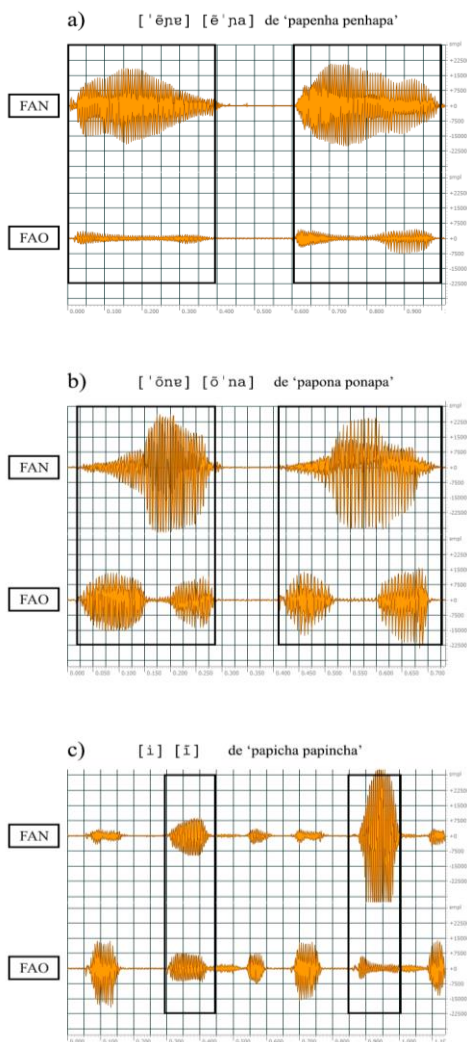
Legenda: P - participante.

Além disso, com o auxílio do Ocenaudio, foi realizada uma análise qualitativa da amplitude das formas de onda, dos sinais oral e nasal relativos à consoante nasal alveolar e à vogal nasal alta anterior. Alguns exemplos desses sons também foram marcados para investigação das suas características e comparação com os achados da consoante nasal palatal. A vogal nasal alta anterior foi analisada nas frases-veículo com logatomas contrapondo as vogais orais e nasais, por exemplo, em ‘papicha papinhapa’, que fazem parte do *corpus* total²⁴. Esses resultados foram acrescidos ao *Microsoft Excel*. Com essa comparação, tivemos o propósito de buscar verificar se a amplitude das formas de onda poderia identificar produções variantes para a consoante [ɲ], a saber: produções consonantais de [ɲ] e produções vocálicas de [i].

Dessa forma, na Figura 49, estão apresentadas as regiões V₁CnV₂ dos logatomas, do FAO e do FAN por meio do Ocenaudio com exemplos indicando a amplitude das formas de onda da: (a) consoante nasal palatal, nos logatomas ‘papenha penhapa’, pronunciados por P3; (b) consoante nasal alveolar, nos logatomas ‘papona ponapa’ e (c) vogal nasal alta anterior, nos logatomas ‘papicha papinhapa’, ambos pronunciados por P5 (sexo masculino).

²⁴ O *corpus* total encontra-se no Apêndice C.

Figura 49 – Canais oral (FAO) e nasal (FAN) no Ocenaudio, indicando as formas de onda da: (a) consoante nasal palatal, pronunciada por P3; (b) consoante nasal alveolar e (c) vogal nasal alta anterior, pronunciadas por P5.



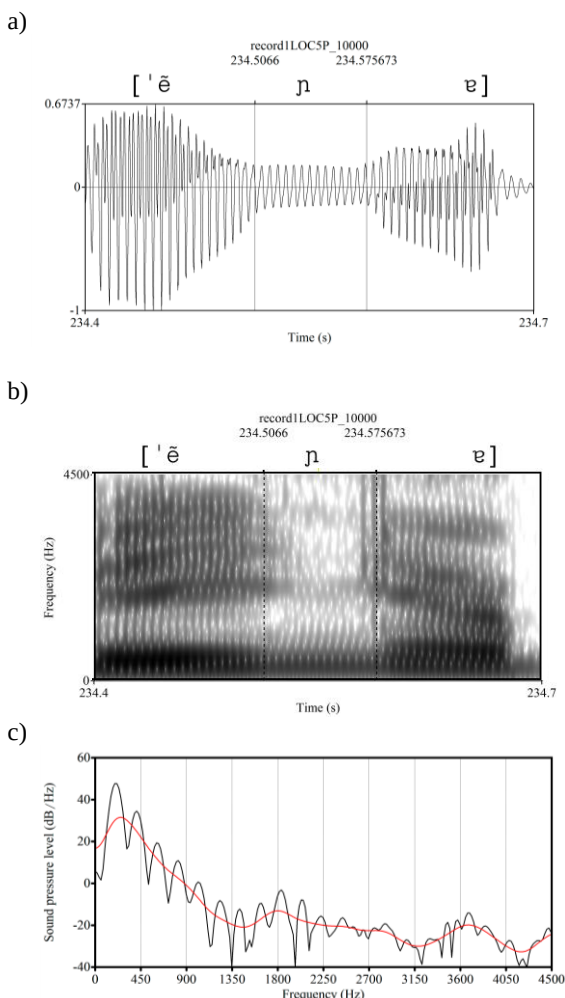
Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: FAO - fluxo aéreo oral; FAN - fluxo aéreo nasal; P - participante.

Na sequência, os dados acústicos referentes à consoante nasal palatal foram analisados com o auxílio do *software* Praat para caracterização em som com características consonantais ou com características vocálicas. Foram analisados os dados de fala coletados pelo microfone oral com os instrumentos piezoelétrico, fotonasografia e Estação EVA, sendo, nesse último caso, consideradas as gravações adquiridas apenas pelo canal oral.

Os seguintes critérios foram utilizados para inspeção visual: (a) a amplitude da forma de onda (oscilograma); (b) o espectrograma, considerando-se os traçados dos formantes e suas respectivas intensidades (energia formântica); (c) as medidas espectrais, extraídas por meio da análise *Fast Fourier Transform* (FFT) juntamente com a suavização cepstral (*Cepstral smoothing*), exemplificadas na Figura 50.

Figura 50 – Em (a), forma de onda de ['ẽɲɐ] do logatoma [pa'pẽɲɐ] (P5), com o som-alvo delimitado pelo pontilhado; em (b), espectrograma de banda larga com traçados e energia dos formantes; em (c), superposição do espectro FFT de banda estreita com janela de 0,025 s (em preto) e cepstro (em vermelho).



Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: FFT - *Fast Fourier Transform*; P - participante.

Para as medidas espectrais, foi realizada reamostragem do sinal de fala ao dobro da frequência máxima de 5000 Hz, uma superposição do espectro de Fourier de banda estreita (janela de 0,025 s) e do cepstro com filtragem de até 500 Hz, realizada a partir da seleção de pulsos glotais na região medial do som correspondente à consoante nasal palatal. Os dados formânticos haviam sido extraídos anteriormente por meio de um *script* do Praat, desenvolvido por Albert Rilliard (2016) e o procedimento está descrito na análise acústica quantitativa (cf. 3.5.1.1).

Após análise dos critérios estabelecidos para a caracterização acústica dos sons-alvo, os resultados foram somados à planilha do *Microsoft Excel*, para comparação dos dados obtidos na análise acústica perceptual auditiva e na inspeção visual pelo *software* Ocenaudio e com dados obtidos na inspeção visual pelo *software* Praat.

Após a finalização da caracterização das variações da consoante nasal palatal, os sons-alvo correspondentes à consoante nasal palatal propriamente dita serão utilizados para as análises posteriores que incluirão então as três consoantes nasais. Portanto, a análise da consoante nasal palatal será a primeira a ser abordada no capítulo de resultados.

3.5.5 Número de dados coletado com os equipamentos

Na Tabela 6 pode ser observada a estimativa do número de consoantes nasais gravadas com uma repetição do *corpus*, por participante (P1, P2, P3, P4 e P5) nos equipamentos de coleta: Equipamento 1- microfone oral e piezoelétrico (cf. 3.4.1.1); Equipamento 2- Estação EVA (cf. 3.4.1.2). O Equipamento 3- microfone oral e fotonasografia²⁵ (cf. 3.4.2) foi coletado somente por P1.

²⁵ Nesse caso, apenas os dados obtidos via microfone oral foram utilizados nas análises realizadas na presente tese.

Tabela 6 – Estimativa do número de consoantes nasais gravadas em uma repetição do *corpus*, por participante e por equipamento de coleta.

Equipamento	P1	P2	P3	P4	P5	Total por equipamento
1	30	30	30	30	30	150
2	30	30	30	30	30	150
3	30	-	-	-	-	30
Total por participante	90	60	60	60	60	330

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: P - Participante; Equipamento 1- piezoelétrico; Equipamento 2- Estação EVA; Equipamento 3- fotonasografia.

Dessa forma, no total da pesquisa, se todos os contextos fossem preenchidos pelos participantes em uma repetição do *corpus*, seriam 330 dados de consoantes nasais (15 frases-veículo multiplicadas por 2 logatomas em cada, multiplicados por 5 participantes, multiplicados por 2 equipamentos (1 e 2), somados aos 30 dados do equipamento 3 ($15 \times 2 \times 5 \times 2 + 30$)). Dessa maneira, do total de 330 dados, teríamos 110 dados de cada consoante nasal.

O *corpus* foi repetido de duas a três vezes por participante. Por isso, após a etiquetagem dos dados acústicos das gravações dos três equipamentos, foi possível uma estimativa mais aproximada do número de dados, os quais estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Número total de consoantes nasais obtido por participante e por equipamento de coleta.

Equipamento	P1	P2	P3	P4	P5	Total por equipamento
1	66	60	60	60	60	306
2	90	66	90	60	102	408
3	60	-	-	-	-	60
Total por participante	216	126	150	120	162	774

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: P - Participante; Equipamento 1- piezoelétrico; Equipamento 2- Estação EVA; Equipamento 3- fotonasografia.

Após o tratamento de todos os dados acústicos e aerodinâmicos, a quantidade de dados de consoantes nasais pode se alterar, ainda, em decorrência das análises pelos *scripts* e análises estatísticas. O número específico de sons-alvo será descrito em cada análise nas tabelas dos resultados.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A estatística fornece informações sobre fatores que podemos medir: as variáveis. As variáveis caracterizam-se como foco principal da pesquisa e podem assumir valores ou categorias diferentes, conforme apontam Dancey e Reidy (2013). Os demais conceitos apresentados nesta seção também foram embasados nesses autores.

Na presente pesquisa, as variáveis a cerca das consoantes nasais a serem medidas incluíram: parâmetros acústicos do som analisado (taxa de articulação, duração absoluta e relativa, frequências dos quatro primeiros formantes nasais e intervalos entre as frequências) e parâmetros aerodinâmicos (valores da curva de FAN).

Foram levados em consideração, também, sexo, contexto vocálico precedente com as cinco vogais nasalizadas, dois contextos de tonicidade:ônico e átono (pós-ônico) e os cinco participantes.

A partir do número de dados e de variáveis envolvidas, um tratamento com estatística descritiva e inferencial torna-se imprescindível para respondermos às questões de pesquisa e entendermos o comportamento dos parâmetros analisados.

Para as análises estatísticas, utilizamos o *software* SPSS²⁶. Inicialmente foram utilizadas as estatísticas descritivas para analisar os dados quantitativos referentes às frequências (porcentagens), tendência central (média e mediana) e medidas de dispersão: absoluta - desvio padrão, e relativa - coeficiente de variação.

A média é calculada somando-se todos os elementos e dividindo-se o resultado pelo número de elementos somados. A mediana é calculada ordenando-se todos os valores e tomando o valor que está no meio. O desvio padrão (dp) é a medida de quanto os valores variam em torno da média. O coeficiente de variação (CV) é um quociente, expresso como percentagem, obtido pela divisão do desvio padrão pela média, podendo ser aplicado para comparar séries de dados em diferentes unidades de medida. Os valores utilizados seguem o proposto na pesquisa de Seara (2000): seriam bastante consistentes aqueles que apresentavam um coeficiente de variação inferior a 10%, e apenas consistentes aqueles com coeficiente de variação entre 10% e 25%.

O intervalo de confiança considerado foi de 95%. A seguir, foi definido se os dados seguiam uma distribuição normal ou não normal, com apoio em testes de normalidade (SHAPIRO-WILK e KOLMOGOROV-SMIRNOV) da estatística inferencial. Então, sempre que a distribuição for normal, serão utilizados testes paramétricos, tais como Teste t e ANOVA, para comparação de médias entre grupos (amostras independentes) e dentre grupos (amostras repetidas), respectivamente; e Correlação de Pearson para estudo correlacional. Se a distribuição não for normal, serão empregados testes não-paramétricos, tais como Mann-Whitney e Kruskal-Wallis para comparação de médias entre grupos (amostras independentes) e dentre grupos (amostras repetidas), respectivamente; e Correlação de Spearman para estudo correlacional.

A estatística inferencial foi utilizada para analisar os dados e decidir se os resultados obtidos para a amostra se aproximavam dos que obteríamos para a população, além de auxiliar na testagem das hipóteses de pesquisa.

Sendo assim, para cada questão de pesquisa foi formulada uma hipótese nula a qual estabelecia que não havia relação entre as variáveis

²⁶ IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.
<http://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg21476197>

($H_0: r = 0$) ou não havia diferenças entre os grupos ($H_0: M_1 = M_2$), e uma hipótese de pesquisa (alternativa), a qual estabelecia que havia relação entre as variáveis ou havia diferenças entre grupos. Nesse caso, podia ser uma hipótese unilateral ($H_1: r > 0$ ou $H_2: r < 0$) ou bilateral ($H_3: r \neq 0$) para testes de correlação ou hipótese unilateral ($H_1: M_1 > M_2$ ou $H_2: M_1 < M_2$) ou bilateral ($H_0: M_1 \neq M_2$) para testes de comparação de médias.

As questões de pesquisa elaboradas para a tese foram apresentadas na Seção 1.3 e estão relacionadas aos objetivos propostos. Essas questões e suas respectivas hipóteses serão retomadas no capítulo dos resultados.

Quando rodamos um teste estatístico é fornecido um valor de p (probabilidade) indicando a probabilidade de que os resultados poderiam ser obtidos novamente caso a pesquisa fosse reproduzida. O valor de p informa sobre o nível de significância estatística da diferença encontrada ou da correlação, podendo variar de 0 a 1. O nível de significância considerado para se dizer que um resultado é significativo foi $p < 0,05$, isto é, existem somente 5% de chance de que os resultados sejam frutos de erro amostral. Com esse resultado, a hipótese nula é rejeitada e encontramos respaldo para a hipótese de pesquisa.

Para auxiliar no estabelecimento da significância, poderemos pesquisar o tamanho do efeito (d): pequeno, médio ou grande. O tamanho do efeito é a magnitude da diferença entre condições ou o poder de um relacionamento. No caso de comparação de médias, busca-se saber o quanto as médias se diferenciam em termos de desvios padrão. Assim, quanto maior o valor d , maior a diferença entre os valores das condições. No caso de correlação, busca-se o coeficiente de correlação (r) que indica a força de relacionamento entre as variáveis.

Ainda, quando o p for significativo, poderemos explorar as diferenças entre os conjuntos de médias com Testes *post hoc*, como por exemplo: Correção de Bonferroni ou *Post Hoc* de Dunn.

Para os testes correlacionais, o valor da correlação mostra o quanto os valores de uma variável explicam os valores de outra variável, ou seja, as variáveis estão relacionadas. O valor do coeficiente de correlação (r) pode variar de -1 a +1, sendo que 0 (zero) indica que não há nenhuma correlação e 1 indica uma correlação perfeita. O sinal negativo ou positivo indica se a correlação é positiva (valores altos em x se relacionam com altos valores em y) ou negativa (valores altos em x se relacionam com baixos valores em y). Somado a isto, consideramos a intensidade do relacionamento entre duas variáveis, e a correlação pode

ser classificada como fraca ($r \leq 0,30$ ou $-0,30$), moderada (r entre $0,40$ e $0,60$ ou $-0,40$ e $-0,60$) e forte ($r \geq 0,70$ ou $-0,70$).

Para a análise do relacionamento ou associação entre variáveis categóricas, utilizamos a contagem das frequências mostradas em uma tabela e, quando possível, foi realizado o teste qui-quadrado.

No Capítulo ‘Resultados e Discussão’, organizamos tabelas para exposição dos dados obtidos, nas quais estão indicados os testes paramétricos e não-paramétricos utilizados. Para a descrição gráfica dos dados, foram utilizados gráficos, que permitiram identificar como os escores estão distribuídos em uma amostra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo expõe os resultados qualitativos e quantitativos sobre as consoantes nasais obtidos por meio de análises acústicas e aerodinâmicas, com base nos objetivos específicos da tese. Para alcançarmos esses objetivos, foram formuladas questões de pesquisa (cf. Seção 1.3) a serem respondidas com apoio da análise estatística (cf. Seção 3.6), sempre que possível.

Entendemos como resultados qualitativos os que se apóiam em análise auditiva (perceptual) e em inspeção visual dos dados, e que não incluem análise estatística. Por outro lado, os resultados quantitativos apóiam-se em dados numéricos ou análise estatística.

Inicialmente, na Seção 4.1, analisaremos a taxa de articulação dos participantes com o propósito de verificar se os resultados encontrados apresentam diferenças estatísticas significativas entre os informantes. Com base nessas informações, poderemos definir se as análises temporais incluirão valores de duração absoluta ou relativa.

Na Seção 4.2, a primeira consoante a ser analisada é a nasal palatal. Nessa análise, buscaremos caracterizar as variações encontradas nas produções dos informantes pesquisados. Primeiro, caracterizaremos essas variações com base em uma análise acústica qualitativa e, na sequência, com base em uma análise acústica quantitativa. Essas análises acústicas serão seguidas por análises aerodinâmicas de [ɲ] e suas variações. Tais análises incluem, ainda, observar diferenças entre sexos, participantes, contextos de tonicidade e contextos vocálicos precedentes. Ao final, será apresentada a discussão dos resultados referentes às variantes encontradas na produção da consoante nasal palatal do PB.

Na Seção 4.3, as análises acústicas e aerodinâmicas (qualitativas e quantitativas) estão voltadas para as três consoantes nasais do PB ([m, n, ɲ]), levando em conta sexo, participantes, contexto de tonicidade e contexto vocálico precedente. Nessa seção, serão consideradas apenas as produções da consoante [ɲ], sem as demais variações observadas. Para finalizar, será feita uma discussão desses resultados, com a caracterização acústica e aerodinâmica de cada uma das consoantes nasais (bilabial, alveolar e palatal) e com os parâmetros que as diferenciam uma das outras.

Salientamos que os valores para a duração, apresentados nos resultados desta pesquisa, são referentes à duração relativa, sendo

expressos nas tabelas em % de ocorrência do som-alvo na sílaba, e não à duração absoluta, que seriam expressos em ms.

Ao finalizarmos a seção dos resultados e discussão, apresentaremos, na Seção 4.4, um resumo dos resultados, retomando as questões e hipóteses de pesquisa.

4.1 TAXA DE ARTICULAÇÃO

A primeira análise realizada teve por finalidade verificar se havia diferenças estatísticas significativas na taxa de articulação (sílabas por segundo) entre os cinco participantes (P1, P2, P3, P4, P5), buscando-se definir se as demais análises da tese incluirão valores de duração absoluta ou relativa.

Os resultados da Análise de Variância (ANOVA) paramétrica de comparação das médias de taxa de articulação (sílabas por segundo – síl/s), com $F(4; 767) = 7,819$, $p < 0,001$, entre os cinco participantes mostraram haver diferenças significativas ($p < 0,001$) entre todas as condições: média de 6,06 síl/s para P1; 2,95 síl/s para P2; 3,44 síl/s para P3; 4,37 síl/s para P4 e 4,65 síl/s para P5. No *Post Hoc* de Bonferroni verificaram-se diferenças entre todos os participantes ($p < 0,001$).

Esses resultados respondem a nossa segunda questão de pesquisa (Q2) e confirmam a nossa segunda hipótese (H2) de que haveria diferenças estatísticas na velocidade de fala entre os participantes.

Essa diferença na velocidade de fala dos participantes poderia interferir nos valores temporais absolutos (ms) dos sons aqui estudados, sendo necessário transformá-los para valores relativos (%) de duração. Então, a fim de minimizar essa interferência e para que esses resultados possam ser comparados com outros estudos, inclusive para estudos sobre outros dialetos, serão adotados os valores de duração relativa.

4.2 CONSOANTE NASAL PALATAL E SUAS VARIAÇÕES

Esta seção está subdividida em: 4.2.1 – Análise entre os sexos com parâmetros acústicos e aerodinâmicos da consoante nasal palatal e suas variações; 4.2.2 – Análise entre os participantes com parâmetros acústicos e aerodinâmicos da consoante nasal palatal e suas variações; 4.2.3 – Análise acústica da consoante nasal palatal e suas variações; 4.2.4 – Análise aerodinâmica da consoante nasal palatal e suas variações, e em 4.2.5 – Discussão dos resultados da consoante nasal palatal e suas variações.

4.2.1 Análise entre os sexos com parâmetros acústicos e aerodinâmicos da consoante nasal palatal e suas variações

Inicialmente, buscamos analisar questões referentes a diferenças entre os sexos quanto aos parâmetros acústicos (duração relativa e frequências dos formantes nasais) e aerodinâmicos (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim das curvas de FAN) das variações encontradas nas produções da consoante [ɲ].

Na Tabela 8, estão expostos os valores obtidos para duração relativa e frequências dos formantes nasais²⁷ para os participantes do sexo feminino e masculino, por tipo de produção (consonantal ou vocálica).

²⁷ O termo ‘formantes nasais (FN)’ foi usado, tanto para a produção consonantal quanto para a produção vocálica, pois ambas apresentam formantes nasais em suas produções, o que não exige o conhecimento sobre a presença de formantes orais nas vogais nasalizadas.

Tabela 8 – Duração relativa (%) e frequências dos formantes nasais (Hz) entre o sexo feminino e masculino, por produção nasal consonantal e vocálica (n=256).

Parâmetros	Feminino			Masculino			p valor
	Média	dp	CV	Média	dp	CV	
Produção Consonantal (n=194)	(n=112)			(n=82)			
Duração relativa ^a	34 %	9	25%	42 %	7	16%	<0,001*
FN1 ^a	251	33	13%	265	39	15%	0,004*
FN2 ^a	1365	412	30%	1591	383	24%	<0,001*
FN3 ^a	2386	433	18%	2436	463	19%	0,931
FN4 ^b	3121	531	17%	3295	425	13%	0,012*
Produção Vocálica (n=62)	(n=42)			(n=20)			
Duração relativa ^b	39,71 %	10	25%	40,20 %	9	22%	0,854
FN1 ^a	249	31	12%	265	24	9%	0,047*
FN2 ^a	1301	432	33%	1593	403	25%	0,008*
FN3 ^a	2278	522	23%	2457	367	15%	0,425
FN4 ^a	2981	604	20%	3221	281	9%	0,012*

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; duração relativa (%); FN - formante nasal (Hz); n - número; a - estatística não-paramétrica com teste Mann-Whitney; b - estatística paramétrica com Teste t independente; * - valor significativo (p<0,05).

Conforme Tabela 8, na análise da duração relativa, verificamos para as produções consonantais diferenças estatísticas significativas entre sexos, apresentando maior duração nas produções masculinas, enquanto, para a produção vocálica, não foram observadas diferenças significativas entre produções masculinas e femininas.

Para as frequências dos formantes nasais, não houve normalização dos dados e, por conta de questões fisiológicas, acreditávamos que diferenças entre sexos seriam encontradas. Assim aplicamos testes estatísticos para verificar se havia diferenças significativas nos valores das frequências dos formantes nasais (FN1, FN2, FN3 e FN4) entre sexos, considerando as produções consonantais e vocálicas. Foram verificadas diferenças estatisticamente significativas, relativas às frequências dos formantes nasais à exceção de FN3.

Destacamos o fato de que as médias dos valores de FN1 e FN2 se mostraram maiores nas produções do sexo masculino em comparação ao feminino. Resultado contrário ao esperado, visto que as frequências relacionadas ao sexo masculino são mais graves do que as do feminino (OLIVEIRA et al., 2013). Porém, para FN4, que também apresentou diferenças significativas entre os sexos, as produções masculinas apresentaram frequências menores do que as femininas, conforme o esperado.

Passamos à análise dos parâmetros aerodinâmicos das curvas de FAN, a saber: valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim, referentes às produções da consoante nasal palatal e suas variações, considerando o sexo dos participantes.

Na Tabela 9, analisamos se havia diferenças significativas nos parâmetros aerodinâmicos obtidos com o equipamento piezoelétrico entre o sexo dos participantes, considerando a produção nasal consonantal e vocálica.

Tabela 9 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) por sexo, entre produção nasal consonantal e vocálica (n total=100).

Parâmetros	Feminino (n=60)			Masculino (n=40)			p valor
	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	
Produção Consonantal	(n=42)			(n=32)			
(n=74)							
Mínimos ^a	0,110	0,043	39	0,153	0,048	31	<0,001*
Médios ^a	0,124	0,042	34	0,221	0,071	32	<0,001*
Máximos ^a	0,135	0,042	31	0,260	0,088	34	<0,001*
Do início ^b	0,124	0,042	34	0,232	0,077	33	<0,001*
Do meio ^a	0,128	0,042	33	0,235	0,082	35	<0,001*
Do fim ^a	0,128	0,043	34	0,233	0,084	36	<0,001*
Produção Vocálica	(n=18)			(n=8)			
(n=26)							
Mínimos ^a	0,109	0,046	42	0,175	0,089	51	0,067 ^d
Médios ^a	0,133	0,036	27	0,208	0,071	34	0,008*
Máximos ^a	0,148	0,034	23	0,227	0,068	30	0,002*
Do início ^a	0,130	0,036	28	0,209	0,062	30	0,001*
Do meio ^a	0,137	0,036	26	0,218	0,070	32	0,003*
Do fim ^a	0,140	0,037	26	0,218	0,076	35	0,006*

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FAN = fluxo aéreo nasal; RMS - *Root Means Square*; a - estatística não-paramétrica com teste Mann-Whitney; b - estatística paramétrica com Teste t independente; * - valor significativo ($p < 0,05$); d - tamanho do efeito ($d = 3,07$).

Com base na Tabela 9, verificamos que houve diferença significativa entre todos os valores dos parâmetros analisados, exceto para os valores “mínimos” da produção vocálica, entre os sexos. Essas diferenças reforçam as diferenças fisiológicas entre os sexos (MARINO et al., 2016; MENDONÇA; SEARA, 2015).

Esses resultados respondem a nossa terceira questão de pesquisa (Q3). Os resultados estatísticos relativos à variante consonantal confirmam parcialmente a hipótese levantada (H3), ou seja, de que havia diferenças estatísticas dos valores da duração entre os sexos, uma vez que apenas para a produção consonantal isso se confirmou. Quanto aos valores das frequências dos formantes nasais e aos parâmetros aerodinâmicos, os resultados confirmam a hipótese (H3), haja vista as diferenças significativas entre os sexos, observadas nas variações da consoante nasal palatal.

Em consequência das diferenças estatísticas encontradas entre sexos, as análises acústicas e aerodinâmicas quantitativas seguintes sobre a consoante nasal palatal serão divididas em dois grupos: sexo feminino e masculino.

Após concluirmos a análise entre os sexos, investigamos, com a análise estatística, diferenças individuais quanto aos aspectos acústicos e aerodinâmicos.

4.2.2 Análise entre os participantes com parâmetros acústicos e aerodinâmicos da consoante nasal palatal e suas variações

Para analisarmos possíveis diferenças individuais, inicialmente nos reportamos aos parâmetros acústicos aqui estudados, e comparamos os valores obtidos na duração relativa, nas frequências dos formantes nasais e nos intervalos entre essas frequências, referentes aos sons-alvo, em função do participante. Os dados estão dispostos na Tabela 10.

Tabela 10 – Duração relativa (%), frequências dos formantes nasais (Hz) e intervalos entre essas frequências (Hz) entre os participantes, por produção nasal consonantal e vocálica (n total=256).

Parâmetros	P1 (F)			CV	P2 (F)			CV	P3 (M)			CV	P4 (F)			CV	P5 (M)			CV	p valor
	Média dp			(%)	Média dp			(%)	Média dp			(%)	Média dp			(%)	Média dp			(%)	
Produção Consonantal	(n=32)				(n=42)				(n=45)				(n=38)				(n=37)				
Duração relativa ^{4,6,7,8,10}	35	7	20		37	9	24		40	6	15		30	8	27		44	7	16		<0,001*
FN1 ^{2,5,8,9}	249	33	13		245	40	16		282	22	8		258	23	9		245	45	18		<0,001*
FN2 ^{3,4,7,9,10}	1182	278	24		1341	341	25		1390	350	25		1544	504	33		1835	262	14		<0,001*
FN3 ^{3,4,6,7,8,9}	2252	348	15		2269	402	18		2276	462	20		2628	437	17		2631	389	15		<0,001*
FN4 ^{5,6}	3023	541	18		2988	458	15		3295	446	14		3352	534	16		3295	404	12		0,001*
FN2-FN1 ^{3,4,7,9,10}	934	282	30		1096	356	32		1108	345	31		1286	512	40		1589	265	17		<0,001*
FN3-FN2 ^{4,10}	1069	365	34		928	283	30		886	308	35		1083	468	43		796	312	39		0,004*
FN4-FN3 ^{2,5,8,9}	771	370	48		718	326	45		1019	302	30		724	314	27		664	358	54		<0,001*
Produção Vocálica	(n=38)				(n=0)				(n=5)				(n=4)				(n=15)				
Duração relativa	40	9	23		s/d	s/d	s/d		33	6	18		42	16	38		43	9	21		0,234
FN1 ²	249	31	12		s/d	s/d	s/d		284	14	5		251	32	13		258	23	9		0,031*
FN2 ⁴	1305	451	35		s/d	s/d	s/d		1218	203	17		1271	188	15		1717	376	22		0,010*
FN3	2238	521	23		s/d	s/d	s/d		2259	43	2		2661	399	15		2523	405	16		0,196
FN4 ²	2965	628	21		s/d	s/d	s/d		3430	194	6		3132	270	9		3152	275	9		0,040*
FN2-FN1 ⁴	1056	456	43		s/d	s/d	s/d		934	200	21		1019	169	17		1459	368	25		0,009*

FN3-FN2	933	437	47	s/d	s/d	s/d	1041	196	19	1391	407	29	806	235	29	0,063 ^d
FN4-FN3 ^{2,8,9}	727	273	38	s/d	s/d	s/d	1171	160	14	471	159	34	629	276	44	0,003*

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; duração relativa (%); F - feminino; FN - formante nasal (Hz); M - masculino; n – número total; P - participante; s/d - sem dados; estatística não-paramétrica com teste Kruskal-Wallis (*Post Hoc* de Dunn); * - valor significativo ($p < 0,05$); d - tamanho do efeito ($d = 0,93$); 1 - diferença entre P1 e P2; 2 - diferença entre P1 e P3; 3 - diferença entre P1 e P4; 4 - diferença entre P1 e P5; 5 - diferença entre P2 e P3; 6 - diferença entre P2 e P4; 7 - diferença entre P2 e P5; 8 - diferença entre P3 e P4; 9 - diferença entre P3 e P5; 10 - diferença entre P4 e P5.

Segundo os resultados da Tabela 10, a duração relativa teve diferença estatisticamente significativa entre os participantes somente nas produções consonantais, não diferindo nas produções vocálicas. A duração relativa do som produzido com características vocálicas mostrou-se menos variável entre os falantes, e mais uma vez, o parâmetro duração indicou comportamento diferenciado entre as produções consonantais e vocálicas, o que já havia sido constatado na terceira questão de pesquisa (Q3) sobre diferenças entre os sexos (*cf.* 4.2.1).

Verificamos que as frequências dos formantes nasais foram estatisticamente diferentes entre as produções consonantais e vocálicas (exceto para FN3), considerando-se os resultados para cada participante. Salientamos, aqui, o fato de o terceiro formante nasal (FN3) ter sido o mais estável entre os falantes da pesquisa. Ou seja, foi o que apresentou menos alterações de falante para falante, diferentemente dos achados reportados por Sousa (1994) que teve FN1 como o formante mais estável entre os falantes. O comportamento estável de FN3 também já foi relatado quando foram verificadas diferenças estatísticas entre os sexos. Estudos, como os de Seara (2000) e Oliveira et al. (2013) salientam para a variação das frequências dos formantes em função do sexo e de características individuais, corroborando os resultados encontrados. Fujimura (1962) também aponta a localização dos pólos nas regiões de frequências como dependente de características individuais dos falantes.

Ainda, na Tabela 10, constatamos que os valores dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais tiveram diferenças estatisticamente significativas entre as variações da consoante nasal palatal, para cada um dos participantes, à exceção do intervalo FN3-FN2, para a produção vocálica. Esse intervalo então parece se mostrar também o mais estável entre os falantes e novamente envolve o formante nasal mais estável (FN3).

Com a aplicação do teste *pos hoc*, estabelecemos entre quais participantes ocorreram as diferenças significativas nos parâmetros acústicos. Segundo a Tabela 10, observamos que o maior número de diferenças significativas foi entre P1 (sexo feminino) e P5 (sexo masculino) e que não houve diferenças significativas entre os participantes P1 e P2, ambos do sexo feminino.

Constatamos que a variabilidade individual na produção dos sons nasais referentes à consoante nasal palatal está presente principalmente entre os participantes com sexos diferentes, o que foi confirmado na

análise entre os sexos, apresentada na Tabela 8 (*cf.* 4.2.1).

Verificamos, portanto, que a duração, as frequências dos formantes nasais e os intervalos entre essas frequências obtiveram diferenças estatisticamente significativas na maioria dos dados, em função das variações encontradas para as produções da consoante nasal palatal entre participantes. Esses achados evidenciam variações nas produções entre os participantes relacionadas às frequências dos formantes nasais (seja em seus valores absolutos ou entre intervalos de frequência dos formantes), resultados também corroborados pelos de Sousa (1994), ao verificar, na análise acústica, variações consideráveis na realização da consoante nasal palatal entre os participantes adultos do sexo masculino. A autora atribuiu esse fato a dimensões do trato nasal, características do acoplamento vocal e nasal e qualidade de voz.

A seguir, relatamos os resultados referentes aos parâmetros aerodinâmicos (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN) investigados em função dos participantes, considerando tanto a produção nasal consonantal quanto a vocálica. Os resultados estão expostos na Tabela 11.

Tabela 11 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) por participante entre produção nasal consonantal e vocálica (n=100).

Parâmetros	P1 (F)			P2 (F)			P3 (M)			P4 (F)			P5 (M)			p valor
	Média	dp	CV	Média	dp	CV	Média	dp	CV	Média	dp	CV	Média	dp	CV	
Prod. Consonantal	(n=5)			(n=20)			(n=15)			(n=17)			(n=17)			
Mínimos 4,5,6,7	0,102	0,024	24	0,074	0,020	27	0,126	0,019	15	0,153	0,024	16	0,177	0,054	31	<0,001*
Médios 4,5,6,7,9,10	0,119	0,015	13	0,089	0,022	25	0,154	0,025	16	0,165	0,023	14	0,280	0,033	12	<0,001*
Máximos 4,5,6,7,9,10	0,131	0,012	9	0,101	0,024	24	0,175	0,031	18	0,175	0,024	14	0,335	0,039	12	<0,001*
Do início 4,5,6,7,9,10	0,116	0,024	21	0,092	0,026	28	0,167	0,031	19	0,163	0,024	15	0,290	0,056	19	<0,001*
Do meio 4,5,6,7,9,10	0,127	0,014	11	0,093	0,022	24	0,158	0,024	15	0,169	0,025	15	0,302	0,046	15	<0,001*
Do fim 4,5,6,7,9,10	0,127	0,014	11	0,092	0,021	23	0,151	0,022	15	0,169	0,026	15	0,305	0,037	12	<0,001*
Produção Vocálica	(n=15)			(n=0)			(n=5)			(n=3)			(n=3)			
Mínimos	0,108	0,049	45	s/d	s/d	s/d	0,123	0,052	42	0,114	0,036	32	0,263	0,062	24	0,050

Médios ⁴	0,131	0,037	28	s/d	s/d	s/d	0,163	0,022	13	0,145	0,026	18	0,282	0,057	20	0,022*
Máximos ⁴	0,144	0,035	24	s/d	s/d	s/d	0,184	0,015	8	0,163	0,024	15	0,298	0,060	20	0,007*
Do início ⁴	0,128	0,038	30	s/d	s/d	s/d	0,171	0,021	12	0,141	0,017	12	0,272	0,054	20	0,007*
Do meio ⁴	0,134	0,038	28	s/d	s/d	s/d	0,174	0,023	13	0,151	0,019	13	0,292	0,056	19	0,012*
Do fim ⁴	0,137	0,038	28	s/d	s/d	s/d	0,170	0,022	13	0,153	0,032	21	0,298	0,060	20	0,019*

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; F - feminino; FAN - fluxo aéreo nasal; M - masculino; n - número; RMS - *Root Means Square*; estatística não-paramétrica com teste de Kruskal-Wallis (*Post Hoc* de Dunn); * - valor significativo ($p < 0,05$); s/d - sem dados suficientes; 1 - diferença entre P1 e P2; 2 - diferença entre P1 e P3; 3 - diferença entre P1 e P4; 4 - diferença entre P1 e P5; 5 - diferença entre P2 e P3; 6 - diferença entre P2 e P4; 7 - diferença entre P2 e P5; 8 - diferença entre P3 e P4; 9 - diferença entre P3 e P5; 10 - diferença entre P4 e P5.

Com base na Tabela 11, podemos verificar diferenças significativas entre os índices aerodinâmicos influenciados por características individuais de cada participante. Esse resultado foi verificado tanto para o sexo feminino quanto para o masculino, à exceção dos valores mínimos na produção vocálica (com $p=0,05$). Esse valor de significância, no entanto, ficou muito próximo do valor estabelecido para p ($p<0,05$).

Ainda, de acordo com a Tabela 11, observamos que o maior número de diferenças significativas foi entre P1 (sexo feminino) e P5 (sexo masculino), assim como ocorreu para os parâmetros acústicos. Não houve diferenças significativas entre os seguintes participantes: P1 e P2 (da mesma forma para os parâmetros acústicos); P1 e P3; P1 e P4; P3 e P4.

Notamos que os achados reforçam a diferença entre os sexos (constatada na Tabela 9) em detrimento à diferença entre os participantes, quanto à saída de FAN na produção dos sons nasais referentes à consoante nasal palatal.

Destacamos que não houve produção vocálica na fala de P2 (feminino) e que os valores de FAN na produção consonantal de sua fala foram os menores quando comparados aos dos demais participantes. Também, verificamos diferenças significativas nos índices aerodinâmicos entre os participantes tanto para a produção consonantal quanto para a produção vocálica. Os maiores valores de FAN foram observados para P5 (masculino) para todos os tipos de produções (consonantais e vocálicas). Essas diferenças individuais são reportadas pelos estudos da área (OLIVEIRA et al., 2013; VAISSIÈRE, 1995).

Os resultados apresentados respondem à nossa quarta questão de pesquisa (Q4), com resultados que confirmam parcialmente, quanto à duração, e confirmam, quanto às frequências, aos intervalos entre essas frequências e valores aerodinâmicos, nossa hipótese (H4) de que haveria diferenças estatísticas entre os participantes nos parâmetros acústicos e aerodinâmicos, considerando as variações encontradas para a consoante nasal palatal.

Continuamos com a análise da consoante nasal palatal e suas variações, quanto às suas características acústicas.

4.2.3 Análise acústica da consoante nasal palatal e suas variações

Esta seção engloba os resultados referentes às variações encontradas nas produções da consoante [n], com base em análises

acústicas, considerando fatores contexto de tonicidade e contexto vocálico precedente.

Decidimos iniciar pela caracterização acústica da nasal palatal, haja vista as variações que apresenta. No entanto, os dados que forem caracterizados como consoante nasal palatal propriamente dita serão retomados na Seção 4.3.3 que fará uma análise comparativa acústica e aerodinâmica das três consoantes nasais do PB (bilabial, alveolar e palatal).

4.2.3.1 *Análise acústica qualitativa da consoante nasal palatal*

Serão analisadas qualitativamente nesta subseção as produções dos sons-alvo (Cn), ou seja, sons nasais intervocálicos, representados pelo grafema <nh> nos logatomas do *corpus* da tese (cf. 3.2 – Quadro 4) e das vogais adjacentes (V_1 e V_2), em V_1CnV_2 .

Primeiramente, com auxílio do *software* Ocenaudio, foram analisados os dados coletados pela Estação EVA (136 sons-alvo). Esses dados que se referem a sinais relativos ao fluxo aéreo oral (FAO) e ao fluxo aéreo nasal (FAN) tem por objetivo encontrar padrões de comportamento acústico-aerodinâmico para caracterização dessas produções, seja por meio de outiva ou de análise visual.

Inicialmente, partimos da análise auditiva das regiões V_1CnV_2 dos logatomas. A partir da análise de outiva apenas do sinal oral (FAO) o padrão acústico auditivo de todos os dados foi percebido pela pesquisadora como consoante nasal palatal. No entanto, com a análise de outiva apenas do sinal nasal (FAN), foram observadas diferenças no padrão acústico auditivo dos dados, sendo percebidos como: consoante nasal palatal (77%), vogal nasal alta anterior (9%), outros sons vocálicos (9%) e, em menor quantidade, consoante nasal alveolar (5%).

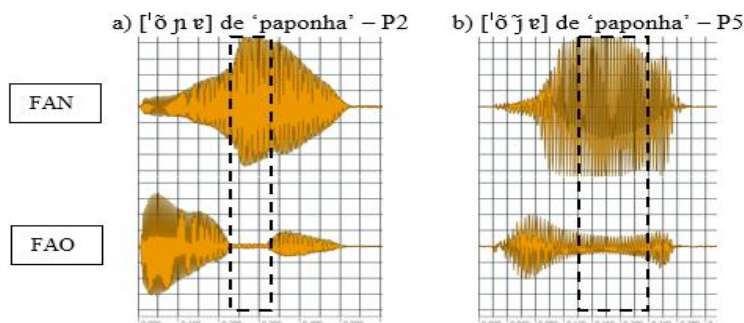
De acordo com Albano (2001), o fato de um mesmo som poder ser percebido auditivamente como sons diferentes, ou seja, uma mesma sobreposição gestual ser ouvida como diferente, pode ser explicado pela Teoria quântica das relações acústico-articulatórias (1989), que:

[...] interpreta esses achados como decorrentes da capacidade do sistema auditivo de detectar discontinuidades em parâmetros espectrais, relacionando-os a outros casos em que uma diferença categórica também emerge a partir de uma discontinuidade maior ou igual a 3 dB numa dada faixa de frequência do espectro (ALBANO, 2001 p. 73).

Porém, essa tentativa de classificação exigiu que uma mesma região fosse ouvida diversas vezes e, mesmo diante dessas repetições, não proporcionou uma identificação de saída segura para a classificação de cerca de 20% dos sinais de fala.

Passamos, então, à inspeção visual da amplitude da forma de onda. Considerando que os dados analisados se referem a produções de consoantes nasais, com os dados da Estação EVA, não se esperaria sinal acústico na saída oral (FAO), mas apenas na saída nasal (FAN), conforme dados apresentados na Figura 51 (a). No entanto, para uma produção nasal vocálica, seria esperado saída acústica oral e nasal, de acordo com o exposto na Figura 51 (b).

Figura 51 – Canais oral (FAO) e nasal (FAN) coletados pela Estação EVA e visualizados pelo *software* Ocenaudio, indicando (entre as linhas pontilhadas) as formas de onda esperadas para produção de: (a) consoante nasal; (b) vogal nasal.



Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: FAO - fluxo aéreo oral; FAN - fluxo aéreo nasal; P - participante.

Assim, considerando-se as variações encontradas (consoante nasal palatal, vogal nasal alta anterior, outros sons vocálicos e, em pouquíssimos casos, consoante nasal alveolar), a análise pelo canal oral deveria indicar amplitude do oscilograma próxima de zero (FAO) e um nível considerável de amplitude do oscilograma no sinal proveniente da saída nasal (FAN) quando o som em análise fosse uma consoante nasal (palatal ou alveolar), conforme Figura 51 (a). Caso fosse considerada uma vogal nasal, tanto a saída de ar oral quanto a saída de ar nasal deveriam apresentar amplitude, de acordo com Figura 51 (b).

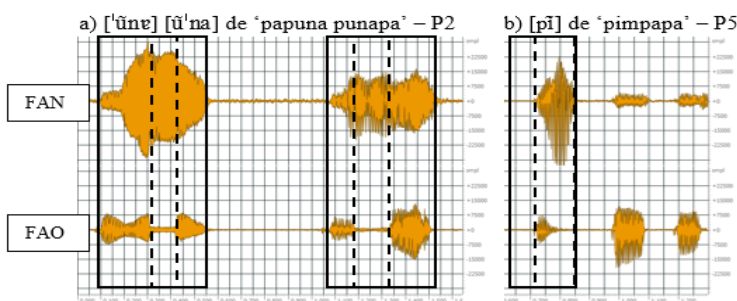
As diferentes amplitudes que podem ser esperadas para a saída do FAN são justificadas por estudos articulatórios (BASSET et al., 2001;

BELL-BERTI, 1993), que indicaram a necessidade de uma abertura velofaríngea entre 0,4 ou 0,5 e 1,0 cm² para que um som seja percebido como nasal. Se a abertura for menor que esses valores indicados (de até 0,5 cm²), então espera-se que o som seja percebido como oral (AMELOT, 2004), mesmo com pequeno escape velofaríngeo (CAMARGO; RODRIGUES; AVELAR, 2001).

O que se observou foi que, na maior parte dos dados dos sons-alvo, a saída de ar nasal (FAN) apresentou uma grande amplitude ou, pelo menos, amplitude semelhante à exibida pelas vogais adjacentes. Entretanto, quanto à saída de ar oral (FAO), esta mostrou diferentes amplitudes nos sons-alvo: próxima a zero, pouca e grande amplitude, demonstrando a variabilidade na produção da consoante nasal palatal.

Para auxiliar nessa classificação, foi realizada também a análise da amplitude da forma de onda nas produções da consoante nasal alveolar e da vogal nasal alta anterior (em logatomas tipo ‘papuna’ e ‘pimpapa’, respectivamente), uma vez que esses sons também foram percebidos auditivamente nas variações observadas na posição da nasal palatal. Exemplos são apresentados na Figura 52.

Figura 52 – Canais oral (FAO) e nasal (FAN) coletados pela Estação EVA e visualizados no *software* Ocenaudio, indicando (entre as linhas pontilhadas) as formas de onda das produções de: (a) consoante nasal alveolar; (b) vogal nasal alta anterior.



Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: FAO - fluxo aéreo oral; FAN - fluxo aéreo nasal; P - participante.

Dessa maneira, conforme exposto na Figura 52 (a), observamos que, nas produções de [ɲ], a saída do canal oral (FAO), geralmente, não apresentou amplitude na sua respectiva forma de onda (o que era esperado por se tratar de uma consoante nasal). Na saída do canal nasal

(FAN), a amplitude encontrada foi bastante considerável ou semelhante à das vogais adjacentes. Essas características refletem o que era esperado em termos aerodinâmicos como consequência dos aspectos articulatórios das consoantes [ɲ] e [ŋ], ou seja, a obstrução do trato oral e a abertura do véu palatino levam a uma grande amplitude apenas do sinal proveniente da cavidade nasal.

Já nas produções da vogal [i], a forma de onda referente à saída de ar oral (FAO) apresentou certa amplitude; mas a forma de onda proveniente da saída nasal (FAN) exibiu considerável amplitude (Veja Figura 52(b)).

A amplitude das formas de onda da saída de ar nasal (FAN) dos sons-alvo analisados, embora tenha indicado variações produzidas na posição da nasal palatal, não auxiliou de modo conclusivo para a caracterização desses sons como [ɲ] ou [ŋ]. Mas os resultados verificados na saída de ar oral (FAO) reforçam a existência de produções variadas do [ɲ], que podem ser caracterizadas como consoante nasal quando apresentavam amplitude próxima a zero, e como vogal nasal quando apresentavam uma certa amplitude na forma de onda.

O fato de termos etiquetado de outiva apenas 5% dos dados como nasais alveolares, somado aos resultados da análise da amplitude da forma de onda, indicam que a produção de [ɲ] como uma variação da nasal palatal ainda precisa ser confirmada pelos resultados das configurações das curvas aerodinâmicas na análise das consoantes nasais na Seção 4.3.4.

Assim, com base na análise de outiva e na inspeção visual das formas de onda dos sons-alvo produzidos pelos participantes na posição da consoante nasal palatal, foi possível estabelecer a produção desses sons nasais com características mais consonantais e com características mais vocálicas²⁸.

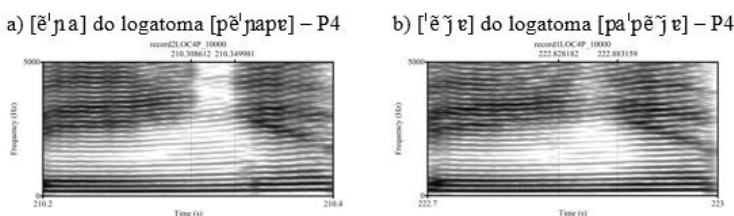
²⁸ Optamos pela denominação de som nasal com características vocálicas - produção de [ɲ] como [j], contrapondo às produções nasais consonantais - [ɲ], por sua produção (articulatória) ser semelhante à da vogal nasalizada com qualidade vocálica de [i]. Entretanto, esse som pode ser nomeado (pela estrutura silábica em que se encontra), como semivogal nasalizada [j] ou glide palatal nasalizado. Ainda, recebe denominações que a afinizam mais com som vocálico, como: despalatalização e semivocalização; ou com som consonantal, como: consoante molhada ou aproximante palatal nasalizada.

A diferença entre esses sons-alvo, segundo Silva (2014), é que na consoante ocorre obstrução da passagem do ar na cavidade oral causada pelo contato da língua na região palatal. No segundo caso, não há contato da língua com o palato duro e o que articulamos é uma vogal nasalizada com qualidade vocálica de [i].

Na sequência, avaliamos o traçado e a intensidade dos formantes dos sons-alvo, visualizados no espectrograma. Para tanto, foram analisados os dados coletados pelos equipamentos piezoelétrico (100 sons-alvo), fotonasografia (20 sons-alvo) e Estação EVA (136 sons-alvo), totalizando 256 sons-alvo.

Na produção dos sons com características vocálicas, esperava-se maior energia formântica, com escurecimento na região de FN2 e FN3, evidenciando a não obstrução do trato oral (Figura 53 (a)). Todavia, para os sons com características consonantais, buscava-se uma redução da intensidade, com clareamento na região do som nasal, relacionando esse fenômeno ao bloqueio do fluxo de ar na cavidade oral, característico das consoantes nasais (Figura 53 (b)). Desse modo, a análise espectrográfica parece poder contribuir também para a classificação dos dados em produções consonantais ou vocálicas.

Figura 53 – Espectrogramas com traçados e energia dos formantes e som-alvo delimitado pelo pontilhado: (a) som com característica consonantal; (b) som com característica vocálica.



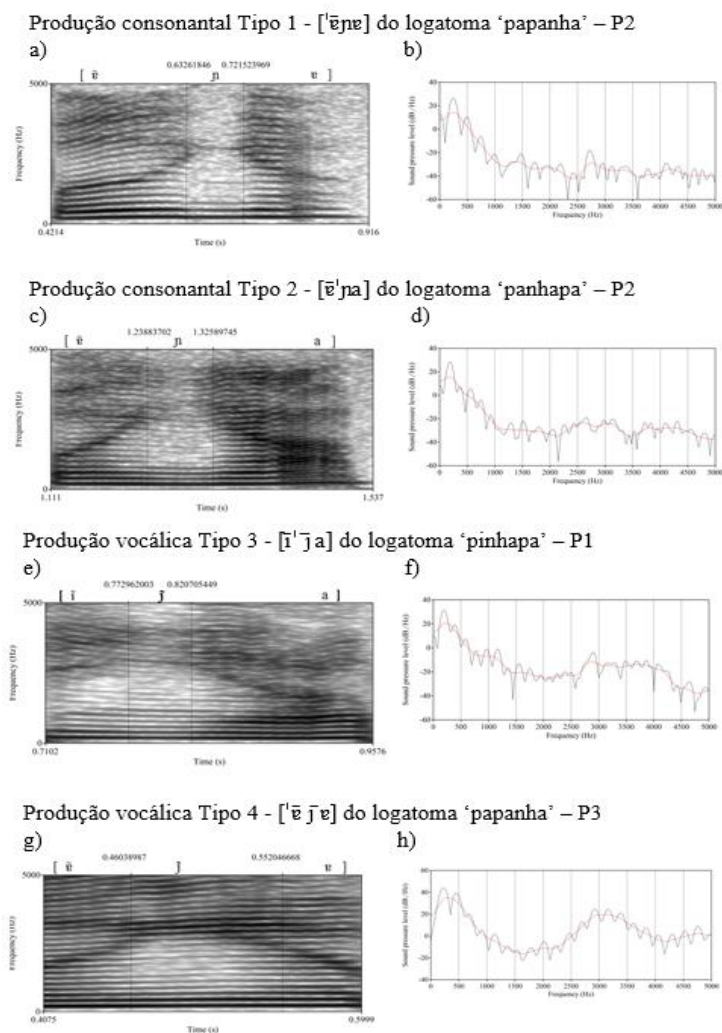
Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: P - participante.

À análise espectrográfica descrita associamos a análise das medidas espectrais. Assim, em uma primeira observação conseguimos organizar as produções em quatro tipos: aquelas com características consonantais facilmente evidentes (Tipo 1), exibidas na Figura 54 (a) e (b); e as que necessitaram revisão dos parâmetros (Tipo 2), exibidas na Figura 54 (c) e (d). Da mesma forma, dividimos as produções com características vocálicas naquelas em que foi necessário revisar as

medidas espectrais e espectrográficas (Tipo 3), exibidas na Figura 54 (e) e (f), daquelas facilmente evidenciadas como vocálicas (Tipo 4), exibidas na Figura 54 (g) e (h). Em seguida, os dados considerados como Tipos 2 e 3 foram avaliados a partir da superposição das análises espectrais (FFT e cepstral), estratégia que pareceu se mostrar bastante consistente para diferenciar as produções da consoante nasal palatal com características consonantais e vocálicas.

Figura 54 – Exemplos de produções nasais consonantais e vocálicas para a consoante nasal palatal. Com espectrogramas (à esquerda) e, superposição do espectro de Fourier de banda estreita com janela de 0,025 s (em preto) e cepstro (em vermelho) (à direita).



Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: P - participante.

No Quadro 6, foram descritas as características dos parâmetros analisados para a classificação acústica dos sons-alvo como nasais com características consonantais e vocálicas. São elas: (1) intensidade dos formantes (principalmente FN2 e FN3) no espectrograma (clareamento e escurecimento – nível de cinza – da energia formântica), o que representa articulatoriamente a oclusão e a não oclusão; (2) superposição do espectro de Fourier e cepstro.

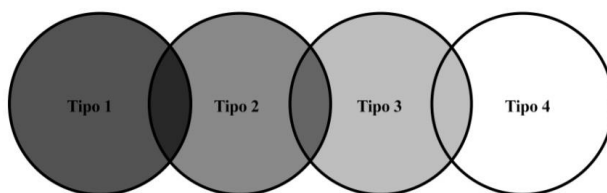
Quadro 6 – Caracterização dos parâmetros: intensidade dos formantes no espectrograma e espectro FFT e cepstro, por produção nasal consonantal (Tipos 1 e 2) e vocálica (Tipos 3 e 4).

	Intensidade dos formantes	Espectro FFT e cepstro
Consonantal	Tipo 1 Redução de intensidade, entre V_1 e V_2 , com clareamento evidente em toda a extensão do som-alvo	Evidente perda de amplitude nas frequências mais altas
	Tipo 2 Redução de intensidade na região entre V_1 e V_2 , no entanto mais escurecida se comparada àquela apresentada no Tipo 1	Perda de amplitude nas frequências mais altas de modo menos evidente
Vocálica	Tipo 3 Mantém a intensidade na região entre V_1 e V_2 , porém menos escurecida se comparada àquela apresentada no Tipo 4	Apresenta maior amplitude nas frequências mais altas de modo menos evidente
	Tipo 4 Mantém a intensidade na região entre V_1 e V_2 , com escurecimento evidente nessa região	Apresenta maior amplitude nas frequências mais altas

Fonte: Dados primários (2017).

Estes quatro tipos principais de variações da consoante nasal palatal no detalhe acústico podem ser vistos como uma gradiência, com um contínuo de possíveis produções entre as produções fônicas de consoante e de som vocálico, como esquematizado na Figura 55.

Figura 55 – Representação da gradiência das produções da consoante nasal palatal, com base no dialeto de Florianópolis/SC/Brasil.



Fonte: Dados primários (2015).

Legenda: Tipo 1 e Tipo 2 - referente às produções consonantais; Tipo 3 e Tipo 4 - referente às produções vocálicas; SC - Santa Catarina.

Nos Tipos 1 e 2, referentes às produções consonantais, podemos definir como uma consoante nasal palatal, produzida com oclusão na cavidade oral pelo contato da língua na região palatal, conforme comprovou o estudo articulatório de Shosted, Hualde e Scarpace (2012) para o PB, embora, provavelmente, pela inferência articulatória baseada na informação acústica, haja diferença no grau de oclusão entre essas produções.

A distinção entre o Tipo 2 (produções consonantais) e o Tipo 3 (produções vocálicas) teve maior dificuldade de caracterização, pois a redução da constrição ocorre de modo sutil e gradual, até que o som nasal deixa de apresentar uma oclusão na região palatal, passando a ser percebido de consonantal à vocálico.

Assim, o Tipo 3 das produções vocálicas, nomenclatura preliminar em nossa análise acústica, poderia ser comparado com o descrito por Shosted, Hualde e Scarpace (2012) como uma aproximante palatal nasalizada. Entendemos que, por não ter oclusão na cavidade oral (inferência articulatória com base no detalhe acústico), essas produções seriam melhores descritas como sons vocálicos nasais. Esses sons foram denominados ainda por Silva (2014) como segmento vocálico nasalizado ou glide palatal nasalizado; por Sousa (1994) como vogal alta anterior fortemente nasalizada; por Seara (2000) como vogal [ĩ] fortemente nasalizada; e por Gamba (2011, 2014) como variante semivocalizada [j̃].

Por fim, em consequência de uma maior redução vertical dos movimentos da língua em direção ao palato duro, a produção nasal com característica vocálica torna-se mais evidente no Tipo 4.

Esses resultados qualitativos justificam a persistente busca por entender as variações encontradas nas regiões do Brasil no que se refere à consoante nasal palatal, como nos estudos de Almeida (2004), Pinheiro (2009), Seara (2000), Soares (2002, 2008), Gamba (2011, 2014), dentre outros.

Portanto, respondendo à nossa quinta questão de pesquisa (Q5) confirmamos nossa hipótese (H5) de que existiriam diferentes produções fônicas na produção da consoante nasal palatal. As análises acústicas realizadas permitiram a observação da gradiência dos sons-alvo caracterizando o contínuo que vai da produção de uma consoante nasal palatal até a produção de um som vocálico nasal, no dialeto de Florianópolis, além da descrição acústica dos dados que mostravam características intermediárias (consonantais ou vocálicas).

Após a análise qualitativa e a caracterização dos sons-alvo pela inspeção visual, o resultado foi comparado à análise de ouvintes inicial. Assim, comparando-se a análise perceptual auditiva e a análise com inspeção visual, houve em torno de 70% de correspondência entre as produções caracterizadas em consonantal e vocálica pelas duas análises. Reforça-se, então, a inclusão da análise acústica para dar conta de modo mais apurado da investigação sonora de dados do PB, em especial da consoante nasal palatal.

Os critérios da análise espectrográfica da intensidade (escurecimento e clareamento) somados à análise espectral foram os mais fidedignos para a identificação das produções nasais encontradas. Então, foram classificados 76% dos dados em produções consonantais, que se referem à consoante nasal palatal [ɲ], e 24% dos dados em produções vocálicas [j], conforme pode ser visto na Tabela 12.

Tabela 12 – Número de dados de produção nasal consonantal e vocálica por participante (n=256).

Produção	P1	P2	P3	P4	P5	Total	%
Consonantal	31	42	45	37	37	194	76%
Vocálica	39	0	5	5	15	62	24%
Total	70	42	50	42	52	256	100%

Fonte: Dados primários (2017). Legenda: P - participante.

Esse resultado apresentou uma maior frequência de produção da consoante [ɲ] quando comparada à produção de um som vocálico,

diferindo de pesquisas realizadas em outras regiões do Brasil (ALMEIDA, 2004; PINHEIRO, 2009; SOARES, 2002). O estudo de Gamba (2011), também para falantes de Florianópolis, verificou 67% de produção consonantal e apenas 13% de semivogal nasalizada. Isso demonstra a ocorrência de variações em diversas regiões brasileiras.

De acordo ainda com a Tabela 12, constatamos que a menor ocorrência de [ɲ] e, conseqüentemente, a maior produção de [j] foi observada nas produções de P1. Os demais participantes emitiram predominantemente a consoante nasal palatal, sendo que o P2 produziu todos os sons-alvo como consonantais. Esse resultado indicou que nem todos os falantes de Florianópolis produzem sons-alvo com características vocálicas. Entretanto, todos produzem a consoante [ɲ], sendo, na amostra coletada, o som mais frequente. Gamba (2011) também constatou que as variações coexistiam entre os participantes. Esses dados evidenciaram a variação que ocorre em uma mesma região geográfica, aliada a aspectos individuais, na produção desses sons nasais.

Ainda, levantamos a possibilidade de que esse resultado esteja associado à idade dos participantes. Dos nossos participantes, P1 apresentava a maior idade (52 anos) e os demais tinham idades entre 25 e 36 anos. Dessa forma, talvez pudéssemos inferir uma possível mudança linguística nas produções da consoante nasal palatal na cidade de Florianópolis, de modo que as gerações mais novas utilizariam menos a variação vocálica em seu falar. Nesse sentido, Shosted, Hualde e Scarpace (2012) referiram que a nasal palatal não ocluída, no caso nomeada de produção vocálica, pode ser um traço de conservação da história do português.

Outro ponto observado quanto à análise inter-participantes é a possível relação da velocidade da fala com a variação na produção da consoante nasal palatal, uma vez que a fala de P1, que apresentou mais produções vocálicas, exibiu a fala com maior velocidade (6 sílabas por segundo). Em contrapartida, P2, que apresentou todas as suas produções caracterizadas como consonantais, exibiu a fala mais lenta dentre os participantes (3 sílabas por segundo).

Esse comportamento pode ser reforçado pela influência da velocidade da fala na função velar, conforme reportado por Oliveira e Marin (2005) sobre a coordenação entre os gestos, e por Altmann (2005) e Vaissière (1995), ao constatarem que, quanto maior a velocidade, menor o movimento do véu palatino e conseqüentemente, menor a diferença deste entre os sons nasais e orais. Também, Vaissière (1995)

referiu que as estratégias individuais de controle da altura do véu palatino estabelecem diferenças entre a velocidade dos movimentos e os objetivos a serem alcançados na fala.

Em outras palavras, questões articulatórias e aerodinâmicas podem pautar a explicação para a relação entre velocidade e produção fônica. A menor obstrução da saída oral na produção vocálica reduz a amplitude dos movimentos dos articuladores (língua no palato), permitindo que o fluxo de ar se mantenha mais constante no acoplamento entre as cavidades oral e nasal, levando a maior rapidez nos movimentos articulatórios e fluidez na fala, por não haver bloqueios à passagem do ar pela cavidade oral, como ocorre nas consoantes. Já, para a produção consonantal, os movimentos articulatórios executados têm maior amplitude, pois há necessidade de a língua elevar-se até o palato para bloquear a saída do fluxo aéreo oral, gerando consequentemente uma fala mais lenta, como foi o caso de P2.

Quanto ao sexo dos participantes, a Tabela 12 indica 154 produções do sexo feminino (P1, P2 e P4), sendo 71% consonantal e 29% vocálica; e 102 produções do sexo masculino (P3 e P5), sendo 80% consonantal e 20% vocálica, não parecendo haver influência relevante desse fator na produção das variantes encontradas para cada sexo.

Concluímos aqui a análise qualitativa das características acústicas da consoante nasal palatal do PB, no dialeto de Florianópolis, e seguiremos com a análise quantitativa.

4.2.3.2 Análise acústica quantitativa da consoante nasal palatal

Buscamos analisar as características acústicas das variações encontradas nas produções da consoante [ɲ], por meio dos parâmetros de: duração relativa (análise temporal); frequências dos formantes nasais (análises espectrográficas e espectrais); e intervalos entre essas frequências (FN2-FN1, FN3-FN2, FN4-FN3), considerando o contexto de tonicidade e o contexto vocálico precedente.

Na Tabela 13, foram apresentados os resultados estatísticos dos sons-alvo: produção consonantal e vocálica, referentes à duração relativa, frequências dos formantes nasais e intervalos entre as frequências desses formantes, considerando a divisão por sexo dos participantes.

Tabela 13 – Duração relativa (%), frequências dos formantes nasais (Hz) e intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) entre produção nasal consonantal e vocálica, separados por sexo (n=256).

Parâmetros	Produção Consonantal (n=194)			Produção Vocálica (n=62)			p valor
	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	
Feminino	(n=112)			(n=42)			
Duração ^a	34 %	9	25	40 %	10	25	0,001*
FN1 ^a	251	33	13	249	31	12	0,922
FN2 ^a	1365	412	30	1301	431	33	0,239
FN3 ^a	2386	433	18	2278	522	23	0,351
FN4 ^a	3121	531	17	2981	603	20	0,250
FN2-FN1 ^a	1114	420	38	1052	435	41	0,221
FN3-FN2 ^b	1021	381	37	977	451	46	0,545
FN4-FN3 ^a	735	333	45	702	274	39	0,784
Masculino	(n=82)			(n=20)			
Duração ^a	42 %	7	16	40 %	9	23	0,586 ^d
FN1 ^a	265	39	15	265	24	9	0,661
FN2 ^a	1591	383	24	1593	403	25	0,830
FN3 ^a	2436	247	10	2457	367	15	0,774
FN4 ^b	3295	425	13	3221	281	9	0,466
FN2-FN1 ^a	1325	393	30	1328	403	30	0,933
FN3-FN2 ^a	845	311	37	865	244	28	0,622
FN4-FN3 ^a	859	371	43	764	346	45	0,349

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; FN - formante nasal (Hz); Duração relativa (%); dp - desvio padrão; a - estatística não-paramétrica com teste Mann-Whitney; b - estatística paramétrica com Teste t independente; * - valor significativo (p<0,05); d - tamanho do efeito (d=0,05).

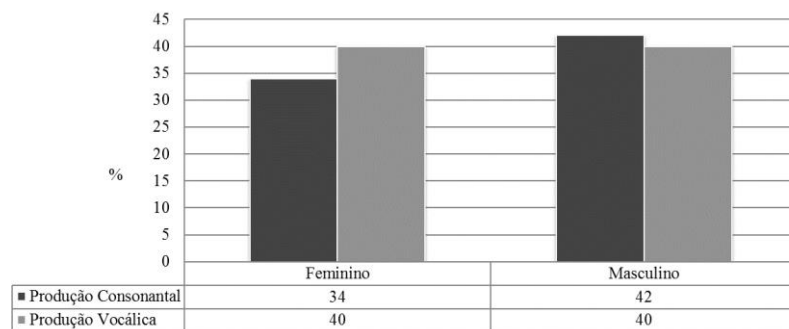
De acordo com os resultados apontados pelos testes estatísticos exibidos na Tabela 13, houve diferenças estatísticas na duração relativa entre as produções consonantal e vocálica para o sexo feminino. Nesse caso, a produção vocálica ocupou maior duração relativa na sílaba. Para o sexo masculino, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas (p=0,586), sendo pesquisado o tamanho de efeito (d=0,05), que se mostrou pequeno, confirmando diferenças não significativas.

A variabilidade dos dados, indicadas pelo coeficiente de variação,

pode ter contribuído para justificar não ter sido obtido resultado significativo para os outros parâmetros acústicos, além da duração.

Para melhor visualizarmos os dados apresentados na Tabela 13 sobre a duração relativa, apresentamos os resultados a partir de histogramas mostrados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Histogramas dos valores de duração relativa das produções nasais consonantal e vocálica, por sexo.



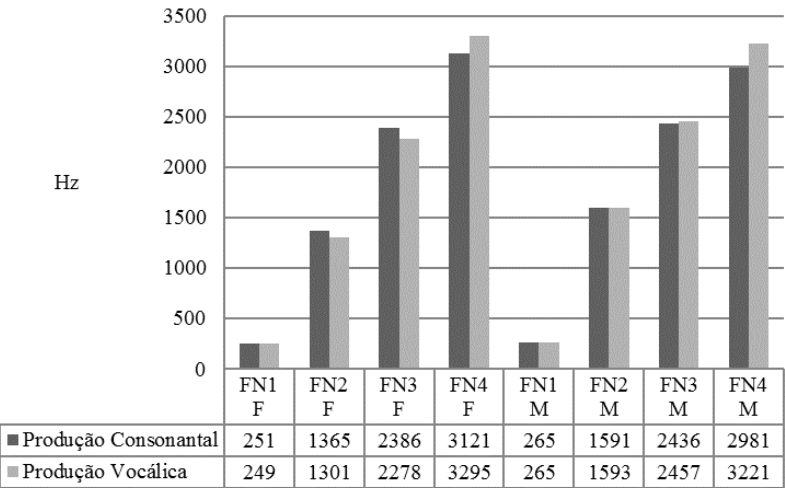
Fonte: Dados primários (2017).

Os resultados dos testes estatísticos, apresentados na Tabela 13, indicaram que não houve diferenças significativas entre os valores das frequências dos formantes nasais e também entre os valores dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais dos sons-alvo, relativos aos tipos de variantes. Os resultados apresentados por House (1957) e Ohala (1975) corroboram esses resultados estatísticos. Esses autores observaram que, nos espectros de consoantes nasais, as ressonâncias são relativamente estáveis, não importando o ponto de articulação, e que seriam as antirressonâncias as responsáveis por diferenciá-los, uma vez que elas variam (inversamente) a partir da extensão do espaço na cavidade oral. O estudo de Barbosa e Madureira (2015) também reforça esses resultados ao indicar que a mudança do ponto de constricção de uma consoante nasal leva a alterações relativas especialmente à posição dos antiformantes, mudando muito pouco a posição dos formantes.

Nos Gráficos 3 e 4, são apresentados histogramas com os valores dos formantes nasais e linhas que indicam os valores dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais, respectivamente. Esses gráficos ilustram melhor os resultados apresentados na Tabela 13,

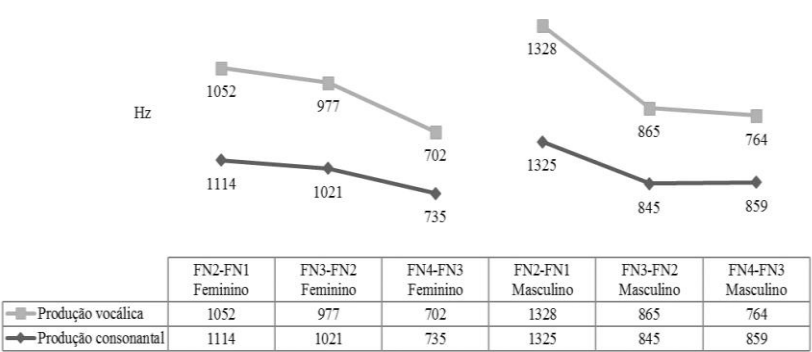
quanto às produções nasais consonantal e vocálica.

Gráfico 3 – Histogramas dos valores das frequências dos formantes nasais (Hz) das produções nasais consonantal e vocálica, por sexo.



Fonte: Dados primários (2017).
Legenda: Hz - Hertz; F - feminino; M - masculino.

Gráfico 4 – Intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) das produções nasais consonantal e vocálica, por sexo.



Fonte: Dados primários (2017).
Legenda: Hz - Hertz.

Os dados apresentados na Tabela 13 e ilustrados nos Gráficos 3 e 4 apontam a proximidade entre os valores das médias das frequências dos formantes nasais das produções consonantais e vocálicas, não evidenciando qualquer diferença que caracterize, a partir desses parâmetros, cada uma das produções observadas. Mesmo para o parâmetro que apresentou alguma diferença para um dos sexos, como a duração relativa que mostrou, para o sexo feminino, maior duração da variante vocálica, esses dados sustentam os dados inconclusivos presentes na literatura brasileira, por vezes apresentando-se maiores na consoante, para o sexo masculino (GAMBA, 2011), ou maiores na produção vocálica, para o sexo feminino (VIEIRA; SEARA, 2017). No entanto, nenhum desses estudos apresentava testes estatísticos que comprovassem as aparentes diferenças observadas. Em Vieira e Seara (2017), foi salientada a necessidade de testes estatísticos. O que foi agora realizado.

Ainda, conforme o estudo de Seara (2000), que tratou de dados somente do sexo masculino, os valores de FN1 e FN2 apresentaram similaridade entre a produção consonantal [n] e a vogal nasal [i]. Nossos dados, tanto para o sexo masculino quanto para o feminino, não apresentaram diferenças significativas entre as produções com características mais consonantais e mais vocálicas para todos os formantes nasais pesquisados. A partir desse parâmetro (FN) não conseguimos caracterizar as diferentes variantes aqui definidas como consonantais e vocálicas.

Esses resultados respondem à nossa sexta questão de pesquisa (Q6) – se haveria diferenças estatísticas nos valores da duração, das frequências dos formantes e dos intervalos entre as frequências dos formantes entre as variações encontradas; e confirmam parcialmente a hipótese levantada (H6), uma vez que foram observadas diferenças significativas entre as variantes apenas para o parâmetro acústico de duração relativa, somente no sexo feminino. Nos casos dos valores das frequências dos formantes nasais e dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais, a hipótese de pesquisa (H6) não foi confirmada, por não haver diferenças significativas entre as variantes encontradas para as produções da consoante nasal palatal.

Na Tabela 14, observamos os resultados estatísticos da duração relativa dos sons-alvo por contexto de tonicidade e vocálico precedente, considerando o sexo dos participantes em separado.

Tabela 14 – Duração relativa (%) entre os contextos de tonicidade e vocábulo precedente, por produção nasal consonantal e vocábulo, separada por sexo (n=256).

Duração Relativa (%)	Átono Média (dp) CV	Tônico Média (dp) CV	p valor	[ẽ] Média (dp) CV	[ê] Média (dp) CV	[i] Média (dp) CV	[õ] Média (dp) CV	[ũ] Média (dp) CV	p valor
Feminino (n=154)									
Produção Consonantal (n=112)	38 (8) ^a 22%	32 (8) ^a 25%	<0,001*	33 (10) ^c 31%	35 (10) ^c 29%	34 (7) ^c 20%	34 (8) ^c 22%	35 (9) ^c 26%	0,837
Produção Vocábica (n=42)	42 (9) ^a 21%	33 (11) ^a 33%		45 (12) ^c 26%	38 (7) ^c 18%	32 (8) ^c 23%	40 (9) ^c 23%	40 (10) ^c 25%	
Masculino (n=102)									
Produção Consonantal (n=82)	40 (7) ^a 18%	43 (6) ^a 14%	0,093	40 (7) ^b 17%	42 (7) ^b 17%	41 (4) ^b 10%	42 (5) ^b 13%	43 (8) ^b 19%	0,717
Produção Vocábica (n=20)	42 (9) ^a 21%	32 (4) ^a 13%	0,090	41 (12) ^b 29%	41 (8) ^b 20%	35 (7) ^b 19%	44 (8) ^b 19%	41 (12) ^b 29%	0,777

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; duração relativa (%); n - número; a - estatística não-paramétrica com teste Mann-Whitney; b - estatística não-paramétrica com teste Kruskal-Wallis; c - estatística paramétrica ANOVA; * - valor significativo ($p < 0,05$).

Com base nos resultados da Tabela 14, verificamos que o contexto de tonicidade influenciou a duração relativa das produções consonantais e vocálicas somente para o sexo feminino, com valores maiores em contexto átono.

Como estamos analisando as consoantes e não as vogais (núcleos das sílabas em PB) e que, geralmente, em contexto tônico as vogais apresentam maior duração do que em contexto átono, talvez, o que estejamos vendo aqui seja o comportamento que ocorre entre consoantes vozeadas e não-vozeadas. Na maior parte dos casos, diante de consoantes vozeadas, a vogal tem maior duração. Segundo Reetz e Jongman (2009), isso ocorre porque as consoantes vozeadas são mais curtas em função de questões de pressão para a manutenção do vozeamento, em especial as consoantes oclusivas e fricativas. Assim, nesses casos, a vogal é mais longa. E ocorre o inverso quando a consoante de *onset* é não-vozeada. Então esse tipo de compensação feito pela vogal e/ou pela consoante, pode estar acontecendo entre contexto tônico e átono. Assim, como, em contexto tônico, a vogal frequentemente é mais longa do que em contexto átono, ocorre o inverso com a consoante que ocupa o *onset* dessas sílabas, sendo mais curta em contexto tônico e mais longa em contexto átono. Esse fato teria de ser verificado em estudos futuros que levem em conta a duração relativa dos sons que constituem as sílabas do PB, considerando o contexto de tonicidade.

Há, também, que se considerar tratem-se de valores de duração relativa (% em que o som-alvo ocupa na sílaba) e não de duração absoluta (ms), como pesquisado em estudos brasileiros (GAMBA, 2014; SEARA, 2000; SOUSA, 1994). Na presente tese, a duração absoluta exibiu valores mais altos no contexto tônico do que no átono, principalmente para o sexo masculino, que apresentou na produção consonantal: 103 ms (tônico) e 82 ms (átono); e na produção vocálica: 70 ms (tônico) e 85 ms (átono). Já, para o sexo feminino, esses valores variaram por tipo de produção, apresentando na produção consonantal: 76 ms (tônico) e 84 ms (átono) e na produção vocálica: 59 ms (tônico) e 57 ms (átono).

Os dados referentes às produções dos participantes masculinos apresentaram resultados marginais nos testes estatísticos ($p=0,09$) apresentados na Tabela 14, se considerarmos o valor de p estabelecido ($p<0,05$). E levando em conta esses valores marginais (que se aproximam de serem significativos, mas não o são), veremos que, apenas, os dados relacionados à variante consonantal apresentaram

maior duração em contextoônico. Esse fato corrobora os achados de Gamba (2011) e Seara (2000).

De acordo ainda com a Tabela 14, o contexto vocálico precedente não exerceu influência significativa nos valores da duração relativa para os sons-alvo em ambos os sexos.

Com esses resultados, começamos a responder nossa décima questão de pesquisa (Q10) – parâmetros acústicos. Em relação à duração relativa, confirmamos em parte nossa hipótese (H10), de que haveria diferenças estatísticas na duração relativa das variações encontradas para as produções da consoante nasal palatal entre o contextoônico e átono, pois ocorreu somente para o sexo feminino. Já, dependendo do contexto vocálico precedente, nossa hipótese (H10) de que haveria diferenças significativas não foi confirmada.

A seguir apresentamos, na Tabela 15, os resultados estatísticos referentes à produção consonantal e vocálica, quanto às frequências dos formantes nasais e aos intervalos entre as frequências desses formantes em função do contexto de tonicidade, considerando as produções de cada sexo em separado.

Tabela 15 – Frequências e intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) por contexto de tonicidade, entre produção nasal consonantal e vocálica, separados por sexo (n total=256).

	Átono			Tônico			
Parâmetros	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	p valor
Feminino (n=154)							
Produção Consonantal (n=112)							
FN1 ^b	269	24	29	238	33	14	<0,001*
FN2 ^a	1375	403	18	1358	421	31	0,641
FN3 ^b	2406	438	17	2372	432	18	0,408
FN4 ^b	3127	526	37	3117	539	17	0,927
FN2-FN1 ^a	1105	414	39	1120	427	38	0,939
FN3-FN2 ^b	1032	407	40	1014	364	36	0,811
FN4-FN3 ^a	721	292	29	745	360	48	0,887
Produção Vocálica (n=42)							
FN1 ^a	257	20	8	224	44	20	0,003*
FN2 ^a	1332	459	34	1204	328	27	0,497
FN3 ^a	2242	568	25	2397	328	14	0,723
FN4 ^a	2950	654	22	3080	412	13	0,813
FN2-FN1 ^a	1075	460	43	980	357	36	0,723
FN3-FN2 ^a	909	444	49	1193	420	35	0,132

FN4-FN3 ^a	708	302	43	683	168	25	0,813
Masculino (n =102)							
Produção Consonantal (n=82)							
FN1 ^a	268	32	12	264	44	17	0,728
FN2 ^a	1497	347	23	1657	396	24	0,063
FN3 ^a	2306	421	18	2528	473	19	0,015*
FN4 ^b	3223	375	12	3346	454	14	0,198
FN2-FN1 ^a	1229	354	29	1393	407	29	0,060
FN3-FN2 ^b	809	265	33	871	341	39	0,379
FN4-FN3 ^a	917	315	34	818	404	49	0,125
Produção Vocálica (n=20)							
FN1 ^a	262	24	9	282	19	7	0,081
FN2 ^a	1680	370	22	1095	89	8	0,039*
FN3 ^a	2495	387	16	2243	42	2	0,290
FN4 ^a	3188	278	9	3410	263	8	0,169
FN2-FN1 ^a	1418	366	26	813	88	11	0,023*
FN3-FN2 ^a	815	229	28	1148	78	7	0,030*
FN4-FN3 ^a	693	316	46	1167	223	19	0,050

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; FN - formante nasal (Hz); n – número total; a - estatística não-paramétrica com teste Mann-Whitney; b - estatística paramétrica com Teste t independente; * - valor significativo ($p < 0,05$).

Os resultados da Tabela 15 indicaram que, para o sexo feminino, houve diferenças significativas entre os valores de FN1 em função da tonicidade da sílaba na produção consonantal (269 Hz no contexto átono e 238 Hz no contexto tônico) e na vocálica (257 Hz no contexto átono e 224 Hz no contexto tônico), demonstrando certa regularidade nas produções femininas. Para o sexo masculino, no entanto, houve diferenças significativas entre os valores de FN3 na produção consonantal e de FN2 na produção vocálica, em função da tonicidade da sílaba. Apesar das diferenças estatísticas observadas, não há nenhuma sistematicidade ou formante nasal mais propenso a apresentar essas diferenças, considerando os dois sexos.

Entre os valores dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais (FN2-FN1 e FN3-FN2) em função do contexto de tonicidade também houve diferenças significativas, somente nas produções vocálicas emitidas pelo sexo masculino. E novamente observamos que o contexto de tonicidade, apesar das diferenças observadas, também não mostrou sistematicidade nos intervalos analisados.

A seguir, na Tabela 16, estão apresentados os dados das frequências dos formantes nasais e dos intervalos entre essas

frequências, entre o contexto vocálico precedente por produção nasal consonantal e vocálica.

Tabela 16 – Frequências e intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) por contexto vocálico precedente, entre produção nasal consonantal e vocálica, separados por sexo (n total=256).

Parâmetros	[ẽ]			[ê]			[ĩ]			[ô]			[ũ]			p valor
	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	
Feminino (n=154)																
Produção Consonantal	(n=18 - 16%)			(n=22 - 20%)			(n=23 - 21%)			(n=24 - 21%)			(n=25 - 22%)			
FN1 ^b	252	32	13	255	29	11	248	35	14	254	36	14	246	34	14	0,892
FN2 ^a	1518	473	31	1432	540	38	1280	310	24	1322	324	25	1314	387	29	0,616
FN3 ^b	2453	450	18	2545	455	18	2373	386	16	2337	361	15	2256	481	21	0,199
FN4 ^b	3253	614	19	3218	508	16	2997	409	14	3245	595	18	2936	480	16	0,113
FN2-FN1 ^a	1266	476	38	1177	553	47	1032	310	30	1069	337	32	1068	398	37	0,684
FN3-FN2 ^b	935	391	42	1113	374	34	1093	346	32	1014	372	37	942	416	44	0,397
FN4-FN3 ^a	801	350	44	673	307	46	624	264	42	908	399	44	680	274	40	0,053
Produção Vocálica	(n=12 - 29%)			(n=8 - 19%)			(n=7 - 17%)			(n=10 - 24%)			(n=5 - 12%)			
FN1 ^a	249	44	18	244	18	7	240	32	13	256	26	10	257	4	2	0,538
FN2 ^a	1291	359	28	1291	387	30	1353	545	40	1305	507	39	1265	509	40	0,998
FN3 ^a	2415	318	13	2326	669	29	2290	350	15	2267	529	23	1882	812	43	0,706
FN4 ^a	3040	431	14	3073	792	26	2914	330	11	3043	677	22	2661	869	33	0,731
FN2-FN1 ^a	935	371	40	1047	390	37	1113	536	48	1049	516	49	1008	510	51	0,997

FN3-FN2 ^a	1124	286	25	1035	432	42	937	328	35	962	427	44	618	332	54	0,189
FN4-FN3 ^a	625	371	40	747	347	46	624	201	32	776	311	40	779	307	59	0,678
Masculino (n=102)																
Produção	(n=18 - 22%)			(n=17 - 21%)			(n=15 - 18%)			(n=13 - 16%)			(n=19 - 23%)			
Consonantal																
FN1 ^a	268	38	14	270	38	14	269	48	18	263	44	17	258	31	12	0,755
FN2 ^a	1569	414	26	1623	330	20	1644	375	23	1645	447	27	1503	381	25	0,736
FN3 ^a	2454	563	23	2454	410	17	2350	441	19	2542	484	19	2398	438	18	0,943
FN4 ^a	3231	511	16	3366	407	12	3179	427	13	3435	439	13	3286	339	10	0,858
FN2-FN1 ^a	1302	407	31	1353	338	25	1375	403	29	1382	465	34	1246	391	31	0,742
FN3-FN2 ^a	885	378	43	831	286	34	707	228	32	897	287	32	894	333	37	0,436
FN4-FN3 ^b	619	318	51	912	436	48	829	336	41	893	477	53	889	323	36	0,825
Produção	(n=6 - 30%)			(n=3 - 15%)			(n=5 - 25%)			(n=3 - 15%)			(n=3 - 15%)			
Vocalica																
FN1 ^a	268	22	8	257	39	15	276	24	9	261	23	9	251	21	8	0,614
FN2 ^a	1617	467	29	1367	492	36	1611	502	31	1652	281	17	1677	275	16	0,860
FN3 ^a	2650	459	17	2210	211	10	2523	348	14	2373	376	16	2295	247	11	0,546
FN4 ^a	3223	316	10	3084	570	18	3325	154	5	3214	253	8	3189	79	2	0,794
FN2-FN1 ^a	1349	448	33	1110	484	44	1335	521	39	1391	298	21	1426	291	20	0,892
FN3-FN2 ^a	1033	187	18	842	344	41	911	240	26	721	101	14	618	150	24	0,110
FN4-FN3 ^a	866	279	32	2027	464	23	803	489	61	841	188	22	895	216	24	0,587

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FN - formante nasal (Hz); n – número total; a - estatística não-paramétrica com teste Kruskal-Wallis; b - estatística paramétrica ANOVA; * - valor significativo ($p < 0,05$).

Com base na Tabela 16, observamos que não houve diferenças significativas entre os valores das frequências dos formantes nasais e entre os intervalos das frequências desses formantes em função da vogal precedente, indicando que o contexto vocálico não influenciou esses parâmetros na produção consonantal ou vocálica.

Uma justificativa para esses resultados pode estar no fato de não termos incluído a parte de transição entre a vogal e a consoante em nossa análise dos dados acústicos, e termos privilegiado os parâmetros acústicos da parte medial do som consonantal. Isso pode ter levado à uma análise que reduziu os efeitos coarticulatórios da sobreposição entre o *offset* da vogal precedente e o *onset* da consoante nasal (produção consonantal e vocálica), uma vez que, segundo Bell-Berti (1993), a coprodução propõe que a natureza da estrutura do núcleo de um som não muda, mas que a sua realização pode parecer modificada à medida que ele se sobrepõe mais e menos com os *onsets* e *offsets* de outros sons.

Ainda, esses resultados que mostraram não haver relevância do fator contexto vocálico precedente na produção consonantal ou vocálica, corroboram estudos como os de Soares (2008), no Pará, e Gamba (2014), em Santa Catarina. No entanto, diferem dos achados apresentados por Gamba (2011), quando foram verificadas diferenças condicionadas pelo contexto vocálico precedente.

Porém, quando observamos o tipo de produção (consonantal e vocálico) cruzado com o contexto vocálico precedente, destaca-se a vogal alta posterior e arredondada [ũ] (45%) favorecendo a maioria dos dados consonantais, e a vogal precedente baixa central [ẽ] (59%) favorecendo os dados vocálicos. A questão do arredondamento da vogal como produção articulatória condicionante da consoante nasal palatal já foi verificada por Pinheiro (2009) em produções de falantes de Minas Gerais. Também Soares (2002) encontrou o contexto precedente ocupado por vogal anterior como desfavorável à produção [ɲ].

Então podemos nos perguntar: o contexto vocálico arredondado e posterior privilegiaria a produção da consoante [ɲ] e o contexto de vogal baixa beneficiaria a produção vocálica? Embora não confirmado estatisticamente na presente pesquisa, como suposição, no primeiro caso, articulatoriamente, a língua estaria mais alta na produção de [ũ] e o movimento se aproximaria mais da produção de [ɲ], enquanto, no segundo caso, a língua estaria mais baixa em [ẽ] o que facilitaria a produção vocálica.

Esses resultados contribuem para a resposta de nossa décima questão de pesquisa (Q10), quanto à diferença significativa entre os valores das frequências dos formantes nasais e entre os intervalos entre essas frequências, em função da tonicidade da sílaba e da qualidade vocálica precedente, nas variações encontradas para as produções da consoante nasal palatal. E nossa hipótese (H10) de que diferenças estatísticas existiriam foi parcialmente confirmada, porém com dados inconclusivos, visto que o contexto de tonicidade influenciou as frequências de alguns formantes (FN1, FN2 e FN3) (variando nos sexos) e de alguns intervalos entre essas frequências (FN2-FN1 e FN3-FN2) (somente para o sexo masculino). Já os resultados do contexto vocálico precedente nesses parâmetros acústicos não confirmaram a nossa hipótese de que haveria diferenças significativas.

Concluímos a apresentação dos resultados abrangendo a investigação acústica sobre a consoante nasal palatal e suas variações, e continuaremos com a análise aerodinâmica desses dados de fala.

4.2.4 Análise aerodinâmica da consoante nasal palatal e suas variações

Os resultados obtidos por meio da análise aerodinâmica, coletada com o piezoelétrico, serão apresentados inicialmente de modo qualitativo com as configurações das curvas de FAN.

A seguir, realizaremos a análise quantitativa dos parâmetros aerodinâmicos (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim) das curvas de FAN, que incluirá aspectos como sexo, contexto de tonicidade, contexto vocálico precedente e participante.

4.2.4.1 Análise aerodinâmica qualitativa da consoante nasal palatal

Primeiro, foram analisados os dados aerodinâmicos correspondentes à consoante nasal palatal (Cn) em conjunto com os das vogais adjacentes (V_1 e V_2), buscando-se padrões de configurações para as ocorrências das curvas de FAN na região V_1CnV_2 . Para essa análise utilizamos 100 dados registrados pelo piezoelétrico.

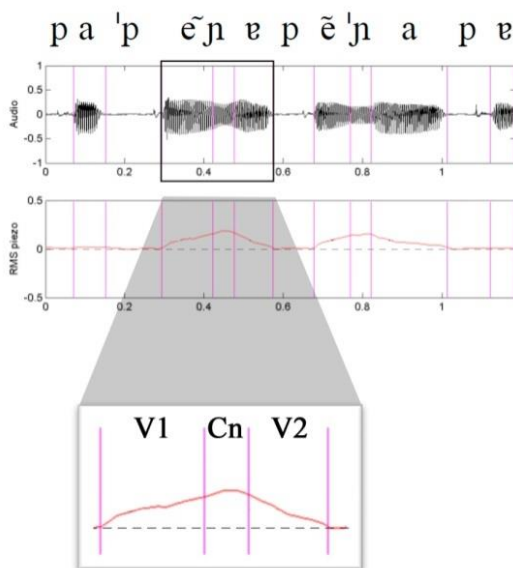
Destacamos que, nesse momento, não consideramos a divisão acústica por produção nasal consonantal ou vocálica. Por isso, mantivemos o símbolo [n] para a transcrição fonética.

Isso nos permitiu observar quatro configurações aerodinâmicas diferentes, que estão descritas e representadas de acordo com as Figuras

56, 57, 58 e 59.

Na Configuração Aerodinâmica 1, de acordo com a Figura 56, a amplitude da curva de FAN progride lentamente (em rampa) a partir da vogal precedente (V_1) até atingir a amplitude máxima no som-alvo (Cn) e decresce lentamente para amplitude zero (linha preta pontilhada) que é atingida na vogal seguinte (V_2).

Figura 56 – Traçado da curva do FAN para a Configuração Aerodinâmica 1 nos logatomas [pa'pẽɲe pẽ'ɲapɐ] (L3). Em destaque, curva de FAN de ['ẽɲɐ].

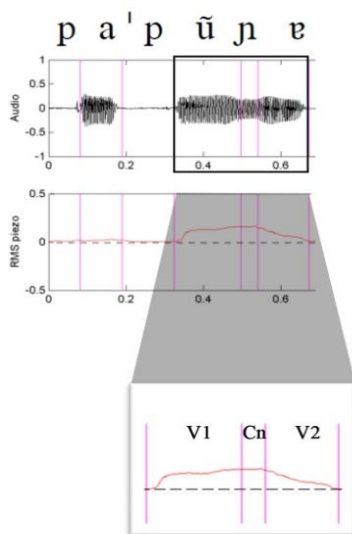


Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: FAN - fluxo aéreo nasal; V_1 - vogal precedente; Cn - som-alvo; V_2 - vogal seguinte.

Para a Configuração Aerodinâmica 2, conforme Figura 57, a amplitude da curva de FAN progride rapidamente na vogal precedente (V_1), subindo para uma amplitude máxima que é atingida no som-alvo (Cn). A partir daí, a amplitude vai decrescendo até atingir amplitude zero (linha preta pontilhada) na vogal seguinte (V_2).

Figura 57 – Traçado da curva do FAN para a Configuração Aerodinâmica 2 no logatoma [pa'pũɲe] (L3). Em destaque, curva de FAN de ['ũɲe].



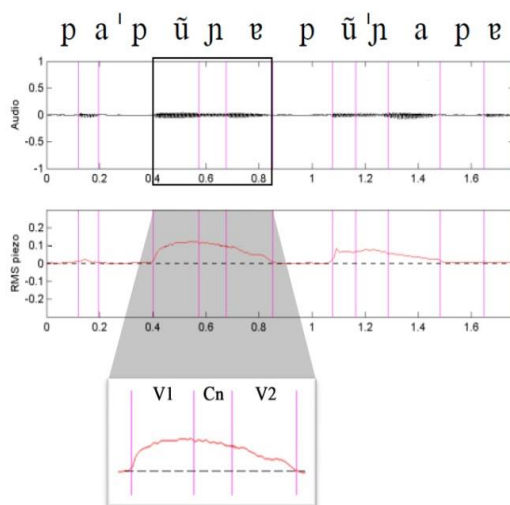
Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: FAN - fluxo aéreo nasal; V_1 - vogal precedente; Cn - som-alvo; V_2 - vogal seguinte.

A Configuração Aerodinâmica 1 caracteriza-se por ter o pico do FAN na região da Cn (som-alvo), o que é semelhante à Configuração Aerodinâmica 2. A diferença entre essas configurações está em V_1 , na qual a curva de FAN caracteriza-se por rampa na Configuração Aerodinâmica 1, enquanto na Configuração Aerodinâmica 2, o início acontece rapidamente. Para ambas as configurações, observamos variação temporal no início da curva de FAN ao longo de V_1 e também no pico máximo em Cn.

Na Configuração Aerodinâmica 3, conforme Figura 58, a amplitude da curva de FAN aumenta rapidamente na vogal precedente (V_1), atingindo uma amplitude máxima que se mantém semelhante no som-alvo (Cn). Em seguida, a amplitude da curva de FAN vai decrescendo lentamente até atingir amplitude zero (linha preta pontilhada) na vogal seguinte (V_2). Também verificamos variação temporal no início da curva de FAN ao longo de V_1 .

Figura 58 – Traçado da curva do FAN para a Configuração Aerodinâmica 3 nos logatomas [pa'pũɲe pũ'ɲapɐ] (L2). Em destaque, curva de FAN de ['ũɲɐ].

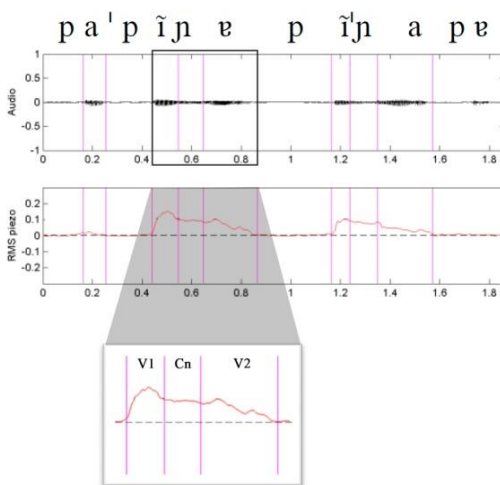


Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: FAN - fluxo aéreo nasal; V₁ - vogal precedente; Cn - som-alvo; V₂ - vogal seguinte.

Na Configuração Aerodinâmica 4, de acordo com Figura 59, a amplitude da curva de FAN aumenta abruptamente até atingir amplitude máxima na vogal precedente (V₁), vai decrescendo ainda na vogal precedente (V₁) e no som-alvo (Cn). Em seguida, pode ou não ter um aumento de FAN na vogal seguinte (V₂) e vai decrescendo lentamente até atingir amplitude zero (linha preta pontilhada).

Figura 59 – Traçado da curva do FAN para a Configuração Aerodinâmica 4 nos logatomas [pa'pĩɲe pĩ'ɲapɐ] (L2). Em destaque, curva de FAN de [ĩɲe].



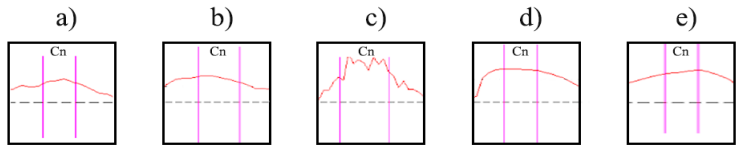
Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: FAN - fluxo aéreo nasal; V₁ - vogal precedente; Cn - som-alvo; V₂ - vogal seguinte.

Observamos diferenças em termos do local de amplitude máxima da curva de FAN entre as quatro configurações descritas. Uma maior amplitude foi apresentada para a região da consoante nasal nas Configurações Aerodinâmicas 1 e 2, já a Configuração Aerodinâmica 3 apresentou amplitude semelhante na vogal precedente e no som-alvo. A Configuração Aerodinâmica 4 mostrou maior amplitude da curva de FAN na região da vogal que precede o som-alvo.

Na sequência, verificamos a configuração aerodinâmica da curva apenas sobre os sons-alvo (Cn) – somente a região da consoante sem as vogais adjacentes. A partir dessa verificação, foi possível descrever cinco tipos de traçados das curvas de FAN, por frequência de ocorrência: (a) com subida e descida; (b) decrescente; (c) com mais de uma subida e descida; (d) plano; (e) crescente, segundo ilustrações mostradas na Figura 60.

Figura 60 – Traçados das curvas de FAN nos sons-alvo.



Fonte: Dados primários (2017).
Legenda: Cn - Som-alvo; FAN - fluxo aéreo nasal.

No cruzamento de dados das Configurações Aerodinâmicas da região V_1CnV_2 com os traçados das curvas dos sons-alvo (Cn), verificamos o número de dados exposto na Tabela 17.

Tabela 17 – Configurações aerodinâmicas da região V_1CnV_2 e traçados das curvas dos sons-alvo (n=100).

Traçados das curvas dos sons-alvo						
Configurações Aerodinâmicas	a	b	c	d	e	Total (n)
Conf. Aerod. 1	23	3	7	0	4	37
Conf. Aerod. 2	14	2	3	1	2	22
Conf. Aerod. 3	3	19	2	5	0	29
Conf. Aerod. 4	1	8	0	3	0	12
Total (n)	41	32	12	9	6	100

Fonte: Dados primários (2017).
Legenda: n - número; traçado: a - com subida e descida; b - decrescente; c - com mais de uma subida e descida; d - plano; e - crescente.

Conforme Tabela 17, para a Configurações Aerodinâmicas 1 e 2, as curvas dos sons-alvo caracterizaram-se, principalmente (81% (23+7 = 30 dados) e 77% (14+3= 17 dados), respectivamente), pelos traçados (a) com subida e descida e (c) com mais de uma subida e descida. Já para a Configuração Aerodinâmica 3, como também para a Configuração Aerodinâmica 4, a curva de FAN na região do som-alvo apresentou-se, principalmente (83% (19+5= 24 dados) e 94% (8+3= 11 dados), respectivamente), com o traçado (b) decrescente e (d) plano. Como ocorreram valores nulos em algumas caselas no cruzamento dos dados, não foi possível utilizar um teste de associação para verificar a probabilidade (p) das associações entre as configurações aerodinâmicas em V_1CnV_2 e os traçados das curvas dos sons-alvo (Cn).

De acordo com a Tabela 18, constatamos que as Configurações

Aerodinâmicas 1 e 2 ocorreram mais em contexto tônico, enquanto as Configurações Aerodinâmicas 3 e 4 ocorreram mais em contexto átono. Entretanto, o teste qui-quadrado não indicou associação significativa entre a tonicidade e as Configurações Aerodinâmicas 1, 2, 3 e 4.

Tabela 18 – Configurações aerodinâmicas da região V_1CnV_2 e dos traçados das curvas dos sons-alvo por contexto de tonicidade e vocálico precedente (n=100).

Configurações Aerodinâmicas	Tonicidade		Vogal precedente				
	átono	tônico	[ẽ]	[ê]	[ĩ]	[õ]	[ũ]
Conf. Aerod. 1 (n=37)	16	21	10	12	6	6	3
Conf. Aerod. 2 (n=22)	9	13	5	2	2	8	5
Conf. Aerod. 3 (n=29)	17	12	3	5	8	3	10
Conf. Aerod. 4 (n=12)	8	4	2	1	4	1	4
Traçado a (n=41)	25	16	11	10	6	11	3
Traçado b (n=32)	20	12	5	4	7	3	13
Traçado c (n=12)	2	10	1	3	2	3	3
Traçado d (n=9)	3	6	0	1	5	1	2
Traçado e (n=6)	0	6	3	2	0	0	1

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: Conf. Aerod. - Configuração Aerodinâmica; traçados: a - com subida e descida; b - decrescente; c - com mais de uma subida e descida; d - plano; e - crescente.

Da mesma forma, quanto ao contexto vocálico, verificamos que a vogal precedente parece não influenciar a configuração do FAN, uma vez que todas as configurações apareceram diante de todas as vogais e não houve associação significativa com o teste qui-quadrado.

Para os dados dos traçados aerodinâmicos dos sons-alvo (Cn) por contexto de tonicidade e vocálico precedente, foi possível apresentá-los na Tabela 18 com frequências descritivas, mas a análise estatística com o teste de associação qui-quadrado mais uma vez não pôde ser realizada devido aos valores nulos em algumas caselas no cruzamento dos dados. Sendo assim, não foi possível indicar qualquer associação significativa entre essas variáveis. Destacamos, apenas, o fato de ter ocorrido maior número de traçados (a) e (b) no contexto átono e os demais traçados (c), (d), (e) em maior frequência no contexto tônico.

Conforme os dados apresentados, por meio da análise aerodinâmica qualitativa, conseguimos estabelecer configurações aerodinâmicas distintas de curvas de FAN advindas do piezoelétrico para a consoante nasal palatal do PB, denominadas de Configurações Aerodinâmicas 1, 2,

3 e 4. Assim, respondemos a sétima questão de pesquisa (Q7), confirmando a hipótese (H7) de que haveria configurações diferentes de curvas de FAN para a consoante nasal palatal. Entretanto, não foi possível estabelecer uma associação significativa entre essas configurações e os contextos de tonicidade ou vocálico precedente.

A questão a ser verificada agora diz respeito a uma possível relação entre essas configurações de FAN identificadas para a consoante [ɲ] com as variações fônicas caracterizadas na análise acústica como produções nasais consonantais e vocálicas. Para isso, a seguir faremos uma comparação dessas configurações aerodinâmicas com as diferentes produções acústicas para a consoante nasal palatal. Na Tabela 19, são contabilizadas as ocorrências das configurações aerodinâmicas de FAN (Figuras 56, 57, 58 e 59) e dos traçados das curvas de FAN dos sons-alvo (Figura 60), por caracterização acústica (produção nasal consonantal e vocálica).

Destacamos que, na Tabela 19, os dados de cada configuração aerodinâmica foram analisados, primeiramente, levando em conta o total de produções consonantais e, em seguida, levando em conta o total de produções vocálicas. O mesmo procedimento foi usado para os traçados aerodinâmicos. Essa estratégia foi usada em função da quantidade de dados de produções consonantais e vocálicas serem muito distintos.

Tabela 19 – Configurações aerodinâmicas e traçados dos sons-alvo, por produção nasal consonantal e vocálica (n=100).

	Produção Consonantal (n = 74)	Produção Vocálica (n = 26)
Conf. Aerod. 1 (n = 37)	26 (35%)	11 (42%)
Conf. Aerod. 2 (n = 22)	17 (23%)	5 (19%)
Conf. Aerod. 3 (n = 29)	20 (27%)	9 (35%)
Conf. Aerod. 4 (n = 12)	11 (15%)	1 (4%)
Traçado a (n = 41)	27 (36%)	14 (54%)
Traçado b (n = 32)	24 (32%)	8 (31%)
Traçado c (n = 12)	10 (13%)	2 (7%)
Traçado d (n = 9)	8 (11%)	1 (4%)
Traçado e (n = 6)	5 (8%)	1 (4%)

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: Conf. Aerod. - configuração aerodinâmica da região V_1CnV_2 ; n - número; traçados aerodinâmicos dos sons-alvo (Cn): a - com subida e descida; b - decrescente; c - com mais de uma subida e descida; d - plano; e - crescente.

De acordo com a Tabela 19, observamos que tanto as configurações aerodinâmicas da região V_1CnV_2 quanto os traçados aerodinâmicos dos sons-alvo (Cn), distribuem-se de forma equilibrada quando comparados às ocorrências da produção consonantal e da vocálica. O teste qui-quadrado não indicou associação significativa entre as variáveis.

Portanto, não podemos afirmar, devido ao número de dados analisados e aos resultados obtidos, que as configurações aerodinâmicas distintas de curvas de FAN estejam associadas às diferentes produções acústicas. Esse resultado responde à oitava questão de pesquisa (Q8) e confirma a hipótese (H8) de que não haveria associação entre as variações acústicas da consoante nasal palatal e as configurações aerodinâmicas do FAN.

Ainda, essa análise parece indicar que as características aerodinâmicas independem do som-alvo referente à consoante nasal palatal, ou seja, se é uma produção consonantal ou vocálica.

Podemos relacionar esses resultados, então, com questões articulatórias relativas ao véu palatino, uma vez que seus movimentos de abertura e fechamento variam temporalmente, conforme comprovou o estudo de Moll e Shriner (1967), podendo iniciar sua abertura até mesmo duas vogais antes da emissão da consoante nasal, ou ainda, iniciar seu fechamento durante a própria consoante nasal, durante o movimento preparatório para a produção da vogal ou durante a produção da vogal propriamente dita. Assim, isso pode estar relacionado com as diferentes curvas aerodinâmicas encontradas na produção da consoante nasal palatal, e por essa razão não tem relação com os sons produzidos (produção consonantal e vocálica), mas com essas variações temporais de movimento de abertura e fechamento do véu palatino que interferem nas configurações das curvas de FAN.

4.2.4.2 Análise aerodinâmica quantitativa da consoante nasal palatal

Pretendemos analisar os parâmetros aerodinâmicos das curvas de FAN, a saber: valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim, referentes às produções da consoante nasal palatal e suas variações, considerando contexto de tonicidade e contexto vocálico precedente.

Com a divisão de grupos pelo sexo (feminino e masculino) (*cf.* Seção 4.2.1), o número de dados, especialmente para o sexo masculino e quanto à produção vocálica ficou muito reduzido com $n=8$ para análise

geral dos parâmetros aerodinâmicos. Além disso, subdividindo por tonicidade, restaram 3 e 5 dados por contexto silábico, e por contexto vocálico precedente, não houve dados suficientes.

Sabemos que um dos grandes problemas com o valor-p é que ele está relacionado ao tamanho da amostra. Mesmo assim, as análises por frequência de ocorrência foram realizadas por entendermos que, além do valor-p (significância estatística), os achados estão relacionados à questão da pesquisa e às suas bases teóricas e, talvez, possam contribuir para um melhor entendimento das questões aqui investigadas.

Seguimos com a exposição dos valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN entre a produção nasal consonantal e vocálica, por sexo, na Tabela 20.

Tabela 20 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) entre produção nasal consonantal e vocálica, separados por sexo (n total=100).

Produção Consonantal					Produção Vocálica				
Parâmetros	Min /Máx	Média	dp	CV (%)	Min/ Máx	Média	dp	CV (%)	p valor
Feminino (n=60)		(n=42)			(n=18)				
Mínimos ^b	0,039/ 0,206	0,110	0,043	39	0,032/ 0,179	0,109	0,046	42	0,965
Médios ^b	0,053/ 0,217	0,124	0,042	34	0,071/ 0,182	0,133	0,036	27	0,393
Máximos ^b	0,068/ 0,224	0,135	0,042	31	0,088/ 0,191	0,148	0,034	23	0,249
Do início ^b	0,050/ 0,215	0,124	0,042	34	0,060/ 0,180	0,130	0,036	28	0,584
Do meio ^b	0,058/ 0,224	0,128	0,042	33	0,075/ 0,183	0,137	0,036	26	0,447
Do fim ^b	0,061/ 0,222	0,128	0,043	34	0,075/ 0,189	0,140	0,037	26	0,289
Masculino (n=40)		(n=32)			(n=8)				
Mínimos ^a	0,075/ 0,310	0,153	0,048	31	0,038/ 0,316	0,175	0,089	51	0,447
Médios ^a	0,121/ 0,369	0,221	0,071	32	0,143/ 0,333	0,208	0,071	34	0,892
Máximos ^a	0,131/ 0,407	0,260	0,088	34	0,171/ 0,355	0,227	0,068	30	0,521

Do início ^a	0,122/ 0,407	0,232	0,077	33	0,150/ 0,316	0,209	0,062	30	0,532
Do meio ^a	0,123/ 0,393	0,235	0,082	35	0,145/ 0,342	0,218	0,070	32	0,866
Do fim ^a	0,117/ 0,376	0,233	0,084	36	0,140/ 0,355	0,218	0,076	35	0,919

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FAN - fluxo aéreo nasal; Mín - mínimo; Máx - máximo; n - número; RMS - *Root Means Square*; a - estatística não-paramétrica com teste Mann-Whitney; b - estatística paramétrica com Teste t independente.

De acordo com os resultados na Tabela 20, não houve diferenças significativas para as médias dos valores aerodinâmicos (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN) entre a produção consonantal e vocálica para cada sexo em separado. Isso responde à nona questão de pesquisa (Q9) e indica que não confirmamos a hipótese (H9) de que haveria diferenças estatísticas entre esses valores aerodinâmicos entre as variações da consoante nasal palatal. Assim, as diferenças esperadas na saída do fluxo aéreo não foram refletidas nesses parâmetros aerodinâmicos e, por consequência, não definiram cada uma das variações da consoante nasal palatal.

Nossa hipótese se constituiu com base nas diferenças articulatórias e aerodinâmicas esperadas para a produção de sons nasais vocálicos e consonantais, de acordo com o que explicamos na Seção 2.2 (*cf.* Figura 2 (b, c)). Por isso, esperávamos que as produções mais consonantais tivessem valores maiores de FAN, inferindo maior saída de ar pela cavidade nasal, no sentido que todo o ar passa pelo nariz durante sua articulação. Já, nos dados mais vocálicos esperávamos o inverso, ou seja, valores menores de FAN devido ao fluxo de ar escapar concomitantemente pela cavidade oral e nasal. Entretanto, isso não pôde ser confirmado pela análise estatística, talvez pelo pouco número de dados.

Na Tabela 21 estão os resultados obtidos quanto aos parâmetros aerodinâmicos investigados em função do contexto de tonicidade (átono eônico) para a produção nasal consonantal e vocálica, para cada sexo em separado. Tentaremos aqui, entender se há diferenças aerodinâmicas entre esses contextos.

Tabela 21 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) por contexto de tonicidade (átono e tônico) entre produção nasal consonantal e vocálica, separados por sexo (n=100).

Átono				Tônico			
Parâmetros	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	p valor
Feminino (n=60)							
Produção Consonantal	(n=18)			(n=24)			
Mínimos	0,124	0,044	35	0,099	0,040	40	0,047*
Médios	0,140	0,042	30	0,111	0,039	35	0,033*
Máximos	0,154	0,040	26	0,120	0,037	31	0,026*
Do início	0,143	0,039	27	0,109	0,039	36	0,021*
Do meio	0,145	0,043	30	0,115	0,038	33	0,041*
Do fim	0,145	0,044	30	0,115	0,038	33	0,045*
Produção Vocálica	(n=12)			(n=6)			
Mínimos	0,124	0,045	36	0,079	0,032	41	0,025*
Médios	0,152	0,023	15	0,097	0,027	28	0,004*
Máximos	0,167	0,018	11	0,109	0,023	21	0,002*
Do início	0,149	0,019	13	0,091	0,028	31	0,002*
Do meio	0,156	0,022	14	0,099	0,028	28	0,004*
Do fim	0,160	0,022	14	0,101	0,030	30	0,003*
Masculino (n=40)							
Produção Consonantal	(n=15)			(n=17)			
Mínimos	0,166	0,053	32	0,142	0,042	30	0,192
Médios	0,210	0,075	36	0,231	0,067	29	0,326
Máximos	0,237	0,086	36	0,280	0,088	31	0,108
Do início	0,212	0,078	37	0,250	0,073	29	0,126
Do meio	0,224	0,088	39	0,244	0,077	32	0,637
Do fim	0,221	0,087	39	0,243	0,083	34	0,558
Produção Vocálica	(n=5)			(n=3)			
Mínimos	0,210	0,086	41	0,117	0,072	62	0,180
Médios	0,231	0,082	35	0,170	0,028	16	0,297
Máximos	0,248	0,081	33	0,192	0,015	8	0,655
Do início	0,228	0,071	31	0,177	0,027	15	0,297
Do meio	0,237	0,085	36	0,187	0,019	10	0,655
Do fim	0,241	0,090	37	0,179	0,021	12	0,456

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FAN - fluxo aéreo nasal; n - número; RMS - *Root Means Square*; estatística não-paramétrica com teste Mann-Whitney; * - valor significativo ($p < 0,05$).

Observamos, conforme a Tabela 21, que, apenas para o sexo feminino, houve diferenças significativas entre todos os valores aerodinâmicos em função do contexto de tonicidade, tanto na produção consonantal quanto na vocálica. Nesse caso, os valores de FAN do contexto átono (pós-tônico) foram maiores do que os obtidos no contextoônico, indicando maior saída de FAN nos sons-alvos das sílabas átonas, produzidos pelas mulheres. Para os homens, não foram observadas diferenças significativas entre os contextos de tonicidade para esses índices aerodinâmicos.

Na Tabela 22, estão os resultados obtidos para os parâmetros aerodinâmicos investigados nos sons-alvo, em função do contexto vocálico precedente, considerando cada sexo em separado. Os valores apresentados referem-se às produções do tipo consonantal e vocálico referentes aos sons-alvo, e não a parâmetros da vogal precedente propriamente dita. O que se quer observar é a influência dessas vogais na saída de FAN das produções nasais consonantal e vocálica.

Tabela 22 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) por contexto vocálico precedente entre produção nasal consonantal e vocálica, separados por sexo (n=100).

Parâ- metros	[ẽ]			[ê]			[i]			[ô]			[û]			p valor
	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	
Feminino (n=60)																
Prod.Con- sonantal	(n=7 – 17%)			(n=8 – 19%)			(n=9 – 21%)			(n=8 – 19%)			(n=10 – 24%)			
Mínimos	0,099	0,045	45	0,098	0,038	39	0,124	0,049	40	0,109	0,045	41	0,114	0,044	39	0,734
Médios	0,115	0,049	43	0,115	0,036	31	0,133	0,049	37	0,125	0,044	35	0,127	0,039	31	0,926
Máximos	0,126	0,051	40	0,127	0,036	28	0,142	0,046	32	0,137	0,045	33	0,137	0,038	28	0,932
Do início	0,112	0,048	43	0,116	0,038	33	0,135	0,048	36	0,121	0,043	36	0,130	0,039	30	0,873
Do meio	0,119	0,049	41	0,123	0,036	29	0,135	0,052	39	0,133	0,046	35	0,129	0,037	29	0,972
Do fim	0,122	0,051	42	0,121	0,036	30	0,135	0,051	38	0,130	0,047	36	0,129	0,039	30	0,963
Produção Vocálica	(n=5 – 28%)			(n=4 – 22%)			(n=3 – 17%)			(n=4 – 22%)			(n=2 – 11%)			
Mínimos	0,068	0,040	59	0,102	0,050	49	0,141	0,020	14	0,115	0,029	25	0,166	0,019	11	0,054
Médios	0,110	0,040	36	0,132	0,035	27	0,152	0,026	17	0,131	0,033	25	0,171	0,016	9	0,231
Máximos	0,135	0,042	31	0,146	0,037	25	0,161	0,033	20	0,140	0,030	21	0,177	0,012	7	0,527
Do início	0,105	0,040	38	0,128	0,034	27	0,144	0,019	13	0,131	0,035	27	0,174	0,008	5	0,125
Do meio	0,045	0,020	44	0,134	0,033	25	0,153	0,030	20	0,134	0,034	25	0,174	0,013	7	0,316
Do fim	0,047	0,021	45	0,143	0,035	24	0,157	0,029	18	0,136	0,037	27	0,168	0,022	13	0,571

	[ẽ]			[ê]			[i]			[ô]			[û]			
Parâ- metros	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	p valor
Masculino (n=40)																
Prod.Con- sonantal	(n=7 – 22%)			(n=7 – 22%)			(n=4 – 12%)			(n=5 – 16%)			(n=9 – 28%)			
Mínimos	0,155	0,037	24	0,157	0,037	24	0,111	0,031	28	0,168	0,053	32	0,160	0,064	40	0,309
Médios	0,199	0,060	30	0,226	0,075	33	0,245	0,063	26	0,221	0,082	37	0,223	0,083	37	0,770
Máximos	0,236	0,083	35	0,265	0,098	37	0,294	0,074	25	0,261	0,100	38	0,258	0,099	38	0,802
Do início	0,201	0,063	31	0,230	0,068	30	0,261	0,059	23	0,219	0,074	34	0,253	0,102	40	0,687
Do meio	0,209	0,071	34	0,243	0,087	36	0,282	0,080	28	0,224	0,077	34	0,234	0,096	41	0,609
Do fim	0,207	0,075	36	0,248	0,094	38	0,285	0,087	31	0,224	0,081	36	0,222	0,090	41	0,351
Produção Vocalica	(n=1 – 12,5%)			(n=1 – 12,5%)			(n=4 – 50%)			(n=1 – 12,5%)			(n=1 – 12,5%)			
Mínimos	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	0,145	0,101	70	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Médios	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	0,186	0,072	39	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Máximos	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	0,207	0,065	31	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Do início	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	0,191	0,066	35	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Do meio	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	0,199	0,072	36	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Do fim	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	0,199	0,072	36	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FAN - fluxo aéreo nasal; n - número; RMS - *Root Means Square*; estatística não-paramétrica com teste de Kruskal-Wallis; * - valor significativo ($p < 0,05$); s/d - sem dados suficientes.

De acordo com a Tabela 22, constatamos que a qualidade da vogal precedente não interferiu, com diferenças significativas para os índices aerodinâmicos na produção consonantal e vocálica. Apenas podemos referir que a vogal alta posterior [ũ] antecedeu a maioria dos dados nasais consonantais (52%), somando-se as ocorrências de ambos os sexos – feminino (24%) e masculino (28%), em relação à ocorrência das demais vogais nas produções consonantais.

Os resultados mencionados nas Tabelas 21 e 22 permitem finalizar a resposta à décima questão de pesquisa (Q10) – parâmetros aerodinâmicos (iniciada em 4.2.3.2), indicando que a hipótese (H10) foi parcialmente confirmada, pois, somente para o sexo feminino, houve diferenças significativas entre os índices aerodinâmicos em função do contexto ser átono ou tônico. Quanto ao contexto vocálico precedente, não se observou sua influência sobre os índices aerodinâmicos nas produções variantes de [ɲ] aqui investigadas (consonantal e vocálica), não sendo confirmada nossa hipótese (H10) quanto a esse contexto.

Encerramos a apresentação dos resultados aerodinâmicos referentes à consoante nasal palatal do dialeto de Florianópolis e, na sequência, discutiremos sobre a caracterização das variações encontradas: produções consonantais e vocálicas.

4.2.5 Discussão dos resultados da consoante nasal palatal e suas variações

Organizamos nesta seção um resumo dos dados acústicos e aerodinâmicos das variações das produções de [ɲ]: consonantal e vocálica.

Na Tabela 23, buscamos estruturar a caracterização das produções consonantais e vocálicas. Nos parâmetros da análise acústica (duração relativa, frequências dos formantes nasais e intervalos entre as frequências dos formantes nasais), foi indicado se houve ou não diferenças significativas em função de: sexo, participantes, contexto de tonicidade e contexto de vogal precedente, nas produções consonantal e vocálica.

Da mesma forma, foram indicados os parâmetros da análise aerodinâmica (FAN nas regiões da curva) com suas relevâncias estatísticas considerando os mesmos condicionantes da análise acústica: sexo, participantes, contexto de tonicidade e contexto de vogal precedente, também nas produções consonantal e vocálica.

Tabela 23 – Parâmetros acústicos e aerodinâmicos das variações da consoante nasal palatal: produção nasal consonantal e vocálica, e suas relevâncias estatísticas (n=256).

Parâmetros		Média (Hz)		Entre os sexos	Entre os Participantes	Tonicidade		Vogal precedente	
		F	M			F	M	F	M
Produção Consonantal	Acústicos								
	Duração relativa	34	42	*	*	*	ns	ns	ns
	FN1	251	265	*	*	*	ns	ns	ns
	FN2	1365	1591	*	*	ns	ns	ns	ns
	FN3	2386	2436	ns	*	ns	*	ns	ns
	FN4	3121	3295	*	*	ns	ns	ns	ns
	FN2-FN1	1114	1325	n/a	ns	ns	ns	ns	ns
	FN3-FN2	1021	845	n/a	ns	ns	ns	ns	ns
	FN4-FN3	735	859	n/a	ns	ns	ns	ns	ns
	Aerodinâmicos								
	FAN mínimo	0,110	0,153	*	*	*	ns	ns	ns
	FAN médio	0,124	0,221	*	*	*	ns	ns	ns
	FAN máximo	0,135	0,260	*	*	*	ns	ns	ns
	FAN início	0,124	0,232	*	*	*	ns	ns	ns
	FAN meio	0,128	0,235	*	*	*	ns	ns	ns
FAN fim	0,128	0,233	*	*	*	ns	ns	ns	

	Parâmetros	Média (Hz)		Entre os	Entre os	Tonicidade		Vogal precedente	
		F	M	sexos	Participantes	F	M	F	M
Produção Vocálica	Acústicos								
	Duração relativa	39,71	40,20	ns	ns	*	ns	ns	ns
	FN1	249	265	*	*	*	ns	ns	ns
	FN2	1301	1593	*	*	ns	*	ns	ns
	FN3	2278	2457	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	FN4	2981	3221	*	*	ns	ns	ns	ns
	FN2-FN1	1052	1328	n/a	ns	ns	*	ns	ns
	FN3-FN2	977	865	n/a	ns	ns	*	ns	ns
	FN4-FN3	702	764	n/a	ns	ns	ns	ns	ns
	Aerodinâmicos								
	FAN mínimo	0,109	0,175	*	*	*	ns	ns	n/a
	FAN médio	0,133	0,208	*	*	*	ns	ns	n/a
	FAN máximo	0,148	0,227	*	ns	*	ns	ns	n/a
	FAN início	0,130	0,209	*	*	*	ns	ns	n/a
	FAN meio	0,137	0,218	*	*	*	ns	ns	n/a
FAN fim	0,140	0,218	*	*	*	ns	ns	n/a	

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: F - feminino; M - masculino; FN - formante nasal (Hz); FAN - fluxo aéreo nasal; * - estatística significativa ($p < 0,05$); ns - estatística não significativa; n/a - não analisado; tonicidade - diferença entre contexto átono eônico; vogal precedente - diferença entre as vogais nasalizadas [ẽ], [ẽ], [ĩ], [õ], [ũ]; participante - diferença entre P1, P2, P3, P4 e P5.

Os dados exibidos na Tabela 23 auxiliam na descrição, análise e caracterização acústica e aerodinâmica das emissões encontradas para a consoante nasal palatal por falantes do dialeto de Florianópolis (Santa Catarina), neste estudo, denominadas de produção consonantal, referente à própria consoante [ɲ], e de produção vocálica, referente a um som semivocálico nasalizado [j̃].

Conforme Tabela 23, observamos diferenças entre os sexos, principalmente nos parâmetros aerodinâmicos. Da mesma maneira, as diferenças individuais ocorreram em maior número nos valores do FAN. Entre os participantes, destacamos que não houve diferenças estatísticas nos intervalos entre as frequências dos formantes nasais, o que demonstra um parâmetro acústico mais estável da consoante nasal palatal, diante da variação anátomo funcional individual, se comparado à duração relativa e às frequências dos formantes nasais.

Ainda, o contexto de tonicidade teve influência significativa principalmente no sexo feminino, o que pode ter relação com o ritmo da produção de fala das mulheres em comparação com a dos homens. Destacamos, também, que não houve influência do contexto vocálico precedente nos parâmetros acústicos nem nos aerodinâmicos.

Na Tabela 24, os dados foram expostos a fim de compararmos os resultados acústicos e aerodinâmicos entre as variações encontradas nas produções da consoante nasal palatal: produção nasal consonantal e vocálica.

Tabela 24 – Comparação das médias dos valores dos parâmetros acústicos e aerodinâmicos entre as variações da consoante nasal palatal, com suas relevâncias estatísticas (n=256).

Análises	Acústica						Aerodinâmica	
	Duração relativa		Formantes		Intervalos		Curva de FAN	
	F	M	F	M	F	M	F	M
Produção Consonantal (n=192)								
versus								
Produção Vocálica (n=64)								
	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: F - feminino; M - masculino; FAN - fluxo aéreo nasal; * - estatística significativa ($p < 0,05$); ns - estatística não significativa.

Com base nos resultados da Tabela 24, observamos que as produções acústicas do grafema <nh>, classificadas qualitativamente como consonantal e vocálica, diferiram significativamente apenas pelo parâmetro acústico da duração, somente no sexo feminino.

Segundo nossa classificação acústica qualitativa, que apontou claramente para diferentes produções fônicas, esperávamos que essas também diferissem estatisticamente em relação aos parâmetros acústicos. Apesar disso, as médias das frequências dos formantes nasais e dos intervalos entre essas frequências não diferiram estatisticamente, não nos permitindo definir características acústicas descritivas de uma consoante nasal [ɲ] e de um som semivocálico nasalizado [ɲ̃], produzidos na posição de uma nasal palatal.

Parece estar nessa sutil similaridade dos valores formânticos, uma justificativa para a notável dificuldade que se encontra para classificar acusticamente, tanto por padrões visuais quanto por padrões auditivos (outiva), os diferentes sons percebidos na produção dessa consoante no PB. Essa pouca diferenciação das consoantes nasais pelos formantes, foi justificada por pesquisas (HOUSE, 1957; OHALA, 1975; BARBOSA; MADUREIRA, 2015), que indicaram, principalmente, o papel dos antiformantes nessa distinção. Entretanto, esse parâmetro não foi pesquisado na presente tese.

Dessa maneira, a semelhança entre as produções fônicas, ou seja, produção consonantal e vocálica, quanto às frequências dos formantes nasais poderia explicar a variação nos dialetos, no que se refere à consoante [ɲ] e à semivogal nasalizada [ɲ̃], e as aparentes “trocas” de [ɲ] por [ɲ̃] no processo de desenvolvimento da fala.

Passamos agora a discutir os resultados verificando se as variações da consoante nasal palatal seriam condicionadas por fatores de tonicidade (suprasegmentais) e de contexto vocálico precedente (segmentais) com relação a aspectos acústicos.

Novamente observou-se que houve influência significativa da tonicidade sobre a duração relativa, ao menos para o sexo feminino, tanto na produção consonantal quanto na vocálica. Com base nos resultados das produções femininas (*cf.* Tabela 14), constatamos que, o contexto átono favoreceu a maior duração relativa para ambas as variações: produção consonantal e vocálica.

Ainda o contexto de tonicidade promoveu diferença significativa nos valores de alguns formantes nasais (para ambos os sexos) e para alguns intervalos da produção vocálica no sexo masculino (*cf.* Tabela 13). Já o contexto vocálico precedente não interferiu de modo

significativo para a diferenciação das produções consonantal e vocálica nos parâmetros acústicos pesquisados.

O que temos, então, como diferença comprovadamente estatística entre as variações de [ɲ] recai sobre a duração relativa, porém restrita ao sexo feminino, para o qual a média da duração relativa da produção consonantal foi menor (34%) do que a da produção vocálica (40%), sem considerarmos os contextos de tonicidade. Seria, portanto, o parâmetro da duração a característica acústica mais importante na diferenciação entre as variações? Antes dessa resposta, vamos analisar os dados aerodinâmicos.

Apesar de os valores formânticos e dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais não apresentarem distinção com comprovação estatística entre as produções consonantais e vocálicas, haveria alguma característica aerodinâmica que contribuísse para a distinção entre as variações da consoante nasal palatal?

Inicialmente descrevemos quatro configurações da curva de FAN nos dados dos sons-alvo (Cn) referentes à [ɲ], a saber: (1) a amplitude da curva de FAN progride lentamente (em rampa) a partir da vogal precedente (V_1), com amplitude máxima no som-alvo (Cn) e decresce para amplitude zero atingida na vogal seguinte (V_2); (2) a amplitude da curva de FAN progride rapidamente em V_1 , com amplitude máxima em Cn e decresce até atingir amplitude zero em V_2 ; (3) a amplitude da curva de FAN aumenta rapidamente na V_1 , atingindo amplitude máxima que se mantém semelhante no som-alvo (Cn), e em seguida vai decrescendo lentamente até atingir amplitude zero na V_2 ; (4) a amplitude da curva de FAN aumenta rapidamente até atingir amplitude máxima na V_1 , vai decrescendo ainda na V_1 e no som-alvo (Cn), em seguida, pode ou não ter um aumento de FAN na V_2 , e vai decrescendo até atingir amplitude zero.

Com base nessas configurações podemos verificar que as curvas de FAN apresentam muita variabilidade, sendo possível enquadrá-las em quatro tipos principais, o que não descarta inúmeras pequenas variações em cada uma dessas configurações gerais.

A seguir, relacionamos essas quatro configurações aerodinâmicas aos contextos de tonicidade e de vogal precedente. Observamos, então, que não houve associação significativa entre as configurações das curvas de FAN e os contextos analisados.

Precisávamos, então, verificar se havia relação entre essas configurações aerodinâmicas e as produções acústicas verificadas no detalhe fonético. Todavia, também, os valores obtidos das curvas de

FAN não demonstraram relacionamento significativo entre as produções nasais consonantal e vocálica. Dessa forma, não encontramos no comportamento aerodinâmico nenhuma característica, comprovada estatisticamente, que contribuísse para a distinção entre as variações investigadas.

No aspecto aerodinâmico, no sexo feminino, assim como na análise acústica, o contexto de tonicidade também alterou significativamente valores da curva de FAN em cada uma das produções (consonantal e vocálica), sendo maiores no átono (pós-tônico) do que noônico.

Da mesma forma como ocorreu com os parâmetros da análise acústica, o contexto vocálico precedente não interferiu de modo significativo nos parâmetros aerodinâmicos para a diferenciação das produções consonantal e vocálica.

Concluimos, portanto, que a análise das características aerodinâmicas não permitiu, neste estudo, diferenciar estatisticamente as variações de [ɲ]. Sendo assim, o parâmetro da duração pode ser entendido como a característica acústica mais importante na diferenciação entre as variações, pela análise estatística. Mas, em se tratando de apenas um aspecto (e somente no sexo feminino), os resultados acústicos e aerodinâmicos apontam para a não ocorrência de duas categorias fônicas diferentes para a consoante [ɲ], e sim, de membros que pertencem a uma mesma categoria fônica: a consoante nasal palatal.

Somados aos resultados estatísticos estão os resultados qualitativos, que muito nos esclarecem sobre a consoante nasal palatal, e a interpretação dos mesmos pelo modelo dinâmico. Conforme a Fonologia Gestual, a coordenação dos gestos garante uma variabilidade de modo que dois gestos iguais, ativados em espaços temporais distintos, podem também originar sons distintos (BROWMAN; GOLDSTEIN, 1989).

Por esse caminho e diante dos resultados obtidos na investigação qualitativa da variação da consoante nasal palatal, uma hipótese possível é de que os quatro tipos acústicos descritos inicialmente e classificados a seguir em tipos de produções: desde uma produção nasal consonantal até, gradativamente, uma produção vocálica, sejam na verdade, constituídos pelos mesmos gestos articulatórios (abaixamento velar e constrição oral), variando o espaço gestual em que cada gesto é ativado (*timing*). Assim, entendemos que as alofonias da consoante nasal palatal

tradicionalmente tidas como categóricas são, na verdade, gradientes e contínuas.

Para a produção das variações da consoante nasal palatal do PB estão envolvidas as seguintes variáveis do trato e articuladores: abertura vélica (véu palatino) que especifica o gesto de nasalização; local de constrição do corpo da língua e grau de constrição do corpo da língua (corpo da língua e mandíbula) que especifica o gesto consonantal ou, no caso, do som-alvo.

Podemos supor, ainda, que o papel fundamental da coordenação gestual temporal na distinção entre as variações compactua com o parâmetro de duração relativa quantificado significativamente.

Juntamente com essa sobreposição gestual, outras variáveis atuantes seriam o local e o grau de constrição do corpo da língua, que nos remetem à magnitude do gesto articulatório. Com a mudança da amplitude do movimento vertical do corpo da língua em relação à região palatal, temos a variação na produção. Para a produção da consoante [ɲ], o corpo da língua oclui algum ponto da região palatal, enquanto, na produção da semivogal nasalizada [ɲ̃], ocorre o afastamento do corpo da língua (do palato duro) e o enfraquecimento da oclusão, gradativamente até não ocorrer a oclusão. Entre a oclusão total e a não oclusão, os movimentos do corpo de língua geram acusticamente sons intermediários entre uma consoante e uma vogal. Esse ponto de vista pode ser reforçado pelas variações na articulação de [ɲ] comprovadas pelo estudo eletropalatográfico de Shosted, Hualde e Scarpace (2012) para o PB, que referiram que as produções da consoante nasal palatal variam no contato da língua no palato, sendo ocluída ou não ocluída.

Um último aspecto a ser abordado na análise estatística são as variações individuais. Entre os participantes houve diferenças significativas nos parâmetros acústicos de duração (ao menos para a produção consonantal), frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências, bem como para os parâmetros aerodinâmicos. Resultados que podem ser associados às características anatômicas e fisiológicas, atuantes na articulação dos sons e que geram consequências acústicas e aerodinâmicas únicas a cada falante. Além disso, Vaissière (1995) cita estratégias individuais de controle da altura do véu palatino estabelecendo diferenças entre a velocidade dos movimentos e os objetivos a serem alcançados na fala.

A taxa de articulação provavelmente está relacionada aos tipos de produções da consoante nasal palatal. Sabe-se que o aumento da velocidade da fala reduz os movimentos do véu palatino e

consequentemente, a diferença entre os sons orais e nasais (ALTMANN, 2005) e altera a coordenação entre os gestos articulatórios (OLIVEIRA; MARIN, 2005), logo, provavelmente haja uma redução na magnitude do gesto articulatório nas produções vocálicas, que, na presente pesquisa, foram produzidas pela participante com fala mais rápida, enquanto a participante com fala mais lenta emitiu somente produções consonantais.

Parece que a consoante [ɲ] é determinada pela possibilidade articulatória (não aleatória), variando infinitamente em um *continuun*, com produções que se assemelham a uma produção consonantal e a uma produção vocálica. Também entendemos que variações regionais são pertinentes e o caráter gradiente na produção da consoante nasal palatal depende de questões sociolinguísticas, variando a porcentagem de ocorrência fônica por região do país. Além disso, questões de percepção estão intrinsicamente envolvidas, apesar de não terem sido apuradas na presente tese. Esse ponto de vista também encontra explicação pelo viés da Fonologia Gestual. Nesse sentido, a dinâmica fônica em construção pela criança atua como um filtro favorável aos vieses fonotáticos presentes no PB adulto, conforme sugere Albano (2007). A autora explica que esse filtro, provavelmente, se associa a um outro, mais geral e de cunho sociocognitivo, que também atua na seleção e estruturação do *input* para o desenvolvimento dos sons da língua.

O alto índice de ocorrência da consoante [ɲ] (76%) em detrimento da produção de semivogal nasalizada [j] (24%) obtido em nosso estudo, em comparação aos vários estudos brasileiros que apontaram o som [j] como mais comum, pode ser justificado por fatores sociolinguísticos. Devido aos participantes desta pesquisa possuírem grau de escolaridade com nível superior, faixa etária principalmente até 36 anos, o que corrobora com os dados da pesquisa de Soares (2002), que verificou maior produção de consoante [ɲ] em participantes com essas características sociais.

Ao finalizarmos esta seção, consideramos a partir das análises qualitativas e quantitativas de parâmetros acústicos e aerodinâmicos, que as variações encontradas (produções consonantal e vocálica) fazem parte de uma mesma categoria fônica: consoante nasal palatal. Essas variações se alternam na fala dos participantes, com variabilidade na pronúncia da consoante nasal palatal para o dialeto de Florianópolis: como consoante palatal [ɲ] e semivogal nasalizada [j] (semivocalização ou despalatalização), exceto para P2, que somente produziu sons com

características consonantais. Nos demais participantes, variou a quantidade de uma ou de outra pronúncia.

Há, no entanto, sons intermediários, nos quais a intensidade formântica (clareamento e escurecimento no espectrograma, condizentes articulatoriamente com a oclusão e não oclusão, respectivamente) se sobrepõe em menor ou maior grau nos dados acústicos referentes à produção do grafema <nh>. Nesse sentido, a alofonia da consoante nasal palatal mostrou-se gradiente ou contínua e não categórica.

Para o dialeto de Florianópolis, demonstramos por análise acústica e aerodinâmica, que não houve “apagamento” do som-alvo (consoante nasal palatal), fenômeno fônico interpretado pela Fonologia Gestual como uma sobreposição de gestos articulatorios. Também não detectamos a ocorrência da produção de consoante alveolar seguida de vogal [i] - [nʲ] ou [ni] (palatalização), assim como também não indicaram os dados articulatorios de Shosted, Hualde e Scarpace (2012) para o PB.

Para encerramento da seção sobre a caracterização das variações da consoante nasal palatal segue um resumo (Quadro 7) dos principais resultados da análise acústica e aerodinâmica.

Quadro 7 – Resumo dos resultados da consoante nasal palatal e suas variações.

Análise acústica
- <i>Parâmetros acústicos qualitativos para classificação:</i> os mais consistentes para a classificação acústica dos sons-alvo em produção consonantal e vocálica foram: intensidade dos formantes no espectrograma (clareamento e escurecimento da energia formântica) e as curvas obtidas com a superposição do espectro de Fourier (FFT) e suavização cepstral.
- <i>Variação acústica:</i> constatação de gradiência fônica caracterizando um contínuo que vai da produção de uma consoante nasal palatal [ɲ] até a produção de um som vocálico nasalizado [j], sendo ambos membros da mesma categoria da consoante nasal palatal.
- <i>Fatores suprasegmentais:</i> essas variações podem estar relacionadas à velocidade de fala e características individuais dos participantes. Entretanto, não estão relacionadas com o contexto de tonicidade e com o sexo do falante, estando presentes na fala tanto dos homens quanto das mulheres.

- <i>Fatores sociolinguísticos</i> : essas variações podem estar relacionadas à faixa etária e ao grau de escolaridade.
- <i>Duração relativa</i> : é influenciada pelo <i>contexto de tonicidade</i> (no sexo feminino), não depende da <i>vogal precedente</i> , é influenciada pelo <i>participante</i> .
- <i>Frequências dos formantes nasais</i> : FN1, FN2 e FN3, com algumas particularidades, modificam-se em função do <i>contexto de tonicidade</i> , variam de acordo com o <i>participante</i> (exceto FN3 masculino). Não são influenciadas pelo <i>contexto vocálico precedente</i> .
- <i>Intervalos entre as frequências dos formantes nasais</i> : FN2-FN1 e FN3-FN2 são influenciados pelo <i>contexto de tonicidade</i> na produção vocálica (no sexo masculino). Não são influenciados pelo <i>contexto vocálico precedente</i> .
Análise aerodinâmica
- <i>Configurações aerodinâmicas</i> : foram categorizadas quatro diferentes configurações de V_1CnV_2 , com diferenças qualitativas em termos do local da amplitude máxima da curva de FAN: na região da consoante nasal nas Configurações Aerodinâmicas 1 e 2; semelhante na vogal precedente e no som-alvo na Configuração Aerodinâmica 3; na região da vogal na Configuração Aerodinâmica 4. Entretanto, não houve confirmação da relação entre as configurações aerodinâmicas distintas de curvas de FAN e as diferentes produções acústicas: consonantal ou vocálica.
- <i>Valores da curva de FAN</i> : não houve diferença significativa entre produção consonantal e vocálica, nem regularidade nos maiores e menores valores, por produção, entre os sexos. São condicionados pelo <i>contexto de tonicidade</i> , somente para o sexo feminino, sendo maiores no contexto átono. Não são influenciados pelo <i>contexto vocálico precedente</i> . Variam de acordo com os <i>participantes</i> .

4.3 CONSOANTES NASAIS – [m], [n] e [ɲ]

Nesta seção, inicialmente em 4.3.1, realizaremos uma análise entre os sexos, e em 4.3.2, uma análise entre os participantes. Em 4.3.3, temos por finalidade identificar, analisar e descrever as características acústicas específicas de cada uma das consoantes [m], [n] e [ɲ], por meio de análise qualitativa e quantitativa dos parâmetros de duração relativa, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências. Ainda, em 4.3.4, buscamos identificar, analisar e descrever as características aerodinâmicas específicas de cada uma das consoantes nasais, a partir da Estação EVA (com análise qualitativa), levando-se em conta as configurações das curvas de FAO e FAN; e do piezoelétrico, com análise qualitativa e quantitativa, com os valores obtidos em determinados pontos das curvas de FAN. Em 4.3.5, apresentamos a discussão dos resultados das consoantes nasais.

Lembramos que nesta seção as produções consonantais nasais palatais incluem somente os dados classificados como produção consonantal na análise acústica (*cf.* 4.2.3), ou seja, produções que, a princípio, representam a própria consoante nasal palatal (n=194) e não as produções com características vocálicas ou semivocalizadas (n=62). Dessa forma, do total de produções de [ɲ] (256 dados), descontamos, por instrumento, os seguintes números de dados referentes às produções com características vocálicas: 31 dados coletados com a Estação EVA (totalizando 105), 26 dados coletados com o piezoelétrico (totalizando 74) e 5 dados coletados com a fotonasografia (totalizando 15).

4.3.1 Análise entre os sexos com parâmetros acústicos e aerodinâmicos das consoantes nasais

Nesta seção, analisamos questões referentes a diferenças entre os sexos quanto aos parâmetros acústicos (duração relativa; frequências dos formantes nasais; e intervalos entre essas frequências) e aerodinâmicos (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim das curvas de FAN) das consoantes nasais.

Iniciamos a análise do variável sexo pelos dados acústicos dos valores da duração relativa, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências, por consoante nasal, conforme Tabela 25.

Tabela 25 – Duração relativa, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências entre os sexos, por consoante nasal (n=711).

Feminino (n=420)				Masculino (n=291)			
Parâmetros	Média	Dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	p valor
[m] (n=154)				(n=104)			
Duração ^b	40	7	17	44	7	16	<0,001*
FN1 ^a	236	28	12	251	28	11	<0,001*
FN2 ^b	1101	283	26	1129	294	26	0,789
FN3 ^b	2023	443	22	2041	348	17	0,940
FN4 ^b	2849	466	16	2833	458	16	0,857
FN2-FN1 ^b	864	284	33	878	294	33	0,829
FN3-FN2 ^b	922	344	37	912	334	37	0,791
FN4-FN3 ^b	826	329	40	792	290	37	0,689
[n] (n=154)				(n=105)			
Duração ^b	38	6	15	39	6	16	0,239
FN1 ^b	244	31	13	261	33	13	<0,001*
FN2 ^b	1345	324	24	1451	334	23	0,038*
FN3 ^b	2210	417	19	2231	344	15	0,574
FN4 ^b	2916	400	14	2959	446	15	0,627
FN2-FN1 ^b	1101	328	30	1191	337	28	0,138
FN3-FN2 ^b	865	295	34	780	317	41	0,013*
FN4-FN3 ^b	707	257	36	729	285	39	0,734
[ɲ] (n=112)				(n=82)			
Duração ^b	34	9	25	42	7	16	<0,001*
FN1 ^a	251	33	13	265	39	15	0,005*
FN2 ^a	1365	412	30	1591	383	24	<0,001*
FN3 ^a	2386	433	18	2436	463	19	0,912
FN4 ^b	3121	531	17	3295	425	13	0,013*
FN2-FN1 ^b	1114	420	38	1325	393	30	<0,001*
FN3-FN2 ^b	1023	382	37	845	311	37	0,001*
FN4-FN3 ^b	735	333	45	859	371	43	0,017*

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FN - formante nasal (Hz); n - número; a - estatística paramétrica com Teste t independente; b - estatística não-paramétrica com teste Mann-Whitney; * - valor significativo (p<0,05).

Na análise da duração relativa (Tabela 25), verificamos diferenças estatisticamente significativas entre as durações das produções de falantes do sexo masculino e feminino apenas para as consoantes nasais bilabial e palatal. Nesse caso, a duração relativa das nasais bilabiais e palatais produzidas pelos homens foi maior do que as

produzidas pelas mulheres.

Os resultados, apresentados na Tabela 25, indicaram também diferenças significativas nos valores das frequências dos formantes entre o sexo feminino e masculino para: FN1 de [m]; FN1 e FN2 de [n]; FN1, FN2 e FN4 de [ɲ]. Os valores dos formantes foram maiores para o sexo masculino (exceto para FN4 de [m]). O FN3 foi o único formante que não diferiu significativamente em função do sexo, apresentando, assim, valores mais estáveis entre os sexos para todas as consoantes nasais.

Quanto aos valores dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais, houve diferenças significativas entre os sexos. No entanto, como a coleta dos valores dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais foi uma forma de normalização dos dados, esperávamos que não houvesse diferenças significativas nos valores desse parâmetro entre os sexos. Apesar de que na consoante bilabial os intervalos não apresentaram diferença significativa entre os sexos, indicando uma possível relação mais estável acusticamente entre os intervalos nessa consoante. Esta estabilidade diminuiu na consoante alveolar, onde somente no intervalo FN3-FN2 foi constatada diferença estatística, até se perder pela variabilidade da consoante palatal, com intervalos que diferiram significativamente entre os sexos.

Considerando todos os parâmetros acústicos observamos, portanto, que a consoante nasal palatal foi a que apresentou maior variabilidade entre os sexos. Enquanto [m] mostrou-se a consoante nasal com características formânticas (e dos intervalos) mais semelhantes entre os sexos, ou seja, sofrendo menos influência da variação anátomo-fisiológica. Esse resultado poderia ocorrer devido ao local de articulação que restringe os movimentos dos articuladores - lábio superior e lábio inferior, produzindo menor variação na articulação do som [m] e consequentemente características formânticas mais estáveis entre os sexos. Para a produção de [n] e mais ainda de [ɲ], haveria maior possibilidade articulatória, pelos movimentos da língua na região alveolar (mais restrita) e na região palatal (mais ampla), respectivamente.

A seguir, investigamos se havia diferenças significativas nos parâmetros aerodinâmicos obtidos com o equipamento piezoelétrico entre os sexos, por consoante nasal, conforme Tabela 26.

Tabela 26 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) entre os sexos, por consoante nasal (n=280).

Parâmetros	Feminino (n=168)			Masculino (n=112)			p valor
	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	
[m]	(n=62)			(n=40)			
Mínimos ^a	0,069	0,035	51	0,109	0,072	66	<0,001*
Médios ^a	0,108	0,035	32	0,182	0,077	42	<0,001*
Máximos ^b	0,131	0,038	29	0,227	0,081	36	0,001*
Do início ^b	0,096	0,034	35	0,184	0,083	45	<0,001*
Do meio ^b	0,117	0,041	35	0,197	0,082	42	<0,001*
Do fim ^b	0,120	0,042	35	0,200	0,087	44	<0,001*
[n]	(n=64)			(n=40)			
Mínimos ^a	0,080	0,037	46	0,126	0,048	38	<0,001*
Médios ^a	0,117	0,034	29	0,194	0,061	31	<0,001*
Máximos ^a	0,137	0,037	27	0,239	0,072	30	<0,001*
Do início ^a	0,109	0,038	35	0,194	0,067	35	<0,001*
Do meio ^a	0,127	0,040	31	0,209	0,074	35	<0,001*
Do fim ^a	0,130	0,039	30	0,215	0,075	35	<0,001*
[ɲ]	(n=42)			(n=32)			
Mínimos ^a	0,110	0,043	39	0,153	0,048	31	<0,001*
Médios ^a	0,124	0,042	34	0,221	0,071	32	<0,001*
Máximos ^a	0,135	0,042	31	0,260	0,088	34	<0,001*
Do início ^b	0,124	0,042	34	0,232	0,077	33	<0,001*
Do meio ^a	0,128	0,042	33	0,235	0,082	35	<0,001*
Do fim ^a	0,128	0,043	34	0,233	0,084	36	<0,001*

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FAN - fluxo aéreo nasal; RMS - *Root Means Square*; a - estatística não-paramétrica com teste Mann-Whitney; b - estatística paramétrica com Teste t independente; * - valor significativo (p<0,05).

Os resultados da Tabela 26 indicaram que houve diferenças significativas entre os valores dos parâmetros aerodinâmicos, sendo maiores para o sexo masculino. Esse achado corrobora as pesquisas de Marino et al. (2016) e de Mendonça e Seara (2015).

Com base nesses resultados, obtivemos resposta para a décima primeira questão de pesquisa (Q11), confirmando parcialmente nossa hipótese (H11) de que haveria diferenças estatísticas entre as produções de falantes femininos e masculinos quanto aos parâmetros acústicos investigados de duração, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências nas produções das consoantes nasais. E

confirmamos nossa hipótese (H11) de que haveria diferenças estatísticas entre os sexos nos parâmetros aerodinâmicos nas três consoantes nasais.

Diante desses achados, as análises acústicas e aerodinâmicas das consoantes nasais realizadas serão divididas em dois grupos: sexo feminino e masculino.

Continuamos com a análise estatística para verificar a influência das diferenças individuais nos parâmetros acústicos e aerodinâmicos nas produções das consoantes nasais.

4.3.2 Análise entre os participantes com parâmetros acústicos e aerodinâmicos das consoantes nasais

Para analisarmos possíveis diferenças individuais, nos reportamos aos parâmetros acústicos e aerodinâmicos referentes às consoantes nasais, em função dos participantes.

Na Tabela 27, estão expostos os resultados da duração relativa, das frequências dos formantes nasais e dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais entre os participantes, considerando as consoantes nasais.

Tabela 27 – Duração relativa (%), frequências dos formantes nasais (Hz) e intervalos entre essas frequências (Hz), entre os participantes, por consoante nasal (n=711).

Parâmetros	P1 (F)			P2 (F)			P3 (M)			P4 (F)			P5 (M)			p valor
	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	
[m](n=258)	(n=72)			(n=42)			(n=50)			(n=40)			(n=54)			
Duração relativa 3,4,6,7,9,10	41	5	12	44	7	16	40	4	10	36	7	19	47	7	15	<0,001*
FN1 ^{2,5,8,9}	234	30	13	241	30	12	262	22	8	235	20	9	241	29	12	<0,001*
FN2	1050	229	22	1147	339	30	1131	239	21	1143	299	26	1127	340	30	0,199
FN3 ^{3,8}	1907	374	20	2038	481	24	1972	395	20	2214	459	21	2105	289	14	0,001*
FN4 ³	2723	486	18	2859	441	15	2786	512	18	3066	375	12	2877	402	14	0,010*
FN2-FN1	816	229	28	906	348	38	869	242	28	908	294	32	886	337	38	0,320
FN3-FN2 ³	857	321	37	891	293	33	841	341	41	1072	394	37	978	316	32	0,014*
FN4-FN3	816	340	42	821	262	32	814	262	32	851	375	44	772	315	41	0,835
[n](n=259)	(n=74)			(n=42)			(n=50)			(n=38)			(n=55)			
Duração relativa 2,3,4,5,6,9,10	38	5	13	41	4	10	36	3	8	33	5	15	42	7	17	<0,001*
FN1 ^{2,5,8,9}	241	33	14	241	32	13	278	18	6	252	23	9	245	35	14	<0,001*
FN2 ^{3,4,7,8,9}	1246	336	27	1345	322	24	1314	234	18	1537	198	13	1576	364	23	<0,001*
FN3 ^{1,3,4,5,8}	2007	375	19	2310	425	18	2127	345	16	2493	258	10	2325	318	14	<0,001*

FN4 ^{1,3,4,8}	2736	412	15	3044	344	11	2866	488	17	3125	259	8	3044	388	13	<0,001*
FN2-FN1 ^{3,4,8,9}	1005	338	34	1104	337	31	1036	233	22	1285	204	16	1331	357	27	<0,001*
FN3-FN2 ^{1,3,5,7,10}	761	279	37	965	279	29	814	345	42	956	277	29	749	289	39	<0,001*
FN4-FN3	729	241	33	734	288	39	738	291	39	632	242	38	719	281	39	0,376
[ŋ] (n=194)	(n=32)			(n=42)			(n=45)			(n=38)			(n=37)			
Duração relativa ^{4,6,7,8,10}	35	7	20	37	9	24	40	5	13	30	8	27	44	7	16	<0,001*
FN1 ^{2,5,8,9}	249	33	13	245	40	16	282	22	8	259	23	9	245	45	18	<0,001*
FN2 ^{3,4,7,9,10}	1182	278	24	1341	341	25	1390	350	25	1544	504	33	1835	262	14	<0,001*
FN3 ^{3,4,6,7,8,9}	2252	347	15	2269	402	18	2276	462	20	2632	436	17	2631	389	15	<0,001*
FN4 ^{5,6}	3023	541	18	2987	458	15	3295	446	14	3354	533	16	3295	404	12	0,001*
FN2-FN1 ^{3,4,7,9,10}	934	282	30	1096	356	32	1108	345	31	1285	513	40	1589	265	17	<0,001*
FN3-FN2 ^{4,10}	1069	365	34	928	283	30	886	308	35	1088	470	43	796	312	39	0,004*
FN4-FN3 ^{2,5,8,9}	771	370	48	718	326	45	1019	301	30	722	315	44	664	358	54	<0,001*

Fonte: Dados primários (2016).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; F - feminino; FN - formante nasal (Hz); M - masculino; n - número; estatística não-paramétrica com teste de Kruskal-Wallis (*Post Hoc* de Dunn); * - valor significativo ($p < 0,05$); 1 - diferença entre P1 e P2; 2 - diferença entre P1 e P3; 3 - diferença entre P1 e P4; 4 - diferença entre P1 e P5; 5 - diferença entre P2 e P3; 6 - diferença entre P2 e P4; 7 - diferença entre P2 e P5; 8 - diferença entre P3 e P4; 9 - diferença entre P3 e P5; 10 - diferença entre P4 e P5.

De acordo com a Tabela 27, verificamos que a duração relativa (%), ou seja, o percentual que a consoante ocupa no total da sílaba, de todas as consoantes nasais apresentou diferenças estatísticas entre os participantes. Fato que está relacionado à taxa de articulação, abordada na Seção 4.1, na qual os participantes apresentaram diferentes velocidades de fala.

Também, entre os participantes, constatamos diferença significativa entre as frequências dos formantes nasais de todas as consoantes nasais, exceto em FN2 de [m]. Para os intervalos das frequências dos formantes nasais, houve diferenças estatísticas em sua maioria: [m] – FN3-FN2; [n] – FN2-FN1 e FN3-FN2; [ɲ] - em todos os intervalos. Essa diferença estatística foi mais regular na análise dos formantes, de modo que esses diferem mais evidentemente entre os participantes. Já para os intervalos, não houve diferença estatística para os intervalos FN2-FN1 e FN4-FN3 de [m] e o intervalo FN4-FN3 de [n], sendo esses mais semelhantes entre os participantes.

Com a análise *pos hoc*, verificamos entre quais participantes estavam as diferenças significativas nos parâmetros acústicos. Segundo a Tabela 27, observamos que as diferenças significativas foram referentes aos pares P1 e P4; P1 e P5; P3 e P4; P3 e P5; P4 e P5, envolvendo principalmente os participantes P4 e P5.

Constatamos que houve maior diferença significativa entre os participantes do que se considerando somente as diferenças nos parâmetros acústicos entre os sexos (Tabela 25 - *cf.* 4.3.1). Esse resultado indica grande variabilidade individual na produção dos sons nasais consonantais, de modo que as características de cada participante implicam na distinção dos parâmetros acústicos.

A consoante [ɲ] foi a que mais se diferenciou entre os participantes, contrapondo-se à consoante [m], que menos diferença estatística apresentou. Esse achado assemelha-se ao encontrado na análise dos parâmetros acústicos entre os sexos (Subseção 4.3.1).

A seguir, na Tabela 28, estão expostos os resultados referentes aos parâmetros aerodinâmicos (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN) investigados entre os participantes, considerando as consoantes nasais.

Tabela 28 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) entre os participantes por consoante nasal (n=280).

Parâmetros	P1 (F)			P2 (F)			P3 (M)			P4 (F)			P5 (M)			p valor
	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	
[m](n=102)	(n=22)			(n=20)			(n=20)			(n=20)			(n=20)			
Mínimos ^a 4,5,6,7	0,059	0,034	58	0,056	0,019	34	0,095	0,041	43	0,092	0,039	27	0,123	0,093	76	<0,001*
Médios ^a 1,4,6,7,9,10	0,117	0,032	27	0,076	0,017	22	0,136	0,035	26	0,131	0,028	42	0,228	0,080	35	<0,001*
Máximos ^a 1,4,5,6,7,9,10	0,148	0,035	24	0,089	0,017	19	0,163	0,037	23	0,154	0,018	21	0,290	0,060	21	<0,001*
Do início ^a 2,4,5,6,7,10	0,085	0,029	34	0,078	0,017	22	0,148	0,046	31	0,126	0,033	12	0,221	0,096	43	<0,001*
Do meio ^a 1,4,5,6,7,9,10	0,129	0,037	29	0,078	0,018	23	0,146	0,039	27	0,141	0,035	26	0,247	0,083	34	<0,001*
Do fim ^a 1,4,5,6,7,9,10	0,139	0,038	27	0,079	0,019	24	0,142	0,039	27	0,141	0,034	25	0,258	0,084	33	<0,001*
[n](n=104)	(n=24)			(n=20)			(n=20)			(n=20)			(n=20)			
Mínimos ^b 2,4,5,6,7,10	0,076	0,046	61	0,064	0,022	34	0,113	0,032	28	0,102	0,026	25	0,138	0,058	42	<0,001*
Médios ^a 4,6,7,9,10	0,120	0,037	31	0,088	0,019	22	0,148	0,025	17	0,142	0,016	11	0,241	0,050	21	<0,001*

Máximos ^b 1,2,4,5,6,7,9,10	0,145	0,035	24	0,101	0,020	20	0,176	0,030	17	0,163	0,019	12	0,301	0,038	13	<0,001*
Do início ^b 2,3,4,5,6,7,9,10	0,098	0,044	45	0,093	0,023	25	0,170	0,033	19	0,137	0,026	19	0,217	0,084	39	<0,001*
Do meio ^b 1,4,5,6,7,9,10	0,132	0,041	31	0,092	0,022	24	0,157	0,026	17	0,157	0,021	13	0,261	0,070	27	<0,001*
Do fim ^b 1,4,5,6,7,9,10	0,140	0,036	26	0,091	0,020	22	0,151	0,020	13	0,156	0,023	15	0,280	0,051	18	<0,001*
[p](n=74)	(n=5)			(n=20)			(n=15)			(n=17)			(n=17)			
Mínimos ^a 4,5,6,7	0,102	0,024	24	0,074	0,020	27	0,126	0,019	15	0,153	0,024	16	0,177	0,054	31	<0,001*
Médios ^a 4,5,6,7,9,10	0,119	0,015	13	0,089	0,022	25	0,154	0,0	16	0,165	0,023	14	0,280	0,033	12	<0,001*
Máximos ^a 4,5,6,7,9,10	0,131	0,012	9	0,101	0,024	24	0,175	0,031	18	0,175	0,024	14	0,335	0,039	12	<0,001*
Do início ^a 4,5,6,7,9,10	0,116	0,024	21	0,092	0,026	28	0,167	0,031	19	0,163	0,024	15	0,290	0,056	19	<0,001*
Do meio ^a 4,5,6,7,9,10	0,127	0,014	11	0,093	0,022	24	0,158	0,024	15	0,169	0,025	15	0,302	0,046	15	<0,001*
Do fim ^a 4,5,6,7,9,10	0,127	0,014	11	0,092	0,021	23	0,151	0,022	15	0,169	0,026	15	0,305	0,037	12	<0,001*

Fonte: Dados primários (2016).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; ; F - feminino; FAN - fluxo aéreo nasal; M - masculino; n - número; RMS - *Root Means Square*; a - estatística não-paramétrica com teste de Kruskal-Wallis (*Post Hoc* de Dunn); b - estatística paramétrica ANOVA (*Post Hoc* de Bonferroni); * - valor significativo ($p < 0,05$); 1 - diferença entre P1 e P2; 2 - diferença entre P1 e P3; 3 - diferença entre P1 e P4; 4 - diferença entre P1 e P5; 5 - diferença entre P2 e P3; 6 - diferença entre P2 e P4; 7 - diferença entre P2 e P5; 8 - diferença entre P3 e P4; 9 - diferença entre P3 e P5; 10 - diferença entre P4 e P5.

Constatamos, com base nos resultados da Tabela 28, diferenças significativas em todos os parâmetros aerodinâmicos analisados entre os participantes. Principalmente quando os dados de P2 (feminino) e de P5 (masculino) foram comparados aos demais participantes. Verificamos, ainda, que os valores das curvas de FAN não diferiram significativamente para nenhum parâmetro entre P3 (masculino) e P4 (feminino).

Assim as diferenças estatísticas nos parâmetros acústicos (cf. 4.3.1) e aerodinâmicos não são decorrentes apenas de questões entre homens e mulheres, mas também por variabilidade individual, com influência de tamanho e de forma das estruturas do trato oral e cavidade nasal (cf. Seção 2.4 e 2.5).

Os resultados apresentados respondem à nossa décima segunda questão de pesquisa (Q12), com resultados que confirmam nossa hipótese (H12) de que haveria diferenças estatísticas entre os participantes nos parâmetros acústicos (duração relativa, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências) e índices aerodinâmicos, considerando as consoantes nasais.

Na próxima seção, daremos prosseguimento à análise das características acústicas das consoantes nasais.

4.3.3 Análise acústica das consoantes nasais

Neste momento, será exposta a análise qualitativa e, em seguida, serão apresentadas as propriedades acústicas quantitativas, com análise estatística, que caracterizam a produção das consoantes [m], [n] e [ɲ].

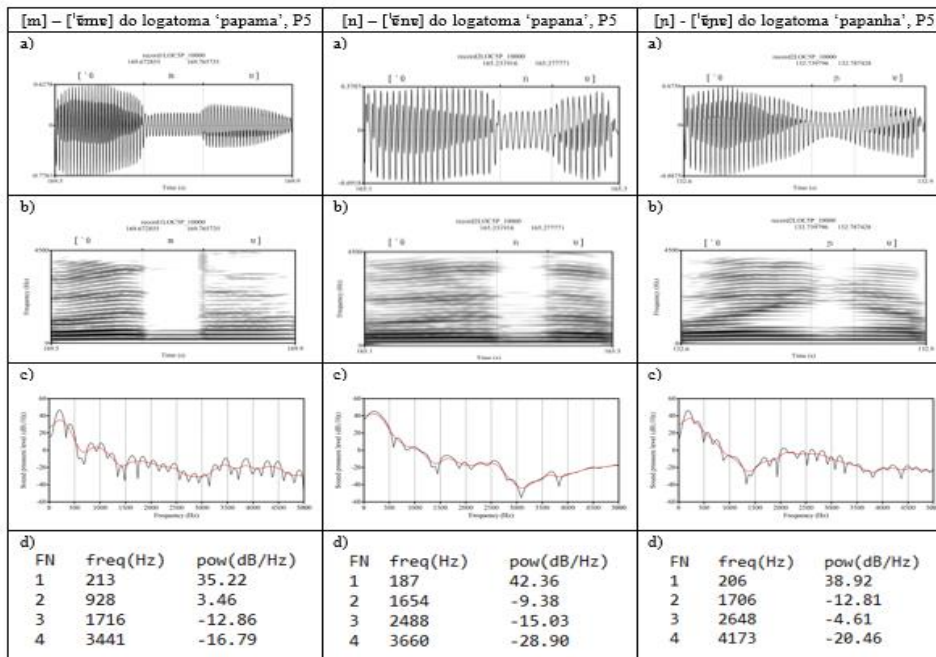
4.3.3.1 Análise acústica qualitativa das consoantes nasais

Inicialmente foi utilizado o *software* Praat para a análise acústica comparativa das formas de onda e dos espectrogramas das consoantes nasais, coletadas com o microfone oral, provenientes do piezoelétrico. Do total de 280 produções de [m], [n] e [ɲ] (sendo em torno de 103 dados de [m] e de [n] mais 74 dados de [ɲ]), selecionamos, de modo aleatório, amostras (em torno de 50 dados de cada consoante, o que representa cerca de 50% dos dados de [m] e [n], e 68% de [ɲ]) e analisamos, com inspeção visual, as consoantes nasais com dados de todos os participantes.

Estão expostos, na Figura 61, exemplos das regiões V_1CnV_2 dos logotomas contendo as consoantes nasais diante da vogal [ẽ] e seguidas

de vogal [v], emitidos por P5 (sexo masculino). Apresentamos em (a) formas de onda, com o som-alvo delimitado pelo pontilhado; em (b) espectrogramas com traçados e energia dos formantes; em (c) superposição do espectro FFT de banda estreita com janela de 0,025s (em preto) e cepstro (em vermelho); e em (d) frequências dos formantes do som-alvo. Esses aspectos serão analisados a seguir em termos de semelhanças e distinções entre as consoantes nasais.

Figura 61 – Exemplos de [m], [n] e [ɲ] pronunciadas diante da vogal [ɐ] e seguida de vogal [u], no PB: a) forma de onda, b) espectrograma, c) superposição do espectro FFT (em preto) e cepstro (em vermelho), d) frequências dos formantes.



Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: FN - formante nasal; P - participante; PB - português brasileiro.

Com base na Figura 61 (a), como um ponto de similaridade entre as consoantes nasais, verificamos formas de onda com menor amplitude do que as das vogais adjacentes, indicando menor energia dos sons consonantais nasais em relação aos sons vocálicos.

Porém, as três consoantes nasais diferiram nas configurações destas formas de onda. As formas de onda de [m] e [n] mostraram-se mais planas e diferenciadas das vogais adjacentes, com delimitação nas regiões de transição com as vogais adjacentes com um ângulo em torno de 90°, sendo mais visível na maioria dos dados na nasal bilabial do que na nasal alveolar. Em relação à nasal palatal, as formas de onda apresentaram-se mais arredondadas nas regiões de transição com as vogais adjacentes com ângulo em torno de 45° (menor do que em [m] e [n]), e, assim, menos diferenciadas das vogais.

A análise do detalhe acústico, indicando características que podem ser visualizadas nas formas de onda e que diferenciam, por exemplo, as consoantes nasais [n] e [ɲ], nos levam a dizer que a classificação de outiva de 5% dos dados relativos à produção da consoante nasal palatal como nasal alveolar estava equivocada. Esse detalhamento acústico aponta para a não ocorrência da consoante nasal alveolar dentre as produções da consoante nasal palatal no dialeto pesquisado, corroborando os achados de Seara (2000) e Gamba (2011, 2014) para falantes de Florianópolis. Esses dados parecem estar de acordo com as estratégias, apontadas por Freitas (2004), presentes no desenvolvimento de [ɲ] no PB, nas quais não ocorre a produção de [n], e também nas evidências eletropalatográficas da nasal palatal em posição átona (pós-tônica) no PB (SHOSTED; HUALDE; SCARPACE, 2012; REIS; ESPESSER, 2006), nas quais não houve contato da língua na região alveolar para os dialetos investigados.

Nas análises espectrográfica e espectral (Figura 61 b, c) houve, em todos os dados analisados, predomínio de energia (nível de cinza no espectrograma) e maior amplitude na curva da sobreposição do espectro FFT e cepstro na região do primeiro formante nasal, o que configura um ponto de semelhança entre as consoantes nasais: a região de FN1 com a maior intensidade formântica, conforme descrito pela literatura internacional (FANT, 1960; FUJIMURA, 1962) e nacional (BARBOSA; MADUREIRA, 2015; SEARA, 2000; SOUSA, 1994).

Esse resultado aponta para o fato de as consoantes nasais serem caracterizadas principalmente por uma barra de energia de ressonância de frequência baixa, o que se justifica pela presença de antiformantes.

Esses, por questões anatômicas da cavidade nasal, favorecem o amortecimento da energia em frequências mais altas.

Já, a diferença mais visível entre as consoantes nasais na análise do espectrograma relaciona-se à disposição da energia formântica do segundo formante (F2 e FN2) em V_1CnV_2 . Pela análise qualitativa, confirmada pelos valores dos formantes nasais expostos na Figura 61 (d), o traçado de FN2 aparece em frequências mais baixas em [m], aumentando em [n] e sendo um pouco mais alto em [ɲ].

No caso de [ɲ], destacamos o formato arredondado (convexo) que os traçados de F2 e FN2 assumem em V_1CnV_2 , distinguindo claramente a nasal palatal das demais consoantes. Constatamos que esse resultado se manteve independente da qualidade vocálica precedente ([ẽ, ẽ, õ, ĩ, ũ]) à consoante nasal palatal, com esse formato menos marcado nas vogais anteriores [ẽ, ĩ]. Os valores de FN2 das três consoantes serão revistos com a análise quantitativa e estatística.

Outro ponto para o qual há necessidade de dados quantitativos para complementar a análise qualitativa, engloba a distribuição das frequências em FN3 e FN4 entre as consoantes nasais, que, segundo a Figura 61 (b, c), parece indicar diferenças, porém, de modo menos evidente do que em FN2.

Da mesma forma, faz-se necessária uma pesquisa aprofundada sobre os intervalos entre as frequências dos formantes, conforme exemplificados na Figura 61 (b), pois visualmente não puderam ser observadas diferenças entre [m] e [n], mas algumas pistas apareceram na comparação dessas consoantes com a nasal palatal, na qual pode ser identificado um maior intervalo em FN2-FN1.

Ao finalizarmos a análise qualitativa, respondemos à décima terceira questão de pesquisa (Q13) proposta para a tese e confirmamos nossa hipótese (H13) de que haveria diferenças acústicas qualitativas que caracterizem as consoantes nasais do PB.

De acordo com os resultados qualitativos, sugerimos parâmetros acústicos semelhantes entre as consoantes nasais, a saber: forma de onda com menor intensidade do que as vogais adjacentes; espectrograma com maior intensidade formântica de FN1 e maior amplitude na curva da sobreposição do espectro FFT e cepstro em FN1. Constatamos, também, aspectos acústicos qualitativos que auxiliaram na diferenciação das consoantes nasais, como: configuração da forma de onda; distribuição formântica em FN2, FN3 e FN4; disposição da energia formântica no traçado de F2 e FN2 em V_1CnV_2 .

Seguiremos, a partir de agora, com os resultados da análise acústica quantitativa das consoantes nasais.

4.3.3.2 Análise acústica quantitativa das consoantes nasais

Como explicado anteriormente, os dados classificados como produção nasal vocálica (n=62), referentes à análise da consoante nasal palatal, não foram incluídos nessa análise das produções consonantais nasais (bilabial, alveolar e palatal), totalizando, assim, 711 dados de consoantes nasais, coletados com os instrumentos piezoelétrico (280 sons-alvo), Estação EVA (376 sons-alvo) e fotonasografia (55 sons-alvo). Dessa maneira, o número de dados para a análise estatística difere do selecionado para a análise qualitativa apresentada anteriormente na Subseção 4.3.3.1.

Abordamos nesse momento os dados referentes à duração relativa em função do ponto de articulação das consoantes nasais, separados pelo sexo dos participantes. Esses dados estão organizados na Tabela 29.

Tabela 29 – Duração relativa (%) entre as consoantes nasais, separada por sexo (n=711).

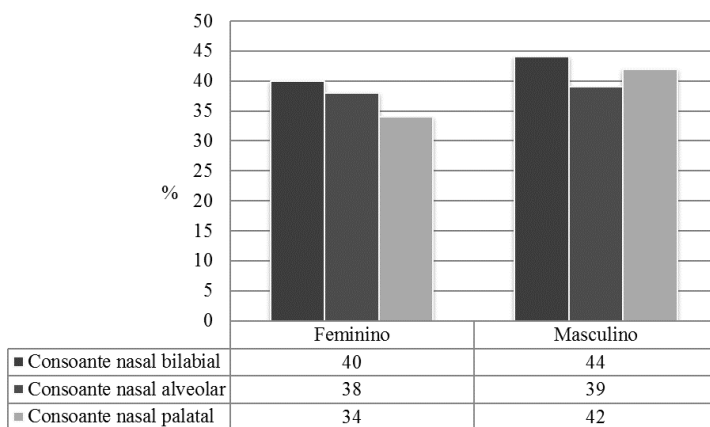
Feminino (n=420)						Masculino (n=291)				
Duração Relativa (%)	Mín/Máx	Média	dp	CV (%)	p valor	Min/ Máx	Média	dp	CV (%)	p valor
[m] (n=258)	25/79	40	7	17	<0,001*	27/78	44	7	16	<0,001*
[n] (n=259)	21/54	38	6	15		23/58	39	6	16	
[ɲ] (n=194)	16/61	34	9	25		30/60	42	7	16	

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; Mín - mínimo; Máx - máximo; n - número; estatística não-paramétrica com teste Kruskal-Wallis; * - valor significativo ($p < 0,05$); *Post Hoc* de Dunn: Feminino - diferença entre [m] e [n]; [m] e [ɲ]; [n] e [ɲ]; *Post Hoc* de Dunn: Masculino - diferença entre [m] e [n]; [m] e [ɲ].

A seguir, para melhor visualizarmos os dados apresentados na Tabela 29 sobre a duração relativa, apresentamos os resultados a partir de histogramas mostrados no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Histogramas dos valores de duração relativa (%) das consoantes nasais, por sexo.



Fonte: Dados primários (2017).

Conforme a Tabela 29, os valores de duração relativa entre as consoantes nasais indicaram que a média do tempo decorrido para a produção de cada uma das consoantes nasais apresentou diferenças estatísticas significativas, tanto para o sexo feminino quanto para o masculino. O teste *Post Hoc* de Dunn indicou diferença entre as consoantes (exceto entre [n] e [ɲ] nas produções do sexo masculino).

O ponto em comum entre as produções em ambos os sexos foram os resultados relativos à consoante bilabial que apresentou maior duração se comparada às demais consoantes. Em ordem decrescente de duração relativa, verificamos por sexo o seguinte comportamento: feminino – [m] > [n] > [ɲ]; e masculino – [m] > [ɲ] / [n].

Podemos analisar estes achados sobre a duração relativa (acústica) pelo viés anátomo-fisiológico (questões articulatórias e aerodinâmicas), pelo tamanho do tubo acústico na produção das consoantes nasais (cf. Figura 30), e assim concordamos com os resultados obtidos para o sexo feminino: [m] mais longo devido à articulação do som ocorrer em região mais anterior da cavidade oral levando a um maior percurso do som; seguido pelo [n] e pelo [ɲ]. Já

para o sexo masculino, talvez com um maior número de dados, haja vista que temos 1/3 a mais de produções femininas, pudéssemos chegar às mesmas conclusões obtidas para o sexo feminino.

Passamos agora para os resultados das frequências dos formantes nasais. Na Tabela 30, estão organizados os dados referentes à FN1, FN2, FN3 e FN4 em função do ponto de articulação das consoantes nasais, e nela constam os valores mínimos e máximos, da mediana, da média, do desvio padrão e do coeficiente de variação, para cada sexo em separado. Buscamos saber se FN1, FN2, FN3 e FN4 diferem estatisticamente entre as consoantes [m], [n] e [ɲ].

No Gráfico 6, exibimos por histogramas as médias dos valores das frequências dos formantes nasais das consoantes nasais, para cada sexo em separado, a fim de representar melhor os resultados da Tabela 30.

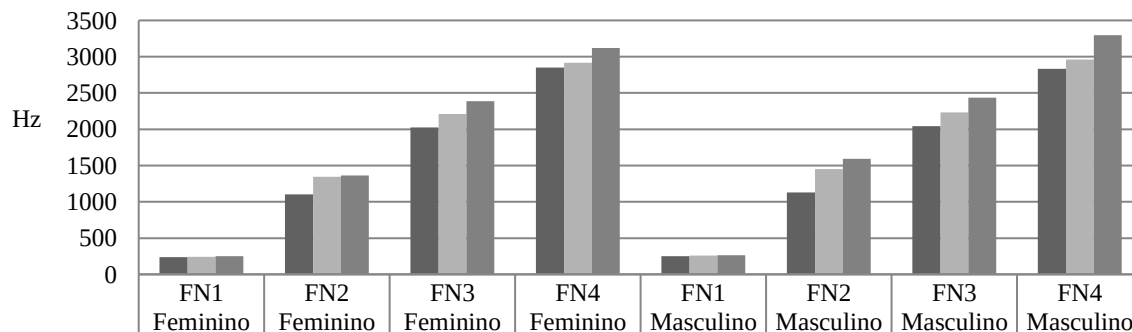
Tabela 30 – Frequências dos formantes nasais (Hz) entre as consoantes nasais, separadas por sexo (n=711).

Formantes	[m] (n=258)				[n] (n=259)				[ɲ] (n=194)				p valor
	Min /Máx	Média	dp	CV (%)	Min/ Máx	Média	dp	CV (%)	Min /Máx	Média	dp	CV (%)	
Feminino (n=420)													
FN1 [¥]	166/ 296	236	28	12	147/ 305	244	31	13	158/ 316	251	33	13	<0,001*
FN2 ^{€, ¥}	621/ 1978	1101	283	26	678/ 2201	1345	324	24	584/ 3066	1364	413	30	<0,001*
FN3 ^{€, ¥, £}	871/ 2970	2023	443	22	1315/3028	2210	417	19	1368/3850	2387	433	18	<0,001*
FN4 ^{¥, £}	1464/3931	2849	466	16	1854/3932	2916	400	14	2136/4511	3122	531	17	0,001*
Masculino (n=291)													
FN1 ^{€, ¥}	134/ 303	251	28	11	178/ 310	261	33	13	178/ 396	265	39	15	0,002*
FN2 ^{€, ¥}	586/ 1936	1129	294	26	566/ 2256	1451	334	23	721/ 2210	1591	383	24	<0,001*
FN3 ^{€, ¥}	1217/2709	2041	348	17	1424/3350	2231	344	15	1454/3761	2436	463	19	<0,001*
FN4 ^{¥, £}	1900/3734	2833	458	16	2185/4012	2959	446	15	2155/4287	3295	425	13	<0,001*

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FN - formante nasal (Hz); n - número; estatística não-paramétrica com teste Kruskal-Wallis; * - valor significativo (p<0,05) entre as médias; *Post Hoc* de Dunn: € - diferença entre [m] e [n]; ¥ - diferença entre [m] e [ɲ]; £ -diferença entre [n] e [ɲ].

Gráfico 6 – Histogramas dos valores das frequências dos formantes nasais (Hz) das consoantes nasais, por sexo.



Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: FN - formante nasal (Hz); Hz - Hertz.

De forma geral, as médias dos valores das frequências dos formantes nasais (FN1, FN2, FN3 e FN4) indicaram uma ordem decrescente entre as consoantes: $[n] > [n] > [m]$, tanto para o sexo feminino quanto para o sexo masculino, conforme Tabela 30. Para o sexo masculino, Seara (2000) também encontrou valores de FN2 e FN3 maiores para $[n]$ do que para $[m]$. Ainda, considerando as médias das frequências dos formantes nasais, as consoantes apresentaram diferença significativa entre si. O *Post Hoc* de Dunn indicou que essas diferenças ocorreram entre: $[m] \times [n]$ em FN1 (masculino), FN2 e FN3 (ambos os sexos); $[m] \times [n]$ em todos os formantes nasais (ambos os sexos); $[n] \times [n]$ em FN3 (feminino) e FN4 (ambos os sexos).

Uma possível justificativa para não termos obtido resultados significativos entre todos os formantes nasais respalda-se no fato de que a mudança no ponto de constrição de uma consoante nasal altera sobretudo a posição dos antiformantes em seu espectro, já que esses variam inversamente com a extensão do espaço na cavidade oral; enquanto a posição dos formantes mantém-se relativamente estável e muda menos (BARBOSA; MADUREIRA, 2015; HOUSE, 1957).

Analisaremos, a partir de agora, como se apresenta cada um dos formantes nasais entre as consoantes nasais, com apoio nos valores da Tabela 30, nos valores resumidos e ilustrados no Gráfico 6.

Quanto ao FN1, os valores médios obtidos para as consoantes nasais (Tabela 30 e Gráfico 6), considerando o sexo feminino e masculino, situaram-se aproximadamente entre: 235 e 250 Hz para $[m]$; 240 e 260 Hz para $[n]$; e 250 e 265 Hz para $[n]$. Esses valores referidos, caracterizando um formante baixo, estão de acordo com a literatura citada nas Tabelas 1 e 2 (*cf.* 2.7.3 e 2.7.4) (FANT, 1960; FUJIMURA, 1962; GAMBA, 2011, 2014; SEARA, 2000; SOUSA, 1994) e com Delattre (1954 *apud* Amelot, 2004). Os valores médios de FN1 foram mais altos em $[n]$, seguidos de $[n]$ e mais baixos em $[m]$, para ambos os sexos. A diferença estatística entre as médias de FN1 foi comprovada entre $[m] \times [n]$ e $[m] \times [n]$. Em relação à $[m]$ e $[n]$, esse resultado corrobora Seara (2005), ao referir que, para os informantes do sexo masculino, a duração e a amplitude de FN1 auxiliaram para diferenciar essas duas consoantes nasais.

Após esses valores muito baixos de FN1, verificamos uma ausência de energia na faixa superior em torno de 700 Hz (entre 300 a 1000 Hz) para as três consoantes nasais, o que concorda com a faixa, em torno de 600 Hz, relatada na pesquisa de Fujimura (1962) e com um formante variável em torno de 900 Hz, referido por Delattre (1954 *apud*

Amelot, 2004). Seara (2000) também citou esse amortecimento da energia na faixa de frequência entre 700 e 1000 Hz na nasal alveolar, mas não na nasal bilabial. Assim, essa faixa sem concentração de energia em conjunto com FN1 formam um padrão observado para as consoantes nasais.

A seguir, houve uma distribuição uniforme de energia na faixa de 1100 a 2400 Hz, semelhante ao proposto por Fujimura (1962), com valores referidos um pouco mais baixos do que os obtidos na tese, entre 800 e 2300 Hz. Também corrobora com Delattre (1954 *apud* Amelot, 2004), ao referir um formante relativamente fixo por volta de 2000 Hz. Na presente pesquisa, nessa faixa situaram-se FN2 e FN3.

Ao compararmos as médias de FN2 entre as consoantes nasais (Tabela 30 e Gráfico 6), encontramos valores mais altos em [ɲ], seguidos de [n] e mais baixos em [m], para ambos os sexos, da mesma forma que para FN1. Os valores médios obtidos, considerando o sexo feminino e masculino (respectivamente), foram de aproximadamente: 1100 Hz para [m]; 1300 e 1400 Hz para [n]; e 1300 e 1600 Hz para [ɲ]. Ainda, as médias de FN2 estatisticamente diferenciadas foram entre [m]x[n] e [m]x[ɲ], para ambos os sexos. Essa diferença no FN2 entre [m] e [n] também foi constatada por Seara (2000) e corroborada pela análise da duração e amplitude de FN2 dessas consoantes por Seara (2005). Em comparação aos valores relatados nas pesquisas consultadas (Tabelas 1 e 2; *cf.* 2.7.3 e 2.7.4), os valores médios de FN2 de [n] e [ɲ] nesta tese encontraram-se mais elevados, enquanto os valores de [m] concordaram com Fant (1960) e Sousa (1994) e foram mais elevados do que os de Fujimura (1962) e Seara (2000).

As consoantes nasais se diferenciaram também pelo FN3 (Tabela 30 e Gráfico 6). Os resultados do FN3 apontaram na mesma direção dos resultados de FN1 e FN2: [ɲ] assumiu os valores mais altos e a relação entre [m] e [n] se manteve análoga, ou seja, [n] apresentou FN3 mais alto que [m], para ambos os sexos.

Os valores médios de FN3 obtidos para as consoantes, considerando o sexo feminino e masculino, situaram-se aproximadamente entre: 2000 Hz para [m]; 2200 Hz para [n] e 2400 Hz para [ɲ]. Esses valores, em relação aos estudos referidos nas Tabelas 1 e 2 (*cf.* 2.7.3 e 2.7.4), pareceram ser, para [m] e [n], semelhantes (FANT, 1960; SOUSA, 1994) ou mais elevados (FUJIMURA, 1962; SEARA, 2000), e intermediários para [ɲ].

A diferença estatística entre as médias de FN3 foi comprovada entre [m]x[n] e [m]x[ɲ], em ambos os sexos; e [n]x[ɲ], no sexo

feminino. Conforme Sousa (1994) e Seara (2000), o FN3 também auxiliou na diferenciação entre as consoantes [m] e [n]. Em nossa pesquisa, o terceiro formante nasal foi o que se manteve mais regular entre os sexos (*cf.* Tabela 25), como também verificou Seara (2000) para [m] e [n], e ainda, verificamos o FN3 como o menos afetado pela variabilidade entre os participantes na consoante nasal palatal (*cf.* Tabela 27).

Também houve diferenciação estatística entre as consoantes nasais no FN4, ocorrendo entre [m]x[n] e [n]x[j] para ambos os sexos (Tabela 30). Os valores médios das frequências dos formantes nasais seguiram a mesma distribuição de FN1, FN2 e FN3, sendo mais alto em [j], intermediários em [n] e mais baixos em [m], segundo Gráfico 6.

Os valores médios obtidos para FN4, considerando o sexo feminino e masculino, situaram-se aproximadamente entre: 2800 Hz para [m]; 2900 Hz para [n] e 3100 e 3300 Hz para [j]. Há muita variação nos valores de FN4 na literatura referenciada nas Tabelas 1 e 2 (*cf.* 2.7.3 e 2.7.4), sendo assim, comparamos com a média geral desses estudos e verificamos que, em nossos resultados, os valores para [m] pareceram mais baixos e, para [n] e [j], mais elevados.

Conseguimos, assim, comprovar pela análise quantitativa e estatística a diferença significativa dos valores de FN2 e a distribuição formântica em FN3 e FN4 entre as consoantes nasais, que haviam sido indicadas inicialmente na análise acústica qualitativa.

Ao compararmos as médias das frequências dos formantes nasais obtidas no presente estudo com as médias indicadas nos estudos referenciados (*cf.* 2.7.3 - Tabela 1) (para o sexo masculino) para as consoantes [m] e [n], constatamos valores médios de FN1 semelhantes, valores mais altos para FN2 e FN3, e também para FN4 em [n]; e valores mais baixos de FN4 em [m]. Nossos resultados corroboram as pesquisas citadas, quanto à consoante nasal alveolar apresentar valores mais altos de FN2 e FN3 do que a consoante nasal bilabial.

A seguir, na Tabela 31, pesquisamos a relação dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais, a saber: FN2-FN1; FN3-FN2 e FN4-FN3, entre as consoantes nasais, para cada sexo em separado.

Tabela 31 – Intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) entre as consoantes nasais, separados por sexo (n=711).

[m] (n=258)						[n] (n=259)					[p] (n=194)					
Intervalos	Min /Máx	Mediana	Média	dp	CV (%)	Min/Máx	Mediana	Média	dp	CV (%)	Min/Máx	Mediana	Média	dp	CV (%)	p valor
Feminino (n=420)																
FN2-FN1 ^{€, ¥}	386/ 1739	853	864	284	33	404/ 1968	1165	1101	328	30	381/ 2824	1035	1114	420	38	<0,001*
FN3-FN2 [£]	177/ 1824	910	922	344	37	243/ 1590	814	865	295	34	344/ 1809	992	1023	382	37	0,004*
FN4-FN3 [¥]	247/ 2368	792	826	329	40	188/ 1379	670	707	257	36	213/ 1768	695	735	333	45	0,003*
Masculino (n=291)																
FN2-FN1 ^{€, ¥}	366/ 1685	782	878	294	33	363/ 1946	1209	1191	337	28	482/ 1894	1305	1325	393	30	<0,001*
FN3-FN2 [£]	307/ 1693	882	912	334	7	248/ 1626	719	780	317	41	169/ 1811	821	845	311	37	0,011*
FN4-FN3 [¥]	220/ 1577	788	792	290	37	270/ 1571	680	729	285	39	255/ 1674	860	859	371	43	0,043*

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FN - formante nasal (Hz); n - número; estatística não-paramétrica com teste de Kruskal-Wallis; * - valor significativo ($p < 0,05$); *Post Hoc* de Dunn: € - diferença entre [m] e [n]; ¥ - diferença entre [m] e [ɲ]; £ - diferença entre [n] e [ɲ].

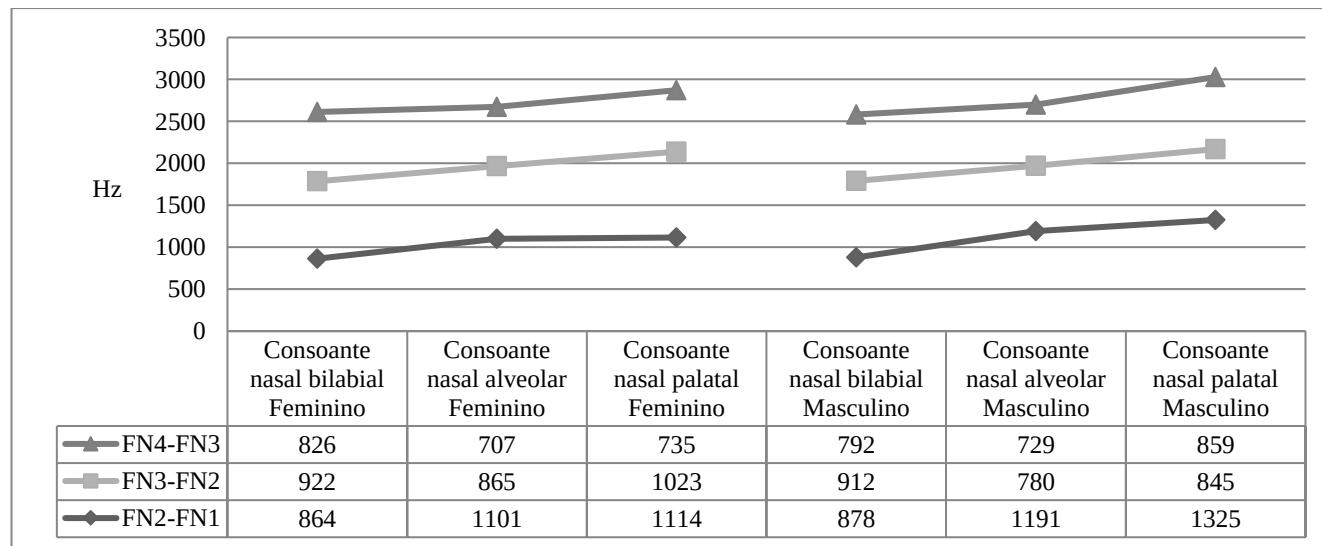
Observamos, na Tabela 31, que as consoantes [m], [n] e [ɲ] apresentaram diferenças significativas entre si, considerando os intervalos entre as frequências dos formantes nasais, tanto para o sexo feminino quanto para o sexo masculino.

De acordo com as médias dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais e o *Post Hoc* de Dunn, houve diferença significativa entre: [m]x[n] em FN2-FN1 (ambos os sexos) e FN3-FN2 (masculino); [m]x[ɲ] em FN2-FN1 e FN4-FN3 (ambos os sexos); [n]x[ɲ] somente em FN3-FN2 (feminino). Então, para ambos os sexos, FN2-FN1 distingue [m] das demais consoantes (mas não [n]x[ɲ]) e FN4-FN3 distingue apenas [m] e [ɲ] (mas não [m]x[n] ou [n]x[ɲ]).

Sobre a relação entre FN2-FN1, os resultados indicaram que os maiores valores médios do intervalo FN2-FN1 foram para as consoantes nasais palatal e alveolar quando comparadas a [m], para ambos os sexos. Esse achado acústico parece indicar, em termos articulatórios, uma relação diretamente proporcional entre os valores de FN2-FN1 com a proximidade velar na produção do som consonantal. Ou seja, quanto mais alto o valor do intervalo FN2-FN1 mais a articulação se aproxima da região velar, como em [ɲ]. Ou ainda, quanto mais baixo o valor de FN2-FN1 mais distanciada da região velar estaria a articulação, como em [m]. Dessa maneira, FN2-FN1 poderia ter um *status* de grau de velarização.

Com esses resultados quantitativos apontamos a existência de diferença significativa, inicialmente não observada na análise qualitativa, sobre os intervalos entre as frequências dos formantes. Assim, verificamos que as consoantes nasais configuram diferentes intervalos entre suas frequências. Para podermos ilustrar essas diferenças entre as consoantes nasais, para cada sexo em separado, apresentamos a seguir o Gráfico 7, com a média dos valores dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais.

Gráfico 7 – Valores dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) entre as consoantes nasais, por sexo.



Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: FN - formante nasal; Hz - Hertz.

Visualizamos no Gráfico 7, comparando as curvas dos intervalos, de baixo para cima, FN2-FN1, FN3-FN2 e FN4-FN3, que entre os sexos a maior diferença está na nasal palatal, conforme foi comprovado pela análise estatística exposta anteriormente na Tabela 25.

Os resultados expostos na presente Seção permitem confirmar nossa hipótese (H14), elaborada para a décima quarta questão de pesquisa (Q14), de que haveria diferenças significativas considerando os parâmetros acústicos (duração relativa, frequências dos formantes nasais e intervalos entre as frequências dos formantes nasais) entre as três consoantes nasais do PB. Podemos considerar, portanto, que as consoantes [m], [n] e [ɲ] apresentam diferenças significativas entre si considerando a duração relativa, as frequências dos formantes nasais e os intervalos entre essas frequências.

A partir de agora, investigamos a influência dos contextos de tonicidade e vocálico precedente nas características acústicas das consoantes nasais.

Em primeiro lugar, na Tabela 32, investigamos se dependendo do contexto de tonicidade (tônico ou átono) em que se encontra a consoante nasal e do contexto vocálico que precede a consoante nasal, havia diferenças estatísticas em suas durações, por sexo.

Tabela 32 – Duração relativa (%) entre contexto de tonicidade e contexto vocálico precedente, por consoantes nasais, separada por sexo (n=711).

Duração Relativa (%)	Átono Média (dp) CV	Tônico Média (dp) CV	p valor	[ẽ] Média (dp) CV	[ê] Média (dp) CV	[ĩ] Média (dp) CV	[ô] Média (dp) CV	[ũ] Média (dp) CV	p valor
Feminino (n=420)									
[m] (n=154)	42 (6) 13%	39 (8) 20%	0,012*	41 (10) 24%	40 (7) 17%	42 (6) 13%	39 (5) 13%	41 (6) 14%	0,230
[n] (n=154)	39 (6) 14%	37 (6) 16%	0,141	37 (6) 16%	38 (6) 17%	37 (6) 15%	38 (6) 16%	39 (4) 10%	0,890
[ɲ] (n=112)	38 (8) 22%	32 (8) 25%	<0,001*	33 (10) 31%	35 (10) 28%	34 (7) 20%	34 (8) 16%	35 (9) 10%	0,837
Masculino (n=291)									
[m] (n=104)	43 (5) 12%	45 (8) 19%	0,086	42 (7) 17%	46 (9) 20%	45 (4) 9%	44 (8) 16%	42 (6) 15%	0,098
[n] (n=105)	38 (7) 17%	41 (6) 15%	0,027*	41 (7) 16%	39 (7) 17%	38 (7) 17%	36 (5) 14%	41 (6) 14%	0,141
[ɲ] (n=82)	40 (7) 18%	43 (6) 14%	0,093	40 (7) 17%	42 (7) 17%	41 (4) 10%	42 (5) 13%	43 (8) 19%	0,717

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; n - número; contexto de tonicidade: estatística não-paramétrica com teste Mann-Whitney; contexto vocálico precedente: estatística não-paramétrica com teste Kruskal-Wallis; * - valor significativo ($p < 0,05$).

De acordo com a Tabela 32, verificamos que o contexto de tonicidade influenciou a duração de algumas consoantes nasais. No sexo feminino, houve diferença significativa para [m] e [n] em função da tonicidade da sílaba, enquanto, no sexo masculino, apenas para a consoante [n].

Para o sexo feminino, a duração relativa apresentou-se maior no contexto átono para todas as consoantes (mas significativo apenas para [m] e [n]). Porém, para o sexo masculino, o resultado foi o contrário: a duração relativa foi maior no contexto tônico (mas significativo apenas para [n]). Também, Seara (2000) verificou, para o sexo masculino, valores médios de duração absoluta maiores em contexto tônico em todas as consoantes nasais do PB. Mas, temos que considerar que a autora analisou dados de duração absoluta, enquanto nossas análises são com dados de duração relativa, o que dificulta a comparação dos resultados e indica que este tema ainda não está esclarecido.

Na análise da duração relativa na Subseção 4.2.3.2, referente à consoante nasal palatal, também houve esse mesmo resultado em função do contexto de tonicidade e uma possível proposta foi elaborada (p. 209), justificando o resultado pelo fato de que em contexto tônico, a vogal frequentemente é mais longa do que em contexto átono, assim ocorreria o inverso com a consoante que ocupa o *onset* dessas sílabas, sendo mais curta em contexto tônico e mais longa em contexto átono. Também, com justificativa de que a análise da tese está pautada na duração relativa (%) e não na absoluta (ms).

Observamos que os dados de duração relativa ao serem divididos por contexto de tonicidade, seguiram os mesmos resultados da análise com dados gerais de duração relativa (cf. Tabela 29), com comportamento diferenciado em cada sexo. Em ordem decrescente a média de duração relativa, sem análise estatística com *pos hoc*, para o sexo feminino foi: [m] > [n] > [ɲ]; e, para o masculino: [m] > [ɲ] > [n]. Como referimos anteriormente, o resultado obtido para o sexo feminino parece estar de acordo com questões articulatórias. Novamente o número de dados pode ser responsável por este comportamento. Esse ponto de vista é reforçado pelos resultados estatísticos apresentados em Seara (2000) que reportou valores médios de duração absoluta na seguinte ordem decrescente: [m] > [n] > [ɲ], para o sexo masculino em contexto tônico, ou seja, a mesma observada aqui para o sexo feminino.

Ainda, com base na Tabela 32, observamos que as consoantes nasais não foram influenciadas nos valores de duração relativa pelas vogais precedentes.

Em segundo lugar, investigamos a diferença entre as frequências dos formantes nasais das consoantes nasais, considerando o contexto de tonicidade (Tabela 33) e o contexto vocálico precedente (Tabela 34), separados por sexo.

Tabela 33 – Frequências dos formantes nasais (Hz) entre o contexto de tonicidade, por consoantes nasais, separadas por sexo (n total=711).

Átono				Tônico			
Formantes	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	p valor
Feminino (n=420)							
[m] (n=154)	(n=77)			(n=77)			
FN1 ^a	249	26	11	224	23	16	<0,001*
FN2 ^b	1123	331	29	1078	225	10	0,324
FN3 ^a	1982	426	21	2064	459	21	0,296
FN4 ^a	2800	457	16	2899	472	22	0,197
[n] (n=154)	(n=77)			(n=77)			
FN1 ^b	258	24	9	229	31	14	<0,001*
FN2 ^a	1305	355	27	1385	287	21	0,349
FN3 ^a	2151	425	20	2268	404	18	0,081
FN4 ^a	2861	429	15	2972	363	12	0,077
[ɲ] (n=112)	(n=46)			(n=66)			
FN1 ^b	269	24	9	238	33	14	<0,001*
FN2 ^a	1371	399	29	1360	424	31	0,688
FN3 ^a	2411	435	18	2371	435	18	0,359
FN4 ^b	3124	521	17	3120	542	17	0,966
Masculino (n=291)							
[m](n=104)	(n=52)			(n=52)			
FN1 ^b	251	22	9	250	33	13	0,859
FN2 ^a	1196	329	27	1062	240	23	0,031*
FN3 ^a	2033	365	18	2049	334	16	0,861
FN4 ^b	2754	481	17	2912	424	15	0,079
[n] (n=105)	(n=52)			(n=53)			
FN1 ^a	256	27	11	265	37	14	0,023*
FN2 ^a	1410	319	23	1492	347	23	0,396
FN3 ^b	2217	285	13	2245	396	18	0,677
FN4 ^a	2851	423	15	3066	446	15	0,011*
[ɲ] (n=82)	(n=34)			(n=48)			
FN1 ^a	268	32	12	264	44	17	0,680
FN2 ^a	1497	347	23	1657	396	24	0,063
FN3 ^a	2306	421	18	2568	473	18	0,015*
FN4 ^b	3223	375	12	3346	454	14	0,196

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FN - formante nasal (Hz); n - número; a - estatística não-paramétrica com teste Mann-Whitney; b - estatística paramétrica com Teste t independente; * - valor significativo ($p < 0,05$).

Os dados da Tabela 33 indicaram que o contexto de tonicidade em que a consoante nasal se encontra influenciou, com diferenças estatísticas, alguns formantes nasais, sendo para o sexo feminino: FN1 das três consoantes nasais; e para o sexo masculino: FN2 de [m], FN1 e FN4 de [n], e FN3 de [ɲ]. Logo, o primeiro formante nasal, constituído pelas frequências mais baixas, foi o mais influenciado pela mudança no contexto de tonicidade – tônico ou átono, especialmente para o sexo feminino.

Considerando esses formantes nasais, que obtiveram diferenças significativas em seus valores entre os contextos de tonicidade, observamos um comportamento diferenciado dos valores mais altos. Em FN1, a maioria das médias das frequências foram maiores em contexto átono, em contrapartida, FN2 e FN3 obtiveram maiores médias no contexto tônico.

Não houve, portanto, uma regularidade no aumento (ou na redução) dos valores das frequências com a produção da consoante nasal em sílaba átona ou tônica. Os resultados de Seara (2000) foram um pouco mais estáveis e indicaram maiores valores médios em contexto átono para [m] e também para [n] (exceto FN1).

Buscamos, ainda, entender se as frequências dos formantes nasais das consoantes nasais são influenciadas pelo contexto vocálico precedente (vogais nasalizadas), conforme dados da Tabela 34.

Tabela 34 – Frequências dos formantes nasais (Hz) por contexto vocálico precedente, considerando as consoantes nasais, separadas por sexo (n=711).

Formantes	[ẽ]			[ê]			[ĩ]			[ô]			[ũ]			p valor
	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	
Feminino (n=420)																
[m] (n=258)	(n=32)			(n=30)			(n=30)			(n=32)			(n=30)			
FN1 ^a ^ε	235	34	14	241	24	10	246	29	12	226	24	11	234	25	11	0,038*
FN2 ^a ^{ε, ẽ, β, α}	1035	171	1	1213	186	15	1195	271	23	1042	385	37	1027	299	29	<0,001*
FN3 ^a ^{β, γ}	1964	417	21	2153	379	18	2178	381	17	1921	525	27	1909	444	23	0,030*
FN4 ^a	2865	385	13	2959	423	14	2913	479	16	2756	557	20	2758	462	17	0,635
[n] (n=259)	(n=30)			(n=32)			(n=30)			(n=30)			(n=32)			
FN1 ^b	244	30	12	236	34	14	247	30	12	246	28	11	245	34	14	0,636
FN2 ^a	1347	365	27	1430	307	21	1339	428	32	1339	212	16	1268	268	21	0,063
FN3 ^a	2181	458	21	2232	388	17	2168	495	23	2287	394	17	2180	359	16	0,766
FN4 ^a	2914	411	14	2937	435	15	2889	432	15	2959	342	12	2883	392	14	0,719
[ɲ] (n=194)	(n=18)			(n=22)			(n=23)			(n=24)			(n=25)			
FN1 ^b	252	32	13	255	29	11	248	35	14	254	37	15	246	34	14	0,875
FN2 ^a	1518	473	31	1432	540	38	1280	311	24	1321	325	25	1314	388	30	0,613
FN3 ^b	2453	451	18	2545	455	18	2373	386	16	2343	365	16	2256	482	21	0,206
FN4 ^b	3253	615	19	3218	509	16	2997	409	14	3248	593	18	2936	481	16	0,110

Masculino (n=291)																
[m] (n=104)	(n=20)			(n=22)			(n=22)			(n=20)			(n=20)			
FN1 ^{a β}	254	27	11	264	26	10	258	21	8	238	33	14	239	25	10	0,009*
FN2 ^{a € , £ , α , μ}	985	125	13	1238	287	23	1311	246	19	972	221	23	1111	383	34	<0,001*
FN3 ^{b ¥}	1875	356	19	2101	338	16	2173	211	10	1947	293	15	2089	452	22	0,034*
FN4 ^a	2691	481	18	2881	495	17	2985	317	11	2681	423	16	2907	515	18	0,140
[n] (n=105)	(n=23)			(n=24)			(n=18)			(n=20)			(n=20)			
FN1 ^a	260	35	13	261	37	14	255	28	11	268	28	10	258	34	13	0,796
FN2 ^a	1517	278	18	1410	342	24	1332	285	21	1513	422	28	1471	324	22	0,326
FN3 ^a	2162	314	15	2209	415	19	2185	341	16	2371	367	15	2238	239	11	0,214
FN4 ^a	2920	456	16	2971	515	17	2902	407	14	3064	453	15	2938	395	13	0,781
[ɲ] (n=82)	(n=17)			(n=17)			(n=15)			(n=16)			(n=17)			
FN1 ^a	267	38	14	270	38	14	269	48	18	266	40	15	256	33	13	0,737
FN2 ^a	1546	414	27	1623	330	20	1644	375	23	1628	421	26	1521	400	26	0,845
FN3 ^a	2400	531	22	2454	410	17	2350	441	19	2542	506	20	2429	453	19	0,980
FN4 ^a	3201	509	16	3366	407	12	3179	427	13	3429	408	12	3294	359	11	0,884

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FN - formante nasal (Hz); n - número; a - estatística não-paramétrica com teste de Kruskal-Wallis; b - estatística paramétrica com teste ANOVA; * - valor significativo ($p < 0,05$); *Post Hoc* de Bonferroni: ¥ - diferença entre [ẽ] e [ĩ]; *Post Hoc* de Dunn: € - diferença entre [ĩ] e [õ]; £ - diferença entre [ẽ] e [õ]; β - diferença entre [ẽ] e [ũ]; α - diferença entre [ẽ] e [ẽ]; μ - diferença entre [ẽ] e [ĩ]; ϣ - diferença entre [ĩ] e [ũ].

Segundo dados da análise estatística da Tabela 34, somente a consoante nasal bilabial apresentou diferenças significativas, para ambos os sexos, nos valores de FN1, FN2 e FN3 dependendo da qualidade vocálica que a precedia. Na consoante [m], a análise *post hoc* indicou diferenças estatísticas entre 13 pares de vogais, o que pode ser considerado um número reduzido diante das possibilidades (número de formantes x consoante nasal x pares de vogais x sexo, ou seja, $4 \times 3 \times 10 \times 2 = 240$). No sexo feminino: em FN1 entre as vogais [i]/[ô], em FN2 entre [i]/[ô]; [ẽ]/[ô]; [ẽ]/[ũ] e [ẽ]/[ẽ]; em FN3 entre [ẽ]/[ũ] e [i]/[ũ]. No sexo masculino: em FN1 entre [ẽ]/[ũ]; em FN2 entre [i]/[ô], [ẽ]/[ô], [ẽ]/[ẽ] e [ẽ]/[i]; em FN3 entre [ẽ]/[i].

Logo, nesses pares de vogais com diferença significativa, conseguimos constatar que a consoante [m] foi a que sofreu maior influência do contexto vocálico nos valores de seus formantes nasais (FN1, FN2 e FN3), sendo a maior quantidade - 70% dos dados (n=9), de diferenças significativas observadas entre as vogais anteriores ([ẽ, i]) *versus* as posteriores ([ô, ũ]). Já a vogal precedente [ẽ] apresentou diferença significativa quando comparada às vogais anteriores ([ẽ, i]), em 30% dos dados (n=4).

Dentre os formantes, o FN2 da consoante nasal [m] foi o que mais variou em função da vogal precedente. As vogais anteriores elevaram os valores médios em [m] (Tabela 34), para ambos os sexos. Relacionamos esse resultado com o movimento ântero posterior da língua na cavidade oral, característico do segundo formante, justificando também as diferenças encontradas entre as vogais envolvidas, anteriores *versus* posteriores.

Em terceiro lugar, realizamos a análise nos remetendo ao contexto de tonicidade, a fim de verificarmos se há diferenças estatísticas significativas entre os intervalos das frequências dos formantes nasais, que condicionem a distinção entre as três consoantes nasais, considerando o sexo. Os resultados estão apresentados na Tabela 35.

Tabela 35 – Intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) entre o contexto de tonicidade, por consoantes nasais, separados por sexo (n=711).

Átono				Tônico			
Intervalos	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	p valor
Feminino (n=420)							
[m](n=154)		(n=77)		(n=77)			
FN2-FN1 ^a	874	334	38	854	226	26	0,789
FN3-FN2 ^a	859	334	39	986	345	35	0,015*
FN4-FN3 ^a	818	362	44	835	294	35	0,373
[n] (n=154)		(n=77)		(n=77)			
FN2-FN1 ^a	1047	360	34	1155	285	25	0,115
FN3-FN2 ^a	846	319	38	884	267	30	0,251
FN4-FN3 ^a	710	285	40	703	227	32	0,792
[ɲ](n=112)		(n=46)		(n=66)			
FN2-FN1 ^a	1102	10	37	1122	430	38	0,998
FN3-FN2 ^b	1040	407	39	1011	366	36	0,692
FN4-FN3 ^a	714	293	41	750	360	48	0,936
Masculino (n=291)							
[m](n=104)		(n=52)		(n=52)			
FN2-FN1 ^a	945	331	35	812	237	29	0,043*
FN3-FN2 ^a	837	330	39	987	323	33	0,024*
FN4-FN3 ^b	721	298	41	863	266	31	0,012*
[n] (n=105)		(n=52)		(n=53)			
FN2-FN1 ^a	1154	320	28	1226	353	29	0,403
FN3-FN2 ^a	807	349	43	753	282	37	0,595
FN4-FN3 ^a	635	253	40	821	286	35	<0,001*
[ɲ] (n=82)		(n=34)		(n=48)			
FN2-FN1 ^a	1229	354	29	1393	407	29	0,060
FN3-FN2 ^b	809	265	33	871	341	39	0,379
FN4-FN3 ^b	917	315	34	818	404	49	0,237

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FN - formante nasal (Hz); n - número; a - estatística não-paramétrica com teste Mann-Whitney; b - estatística paramétrica ANOVA; * - valor significativo (p<0,05).

Os dados da Tabela 35 indicam que a sílaba tônica ou átona em que a consoante nasal se encontra, apresentou diferença estatística para o sexo feminino apenas em FN3-FN2 para [m]; para o masculino, todos os intervalos de [m] e somente FN4-FN3 para [n]. A consoante [ɲ] não apresentou diferenças significativas entre os contextos de tonicidade nos intervalos entre as frequências dos formantes nasais.

Constatamos, com base nos resultados, que a consoante nasal bilabial foi a mais suscetível ao contexto de tonicidade nos valores de seus intervalos. E ainda, que FN3-FN2 e FN4-FN3 foram os intervalos mais influenciados pela mudança de tonicidade, com valores mais altos no contexto tônico. Salientamos, porém, que a variação dos dados foi muito grande, entre 25 e 49%, o que pode ter contribuído para a falta de sistematicidade.

Outras análises foram feitas buscando relacionar esses resultados com os formantes nasais em função do contexto de tonicidade (Tabela 35). Uma vez que houve diferença significativa nos quatro formantes nasais em função da tonicidade, poderíamos esperar alguma correspondência nos intervalos entre as frequências. Porém, não houve essa relação quando analisados os intervalos levando em conta o contexto de tonicidade. Dessa maneira, consideramos que os resultados obtidos com os valores das frequências dos formantes nasais, de modo separado, não estão relacionados diretamente com os resultados dos intervalos entre essas frequências.

Seguimos agora com a análise da influência do contexto vocálico precedente nos intervalos das frequências dos formantes nasais das consoantes nasais, considerando cada sexo em separado. Os resultados estão apresentados na Tabela 36.

Tabela 36 – Intervalos entre as frequências dos formantes nasais (Hz) entre o contexto vocálico precedente, por consoantes nasais e separados por sexo (n=711).

	[ẽ]			[ê]			[ɨ]			[ô]			[ũ]			
Intervalos	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	p valor
Feminino (n=420)																
[m](n=258)	(n=32)			(n=30)			(n=30)			(n=32)			(n=30)			
FN2-FN1 ^a ϵ, β	801	178	22	971	187	19	949	274	29	816	390	48	793	297	37	<0,001*
FN3-FN2 ^a	928	341	37	940	298	32	984	332	34	879	396	45	882	355	40	0,574
FN4-FN3 ^a	901	266	30	807	301	37	735	292	40	835	417	50	849	343	40	0,166
[n](n=259)	(n=30)			(n=32)			(n=30)			(n=30)			(n=32)			
FN2-FN1 ^a	1103	372	34	1194	303	25	1092	433	40	1094	220	20	1023	273	27	0,071
FN3-FN2 ^a	834	313	38	803	228	28	829	308	37	947	305	32	912	307	34	0,190
FN4-FN3 ^b	733	241	33	704	233	33	721	302	42	672	250	37	703	266	38	0,918
[p](n=194)	(n=18)			(n=22)			(n=23)			(n=24)			(n=25)			
FN2-FN1 ^a	1266	476	38	1177	553	47	1032	310	30	1067	338	32	1068	398	37	0,681
FN3-FN2 ^b	935	391	42	1113	374	34	1093	346	32	1022	378	37	942	416	44	0,402
FN4-FN3 ^a	801	350	44	673	307	46	624	264	42	905	402	44	680	274	40	0,060
Masculino (n=291)																
[m](n=104)	(n=20)			(n=22)			(n=22)			(n=20)			(n=20)			
FN2-FN1 ^a ϵ, ϵ, μ	732	124	17	974	295	30	1054	251	24	733	225	31	871	381	44	<0,001*
FN3-FN2 ^b	890	393	44	864	285	33	862	252	29	975	312	32	978	420	43	0,643
FN4-FN3 ^b	816	249	31	780	326	42	812	262	32	733	310	42	818	314	38	0,874
[n] (n=105)	(n=23)			(n=24)			(n=18)			(n=20)			(n=20)			
FN2-FN1 ^b	1256	279	22	1149	349	30	1077	296	27	1245	421	34	1213	325	27	0,423

FN3-FN2 ^b	645	245	38	799	225	28	854	383	45	857	388	45	767	321	42	0,167
FN4-FN3 ^b	758	331	44	762	296	39	717	258	36	693	255	37	701	285	41	0,893
[ɲ] (n=82)	(n=17)			(n=17)			(n=15)			(n=16)			(n=17)			
FN2-FN1 ^a	1280	409	32	1353	338	25	1375	402	29	1362	436	32	1265	410	32	0,849
FN3-FN2 ^a	854	365	43	831	286	34	707	228	32	915	291	32	908	350	39	0,382
FN4-FN3 ^b	800	312	39	912	436	48	829	336	41	886	452	51	865	334	39	0,921

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FN - formante nasal (Hz); n - número; a - estatística não-paramétrica com teste de Kruskal-Wallis; b - estatística paramétrica com teste ANOVA; * - valor significativo ($p < 0,05$); *Post Hoc* de Dunn: £ - diferença entre [ẽ] e [õ]; β - diferença entre [ẽ] e [ũ]; € - diferença entre [ĩ] e [õ]; μ - diferença entre [ẽ] e [ĩ].

Com base na Tabela 36, verificamos que houve diferenças estatísticas significativas para FN2-FN1 entre os diferentes contextos precedentes para a consoante nasal bilabial, para sexo feminino e masculino. O *Post Hoc* de Dunn esclareceu que essa diferença ocorreu entre cinco pares vocálicos. No sexo feminino, ocorreram diferenças significativas entre [ẽ]/[õ] e [ẽ]/[ũ]. Já no sexo masculino, as diferenças significativas foram verificadas entre as vogais: [ẽ]/[õ]; [ĩ]/[õ] e [ẽ]/[ĩ].

As demais consoantes nasais não alteraram de modo significativo seus intervalos entre as frequências dos formantes dependendo da qualidade vocálica que as precediam. Do mesmo modo ocorreu para os formantes nasais.

Constatamos que, da mesma maneira como a apresentada pelos formantes da consoante nasal bilabial, os pares de vogais com diferença estatística mais frequentes (80%) foram aqueles entre vogais anteriores ([ẽ, ĩ] *versus* posteriores ([õ, ũ]), e em menor ocorrência (20%) entre [ẽ] e [ĩ]. Ressaltamos que o 1º intervalo (FN2-FN1) comporta o FN2, decorrendo daí questões articulatórias já abordadas no que diz respeito aos formantes nasais.

Concluindo esta seção, com base nos resultados acústicos obtidos para as consoantes nasais, referentes às Tabelas 32, 33, 34, 35 e 36, respondemos à décima sétima questão de pesquisa (Q17) e verificamos que nossa hipótese (H17) de que haveria diferenças significativas entre os contextos de tonicidade e de vogal precedente, relacionadas à duração, às frequências dos formantes nasais e aos intervalos entre essas, das consoantes nasais, foi, de modo geral, parcialmente confirmada. Dependendo do contexto de tonicidade e da qualidade vocálica precedente em que a consoante nasal se encontrava, houve diferenças estatísticas na duração relativa (porém com valores ainda inconclusivos), em algumas frequências dos formantes nasais, alguns intervalos entre essas frequências e em algumas consoantes, não sendo, ainda, sistemáticas essas diferenças entre os sexos. No caso da duração relativa, não houve diferenças estatísticas condicionadas pelo contexto vocálico precedente, não sendo confirmado esse parâmetro acústico em nossa hipótese (H17).

Finalizamos a análise acústica das consoantes nasais e seguiremos com a análise aerodinâmica dos dados dessas produções consonantais.

4.3.4 Análise aerodinâmica das consoantes nasais

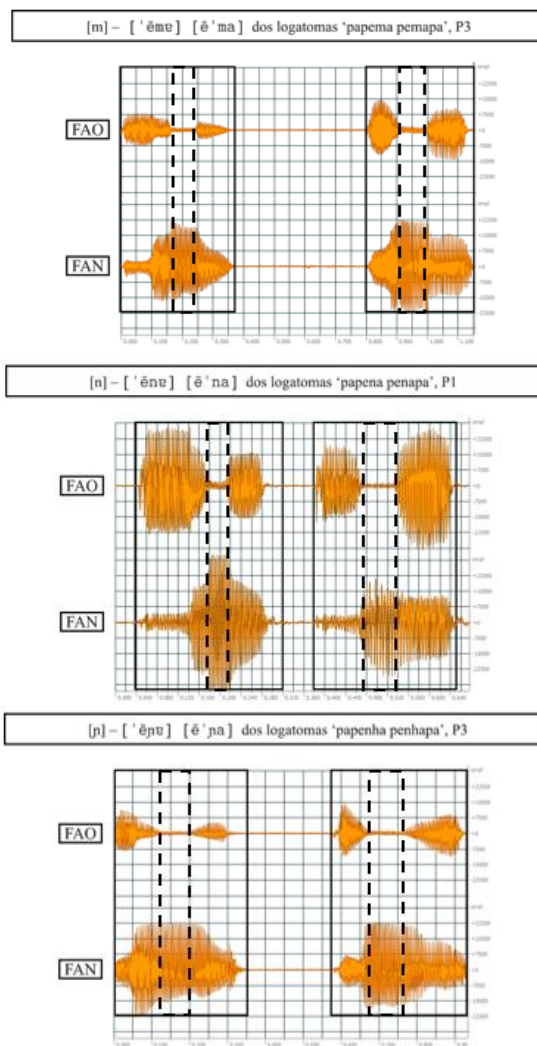
Inicialmente, por meio de análise qualitativa, observamos as configurações das curvas do FAO e FAN em [m], [n] e [ɲ]. Em seguida, com dados quantitativos, investigamos os valores das curvas aerodinâmicas das consoantes nasais e suas relevâncias estatísticas.

4.3.4.1 Análise aerodinâmica qualitativa das consoantes nasais

Na análise aerodinâmica qualitativa, utilizamos o *software* Ocenaudio para analisarmos os dados acústicos e aerodinâmicos das consoantes nasais, coletados com a Estação EVA, com canais separados de registro do FAO e do FAN. Do total de 376 produções, selecionamos, de modo aleatório, amostras (em torno de 50 dados de cada consoante) e analisamos as consoantes nasais com dados de todos os participantes.

Na Figura 62, estão apresentadas as regiões V_1CnV_2 dos logatomas, nos canais oral (FAO) e nasal (FAN) com exemplos ilustrando as formas de onda nas consoantes nasais. Salientamos, que, apesar de, nos exemplos a seguir, a duração absoluta das consoantes nasais (na área pontilhada) ser maior nas sílabas tônicas do que nas átonas, lembramos que a análise da tese utilizou valores de duração relativa, ou seja, a porcentagem que a consoante nasal ocupa na sílaba, a qual indicou uma maior ocupação da consoante nasal nas sílabas átonas, ao contrário do exposto na Figura 62.

Figura 62 – Canais oral (FAO) e nasal (FAN) coletados pela Estação EVA e visualizados pelo *software* Ocenaudio, indicando as formas de onda da região V₁CnV₂ em [m], [n] e [ɲ] (linhas pontilhadas) pronunciadas diante da vogal [ẽ] e seguidas de vogal [ɐ], no PB.



Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: FAO - fluxo de ar oral; FAN - fluxo de ar nasal; P - participante; PB - português brasileiro.

Conforme observamos nos exemplos da Figura 62, as produções das vogais apresentaram saída de FAO com amplitudes variadas, enquanto as consoantes nasais (nas regiões pontilhadas) praticamente não apresentaram saída de FAO, o que podemos denominar como muito baixa amplitude de FAO, sendo este um ponto em comum entre as consoantes nasais no que tange à produção aerodinâmica.

Segundo Ladefoged e Maddieson (1996), sobre as medidas aerodinâmicas da nasal bilabial, a duração do fechamento labial pode ser vista na parte da forma de onda e no traçado do FAO, onde a amplitude é baixa. Pelo que demonstraram nossos resultados, esse intervalo de baixa amplitude de FAO se estendeu às demais consoantes nasais, indicando a oclusão na passagem de ar pela cavidade oral, além do fechamento labial para [m], também a oclusão linguoalveolar para [n] e linguopalatal para [ɲ].

Já a saída de FAN, segundo a Figura 62, mostrou-se evidente nas consoantes nasais (linhas pontilhadas) e apresentou variações nas formas de onda entre as consoantes e dentre os contextos silábicos átonos e tônicos. Ainda, as vogais precedentes apresentaram variadas amplitudes de FAN e as vogais seguintes à consoante demonstraram saída de FAN em toda sua extensão.

Durante o intervalo de baixa amplitude no FAO, Ladefoged e Maddieson (1996) explicaram que o FAN tem aumento considerável e remanescências elevadas por duas ou três vibrações das pregas vocais (cerca de 30 ms) durante a vogal seguinte. Nos resultados da presente pesquisa, quanto à propagação da nasalidade para a vogal seguinte (V₂), ou nasalidade progressiva (VAISSIÈRE, 1995; dentre outros), essa ocorreu na maioria dos dados, possivelmente com duração mais longa do que referiram os autores Ladefoged e Maddieson (1996). Outros estudos do PB como Moraes (2013), Mendonça e Seara (2015) são corroborados pelos dados da atual pesquisa e de nosso estudo piloto (VIEIRA; SEARA, 2017), que englobou a consoante nasal palatal. Parece, portanto, que nos dados do PB a progressão da nasalidade na vogal que segue uma consoante nasal mostrou-se bastante comum.

Além do fenômeno de nasalização progressiva verificado nos dados aerodinâmicos de nossa pesquisa, também podemos destacar a presença do fenômeno de nasalidade regressiva (Figura 62) (VAISSIÈRE, 1995; MORAES, 2013; dentre outros), nas vogais precedentes (V₁) de todas as consoantes nasais.

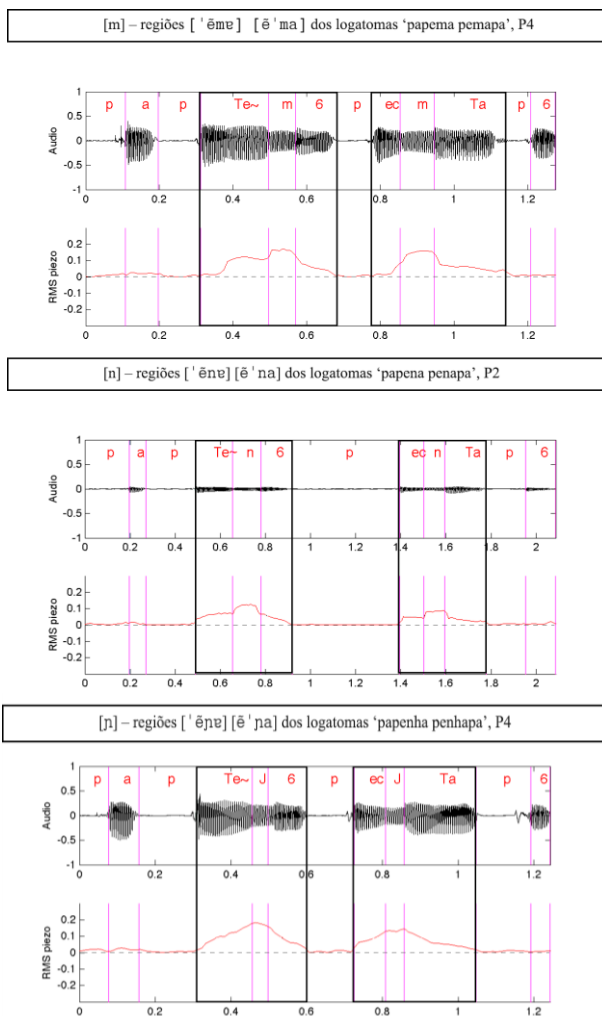
Esse resultado corrobora estudos do PB que investigaram a vogal nasalizada, realizados por Moraes (2013) e por Mendonça e Seara

(2015), e ainda confirma os dados de nosso estudo piloto com as vogais precedentes à consoante nasal palatal (VIEIRA; SEARA, 2017).

Definimos, então, investigar essas variações nas formas de onda por meio da inspeção visual das configurações das curvas de FAN coletadas com o equipamento piezoelétrico. Foram analisados 100 dados da consoante nasal bilabial, 104 dados da alveolar e 74 dados da palatal, totalizando 278 produções de consoantes nasais. Nessa análise buscamos identificar se as configurações das curvas de FAN são semelhantes entre as três consoantes nasais ou se podem fornecer subsídios para auxiliar na diferenciação entre as consoantes.

Para isso, foram realizadas análises qualitativas das configurações dessas curvas considerando o som nasal consonantal e os contextos vocálicos adjacentes (V_1CnV_2), além de observarmos possíveis variações de acordo com o contexto de tonicidade. Na Figura 63, podem ser observados exemplos dessas configurações de FAN.

Figura 63 – Configurações aerodinâmicas das curvas de FAN das consoantes nasais do PB, coletadas com o piezoelétrico.



Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: FAN - fluxo de ar nasal; P - participante; PB - português brasileiro; RMS - Root Means Square.

Os resultados aerodinâmicos indicaram que as curvas de FAN não tiveram sempre as mesmas configurações, ou seja, não foram

uniformes entre as consoantes nasais. Para [m] e [n], verificamos uma mesma configuração preponderante de curva de FAN em 92% das produções (em platô) (cf. Figura 63), além de outras variações assimétricas pouco representativas em 8% das produções. Essa configuração mais frequente de curva de FAN (em platô), encontrada para [m] e [n], também esteve presente em 24% das curvas aerodinâmicas verificadas para a consoante nasal palatal. No entanto, o principal traçado de FAN constatado para [ɲ] foi o apresentado na Figura 63 (circunflexo) e ocorreu em 63% dos dados. Os 13% restantes caracterizaram-se como curvas assimétricas que não mostravam um padrão.

Essas características descritas parecem ser independentes da vogal precedente, ou seja, provavelmente o tipo da configuração não está associado a alguma vogal específica que anteceda a consoante. Quanto ao contexto de tonicidade, observamos maior amplitude na curva de FAN no contexto átono do que no tônico para a maioria dos dados de todas as consoantes nasais. Esses dados qualitativos serão confirmados, ou não, por meio da análise quantitativa e estatística, com os valores coletados nos pontos ao longo da curva de FAN (mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim).

O estudo de Oliveira e Teixeira (2007), sobre os gestos das nasais no português europeu, contribui para fazermos inferências articulatórias com essas configurações aerodinâmicas descritas nas curvas de FAN das consoantes nasais (cf. Figura 63). As autoras verificaram que o gesto vélico para as consoantes nasais [m] e [n] é formado por três tempos: abertura, platô e fechamento (cf. Figura 24, em 2.6.2), concordando com nossos resultados aerodinâmicos qualitativos. Assim, podemos dizer que quando a curva de FAN está aumentando, o EVF está abrindo (abertura do gesto vélico); quando a curva de FAN está em platô, o EVF está aberto (platô do gesto vélico) e quando a curva de FAN está decrescendo, o EVF está fechando (fechamento do gesto vélico).

Dessa maneira, podemos apontar para a natureza dinâmica das consoantes nasais do PB e, conforme a Figura 63, com base na configuração descrita para [m] e [n], podemos inferir que haja a manutenção da abertura do movimento velar durante o platô. Já, para a configuração de [ɲ], podemos inferir articulatoriamente, que haja um movimento velar contínuo, passando da abertura ao fechamento, durante a curva com movimento circunflexo.

Com base nos resultados aerodinâmicos qualitativos, conseguimos responder à décima quinta questão de pesquisa (Q15),

confirmando parcialmente a hipótese (H15) de que haveria curvas de FAO e FAN distintas para cada uma das consoantes nasais do PB, uma vez que as diferenças ocorreram somente no FAN e entre a consoante [ɲ] em relação às demais consoantes: [m] e [n].

Portanto, podemos destacar que o principal ponto de distinção entre as consoantes nasais foi o formato das curvas de FAN. Para as bilabiais e as alveolares, o movimento da curva correspondente à consoante nasal é plano em toda a sua extensão (em platô), destacando-se por apresentar maior amplitude em relação às vogais adjacentes. Já, para as palatais, o movimento da curva de FAN mostrou-se com forma circunflexa, diferindo menos em relação às vogais precedentes e seguintes. Ao contrário, as formas de onda de FAO se assemelharam entre as consoantes nasais, apresentando baixa amplitude.

Apresentaremos a seguir os resultados quantitativos obtidos quanto aos parâmetros aerodinâmicos.

4.3.4.2 Análise aerodinâmica quantitativa das consoantes nasais

A seguir, buscamos estabelecer valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN entre as consoantes nasais, por sexo, de acordo com a Tabela 37.

Tabela 37 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) entre as consoantes nasais, separados por sexo (n=280).

Parâmetros	[m] (n=102)				[n] (n=104)				[ɲ] (n=74)				
	Min /Máx	Média	dp	CV (%)	Min/ Máx	Média	dp	CV (%)	Min /Máx	Média	dp	CV (%)	p valor
Feminino (n=168)													
Mínimos ^{b ¥, £}	0,010/ 0,150	0,069	0,035	51	0,016/ 0,163	0,080	0,037	46	0,039/ 0,206	0,110	0,043	39	<0,001*
Médios ^a	0,052/ 0,175	0,108	0,035	32	0,057/ 0,185	0,117	0,034	29	0,053/ 0,217	0,124	0,042	34	0,153
Máximos ^b	0,061/ 0,206	0,131	0,038	29	0,069/ 0,216	0,137	0,037	27	0,068/ 0,224	0,135	0,042	31	0,668
Do início ^{b ¥}	0,026/ 0,170	0,096	0,034	35	0,016/ 0,200	0,109	0,038	35	0,050/ 0,215	0,124	0,042	34	0,002*
Do meio ^b	0,032/ 0,188	0,117	0,041	35	0,054/ 0,213	0,127	0,040	31	0,058/ 0,224	0,128	0,042	33	0,241
Do fim ^b	0,051/ 0,202	0,120	0,042	35	0,061/ 0,216	0,130	0,039	30	0,061/ 0,222	0,128	0,043	34	0,402
Masculino (n=112)													
Mínimos ^{a ¥}	0,001/ 0,348	0,109	0,072	66	0,036/ 0,245	0,126	0,048	38	0,075/ 0,310	0,153	0,048	31	<0,001*

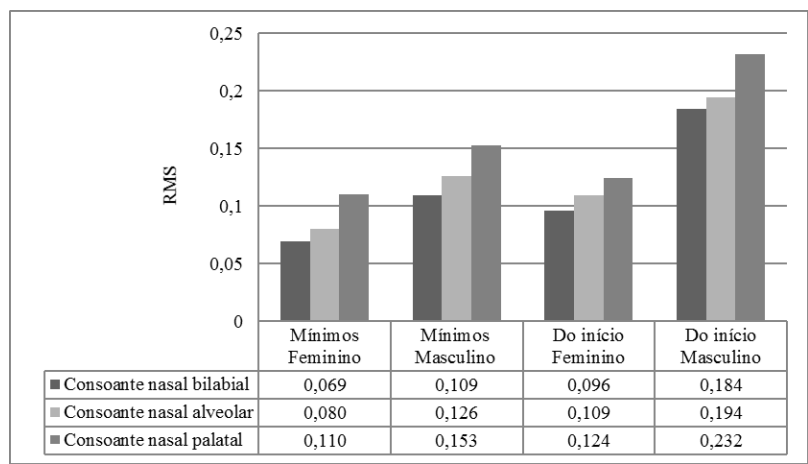
Médios ^a	0,026/ 0,365	0,182	0,077	42	0,106/ 0,323	0,194	0,061	31	0,121/ 0,369	0,221	0,071	32	0,070
Máximos ^a	0,048/ 0,384	0,227	0,081	36	0,128/ 0,356	0,239	0,072	30	0,131/ 0,407	0,260	0,088	34	0,197
Do início ^a ¥	0,001/ 0,358	0,184	0,083	45	0,079/ 0,338	0,194	0,067	35	0,122/ 0,407	0,232	0,077	33	0,045*
Do meio ^a	0,018/ 0,352	0,197	0,082	42	0,091/ 0,356	0,209	0,074	35	0,123/ 0,393	0,235	0,082	35	0,192
Do fim ^a	0,014/ 0,373	0,200	0,087	44	0,118/ 0,343	0,215	0,075	35	0,117/ 0,376	0,233	0,084	36	0,275

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FAN - fluxo aéreo nasal; n - número; RMS - *Root Means Square*; a - estatística não-paramétrica com teste Kruskal-Wallis; b - estatística paramétrica ANOVA; * - valor significativo ($p < 0,05$) entre as médias; *Post Hoc* de Bonferroni e de Dunn; ¥ - diferença entre [m] e [ɲ]; £ - diferença entre [n] e [ɲ].

Para melhor visualização dos resultados que apresentaram diferenças estatísticas – valores mínimos e do início da curva de FAN, entre as consoantes nasais, elaboramos o Gráfico 10, subdividido por sexo.

Gráfico 8 – Valores mínimos e do início da curva de FAN entre as consoantes nasais, por sexo.



Fonte: Dados primários (2017).
Legenda: RMS - Root Means Square.

Na Tabela 37, observamos diferenças estatísticas apenas nos valores mínimos e do início da curva de FAN entre as consoantes [m] e [ɲ] (ambos os sexos) e nos valores mínimos entre [n] e [ɲ] (sexo feminino). Esses resultados confirmam parcialmente nossa hipótese (H16), referente à décima sexta questão de pesquisa (Q16), de que haveria diferenças estatísticas significativas nos valores aerodinâmicos (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim, advindos da curva de FAN), entre as consoantes nasais.

Constatamos, no entanto, que não houve diferenças estatísticas entre os parâmetros aerodinâmicos entre [m] e [n], indicando que essas consoantes não se diferenciam pelos parâmetros aerodinâmicos medidos pela curva de FAN no presente estudo. Já, a consoante [ɲ] apresentou alguns pontos da curva de FAN (mínimos e do início) diferenciados de [m] e [n]. Isso está de acordo com o resultado da análise qualitativa na qual as formas de onda entre [m] e [n] pareciam não se diferir, enquanto [ɲ] se diferenciava mais em relação à [m] e [n].

Esse resultado indica que a região entre o final da vogal precedente e o início da consoante nasal, na qual situam-se os valores do início da curva de FAN, foi a mais importante para a diferenciação aerodinâmica entre a consoante palatal e as consoantes bilabial e alveolar. Já os valores mínimos podem estar situados na região inicial (entre o final da vogal precedente e o início da consoante nasal) ou na região final da curva de FAN (no final da vogal seguinte).

Podemos, então, constatar que os valores médios e os mais elevados das curvas de FAN, obtidos na produção de [ɲ] em relação às demais nasais, não mostraram diferenças relevantes para a distinção entre essas consoantes.

Esse resultado aerodinâmico sobre o comportamento da consoante nasal na região entre V_1 e C_n justifica a forma de onda diferenciada de [ɲ] (em circunflexo) em comparação às consoantes [m] e [n] (em platô). Os valores dos índices de nasalização, apresentados pelas curvas de FAN das consoantes nasais, evidenciam uma maior nasalização da palatal em relação às outras duas consoantes. Isso talvez se deva à frequente nasalidade regressiva encontrada em vogais nasalizadas que antecedem as consoantes nasais palatais. O estudo de Mendonça e Seara (2015) confirma essa possibilidade ao ter verificado que a vogal que antecede a consoante nasal palatal é mais nasalizada do que as vogais que precedem as demais consoantes nasais no PB.

Pelos resultados dos parâmetros aerodinâmicos da Tabela 37 e do Gráfico 10, de modo geral, para ambos os sexos, os valores médios nos pontos mínimos e no início das curvas de FAN, das consoantes nasais, seguiram a seguinte ordem: [ɲ] > [n] / [m].

Além dos valores das médias, na Tabela 37, verificamos que a consoante [m], em comparação às demais consoantes, apresentou os menores valores mínimos em quase todos os parâmetros analisados, ou seja, o FAN ao longo da produção dessa consoante teve menor amplitude. Já a consoante [ɲ] obteve os valores máximos mais altos em todos os parâmetros analisados, indicando que a curva de FAN para sua produção mostrou-se com maior amplitude em relação às outras consoantes nasais.

Agora veremos os resultados obtidos quanto aos parâmetros aerodinâmicos investigados por contexto de tonicidade, entre as consoantes nasais, considerando o sexo separadamente, com base na Tabela 38.

Tabela 38 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) por contexto de tonicidade (átono e tônico) entre as consoantes nasais, separados por sexo (n=280).

Parâmetros	Átono			Tônico			p valor
	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	
Feminino (n=168)							
[m] (n=62)	(n=31)			(n=31)			
Mínimos ^a	0,088	0,035	40	0,050	0,023	46	<0,001*
Médios ^a	0,126	0,032	25	0,090	0,027	30	<0,001*
Máximos ^a	0,149	0,038	26	0,113	0,030	27	<0,001*
Do início ^b	0,111	0,031	28	0,081	0,031	38	<0,001*
Do meio ^a	0,135	0,039	29	0,098	0,034	35	<0,001*
Do fim ^a	0,140	0,042	30	0,101	0,033	33	<0,001*
[n] (n=64)	(n=32)			(n=32)			
Mínimos ^b	0,103	0,032	31	0,058	0,027	47	<0,001*
Médios ^a	0,136	0,028	21	0,098	0,029	30	<0,001*
Máximos ^b	0,155	0,032	21	0,118	0,031	26	<0,001*
Do início ^b	0,127	0,030	24	0,090	0,036	40	<0,001*
Do meio ^b	0,148	0,034	23	0,107	0,034	32	<0,001*
Do fim ^b	0,149	0,034	23	0,111	0,033	30	<0,001*
[ɲ] (n=42)	(n=18)			(n=24)			
Mínimos ^a	0,124	0,044	35	0,099	0,040	40	0,026*
Médios ^a	0,140	0,042	30	0,111	0,039	35	0,033*
Máximos ^a	0,154	0,040	26	0,120	0,037	31	0,047*
Do início ^a	0,143	0,039	27	0,109	0,039	36	0,021*
Do meio ^a	0,145	0,043	30	0,115	0,038	33	0,041*
Do fim ^a	0,145	0,044	30	0,115	0,038	33	0,045*
Masculino (n=112)							
[m] (n=40)	(n=20)			(n=20)			
Mínimos ^a	0,134	0,082	61	0,083	0,051	61	0,014*
Médios ^b	0,203	0,085	42	0,161	0,063	39	0,085
Máximos ^b	0,236	0,094	40	0,217	0,067	31	0,469
Do início ^b	0,205	0,085	41	0,164	0,077	47	0,118
Do meio ^b	0,216	0,089	41	0,178	0,071	40	0,142
Do fim ^b	0,220	0,095	43	0,181	0,076	42	0,161
[n] (n=40)	(n=20)			(n=20)			
Mínimos ^a	0,135	0,043	32	0,116	0,052	45	0,234
Médios ^a	0,194	0,059	30	0,195	0,065	33	0,946
Máximos ^b	0,231	0,069	30	0,246	0,076	31	0,521
Do início ^b	0,187	0,061	33	0,201	0,074	37	0,517
Do meio ^a	0,207	0,072	35	0,210	0,078	37	0,839
Do fim ^a	0,215	0,073	34	0,216	0,079	37	0,935

[ɲ] (n=32)	(n=15)			(n=17)			
Mínimos^a	0,166	0,053	32	0,142	0,042	30	0,108
Médios^a	0,210	0,075	36	0,231	0,067	29	0,326
Máximos^a	0,237	0,086	36	0,280	0,088	31	0,192
Do início^b	0,212	0,078	37	0,250	0,073	29	0,173
Do meio^a	0,224	0,088	39	0,244	0,077	32	0,63
Do fim^a	0,221	0,087	39	0,243	0,083	34	0,558

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FAN - fluxo aéreo nasal; RMS - *Root Means Square*; a - estatística não-paramétrica com teste Mann-Whitney; b - estatística paramétrica com Teste t independente; * - valor significativo ($p < 0,05$).

Segundo a Tabela 38, para o sexo feminino, verificamos diferenças significativas entre o contexto átono eônico, para todos os parâmetros aerodinâmicos analisados nas três consoantes nasais. Enquanto, para os participantes do sexo masculino, somente houve diferença significativa nos valores mínimos da curva de FAN, apenas para a consoante [m]. Para todos esses dados, constatamos que os valores das médias da curva de FAN foram maiores no contexto átono do que noônico.

Sendo assim, a análise quantitativa e estatística (dados femininos) confirmou a análise preliminar qualitativa quanto ao contexto de tonicidade, no qual havíamos observado maior amplitude na curva de FAN no contexto átono do que no contextoônico para a maioria dos dados em todas as consoantes nasais. Entretanto, esperávamos o resultado contrário para as consoantes nasais, ou seja, sílabasônicas com maiores valores de FAN do que em sílabas átonas, de acordo com estudos articulatórios que indicaram que a altura do véu palatino depende da tonicidade, sendo mais baixo em sílabasônicas (BELL-BERT, 1993; KRAKOW, 1993; VAISSIÈRE, 1995). Pode ser que nossos achados não tenham corroborado com esses estudos devido a diferenças metodológicas quanto à estrutura silábica (*coda versus onset*) e ao tipo de análise (articulatória *versus* aerodinâmica).

Entendemos, ainda, que esses resultados podem estar relacionados a questões de diferenças de entoação e ritmo de fala entre homens e mulheres, sendo as produções dos logatomas realizadas pelo sexo feminino com maior ênfase e maior tempo na emissão dos sons-alvo em contexto átono (pós-ônico), ou seja, com prolongamento da sílaba final, levando a um maior fluxo aéreo.

Os resultados obtidos quanto aos parâmetros aerodinâmicos investigados por contexto vocálico precedente, entre as consoantes nasais, considerando o sexo, encontram-se na Tabela 39.

Tabela 39 – Valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN (em RMS) por contexto vocálico precedente, considerando as consoantes nasais, separados por sexo (n=280).

Formantes	[ẽ]			[ê]			[ĩ]			[ô]			[ũ]			p valor
	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	Média	dp	CV (%)	
Feminino (n=168)																
[m] (n=62)	(n=12)			(n=12)			(n=12)			(n=14)			(n=12)			
Mínimos	0,057	0,031	54	0,059	0,032	54	0,080	0,042	53	0,065	0,030	46	0,083	0,038	46	0,323
Médios	0,096	0,038	40	0,107	0,035	33	0,118	0,036	31	0,108	0,031	29	0,113	0,038	34	0,669
Máximos	0,122	0,041	34	0,129	0,038	29	0,139	0,037	27	0,133	0,039	29	0,131	0,042	32	0,867
Do início	0,082	0,027	33	0,098	0,036	37	0,104	0,033	32	0,093	0,038	41	0,105	0,036	34	0,552
Do meio	0,103	0,048	47	0,118	0,039	33	0,127	0,041	32	0,113	0,037	33	0,122	0,043	35	0,722
Do fim	0,105	0,049	47	0,121	0,040	33	0,128	0,042	33	0,125	0,040	32	0,122	0,043	35	0,726
[n] (n=64)	(n=14)			(n=14)			(n=12)			(n=12)			(n=12)			
Mínimos ^{ε, β}	0,072	0,036	50	0,059	0,031	53	0,101	0,038	38	0,076	0,030	39	0,100	,036	36	0,019*
Médios	0,122	0,038	31	0,102	0,029	28	0,121	0,032	26	0,117	0,034	29	0,124	0,037	30	0,503
Máximos	0,146	0,042	29	0,127	0,033	26	0,135	0,032	24	0,137	0,039	28	0,138	0,038	28	0,742
Do início	0,111	0,042	38	0,085	0,039	46	0,121	0,025	21	0,104	0,036	35	0,125	0,036	29	0,058 ^d
Do meio	0,134	0,046	34	0,113	0,035	31	0,131	0,036	27	0,129	0,042	33	0,131	0,042	32	0,673
Do fim	0,141	0,045	32	0,120	0,033	28	0,128	0,036	28	0,130	0,039	30	0,130	0,042	32	0,746

[p] (n=42)	(n=7)			(n=8)			(n=9)			(n=8)			(n=10)			
Mínimos	0,099	0,045	45	0,098	0,038	39	0,124	0,049	40	0,109	0,045	41	0,114	0,044	39	0,734
Médios	0,115	0,049	43	0,115	0,036	31	0,133	0,049	37	0,125	0,044	35	0,127	0,039	31	0,926
Máximos	0,126	0,051	40	0,127	0,036	28	0,142	0,046	32	0,137	0,045	33	0,137	0,038	28	0,932
Do início	0,112	0,048	43	0,116	0,038	33	0,135	0,048	36	0,121	0,043	36	0,130	0,039	30	0,873
Do meio	0,119	0,049	41	0,123	0,036	29	0,135	0,052	39	0,133	0,046	35	0,129	0,037	29	0,972
Do fim	0,122	0,051	42	0,121	0,036	30	0,135	0,051	38	0,130	0,047	36	0,129	0,039	30	0,963
Masculino (n=112)																
[m] (n=40)	(n=8)			(n=8)			(n=8)			(n=8)			(n=8)			
Mínimos ^ε	0,082	0,039	48	0,094	0,040	43	0,193	0,092	48	0,055	0,034	62	0,121	0,061	50	0,002*
Médios	0,156	0,072	46	0,176	0,051	29	0,238	0,085	36	0,139	0,084	60	0,203	0,062	31	0,118
Máximos	0,203	0,074	36	0,221	0,067	30	0,273	0,092	34	0,192	0,095	49	0,244	0,064	2	0,186
Do início ^ε	0,163	0,082	50	0,161	0,042	26	0,259	0,078	30	0,130	0,093	72	0,209	0,058	28	0,024*
Do meio	0,170	0,085	50	0,193	0,057	30	0,243	0,078	32	0,153	0,094	61	0,226	0,076	34	0,177
Do fim	0,174	0,089	51	0,207	0,068	33	0,241	0,081	34	0,159	0,105	66	0,220	0,083	38	0,375
[n] (n=40)	(n=8)			(n=8)			(n=8)			(n=8)			(n=8)			
Mínimos ^α	0,098	0,033	34	0,102	0,033	32	0,151	0,059	39	0,115	0,029	25	0,163	0,049	30	0,039*
Médios	0,179	0,055	31	0,160	0,035	22	0,226	0,078	35	0,184	0,051	28	0,223	0,064	29	0,186
Máximos	0,232	0,077	33	0,205	0,054	26	0,262	0,082	31	0,233	0,076	33	0,262	0,068	26	0,368
Do início ^β	0,171	0,059	35	0,142	0,044	31	0,227	0,076	33	0,177	0,028	16	0,252	0,065	26	0,012*
Do meio	0,199	0,074	37	0,164	0,053	32	0,249	0,089	36	0,195	0,066	34	0,237	0,068	29	0,092
Do fim	0,212	0,075	35	0,182	0,052	29	0,245	0,095	39	0,214	0,079	37	0,224	0,075	33	0,589
[p] (n=32)	(n=7)			(n=7)			(n=4)			(n=5)			(n=9)			
Mínimos	0,155	0,037	24	0,157	0,037	24	0,111	0,031	28	0,168	0,053	32	0,160	0,064	40	0,309
Médios	0,199	0,060	30	0,226	0,075	33	0,245	0,063	26	0,221	0,082	37	0,223	0,083	37	0,770
Máximos	0,236	0,083	35	0,265	0,098	37	0,294	0,074	25	0,261	0,100	38	0,258	0,099	38	0,802
Do início	0,201	0,063	31	0,230	0,068	30	0,261	0,059	23	0,219	0,074	34	0,253	0,102	40	0,687

Do meio	0,209	0,071	34	0,243	0,087	36	0,282	0,080	28	0,224	0,077	34	0,234	0,096	41	0,609
Do fim	0,207	0,075	36	0,248	0,094	38	0,285	0,087	31	0,224	0,081	36	0,222	0,090	41	0,351

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: CV - coeficiente de variação; dp - desvio padrão; FAN = fluxo aéreo nasal; n - número; RMS - *Root Means Square*; estatística não-paramétrica com teste de Kruskal-Wallis; * - valor significativo ($p < 0,05$); *Post Hoc* de Dunn: € - diferença entre [i] e [ô]; £ - diferença entre [ê] e [ĩ]; β - diferença entre [ẽ] e [ũ]; α - diferença entre [ẽ] e [ũ]; d - tamanho do efeito ($d = 1,14$).

Conforme a Tabela 39, no sexo masculino, os valores mínimos e do início da curva de FAN foram os mais influenciados, com diferenças significativas, nas consoantes [m] e [n], pelas vogais precedentes: [i]/[õ], [ẽ]/[ũ] e [ẽ]/[ũ]. Além disso, no sexo feminino, a consoante [n] apresentou diferenças significativas nos valores mínimos entre as vogais [ẽ]/[i] e [ẽ]/[ũ]. Ainda, no sexo feminino, para a consoante [n], os valores do início da curva de FAN apresentaram-se com valores marginais ($p=0,058$) em relação à significância estatística, porém com um grande tamanho de efeito ($d = 1,14$), o que leva a crer que com maior número de dados, os resultados tenderiam a ser significativamente diferentes. Ressaltamos aqui o reduzido número de dados nas consoantes, especialmente em [n], a qual não apresentou diferença significativa nos valores aerodinâmicos entre as vogais precedentes.

O contexto vocálico precedente às consoantes nasais mostrou influência significativa em poucos dados da consoante [m] na análise acústica (principalmente em FN2 e no intervalo FN2-FN1) e na análise aerodinâmica (valores mínimos e do início da curva de FAN) nas consoantes [m] e [n]. A diferença foi estabelecida, para ambas as análises, na maioria dos dados, entre vogais anteriores e posteriores.

Constatamos, portanto, com base nos resultados aerodinâmicos obtidos para as consoantes nasais, referentes às Tabelas 38 e 39, concluindo a resposta à décima sétima questão de pesquisa (Q17), que nossa hipótese (H17) foi parcialmente confirmada, sendo encontradas diferenças significativas nos parâmetros aerodinâmicos, por contexto de tonicidade e de vogal precedente, entre as consoantes nasais. Entretanto, isso ocorreu somente para alguns valores da curva de FAN (mínimos e do início), variando as consoantes nasais influenciadas por esses contextos e, ainda, de modo distinto entre os sexos.

Encerramos a apresentação dos resultados acerca das produções consonantais nasais. Na próxima seção, apresentaremos as conclusões obtidas a partir das análises acústicas e aerodinâmicas em conjunto.

4.3.5 Discussão dos resultados das consoantes nasais – [m], [n] e [ɲ]

Esta seção tem por finalidade sintetizar o conjunto de análises aqui realizado (resultados acústicos e aerodinâmicos). Inicialmente, para a caracterização das consoantes nasais, organizamos os resultados em forma de tabelas para cada uma das consoantes nasais.

Em seguida, apresentamos aspectos semelhantes à caracterização das consoantes nasais do PB e as principais características que levam à distinção entre esses sons consonantais.

4.3.5.1 Caracterização das consoantes nasais

Neste momento nos voltamos à apresentação das características acústicas e aerodinâmicas constatadas na presente pesquisa, que descrevem cada uma das consoantes nasais analisadas: bilabial, alveolar e palatal, para o dialeto de Florianópolis.

4.3.5.1.1 Consoante nasal bilabial

Na Tabela 40, estão resumidos os parâmetros acústicos e aerodinâmicos da consoante nasal bilabial com suas relevâncias estatísticas considerando sexo, participantes, contexto de tonicidade e contexto vocálico precedente.

Com base nos dados da Tabela 40 e nos demais resultados qualitativos do presente estudo, que resumimos a seguir, evidenciamos a caracterização acústica e aerodinâmica da consoante nasal bilabial para o PB, no dialeto de Florianópolis (Santa Catarina).

Análise qualitativa acústica

- *Forma de onda*: plana e diferenciada das vogais adjacentes com clara delimitação nas regiões de transição com as vogais adjacentes;
- *Espectrograma*: com maior disposição da energia formântica no primeiro formante.

Análise qualitativa aerodinâmica

- *Configurações aerodinâmicas*: em 92% dos dados a curva de FAN tem formato plano em toda a sua extensão (em platô) e maior amplitude em relação às vogais adjacentes. A curva de FAO tem muito baixa amplitude.

Tabela 40 – Parâmetros acústicos e aerodinâmicos da consoante nasal bilabial do PB e suas relevâncias estatísticas.

[m] Parâmetros	Média		Entre os sexos	Entre os participantes	Tonicidade		Vogal precedente	
	F	M			F	M	F	M
Acústicos								
Duração relativa	40	44	*	*	*	ns	ns	ns
FN1	236	251	*	*	*	ns	*	*
FN2	1101	1129	ns	ns	ns	*	*	*
FN3	2023	2041	ns	*	ns	ns	*	*
FN4	2849	2833	ns	*	ns	ns	ns	ns
FN2-FN1	864	878	ns	ns	ns	*	*	*
FN3-FN2	922	912	ns	*	*	*	ns	ns
FN4-FN3	826	792	ns	ns	ns	*	ns	ns
Aerodinâmicos								
FAN mínimo	0,069	0,109	*	*	*	*	ns	*
FAN médio	0,108	0,182	*	*	*	ns	ns	ns
FAN máximo	0,131	0,227	*	*	*	ns	ns	ns
FAN início	0,096	0,211	*	*	*	ns	ns	*
FAN meio	0,117	0,197	*	*	*	ns	ns	ns
FAN fim	0,120	0,200	*	*	*	ns	ns	ns

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: F - feminino; M - masculino; FN - formante nasal (Hz); FAN - fluxo aéreo nasal; * - estatística significativa ($p < 0,05$); ns - estatística não significativa; tonicidade - diferença entre contexto átono e tônico; vogal precedente - diferença entre as vogais nasalizadas [ẽ], [ê], [ĩ], [ô], [ũ]; participantes - diferença entre P1, P2, P3, P4 e P5.

4.3.5.1.2 Consoante nasal alveolar

Na Tabela 41, estão resumidos os parâmetros acústicos e aerodinâmicos da consoante nasal alveolar verificados na presente pesquisa, com suas relevâncias estatísticas considerando sexo, participantes, contexto de tonicidade e contexto vocálico precedente.

Os resultados indicados na Tabela 41, juntamente com os resultados qualitativos, que descrevemos a seguir, permitem uma caracterização da consoante nasal alveolar para o PB, no dialeto de Florianópolis (Santa Catarina).

Análise qualitativa acústica

- *Forma de onda*: plana e claramente diferenciada das vogais adjacentes com delimitação bastante visível das regiões de transição com as vogais adjacentes;
- *Espectrograma*: maior energia formântica no primeiro formante, com fraca intensidade nas frequências mais altas.

Análise qualitativa aerodinâmica

- *Configurações aerodinâmicas*: em 92% dos dados o formato da curva de FAN é plano em toda a sua extensão e com maior amplitude em relação às vogais adjacentes. A curva de FAO tem muito baixa amplitude.

Tabela 41 – Parâmetros acústicos e aerodinâmicos da consoante nasal alveolar do PB e suas relevâncias estatísticas.

[n] Parâmetros	Média		Entre os sexos	Entre os participantes	Tonicidade		Vogal precedente	
	F	M			F	M	F	M
Acústicos								
Duração relativa	38	39	ns	*	ns	*	ns	ns
FN1	244	261	*	*	*	ns	ns	ns
FN2	1345	1451	*	*	ns	*	ns	ns
FN3	2210	2231	ns	*	ns	ns	ns	ns
FN4	2916	2959	ns	*	ns	ns	ns	ns
FN2-FN1	1101	1191	ns	*	ns	ns	ns	ns
FN3-FN2	865	780	*	*	ns	ns	ns	ns
FN4-FN3	707	729	ns	ns	ns	*	ns	ns
Aerodinâmicos								
FAN mínimo	0,080	0,126	*	*	*	ns	*	*
FAN médio	0,117	0,194	*	*	*	ns	ns	ns
FAN máximo	0,137	0,216	*	*	*	ns	ns	ns
FAN início	0,109	0,194	*	*	*	ns	ns	*
FAN meio	0,127	0,209	*	*	*	ns	ns	ns
FAN fim	0,130	0,215	*	*	*	ns	ns	ns

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: F - feminino; M - masculino; FN - formante nasal (Hz); FAN - fluxo aéreo nasal; * - estatística significativa ($p < 0,05$); ns - estatística não significativa; (*) - tamanho de efeito; tonicidade - diferença entre contexto átono eônico; vogal precedente - diferença entre as vogais nasalizadas [ẽ], [ẽ], [ĩ], [õ], [ũ]; participantes - diferença entre P1, P2, P3, P4 e P5.

4.3.5.1.3 Consoante nasal palatal

A seguir, na Tabela 42, resumimos os dados que caracterizam a consoante nasal palatal, com seus parâmetros acústicos e aerodinâmicos, juntamente com suas relevâncias estatísticas considerando sexo, participantes, contexto de tonicidade e contexto vocálico precedente.

Os resultados apresentados na Tabela 42, somados às demais características qualitativas, resumidas a seguir, permitem uma caracterização da consoante nasal palatal no PB, no dialeto de Florianópolis (Santa Catarina).

Análise qualitativa acústica

- *Forma de onda*: mais arredondada nas regiões de transição com as vogais adjacentes, resultando em um comportamento menos diferenciado das vogais adjacentes;
- *Espectrograma*: maior energia formântica no primeiro formante, com intensidade aparente e formato convexo nos traçados de F2 e FN2 em V₁CnV₂.

Análise qualitativa aerodinâmica

- *Configurações aerodinâmicas*: em 63% dos dados, a curva de FAN apresenta um movimento em circunflexo, diferindo pouco em relação às vogais adjacentes; em 24% dos dados apresenta uma curva em formato plano em toda a sua extensão e com maior amplitude em relação às vogais adjacentes. A curva de FAO tem muito baixa amplitude.

Tabela 42 – Parâmetros acústicos e aerodinâmicos da consoante nasal palatal do PB e suas relevâncias estatísticas.

[ɲ] Parâmetros	Média		Entre os sexos	Entre os participantes	Tonicidade		Vogal precedente	
	F	M			F	M	F	M
Acústicos								
Duração relativa	34	42	*	*	*	ns	ns	ns
FN1	251	265	*	*	*	ns	ns	ns
FN2	1364	1591	*	*	ns	ns	ns	n
FN3	2387	2436	ns	*	ns	*	ns	ns
FN4	3122	3295	*	*	ns	ns	ns	ns
FN2-FN1	1114	1325	*	*	ns	ns	ns	ns
FN3-FN2	1023	845	*	*	ns	ns	ns	ns
FN4-FN3	735	859	*	*	ns	ns	ns	ns
Aerodinâmicos								
FAN mínimo	0,110	0,153	*	*	*	ns	ns	ns
FAN médio	0,124	0,221	*	*	*	ns	ns	ns
FAN máximo	0,135	0,260	*	*	*	ns	ns	ns
FAN início	0,124	0,232	*	*	*	ns	ns	ns
FAN meio	0,128	0,235	*	*	*	ns	ns	ns
FAN fim	0,128	0,233	*	*	*	ns	ns	ns

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: F - feminino; M - masculino; FN - formante nasal (Hz); FAN - fluxo aéreo nasal; * - estatística significativa ($p < 0,05$); ns - estatística não significativa; tonicidade - diferença entre contexto átono e tônico; vogal precedente - diferença entre as vogais nasalizadas [ẽ], [ẽ̃], [ĩ], [õ], [ũ]; participantes - diferença entre P1, P2, P3, P4 e P5.

4.3.5.2 Comparação entre as consoantes nasais

Após a descrição sucinta das características de cada consoante nasal fornecidas nesta tese, buscamos organizar um levantamento comparativo dos parâmetros acústicos e aerodinâmicos semelhantes e diferentes entre as consoantes nasais.

Destacamos inicialmente os parâmetros acústicos e aerodinâmicos comuns a classe de sons consonantais nasais do PB, a partir de dados com falantes do dialeto de Florianópolis, com base na análise qualitativa.

1) *formas de onda* das consoantes nasais com menor amplitude quando comparadas às das vogais adjacentes, indicando menor energia dos sons consonantais nasais em relação aos sons vocálicos (cf. 4.3.3.1);

2) a região do *primeiro formante nasal* (FN1) apresenta maior intensidade formântica no espectrograma e maior amplitude na curva da sobreposição do espectro FFT e cepstro (cf. 4.3.3.1);

3) ausência de energia na faixa entre 300 e 1000 Hz (superior à região de FN1) e distribuição de energia na faixa das médias frequências de 1100 a 2400 Hz (cf. 4.3.3.2).

4) muito baixa amplitude na saída de fluxo aéreo oral (FAO) nas produções aerodinâmicas (cf. 4.3.3.1).

Nosso estudo permitiu, em especial, descrever as principais características que levam à distinção entre os sons consonantais nasais. Iniciamos essa discussão pelas características acústicas.

Os dados acústicos qualitativos indicaram que as *formas de onda* em [m] e [n] mostraram-se mais planas (em platô) e diferenciadas das vogais adjacentes, com uma clara delimitação nas regiões de transição com as vogais adjacentes com uma subida abrupta, sendo mais visível na maioria dos dados da nasal bilabial do que da nasal alveolar. Enquanto em [n], as formas de onda mostraram-se mais arredondadas nas regiões de transição com as vogais adjacentes, com uma subida gradual e menos diferenciada das vogais adjacentes (cf. 4.3.3.1).

Da mesma forma, pela observação dos espectrogramas e da superposição de espectros FFT e cepstral, encontramos diferenças que opõe [n] à [m] e [n], com maior energia formântica na nasal palatal em comparação às demais consoantes nasais (cf. 4.3.3.1).

As consoantes nasais também diferiram, qualitativamente, quanto à disposição da energia formântica do segundo formante (F2 e FN2) na sequência V₁CnV₂, sendo que o traçado de FN2 aparece em frequências

mais baixas em [m], aumentando em [n] e ainda mais alto em [ɲ]. Destacamos o formato convexo que os traçados de F2 e FN2 assumem em V₁CnV₂ na nasal palatal, distinguindo-a claramente das demais consoantes (cf. 4.3.3.1). Esse resultado foi comprovado pela análise quantitativa, na qual os valores médios decrescentes para FN2 se configuraram, por sexo (feminino e masculino), como [ɲ] (1360 e 1600 Hz) > [n] (1350 e 1450 Hz) > [m] (1100 Hz) (cf. 4.3.3.2).

Em termos acústicos quantitativos, as consoantes nasais diferiram estatisticamente pela *duração relativa*, apresentando a seguinte ordem para o sexo feminino: [m] > [n] > [ɲ]; e para o masculino: [m] > [ɲ] / [n], de maneira que a consoante bilabial apresentou maior duração em comparação às demais consoantes nasais. Como esta tendência se verificou em dados de outros estudos, podemos pensar em características temporais distintas. O contexto de tonicidade silábica influenciou na duração relativa de modo diferente de acordo com o sexo: feminino para [m] e [ɲ] (maior no contexto átono); masculino para [n] (maior no contextoônico). Não houve influência da vogal precedente na duração relativa das consoantes nasais (cf. 4.3.3.2).

As *frequências dos formantes nasais e os intervalos entre as frequências dos formantes nasais* também permitiram diferenciar as consoantes nasais, por evidenciarem diferenças significativas entre [m], [n] e [ɲ]. Esses resultados referentes às médias das frequências dos formantes nasais (FN1, FN2, FN3 e FN4) e dos intervalos entre essas frequências (FN2-FN1, FN3-FN2, FN4-FN3) por consoante nasal (bilabial, alveolar e palatal) e por sexo (feminino e masculino) estão ilustrados na Figura 64.

Figura 64 – Ilustração das médias das frequências dos formantes nasais e dos intervalos entre as frequências desses formantes nas consoantes nasais do PB, no sexo feminino e masculino.

FEMININO

Hz	FORMANTES	INTERVALOS	FORMANTES	INTERVALOS	FORMANTES	INTERVALOS
FN 4	2849	3º 826	2916	3º 707	3122	3º 735
FN 3	2023	2º 922	2210	2º 865	2387	2º 1023
FN 2	1101	1º 864	1345	1º 1101	1364	1º 1114
FN 1	236		244		251	
CONSOANTE NASAL BILABIAL			CONSOANTE NASAL ALVEOLAR		CONSOANTE NASAL PALATAL	

MASCULINO

Hz	FORMANTES	INTERVALOS	FORMANTES	INTERVALOS	FORMANTES	INTERVALOS
FN 4	2833	3º 792	2959	3º 729	3295	3º 859
FN 3	2041	2º 912	2231	2º 780	2436	2º 845
FN 2	1129	1º 878	1451	1º 1191	1591	1º 1325
FN 1	251		261		265	
CONSOANTE NASAL BILABIAL			CONSOANTE NASAL ALVEOLAR		CONSOANTE NASAL PALATAL	

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: FN - formantes nasais; Hz - hertz; intervalos: 1º - FN2-FN1, 2º - FN3-FN2, 3º - FN4-FN3.

De acordo com a Figura 64, de modo geral, as médias dos valores das *frequências dos formantes nasais* (FN1, FN2, FN3 e FN4) indicaram uma ordem decrescente entre as consoantes: [ɲ] > [n] > [m], tanto para o sexo feminino quanto para o sexo masculino.

Os resultados estatísticos também indicaram que o contexto de tonicidade influenciou alguns formantes: FN1 das três consoantes (feminino), e FN2 de [m]; FN1 e FN4 de [ɲ]; FN3 de [n] (masculino). FN1 e FN2 apresentaram maior média em contexto átono; FN3 e FN4, maior média no contexto tônico. Ainda, houve influência da vogal precedente (anteriores *versus* posteriores) nos valores dos formantes nasais, principalmente de FN2, somente em [m] (cf. 4.3.3.2).

Ainda, com base na Figura 64, verificamos que os *intervalos entre as frequências dos formantes nasais* configuraram-se, do maior para o menor, em [m]: FN3-FN2 > FN2-FN1 > FN4-FN3; em [ɲ]: FN2-FN1 > FN3-FN2 > FN4-FN3; sendo de modo semelhante para os dois sexos. Para [n], configuraram-se de modo diferenciado entre os sexos dispondo-se, do maior para o menor valor: FN2-FN1 > FN3-FN2 > FN4-FN3 (feminino) e FN2-FN1 > FN4-FN3 > FN3-FN2 (masculino). Salientamos que, para a consoante [m], os valores entre os intervalos apresentaram uma distribuição mais simétrica. Para [ɲ], houve maior aproximação entre os intervalos com frequências mais altas (FN3-FN2 e FN4-FN3).

Continuamos com a descrição das principais características aerodinâmicas que levam à distinção entre as consoantes nasais, relacionando-as às questões acústicas.

Inicialmente a análise aerodinâmica qualitativa demonstrou que as *configurações aerodinâmicas* das curvas de FAN não foram uniformes, sendo o formato dessas curvas o principal ponto de distinção entre as consoantes. Para [m] e [n], ocorreu uma configuração preponderante, com formato plano da curva em toda a sua extensão (platô) e com maior amplitude em relação às vogais precedentes e seguintes. Para a consoante nasal palatal, a configuração preponderante caracterizou-se por formato circunflexo das curvas de FAN, diferindo menos em relação às vogais adjacentes (cf. 4.3.4.1).

Assim, constatamos que as configurações das curvas de FAN, assim como as configurações das formas de onda da análise acústica, mostraram-se semelhantes em [m] e [n] diferenciando-se das de [ɲ].

Na análise aerodinâmica quantitativa, verificamos que dentre os *valores da curva de FAN* (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim) ocorreram diferenças estatísticas apenas nos valores mínimos e nos valores do início da curva de FAN. Assim, esses

valores médios (mínimos e de início) das médias das curvas de FAN das consoantes nasais seguiram em ordem decrescente: [n] > [ɲ] > [m], tanto para o sexo feminino quanto para o sexo masculino (cf. 4.3.4.3).

No que se refere ao *contexto de tonicidade*, para o sexo feminino, foram observadas diferenças significativas entre o contexto tônico e átono para todos parâmetros aerodinâmicos analisados. Para o sexo masculino, diferenças significativas entre contexto tônico e átono foram verificadas somente para os valores mínimos de [m]. Todos esses valores se mostraram maiores em contexto átono. (cf. 4.3.4.3).

O *contexto vocálico precedente* influenciou apenas valores mínimos e do início da curva de FAN, com diferenças significativas, nas consoantes [m] e [ɲ] (cf. 4.3.4.3).

Os parâmetros acústicos (duração relativa, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências) apontaram a nasal palatal como a consoante com maior variabilidade entre os sexos, enquanto a nasal alveolar teve variabilidade intermediária e a nasal bilabial como a consoante com menor influência da variável sexo (cf. 4.3.1). Também houve variabilidade entre os parâmetros aerodinâmicos (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim) entre os sexos. Além das diferenças entre os falantes do sexo feminino e masculino, confirmamos variações individuais, com diferenças significativas entre os participantes, principalmente nos valores aerodinâmicos, mas também nos parâmetros acústicos (cf. 4.3.2).

Na Tabela 43, estão expostos, de modo resumido, os dados acústicos e aerodinâmicos que apresentaram diferenças estatisticamente significativas quando as três consoantes nasais do PB foram comparadas.

Tabela 43 – Comparação das médias dos valores dos parâmetros acústicos e aerodinâmicos entre as consoantes nasais, com suas relevâncias estatísticas.

Análise		Acústica				Aerodinâmica		
Parâmetros	Duração relativa		Formantes		Intervalos		Curva de FAN	
	F	M	F	M	F	M	F	M
[m] x [n]	*	*	FN2* FN3*	FN1* FN2* FN3*	FN2-FN1* FN4-FN3*	FN2-FN1* FN3-FN2*	ns	ns
[m] x [ɲ]	*	*	FN1* FN2* FN3* FN4*	FN1* FN2* FN3* FN4*	FN2-FN1* FN4-FN3*	FN2-FN1*	Mínimo* Início*	Mínimo* Início*
[n] x [ɲ]	*	ns	FN3* FN4*	FN4*	FN3-FN2*	FN4-FN3*	Mínimo*	ns

Fonte: Dados primários (2017).

Legenda: duração relativa (%); F - feminino; M - masculino; FN - formante nasal (Hz); FAN - fluxo aéreo nasal; intervalos (Hz);

* - estatística significativa ($p < 0,05$); ns - estatística não significativa.

Com base nos resultados da Tabela 43, constatamos que os parâmetros acústicos quantitativos foram mais importantes na diferenciação entre as consoantes nasais quando comparados aos parâmetros aerodinâmicos, o que se estende também para as análises qualitativas.

Os dados da Tabela 43 permitem analisar comparativamente os pares de consoantes nasais. As consoantes nasais bilabial e alveolar diferiram acusticamente nos parâmetros de duração relativa, das frequências dos formantes nasais (exceto FN4) e de todos os seus intervalos analisados. Entretanto, as consoantes [m] e [n] não apresentaram diferenças na análise qualitativa das configurações aerodinâmicas, nem na análise quantitativa dos parâmetros aerodinâmicos (mínimos, médios, máximos, do início, do meio, do fim) obtidos com as curvas de FAN coletadas com o equipamento piezoelétrico.

As consoantes nasais bilabial e palatal foram as que apresentaram maior diferença significativa entre seus parâmetros acústicos e aerodinâmicos. Na análise acústica qualitativa diferiram, na duração relativa, nas frequências de todos os formantes nasais e nos intervalos entre as frequências dos formantes (exceto FN3-FN2). Os valores mínimos e do início da curva de FAN, provenientes do piezoelétrico, diferiram entre as consoantes [m] e [n].

As consoantes nasais alveolar e palatal apresentaram o menor número de diferenças estatísticas entre os parâmetros acústicos e aerodinâmicos analisados. Na análise acústica quantitativa, diferiram significativamente somente para o sexo feminino na duração relativa nas frequências mais altas (FN3 e FN4) e em dois intervalos entre as frequências (FN3-FN2 e FN4-FN3). Na análise aerodinâmica quantitativa, houve diferenças significativas novamente apenas para o sexo feminino entre os valores mínimos da curva de FAN.

Diante dos resultados, podemos referir que um conjunto de correlatos acústicos e aerodinâmicos para a distinção do ponto articulatorio nas consoantes nasais do PB, no dialeto de Florianópolis, foi estabelecido, a saber: forma de onda, duração, frequências dos formantes nasais, intervalos entre essas frequências, configuração aerodinâmica e valores mínimos e do início da curva de FAN.

Ao finalizarmos a apresentação dos resultados e a discussão, incluindo a análise das variações da consoante nasal palatal (*cf.* 4.2) e de todas as produções consonantais (*cf.* 4.3), podemos considerar que [m] e [n] sofrem menos variação acústica e aerodinâmica do que a consoante [ɲ]. Quais fatores poderiam explicar esse achado?

Um fator que contribui nesse sentido pode ser a relação estabelecida entre a consoante nasal e as vogais adjacentes na região V_1CnV_2 , constatada tanto nas formas de onda quanto na configuração das curvas de FAN. Assim, [m] e [n] podem ser vistas como consoantes mais diferenciadas das vogais precedentes e seguintes, tanto em suas características acústicas quanto aerodinâmicas, sendo mais representativas da classe consonantal.

Em oposição, [ɲ] apresenta um comportamento acústico e aerodinâmico menos diferenciado em comparação às vogais adjacentes. Uma característica vocálica incluída em sua produção poderia explicar o fato dessa consoante ser menos marcada em relação às vogais adjacentes e se diferenciar das demais consoantes nasais desde a etiquetagem dos dados acústicos até as análises qualitativas. Relembramos que, para a análise das produções consonantais, incluímos somente as produções classificadas como produções consonantais na análise acústica qualitativa, não sendo esperada influência vocálica nessas produções selecionadas. Entretanto, esse componente vocálico parece ter continuado presente, não sendo uma característica apenas das produções vocálicas, como suposto inicialmente.

Portanto, nossa proposta é de que haja um componente consonantal e um componente vocálico, concomitantemente, na constituição do som da consoante nasal palatal, variando a porcentagem de ocorrência desses componentes em um *continuum* de gradiência. Assim, em um dos extremos a parte consonantal se sobressai; na região intermediária, a presença dos componentes apresenta-se em porcentagens variáveis; e no outro extremo a parte vocálica se sobressai.

Esse argumento não invalida os resultados obtidos na análise acústica qualitativa (cf. 4.2.3.1), na qual a consoante nasal palatal foi classificada em quatro tipos acústicos de acordo com características mais consonantais ou mais vocálicas. Pelo contrário, torna essa classificação preliminar em membros de uma mesma categoria: consoante [ɲ], o que ajuda a explicar a difícil tarefa nas etapas descritas para essa classificação e o fato de não terem sido constatadas diferenças estatísticas entre os valores acústicos (frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências) (cf. 4.2.3.2), nem entre os valores aerodinâmicos da curva de FAN (cf. 4.3.3.2) comparando-se as produções nasais consonantais e as vocálicas.

Embora tenhamos constatado uma gradiência fônica no detalhe acústico, a percepção, aliada intrinsecamente à produção, parece decisiva para que nossos sistemas auditivo e cognitivo, permitam que as inúmeras produções ouvidas possam ser enquadradas nas produções alofônicas de [ɲ]

e [j]. Ou seja, podemos supor que nossa percepção e processamento cognitivo não conseguem perceber/processar o *continuum* de sons intermediários que existe entre os dois pontos situados nos extremos. No âmbito articulatório, podemos inferir que a língua não tenha um ponto articulatório fixo para a oclusão linguopalatal, ao invés disso, poderia manter-se em movimento durante a produção de [ɲ], ao passo que, ao projetar-se para a região anterior da cavidade oral na execução do movimento, atingiria o ponto articulatório típico da semivogal nasalizada [j]. Assim, quanto mais anterior esse movimento, mais características vocálicas o som terá. Reforça-se, portanto, a importância da organização temporal na realização da consoante nasal palatal, ou seja, o fato de como as unidades de fala se organizam no tempo reforça a necessidade de um modelo dinâmico para explicar esses fatos fônicos.

Outro fator para justificar a diferença entre as consoantes nasais bilabial e alveolar em comparação à palatal está relacionado à obstrução na passagem do ar na cavidade oral em suas produções articulatórias, o que encontra correlato acústico e aerodinâmico nas análises qualitativas da amplitude das formas de onda e das configurações das curvas de FAO e FAN.

Mesmo que se trate de uma mesma classe consonantal – a nasal, [m] e [n] apresentam maior obstrução da passagem do ar (oclusão total), por terem pontos articulatórios mais restritos e movimentos menos variáveis dos articuladores, em oposição à [ɲ]. A consoante nasal palatal tem variação no grau de obstrução (oclusão total e parcial) devido à variabilidade nos movimentos articulatórios na cavidade oral, da língua ao longo do palato. Se considerarmos que a oclusão na cavidade oral pode ser parcial, interligada aos componentes consonantal e vocálico na produção da nasal palatal, então também podemos questionar se a saída do fluxo aéreo é mesmo exclusivamente pela cavidade nasal em todas as produções. Podemos considerar que a nasal palatal não seja, portanto, uma consoante típica, nem uma vogal típica.

Desse modo, as características encontradas para [m] e [n], em nível acústico e aerodinâmico, parecem representar esses sons como fatos universais das línguas naturais, consoantes típicas decorrentes de aspectos mecânicos ou manobras articulatórias mais definidas para suas produções, tendo em vista que a configuração do trato vocal é a mesma para várias línguas.

Já para [ɲ], também dependente dessas restrições fisiológicas no que tange ao trato vocal, mas com maior possibilidade articulatória e

consequentemente maior variabilidade na produção, a alofonia de [ɲ] e [j] caracteriza-se por ser um fato específico da língua nas variações dialetais do PB.

4.4 QUADRO GERAL DOS RESULTADOS

Ao finalizarmos a exposição dos resultados e da discussão sobre as variações das produções da consoante nasal palatal e a cerca das produções consonantais nasais: bilabial, alveolar e palatal, reapresentamos, resumidamente, informações quanto aos objetivos específicos, às questões e hipóteses de pesquisa (*cf.* Seção 1.3).

Acrescentamos, ainda, uma síntese dos resultados, indicando se a hipótese de pesquisa foi confirmada, parcialmente confirmada ou não confirmada, para cada análise (qualitativa e quantitativa) realizada, como pode ser visto no Quadro 8. Os testes estatísticos utilizados foram descritos em cada uma das tabelas dispostas ao longo da tese.

Quadro 8 – Objetivos específicos, questões de pesquisa, hipóteses de pesquisa e resultados.

Objetivo específico	Questão de pesquisa (Q)	Hipótese de pesquisa (H)	Resultado
(i) Microfone nasal e piezoelétrico	Q1: Há correlação entre os valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim, obtidos por meio do piezoelétrico e do microfone nasal?	H1: Haverá correlação entre os valores dos parâmetros aerodinâmicos apresentados por esses equipamentos.	Em 3.5.2 Confirmada.
(ii) Taxa de articulação	Q2: Há diferenças estatísticas na taxa de articulação entre os participantes?	H2: Haverá diferenças estatísticas na velocidade de fala entre os participantes.	Seção 4.1 Confirmada.
Consoante nasal palatal e suas variações			
(iii) Entre os sexos	Q3: Há diferenças significativas entre o sexo feminino e masculino nos parâmetros acústicos (valores da duração e das frequências dos formantes nasais) e nos parâmetros aerodinâmicos (valores médios, mínimos, máximos, do início, meio e fim da curva de FAN), considerando as variações encontradas nas produções da consoante nasal palatal?	H3: Haverá diferenças significativas entre os sexos nos valores da duração, das frequências dos formantes nasais e nos valores aerodinâmicos, levando em conta as variações da consoante nasal palatal.	Em 4.2.1 Parâmetros acústicos: Parcialmente confirmada. Parâmetros aerodinâmicos: Confirmada.
(iv) Entre os participantes	Q4: Há diferenças estatísticas entre os participantes nos parâmetros acústicos (duração, frequências dos formantes e intervalos entre as frequências dos	H4: Haverá diferenças estatísticas entre os participantes nos parâmetros acústicos e aerodinâmicos,	Em 4.2.2 Duração relativa: Parcialmente

	formantes nasais) e nos valores aerodinâmicos (valores médios, mínimos, máximos, do início, meio e fim da curva de FAN), por variações encontradas para as produções da consoante nasal palatal?	considerando as variações encontradas para a consoante nasal palatal.	confirmada. Frequências dos formantes nasais; Intervalos entre as frequências; Valores aerodinâmicos: Confirmada.
(v) Análise acústica	Q5: Existem variações acústicas nas produções da consoante nasal palatal?	H5: Haverá diferentes produções fônicas na produção da consoante nasal palatal.	Em 4.2.3.1 Confirmada.
	Q6: Há diferenças estatísticas nos valores da duração, das frequências dos formantes nasais e dos intervalos entre as frequências dos formantes nasais entre as variações encontradas para as produções da consoante nasal palatal?	H6: Haverá diferenças estatísticas nos valores da duração, das frequências dos formantes e dos intervalos entre as frequências dos formantes entre as variações encontradas para a consoante nasal palatal.	Em 4.2.3.2 Duração relativa: Parcialmente confirmada. Frequências dos formantes nasais; Intervalos entre as frequências: Não confirmada.
(vi) Análise aerodinâmica	Q7: Em uma análise qualitativa, existem configurações distintas de curvas aerodinâmicas na produção da consoante nasal palatal?	H7: Haverá configurações diferentes de curvas de FAN para a consoante nasal palatal.	Em 4.2.4.1 Confirmada.

	Q8: No caso de existirem configurações aerodinâmicas distintas, elas estariam associadas às diferentes produções acústicas da consoante nasal palatal?	H8: Não haverá associação entre as variações acústicas da consoante nasal palatal e as configurações aerodinâmicas do FAN. Essa hipótese concorda com a hipótese nula.	Em 4.2.4.1 Confirmada a hipótese nula.
	Q9: Há diferenças estatísticas entre os parâmetros aerodinâmicos (valores médios, mínimos, máximos, do início, meio e fim da curva de FAN), entre as variações da consoante nasal palatal?	H9: Haverá diferenças estatísticas entre os parâmetros aerodinâmicos, levando-se em conta as variações da consoante nasal palatal.	Em 4.2.4.2 Não confirmada.
(v; vi) Contexto de tonicidade e contexto vocálico precedente	Q10: Há diferenças significativas entre o contexto de tonicidade e entre o contexto vocálico precedente nos parâmetros acústicos (duração, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências) e nos parâmetros aerodinâmicos (valores médios, mínimos, máximos, do início, meio e fim do FAN), nas variações da consoante nasal palatal?	H10: Haverá diferenças significativas por contexto de tonicidade e vocálico precedente, entre os parâmetros acústicos (duração, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências) e os parâmetros aerodinâmicos (valores médios, mínimos, máximos, do início, meio e fim do FAN) nas variações da consoante nasal palatal.	Em 4.2.3.2 e 4.2.4.2 Contexto de tonicidade: Parcialmente confirmada. Contexto vocálico precedente: Não confirmada.

Consoantes nasais				
(iii)	Entre os sexos	Q11: Há diferenças estatísticas entre o sexo feminino e masculino nos parâmetros acústicos (valores da duração, das frequências dos formantes nasais e dos valores dos intervalos entre essas frequências) e aerodinâmicos (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN) levando-se em conta as consoantes nasais ([m], [n], [ɲ]) do PB?	H11: Haverá diferenças estatísticas entre as produções de falantes masculinos e femininos considerando os parâmetros acústicos e aerodinâmicos nas três consoantes nasais do PB.	Em 4.3.1 Parâmetros acústicos: Parcialmente confirmada. Parâmetros aerodinâmicos: Confirmada.
(iv)	Entre os participantes	Q12: Há diferenças estatísticas entre os participantes nos valores acústicos (duração, frequências dos formantes e intervalos entre as frequências dos formantes nasais) e aerodinâmicos (valores médios, mínimos, máximos, do início, meio e fim da curva de FAN), por consoante nasal [m], [n] e [ɲ] do PB?	H12: Haverá diferenças estatísticas entre os participantes nos parâmetros acústicos e aerodinâmicos, considerando as consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB.	Em 4.3.2 Confirmada.
(v)	Análise acústica	Q13: Em uma análise qualitativa, quais são as características acústicas que caracterizam a produção das consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] no PB? Embasamento: Estudos (SOUSA, 1994; SEARA, 2000) reportaram diferenças	H13: Haverá diferenças acústicas qualitativas que caracterizem as consoantes nasais.	Em 4.3.3.1 Confirmada.

		acústicas observadas na produção das consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB.		
		Q14: Há diferenças estatisticamente significativas na duração, nas frequências dos formantes nasais e nos intervalos entre as frequências dos formantes nasais entre as consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB?	H14: Haverá diferenças significativas considerando esses parâmetros acústicos entre as três consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB.	Em 4.3.3.2 Confirmada.
(vi) Análise aerodinâmica		Q15: Em uma análise qualitativa, que configurações das curvas do fluxo aéreo nasal (FAN) e oral (FAO) podem ser encontradas para as consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB?	H15: Haverá curvas de FAN e FAO distintas para cada uma dessas consoantes.	Em 4.3.4.1 Parcialmente confirmada.
		Q16: Há diferenças significativas nos parâmetros aerodinâmicos (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim), advindos da curva de FAN, entre as consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB?	H16: Haverá diferenças significativas nos valores aerodinâmicos entre as consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB.	Em 4.3.4.2 Parcialmente confirmada.
(v; vi) Contexto de tonicidade e contexto vocálico precedente		Q17: Há diferenças estatísticas entre os contextos de tonicidade e de vogal precedente, em que a consoante nasal se encontra, considerando os parâmetros acústicos (valores de	H17: Haverá diferenças significativas entre os contextos de tonicidade e de vogal precedente, relacionadas à duração, às frequências dos	Em 4.3.3.2 e 4.3.4.2 Parcialmente confirmada.

	duração, das frequências dos formantes nasais e dos intervalos entre as frequências desses formantes nasais) e aerodinâmicos (valores mínimos, médios, máximos, do início, do meio e do fim da curva de FAN)?	formantes nasais, aos intervalos entre essas frequências e aos valores aerodinâmicos das consoantes nasais [m], [n] e [ɲ] do PB.	Contexto vocálico precedente para a duração relativa: Não confirmada.
--	--	---	--

Fonte: Dados primários (2017).

5 CONCLUSÕES

Nesta tese propusemos uma investigação dos aspectos da produção das consoantes nasais do PB, por meio de equipamentos de análise acústica e aerodinâmica, com participantes adultos com fala típica, no dialeto de Florianópolis (Santa Catarina), em uma visão da dinâmica fônica, o que proporciona o caráter inédito da pesquisa linguística na área das Ciências da Fala.

Para isso, investigamos os correlatos acústicos e aerodinâmicos decorrentes dos aspectos articulatórios envolvidos na nasalidade consonantal, na busca por responder os problemas de pesquisa formulados para a tese, a saber: 1) Por meio das análises acústica e aerodinâmica, é possível descrever e caracterizar a variação? 2) Por meio de análise acústica associada à análise aerodinâmica, é possível caracterizar as três consoantes nasais do PB, considerando as características comuns e as que as diferenciam umas das outras?

Em resposta ao primeiro problema de pesquisa elencado, os dados apresentados sobre a consoante nasal palatal sugerem que, entre os pontos extremos de um *continuum*, nos quais varia a pronúncia em dois tipos: consoante [ɲ] e semivogal nasalizada [ɲ̃], encontram-se inúmeras variantes que se caracterizam por terem características, concomitantemente, desses dois tipos acústicos. Esse resultado, baseado no detalhe acústico, é reforçado pela quantificação dos dados, os quais não indicaram, de modo geral, diferenças significativas entre os parâmetros acústicos e aerodinâmicos entre essas variações, indicando a não ocorrência de duas categorias fônicas diferentes para a consoante [ɲ], e sim, de membros que pertencem a uma mesma categoria fônica: a consoante nasal palatal.

As análises realizadas a partir do detalhe acústico comprovam, portanto, a existência de produções fônicas gradientes ou contínuas com variações para a consoante nasal palatal, comumente vistas como categóricas no PB. Na visão categórica, pode haver a existência da nasal palatal ou de seu apagamento, ou ainda, a substituição por outro som, sem existir um contínuo físico intermediando a presença ou a ausência da unidade discreta. Dessa maneira, os fatos fônicos a respeito da consoante nasal palatal apontam a favor dos modelos dinâmicos, aqui apresentados como Fonologia Gestual e Fonologia Acústico-Articulatória, com uma interrelação entre os campos da Fonética e da Fonologia.

Os critérios acústicos descritos para a classificação da consoante nasal palatal reforçam a importância da análise acústica em conjunto com a análise de ouvida e com proposições teóricas para descrever sons, como a consoante nasal palatal do PB, que apresentam complexidade articulatória, gerando dúvidas quanto à sua ocorrência e suas variações sociolinguísticas.

Como resposta para o segundo problema de pesquisa citado, com base em nossos resultados, elaboramos uma caracterização das consoantes nasais com base nos nossos resultados acústicos e aerodinâmicos. Verificamos que as consoantes nasais se assemelham por parâmetros acústicos estabelecidos, por exemplo, pelas análises espectrográficas e espectrais que apontam maior intensidade formântica e maior amplitude na região de FN1 (entre 236 a 265 Hz), seguido pela ausência de energia na faixa entre 300 e 1000 Hz, seguido pela distribuição de energia na faixa de 1100 a 2400 Hz (onde se situam FN2 e FN3) e de 2833 a 3295 Hz para FN4.

Ainda, constatamos que as consoantes nasais se diferenciam umas das outras principalmente por parâmetros acústicos (forma de onda, duração relativa, frequências dos formantes nasais e intervalos entre essas frequências), e de modo menos evidente, por aspectos aerodinâmicos (configuração aerodinâmica, valores mínimos e do início da curva de FAN).

Portanto, conseguimos estabelecer características acústicas comuns que caracterizam a classe das consoantes nasais e também clarear pontos de diferenciação acústicos e aerodinâmicos entre as três consoantes nasais, contribuindo para a descrição desses sons no PB.

Da mesma maneira que o obtido para o valor médio do FAN na análise aerodinâmica, na análise acústica, a respeito do valor médio das frequências dos formantes nasais, verificamos valores mais elevados para a nasal palatal, seguidos da nasal alveolar e por último a nasal bilabial ([p] > [n] > [m]), tanto para o sexo feminino quanto para o sexo masculino.

Ao finalizarmos a apresentação dos resultados e a discussão sobre as consoantes nasais, entendemos que [m] e [n] sofrem menos variação acústica e aerodinâmica do que a consoante [p]. Fatores como a diferenciação da consoante em relação às vogais adjacentes e o grau de obstrução do fluxo de ar na cavidade oral estão associados a esse achado. De modo que as consoantes nasais bilabial e alveolar apresentem comportamento de consoantes nasais típicas e a palatal, apresente componente consonantal e vocálico em sua constituição.

Esperamos que esta pesquisa tenha contribuído para ampliar o conhecimento sobre os parâmetros acústicos e aerodinâmicos na produção das consoantes nasais do PB, para repensar os constructos teóricos da Linguística e aproximá-los da prática educacional e da prática clínica fonoaudiológica. Para a atuação da Fonoaudiologia, auxiliamos também no entendimento dos mecanismos neuro-anátomo-funcionais e articulatórios relacionados à produção dos sons nasais, o que pode auxiliar no processo de avaliação e reabilitação das alterações da nasalidade (hiponasalidade e hipernasalidade), casos de respiração oral, de desvios fonológicos e outras patologias da voz ou da fala que incluam a nasalidade.

Somado a isso, que sirva de referência e suporte didático aos interessados na área de Ciências da Fala.

A esses deixamos como sugestão alguns pontos que ainda merecem investigação na produção e na percepção das consoantes nasais. Um deles trata da replicação da presente pesquisa para outros dialetos do PB buscando comparar os dados obtidos na presente tese com dados acústicos e aerodinâmicos de outras regiões do Brasil, ou ainda, de outras línguas naturais. Pode-se, então, incluir na análise outros parâmetros como os antiformantes e a intensidade, aqui não investigados.

Outro ponto refere-se à inclusão de análise articulatória aos dados acústicos e aerodinâmicos. Uma possibilidade viável é por meio de fotonasografia, para aprofundar o estudo do movimento do esfíncter velofaríngeo nas produções consonantais nasais. Ou ainda, por meio de análise articulatória com eletropalatógrafo ou ultrassonografia considerando os movimentos da língua na cavidade oral na consoante nasal palatal comparativamente à vogal nasal alta anterior e à consoante nasal alveolar.

Outra possibilidade, ainda, trata do aprofundamento da base teórica dos modelos dinâmicos de produção da fala para proposição de uma representação em pautas gestuais das variações dos parâmetros acústico-articulatórios das consoantes nasais, e mais especificamente, da consoante nasal palatal. Ainda, para a consoante [n], pode ser investigado como a percepção atua no estabelecimento da variação das produções fônicas. Uma vez que nosso intuito não foi o de tornar a teoria como objeto principal de aprofundamento dos fatos fônicos, mas conciliar uma pesquisa descritiva e experimental instrumentalizada à teoria, para que posteriormente possa contribuir aos estudos com fins, primordialmente, teóricos.

Uma última sugestão inclui aspectos voltados à percepção, com dados sintetizados e testes de percepção, e ao desenvolvimento da consoante nasal palatal, a fim de aprofundar o debate sobre sua constituição consonantal e vocálica.

REFERÊNCIAS

ABAURRE, M. B. M.; PAGOTTO, E. G. Nasalização fonética e variação. In: CASTILHO, A. T. (Coord.); ABAURRE, M. B. M. M. (Org.). *Gramática do português culto falado no Brasil*: volume VII: a construção fonológica da palavra. São Paulo: Contexto, 2013, p. 141-166.

ALBANO, E. C. O Português brasileiro e as controvérsias da fonética atual: pelo aperfeiçoamento da Fonologia Articulatória. *D.E.L.T.A.*, v. 15, p. 23-50, 1999.

_____. *O gesto e suas bordas*: esboço de fonologia acústico-articulatória do português brasileiro. Campinas: Mercado de Letras: Associação de Leitura do Brasil – ALB; São Paulo: Fapesp, 2001.

_____. Representações dinâmicas e distribuídas: indícios do português brasileiro adulto e infantil. *Letras de Hoje*. Porto Alegre, v. 42, n. 1, p. 131-150, 2007.

_____. *Revista da ABRALIN*, Número especial 2 (Org.), 2012.

_____. Fonologia de Laboratório. In: HORA, D. da; MATZENAUER, C. L. (Orgs.). *Fonologia, fonologias*: uma introdução. São Paulo: Contexto, 2017, p. 169-181.

ALBANO, E. C. et al. A interface fonética-fonologia e a interação prosódia-segmentos. *Estudos Linguísticos XXVI*: Anais do XLV Seminário do Grupo de Estudos Linguísticos do Estado de São Paulo (GEL). São José do Rio Preto, UNESP-IBILCE, 1998, p. 135-143.

ALMEIDA, M. M. S. As consoantes do português falado no Vale do Cuiabá. *SIGNUM*: Estudos Linguísticos. Londrina, v. 7, n.1, p. 149-163, 2004.

ALTMANN, E. B. C. Anatomia e fisiologia do esfíncter velofaríngeo. In: _____. (Org.). *Fissuras Labiopalatinas*. São Paulo: Pró-Fono, 5. ed., 2005, p. 133-156.

AMELOT, A. *Étude aérodynamique, fibroscopique, acoustique et*

perceptive des voyelles nasales du français. 2004. Tese (Doutorado) - Université Paris III – Sorbonne Nouvelle. Paris, 2004.

AMELOT, A.; MICHAUD, A. Effets aérodynamiques du mouvement du velum: le cas des voyelles nasales du français. *Actes des XXVI^{es} Journées d'Etudes sur la Parole*. Halshs-00137628, version 1, v. 26, Mar., 2007.

BACHMAN, L. F. *Statistical Analysis for Language Assessment*. Cambridge University Press, 2005.

BARBOSA, P. A.; MADUREIRA, S. *Manual de fonética acústica experimental: aplicações a dados do português*. São Paulo: Cortez, 2015.

BASSET, P., AMELOT, A., CREVIER-BUCHMAN, L. *Etude multiparamétrique des consonnes nasales du français: prise de données simultanées aérodynamiques et fibroscopiques*. *Parole*. Halshs-00139540, version 1, v. 2, Apr., 2007.

BASSET, P. et al. Nasal airflow in French Spontaneous Speech. *Journal of the International Phonetic Association*, v. 31, n. 1, p. 87-100, 2001.

BATH-BALOGH, M. *Anatomia, histologia e embriologia dos dentes e das estruturas orofaciais*. 2. ed., Barueri, SP: Manole, 2008.

BEHLAU, M. (Org.). *Voz: o livro do especialista*. v. 1. Rio de Janeiro: Revinter, 2008.

BELL-BERTI, F. Understanding Velic Motor Control: Studies of Segmental Context. In: HUFFMAM, M.; KRAKOW, R. *Nasals, nasalization and the velum*. San Diego: Academic Press, 1993, p. 63-85.

BOERSMA, P.; WEENINK, D. *Praat: doing phonetics by computer*. Disponível em: <www.praat.org>. Acesso em: 26 mai. 2012.

BRASIL. *Lei Federal nº 10.741, de 10 de janeiro de 2003*. Disponível em: <http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/lei%2010.741-2003?OpenDocument>. Acesso em: 20 mar. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Estatuto da Criança e do Adolescente*.

3a. ed., Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2008.

BROWMAN, C. P.; GOLDSTEIN, L. Towards an articulatory phonology. *Phonology Yearbook*, v. 3, p. 219-252, 1986.

_____. Articulatory gestures as phonological units. *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research*, 99/100, p. 69-101, 1989.

_____. Representation and reality: physical systems and phonological structures. *Journal of Phonetics*, v. 18, p. 411-424, 1990.

_____. Articulatory phonology: an overview. *Phonetica*, v. 49, p. 155-180, 1992.

_____. Dynamics and articulatory phonology. *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research*, v. 113, p. 51-62, 1993.

CAGLIARI, L. C. *A palatalização em português: uma investigação palatográfica*. 1974. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1974.

_____. *An experimental study of nasality with particular reference to Brazilian Portuguese*. 1977. Tese (Doutorado em Filosofia). Ph.D. dissertation: University of Edinburgh, 1977.

CAMARGO, L. O. S.; RODRIGUES, C. M.; AVELAR, J. A. Oclusão velofaríngea em indivíduos submetidos à nasoendoscopia na Clínica de Educação para Saúde (CEPS). *Salusvita*, Bauru, v. 20, n. 1, p. 35-47, 2001.

DANCEY, C. P.; REIDY, J. *Estatística sem matemática para psicologia*. Tradução de Lori Viali. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

DEMASI, R. C. B. *A ditongação nasal no Português Brasileiro*. 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

EVA2 workstation. (2001). Disponível em: <<http://www.sqlab.com>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

- FANT, G. Nasal Sounds and Nasalization. In: _____. *Acoustical theory of speech production*. The Hague: Mouton, 1960, p. 140-161.
- FERGUSON, C. A. Universal tendencies and normal nasalizations. In: _____.; HYMAN, L. M.; OHALA, J. J. *Nasálfest: papers from a symposium on nasals and nasalization*. California: Stanford University, 1975, p. 175-196.
- FERNANDES, J. *Segurança nas vibrações sobre o corpo humano*. Disponível em: <<http://www.wp.feb.unesp.br/jcandido.2000>>. Acesso em: 16 abr. 2015.
- FERREIRA-GONÇALVES, G; FREITAS, M. J. Acquisition of Phonology. In: WETZELS, W. L.; COSTA, J.; MENUZZI, S. (Eds.). *The Handbook of Portuguese Linguistics*. John Wiley & Sons, Inc, 2016, p. 545-561.
- FOWLER, C. Coarticulation and theories of extrinsic timing. *Journal of Phonetics*, v. 8, p. 113-133, 1980.
- FUJIMURA, O. Analysis of nasal consonants. *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 34, n. 12, p. 1865-1875, 1962.
- FREITAS, G. C. M. Sobre a aquisição das plosivas e nasais. In: LAMPRECHT, R. R. et al. *Aquisição fonológica do português: perfil de desenvolvimento e subsídios para terapia*. Porto Alegre: Artmed, 2004, p. 73-81.
- GAMBA, P. A. *A consoante nasal palatal no português brasileiro*. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Letras). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.
- _____. *As soantes palatais no português: uma caracterização fonético-fonológica*. 2014. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.
- GHIO, A.; TESTON, B. Caractéristiques de la dynamique d'un pneumotachographe pour l'étude de la production de la parole: aspects acoustique et aérodynamique. *Actes des XXIV Journées d'Étude sur la Parole*, Nancy, p. 337-340, 2002.

GOLDSTEIN, L., FOWLER, C. Articulatory phonology: a phonology for public language use. In: SCHILLER, N., MEYER, A. (ed.). *Phonetics and phonology in language comprehension and production*. Mouton de Gruyter, 2003, p. 159-207.

GOLDSTEIN, L., BYRD, D., SALTZMAN, E. The role of vocal tract gestural action units in understanding the evolution of phonology. In: ARBIB, M. *Action to language via the mirror neuron system*. Cambridge University Press, 2006, p. 215-249.

GREGIO, F. N. *Configuração do trato vocal supraglótico na produção das vogais do português brasileiro: dados de imagens de ressonância magnética*. 2006. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2006.

HOUSE, A. S. Analog studies of nasal consonants. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, v. 22, p. 190-204, 1957.

IBGE. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 set. 2015.

IPA – *The International Phonetic Alphabet*, 2005. Disponível em: <<https://www.langsci.ucl.ac.uk/ipa/pulmonic.html>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

JESUS, M. S. V.; REIS, C. Descrição fonética eletropalatográfica de fones alveolares. *Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, v. 24, n. 3, p. 255-261, 2012.

KELLER, E. Fundamentals of phonetic Science. In: _____. (ed.) *Fundamentals of speech synthesis and speech recognition*. New York: John Wiley & Sons, 1999, p. 5-21.

KRAKOW, R. A. Nonsegmental influences on velum movement patterns: syllables, sentences, stress, and speaking rate. In: HUFFMAM, M.; KRAKOW, R. *Nasals, nasalization and the velum*, San Diego: Academic Press, 1993, p. 87-116.

LADEFOGED, P. ; MADDIESON, I. *The sounds of the world's*

languages. Cambridge: Blackwell, 1996.

LOCKE, J. L. The linguistic significance of babbling. In: BROWMAN, C.; GOLDSTEIN, L. *Articulatory Gestures as Phonological Units. Haskins Laboratories Status Report on Speech Research*, 99/100, p. 69-101, 1989.

LOVATTO, L.; AMELOT, A.; BASSET, P. La hauteur du voile du palais durant trois voyelles nasales en Portugais Brésilien en fonction de l'entourage consonantique et de la position dans le mot. *Actes des XIèmes RJC ED268 'Langage et langues'*, Paris III, p. 73-76, 2008.

MACHADO, M. M. Fenômenos de nasalização vocálica em português: estudo cine-radiográfico. *Cadernos de Estudos Linguísticos*, v. 25, p. 113-128, 1993.

MADEIRA, M. C. *Anatomia da face: bases anatomofuncionais para a prática odontológica*. 6a ed. São Paulo: Sarvier, 2008.

MAEDA, S. The role of sinus cavities in the production of nasal vowels. *Proceedings IEEE Int. Conf. ASSP 2*, p. 911-914, 1982.

MARCHAL, A.; REIS, C. *Produção da fala*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2012.

MARINO, V. C. de C. et al. Valores de nasalância para sílabas produzidas por falantes do Português Brasileiro. *CoDAS*, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 278-283, 2016.

MASTER, S.; PONTES, P. A. L.; BEHLAU, M. S. Configurações do trato vocal nas vogais nasais do português brasileiro. *Acta AWHO*, v.10, n. 2, p. 67-75, 1991.

MATEUS, M. H. M. Aspectos fisiológicos e aerodinâmicos da produção da fala para a geração de fontes sonoras. In: MATEUS, M. H M. et al. *Fonética, fonologia e morfologia do português*. Lisboa: Universidade Aberta, p. 53-96, 1990.

MEDEIROS, B. R.; D'IMPERIO, M.; ESPESSER, R. O apêndice nasal: dados aerodinâmicos e duracionais. *Revista do GEL*, São Paulo, v. 5, n.

2, p. 123-138, 2008.

MENDONÇA, C. S. I. de; SEARA, I. C. Análise aerodinâmica da nasalidade coarticulatória no falar florianopolitano. *Revista Domínios de Linguagem*, v.9, n.5, p. 83-104, 2015.

MOLL, K. L. Velopharyngeal closure on vowels. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, v. 5, n. 1, p. 30-37, 1962.

MOLL, K. L.; SHRINER, T. H. Preliminary investigation of a new concept of velar activity during speech. *Cleft Palate Journal*, v. 4, p. 58-69, 1967.

MORAES, J. A. Produção e percepção das vogais nasais. In: CASTILHO, A. T. (Coord.); ABAURRE, M. B. M. (Org.). *Gramática do português culto falado no Brasil: volume VII: a construção fonológica da palavra*. São Paulo: Contexto, 2013, p. 95-112.

NETTER, F. H. *Atlas de anatomia humana*. 5a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

OHALA, J. J. Phonetic explanations for nasal sound patterns. In: FERGUSON, C. A.; HYMAN, L. M.; OHALA, J. J. (Orgs.). *Nasálfest: papers from a symposium on nasals and nasalization*. California: Stanford University, 1975, p. 289-316.

OHALA, J. J.; OHALA, M. The phonetics of nasal phonology: theorems and data. In: HUFFMAM, M.; KRAKOW, R. *Nasals, nasalization and the velum*, San Diego: Academic Press, 1993, p. 225-249.

OLIVEIRA C.; TEIXEIRA, A. On gestures timing in european portuguese nasals. *ICPhS XVI*, Saarbrücken. p. 405-408, 2007.

OLIVEIRA L.; MARIN, S. Patterns of velum coordination in Brazilian Portuguese. *Phonetics and Phonology in Iberia (PaPi)*, Spain, 2005.

OLIVEIRA, K. V. de et al. Análise das medidas aerodinâmicas no português brasileiro por meio do método multiparamétrico de avaliação vocal objetiva assistida (EVA). *Rev. CEFAC*, São Paulo, v. 15, n. 1, p.

119-127, fev. 2013.

PICKETT, J. M. Consonants: nasal, stop, and fricative manners of articulation. In: BAKEN, R. J.; DANILOFF, R. G. *Readings in clinical spectrography of speech*. San Diego: Singular Publishing Group, 1991.

PINHEIRO, N. L. de A. *O processo de variação das palatais lateral e nasal no português de Belo Horizonte*. 2009. Dissertação (Mestrado em Linguística). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

PONTES, P. A. L.; BEHLAU, M. S. Nasolaringoscopia. In: ALTMANN, E. B. C. (Org.). *Fissuras Labiopalatinas*. Pró-Fono, 4a ed., 2005, p. 175-184.

PORT, R. The dynamical systems hypothesis in cognitive science. *Encyclopedia of Cognitive Science*. Lynn Nadel (Editor), Nature Publishing Group, MacMillan Company, v. 1, p. 1027-1032, 2002.

REETZ, H.; JONGMAN, A. Physiology of the vocal apparatus. In: _____. *Phonetics: transcription, production, acoustics and perception*. Wiley-Blackwell, 2009, p. 63-90.

REIS, C.; ANTUNES, L. B. Estudo palatográfico de sons consonantais do português. In: REIS, C. (Org.). *Estudos em fonética e fonologia do português* - Estudos linguísticos 5. Belo Horizonte: Fale-UFMG, p. 225-244, 2002.

REIS, C.; ESPESSER, R. Estudo eletropalatográfico de fones consonantais e vocálicos do português brasileiro. *Estudos da Lingua(gem)*, n. 3, p. 181-204, 2006.

SALTZMAN, E. Task dynamic coordination of the speech articulators: a preliminary model. *Experimental Brain Research*, v. 15, p. 129-144, 1986.

SALTZMAN, E.; KELSO, S. Skilled actions: a task-dynamic approach. *Psychological Review*, v. 94, n. 1, p. 84-106, 1987.

SEARA, I. C. *Estudo estatístico dos fonemas do português falado na capital de Santa Catarina para elaboração de frases foneticamente balanceadas*. 1994. Dissertação (Mestrado). Linguística, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1994.

_____. *Estudo acústico-perceptual da nasalidade das vogais do português brasileiro*. 2000. Tese (Doutorado). Linguística. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

_____. As consoantes nasais do português brasileiro: análise acústico-perceptual. *Anais... IV ABRALIN*, p. 1039-1049, 2005.

SEARA, I. C.; NUNES, V. G.; LAZZAROTTO-VOLCÃO, C. *Fonética e fonologia do português brasileiro*. São Paulo: Contexto, 2015.

SHOSTED, R.; HUALDE, J. I.; SCARPACE, D. Palatal complexity revisited: na electropalatographic analysis of /ɲ/ in brasilian portuguese with comparison to peninsular spanish. *Language and Speech*, v. 55, n. 4, p. 477-502, 2012.

SILVA, A. H. P. Primitivos fonológicos de tempo extrínseco vs primitivos de tempo intrínseco. *Fórum Lingüístico*, v. 5, n. 1, p. 1-12, Florianópolis, 2008.

_____. O estatuto da análise acústica nos estudos fônicos. *Cadernos de Letras da UFF – Dossiê: Letras e cognição*, n. 41, p. 213-229, 2010.

SILVA, A. H. P., MEDEIROS, B. Fonologia Articulatória: novas propostas para velhos problemas. In: REIS, C. (Org.). *Fonética e Fonologia: IX Congresso Nacional e III Congresso Internacional*. Belo Horizonte: Faculdade de Letras, 2007. p. 1-15.

SILVA, T. C. *Dicionário de fonética e fonologia*. São Paulo: Contexto, 2011.

_____. *Fonética e fonologia do português: roteiro de estudos e guia de exercícios*. 10a ed. 5a reimpressão. São Paulo: Contexto, 2014.

SOARES, E. P. M. *Variações dos fonemas palatais lateral e nasal no falar de Marabá-PA*. 2002. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.

_____. *Comportamento das palatais lateral e nasal no falar paraense: uma análise variacionista e fonológica*. 2008. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

SOUSA, E. *Para a caracterização fonético-acústica da nasalidade no português do Brasil*. 1994. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 1994.

STEVENS, K. N. *Acoustic Phonetics*. Cambridge: MIT Press, 1998.

VAISSIÈRE, J. *Nasalité et phonétique; Le voile du palais et la parole*. Conférence Tutorielle Invitée, Colloque sur le voile pathologique, Lyon, publié par la Société Française d'Acoustique, 1995.

VAISSIÈRE, J. et al. Multisensor platform for speech physiology research in a phonetics laboratory. *The Journal of the Phonetic Society of Japan*. Final manuscript, p. 1-13, 2010.

VIEIRA, M. G.; SEARA, I. C. Primeiras considerações sobre medidas aerodinâmicas da consoante nasal palatal do português brasileiro. *Revista de Estudos da Linguagem*, Belo Horizonte, v. 25, n. 2, p. 515-553, 2017.

WARREN, D. W.; DALSTON, R. M.; MAYO, R. Aerodynamics of nasalization. In: HUFFMAM, M.; KRAKOW, R. *Nasals, nasalization and the velum*. San Diego: Academic Press, 1993, p. 119-146.

ZEMLIN, W. *Princípios de anatomia e fisiologia em fonoaudiologia*. 4a ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

NORMAS DE FORMATAÇÃO

GARCIA, T.; ALVES, M. B. M.; BEM, R. M. de. Mini curso normalização. Florianópolis, 2012. 122 slides, color. Acompanha texto. Disponível em:

<<http://www.bu.ufsc.br/design/minicursonormalizacao.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

MORE: Mecanismo online para referências, versão 2.0. Florianópolis: UFSC Rexlab, 2013. Disponível em: <<http://www.more.ufsc.br/>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

ANEXO A – Certificado de Aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSC

29/05/12

Certificado



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão
Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

CERTIFICADO N° 2057

O Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Santa Catarina, instituído pela PORTARIA N.º 0584/GR-99 de 04 de novembro de 1999, com base nas normas para a constituição e funcionamento do CEPSH, considerando o contido no Regimento Interno do CEPSH, **CERTIFICA** que os procedimentos que envolvem seres humanos no projeto de pesquisa abaixo especificado estão de acordo com os princípios éticos estabelecidos pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP.

APROVADO

PROCESSO: 2057

FR: 434924

TÍTULO: O detalhe fonético: análise acústica exploratória de segmentos de fala

AUTOR: Izabel Christine Seana, Izabel Christine Seana

FLORIANÓPOLIS, 28 de Maio de 2012.

Coordenador do CEPSH-UFSC

ANEXO B – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSC

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE ACÚSTICA, AERODINÂMICA E ARTICULATÓRIA DA FALA

Pesquisador: IZABEL CHRISTINE GEARA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 53753516.5.1001.0121

Instituição Proponente: Centro de comunicação e expressão

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.619.768

Apresentação do Projeto:

FONAPLI: Análise acústica, aerodinâmica e articulatória da fala.

Objetivo da Pesquisa:

Obter conhecimento linguístico sobre o português brasileiro por meio da fala de diversos dialetos e sobre as línguas estrangeiras.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O desconforto poderá existir devido ao tempo das sessões de gravação dos dados de fala e/ou ao posicionamento dos equipamentos necessários para a obtenção dos dados. A participação é voluntária e não trará qualquer benefício direto, mas proporcionará um melhor conhecimento sobre a produção de sons, de prosódia e entoação no português brasileiro e nas variações dialetais, além das línguas estrangeiras.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto de pesquisa, documentos e TCLE satisfazem as normas vigentes.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os documentos e TCLE foram atendidos.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As pendências anteriores foram atendidas.

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R. Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade CEP: 88.040-400
UF: SC Município: FLORIANÓPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC**



Continuação do Parecer: 1.019.755

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_658968.pdf	25/05/2016 21:44:35		Aceito
Outros	resposta_as_pendencias.pdf	25/05/2016 21:43:41	Michele Gindri Vieira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_FONAPLI.pdf	25/05/2016 21:33:09	Michele Gindri Vieira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_Consentimento_Livre_e_Esci recido.pdf	18/05/2016 22:07:56	Michele Gindri Vieira	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_17_02_16.pdf	17/02/2016 22:18:38	IZABEL CHRISTINE SEARA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FLORIANOPOLIS, 04 de Julho de 2016

Assinado por:
Washington Portela de Souza
(Coordenador)

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R. Desembargador Mtor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade CEP: 88.040-400
UF: SC Município: FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br

ANEXO C – Script gera tabelas para duração (PACHECO, s/d)

```
# Geracao de tabela com frequencias formantes
# Entrada:
# arquivo .wav
# arquivo TextGrid com marcacao de segmentos a serem analisados
# Processamento:
# Analise de formantes no arquivo .wav original
# Analise de intensidade no arquivo .wav original
# Selecao de 3 pontos de analise em cada segmento
# Extracao da intensidade em cada um dos pontos
# Extracao de F1, F2 e F3 em cada um dos pontos
# Saida:
# Arquivo no formato txt (campos separados por tabulacao)
# com dados obtidos no processamento
# Nome do arquivo de saida eh igual ao de entrada, com extensao .txt
#
# Fernando S. Pacheco
# LENSE/UFSC
#
nFORMANTES=3
nPONTOS=3
select all
if numberOfSelected() > 0
  Remove
endif
form Arquivo a processar (extração de formantes)
  word Folder_(Diretorio) D:\Documents\Script_duracao\
#colocar acima o endereço onde estão os arquivos de áudio e o textGrid
  word File_(Arquivo_audio_com_extensao) record2LOC1P.wav
#colocar acima o nome do arquivo wav
endform
#folder$=""
#file$="record2LOC1P.wav"
fil$ = folder$ + file$
Read from file... 'fil$'
filename$ = selected$ ("Sound")
filegrid$ = filename$ + ".TextGrid"
filegrid$ = folder$ + filegrid$
Read from file... 'filegrid$'
select Sound 'filename$'
To Formant (burg)... 0.0 4 4500 0.025 50
select Sound 'filename$'
To Intensity... 100 0.0 no
select Sound 'filename$'
plus TextGrid 'filegrid$'
Extract non-empty intervals... 1 yes
#este numero que antecede o yes indica o numero do tier do qual os dados devem ser colhidos
nselected = numberOfSelected ("Sound")
#ao vou mais precisar do arquivo de audio
select Sound 'filename$'
plus TextGrid 'filegrid$'
Remove
#
#limpar janela info
clearinfo
printline N_SEG; NOME; DUR(s); INST_ANALISE(s); INTENSID(dB); F1
F2(Hz); F3(Hz); INST_ANALISE(s); INTENSID(dB); F1(Hz);
F2(Hz); F3(Hz); INST_ANALISE(s); INTENSID(dB); F1(Hz);
F2(Hz); F3(Hz);
#contador de segmentos
i = 1
while i <= nselected
  select all
  soundID = selected ("Sound", i)
```

```

select 'soundID'
nomeseg$ = selected$ ("Sound")
tp_ini = Get starting time
tp_fim = Get finishing time
duracao = Get total duration

#definicao dos pontos de analise
#inicio do segmento
tp1 = tp_ini
#meio do segmento
tp2 = (tp_ini+tp_fim)/2
#fim do segmento
tp3 = tp_fim

#Os formantes são obtidos a partir do arquivo original e não de cada segmento. Assim, evita-se o
problema com as bordas dos segmentos
for k from 1 to nPONTOS
    tp_analise = tp[k]
    if k == 1
        print i'tab$' 'nomeseg$' 'tab$' 'duracao' 'tab$' 'tp_analise'
    else
        print 'tab$' 'tp_analise'
    endif
    for n from 1 to nFORMANTES
        select Formant 'filename$'
        fn = Get value at time... 'n' 'tp_analise' Hertz Linear
        select Intensity 'filename$'
        in = Get value at time... 'tp_analise' Cubic
        #separacao seguinte entre f0 e outros formantes apenas para formatacao na impressao
        if n == 1
            print 'tab$' 'in' 'tab$' 'fn'
        else
            print 'tab$' 'fn'
        endif
        #n = numero do formante
        #tp = tempo
    endfor
endfor
print 'newline$'
i=i+1
endwhile
#criar arquivo de saida
#tabela no formato cvs
fileout$ = folder$ + filename$ + ".txt"
#apaga arquivo (se existente)
filedelete 'fileout$'
#copia conteudo da janela info para o arquivo
fappendinfo 'fileout$'

```


ANEXO D – Script Analyse Cepstrale (RILLIARD, 2016)

```
# Script Praat permettant de lancer en boucle la procedure d'analyse Cepstrale decrite
# dans Barbosa & Madureira 2015 (p. 162ff).
#
# Necessite que l'on lui passe en parametre :
# - Le repertoire ou se trouve les fichiers d'entree, et ou seront enregistres les resultats
# - Le nom du fichier WAV a analyser
# - les parametres de l'analyse cepstrale (voir le livre)
#
# Dans le repertoire, au meme endroit que le fichier WAV, doit se trouver un fichier TextGrid portant le meme nom
# dans lequel l'analyse va chercher les phonemes nasalises a analyser
#
# Le script ecrit les resultats dans un fichier texte portant le meme nom que le fichier WAV,
# mais se terminant par "_mesure.txt"
#
# Albert Rilliard, LIMSI-CNRS 2016

# Parametres du script
form Fichier a analyser
  comment Folder contient le nom du repertoire ou se trouve le fichier WAV (ou rien si on veut le choisir dans un menu):
  sentence Folder
  comment Fichier contient le nom du fichier WAV:
  sentence Fichier record2_micro.wav
  comment Sexe du locuteur (change la frequence max d'analyse : 5500/4500Hz)
  choice Sexe 1
    button Femme
    button Homme
  comment Frequence de coupure du lissage Cepstral:
  positive Freq_coupure 500
  comment Nombre de formants a mesurer:
  positive Nb_formants 4
  comment Taille des fenetres d'analyse:
  positive Window_size 0.025
  comment Pas des analyses (par defaut toutes les 10 ms):
  positive Time_step 0.01
endform

# Choix de la frequence maximale en fonction du sexe du locuteur
if sexe > 1
  freq_max = 4500
else
  freq_max = 5500
endif
freqcech = 2*freq_max

# On gere les chemins d'accès aux données
if windows = 1
  pathSep$ = "\"
elseif macintosh + unix >= 1
  pathSep$ = "/"
else
  exit "OS inconnu"
endif
if length(folder$)<1
  folder$ = chooseDirectory$: "Repertoire ou se trouve le fichier a analyser"
endif
if endsWith(folder$,pathSep$) = 0
  folder$ = folder$ + pathSep$
endif
```

```

endif
if length(folder$)<1
  folder$ = chooseDirectory("Repertoire ou se trouve le fichier a analyser")
endif
if endsWith(folder$,pathSep$) = 0
  folder$ = folder$ + pathSep$
endif
if endsWith(fichier$,".wav") = 0
  fichier$ = fichier$ + ".wav"
endif
pfwav$ = folder$ + fichier$
pftgd$ = folder$ + left$(fichier$,length(fichier$)-4) + ".TextGrid"
pfout$ = folder$ + left$(fichier$,length(fichier$)-4) + "_mesure.txt"
tab$ = " "

# Ouvre le fichier WAV
fwav = Read from file: pfwav$
# Ouvre le fichier TextGrid
fgrd = Read from file: pftgd$

# On re-echantillonne le son a 10kHz
selectObject: fwav
fwav10 = Resample: freqreec, 50

# Entete du fichier de resultats
ligne$ = "PhrasePorteuse"+tab$+"MotCible"+tab$+"Syllabe"+tab$+"Phoneme"+tab$+"Time(sec.)"
for nf to nb_fornants
  ligne$=ligne$+tab$+"F"+string$(nf)+"_Freq(Hz)"
  ligne$=ligne$+tab$+"F"+string$(nf)+"_Pow(dB/Hz)"
endfor
ligne$ = ligne$ + newline$
ligne$>'pfout$'

## A GERER / COMMENT TROUVER LES ENDROITS D'ANALYSE
### V2 : on fait une mesure toutes les 10 ms - seulement lorsque le champ "phoneme" est non vide

selectObject: fgrd
nbpho = Get number of intervals: 1
for ipho to nbpho
  selectObject: fgrd
  pho$ = Get label of interval: 1, ipho
  if length(pho$)>0
    # Duree totale du PHONEME
    #effective_duration = Get total duration
    dp = Get starting point: 1, ipho
    fp = Get end point: 1, ipho
    effective_duration = fp-dp
    # position du milieu de la fenetre d'analyse
    if effective_duration > window_size
      t = dp+(window_size/2)
    else
      # Si le phoneme fait MOINS de 25 ms (ou la taille d'une fenetre), on aura une seule mesure, qui debordera un peu

```

```

t=(dp+fp)/2
endif
while t <= (dp+effective_duration-(window_size/2))
# window around t
start = t - window_size/2
end = t + window_size/2

# On determine le phoneme / syllabe / logatome /phrase porteuse au moment d'analyse
selectObject: fgrd
nint = Get interval at time: 1, t
pho$ = Get label of interval: 1, nint
nint = Get interval at time: 2, t
syl$ = Get label of interval: 2, nint
nint = Get interval at time: 3, t
log$ = Get label of interval: 3, nint
nint = Get interval at time: 4, t
phr$ = Get label of interval: 4, nint
ligne$ = phr$ + tab$ + log$ + tab$ + syl$ + tab$ + pho$ + tab$ + fixed$(t,3)
ligne$ = replace$(ligne$, newline$, "_", 0)

##### Analyse cepstrale "a la Barbosa & Madureira"
selectObject: fwav10
# On extrait une tranche de signal de 25ms (valeur par default)
fslice = Extract part: start, end, "Hamming", 1, "no"
# On en calcule le spectre (FFT)
fspec = To Spectrum: "yes"
# On fait un lissage cepstral
fceps = Cepstral smoothing: freq_coupure
# On extrait les pics de l'enveloppe spectrale
fpics = To SpectrumTier (peaks)
#####
### On cree la liste des pics
##val$ = List: "yes", "yes", "yes"
# On extrait les donnees une a une
selectObject: fpics
ftab = Down to Table
# nombre de lignes
nb_lig = Get number of rows
#lcol1$ = Get column label: 1
lcol2$ = Get column label: 2
lcol3$ = Get column label: 3
for k to nb_formants
if k <= nb_lig
#val = Get value: k, lcol1$ ; inutile, c'est l'index de la ligne
val = Get value: k, lcol2$
ligne$ = ligne$ + tab$ + fixed$(val,2)
val = Get value: k, lcol3$
ligne$ = ligne$ + tab$ + fixed$(val,2)
else
ligne$ = ligne$ + tab$ + "NA" + tab$ + "NA"
endif
endif
endfor

```

```
# Time Step of 10ms
t = t + time_step
endwhile
endif
endfor
selectObject: fwav
plusObject: fwav10
plusObject: fgrd
Remove
```

ANEXO E – Script affi_piezo_3files (AMELOT, s/d)

```
function affi_piezo_3files(iDir)

%% script pour afficher le signal aoustique, le signal du piezo, les
courbes de rms

% on tente de mettre un seuil mais sans conviction

iDir = '/Users/aamelot/Documents/temp_serveur/izabel-record-29-11-11/
record1/';

fname = 'papanpa_001';

pho_codes =
{'ac','oc','ec','e~','ic','6~','uc','i~','o~','u~','Tac','Toc','Tec','Te~',
'Tic','T6~','Tuc','Ti~','To~','Tu~','m','n','J'};
fen_pas = 10;

nsubplots = 3;

YMIN = -1;
YMAX = 1;
YMIN_MIC_NEZ = -2;
YMAX_RATIO = 2;
YMIN_RMS = -0.3;
YMAX_RMS = 0.3;

% Add TextGrids library to java dynamic path if not already loaded
dynamicjavapath = javaclasspath('-dynamic');
jarPackageIndicesInJavaPath = strfind(dynamicjavapath,'TextGrids.jar');
if isempty(jarPackageIndicesInJavaPath) ||
~isfinite(jarPackageIndicesInJavaPath{1}),
javaaddpath('TextGrids.jar');
else
javarmppath('TextGrids.jar');
javaaddpath('TextGrids.jar');
end

[liste, nfich] = liste_rep([iDir,'*.TextGrid']);

for ii=1:nfich

j=0;
naf=0;

fname=liste(ii,:);
fname=strtok(fname,'.');

fname_wav = [iDir, fname, '_acou','.wav'];
fname_piezo = [iDir, fname, '_piezo','.wav'];
fname_micnas = [iDir, fname, '_micnas','.wav'];
textgrid = TextGrid([iDir, fname,'.TextGrid']);

% lecture du fichier wav
[signal_wav,Fech_wav,nbits_wav] = wavread(fname_wav);
Npts_wav = length(signal_wav);

% lecture du fichier piezo
[signal_piezo,Fech_piezo,nbits_piezo] = wavread(fname_piezo);
Npts_piezo = length(signal_piezo);

% lecture du fichier micnas
[signal_micnas,Fech_micnas,nbits_micnas] = wavread(fname_micnas);
```

```

Npts_micnas = length(signal_micnas);

% Lecture du textgrid
phoneme_labels=cell(textgrid.getLabels(0));
phoneme_times=textgrid.getTimes(0);

%on commence par le signal acoustique
n=0;
ii = 0.0001;
fin = Npts_wav/Fech_wav;
while ii <= fin-(fen_pas/1000)
    n=n+1;
    fen = ii + (fen_pas/1000);
    ind_acou_deb = round(ii*Fech_wav);
    ind_acou_fin = round(fen*Fech_wav);
    signal_temp = signal_wav(ind_acou_deb:ind_acou_fin);
    rms_val = sqrt(sum(signal_temp.^2)/length(signal_temp));
    ii=ii+(fen_pas/1000);
    cons(n,:)=ii;
    rms(n,:)=rms_val;
    %disp(['Level of ',int2str(n),'-th segment = ',...
    %     num2str(rms(n)), ' rms']);
end

%signal piezo
n=0;
ii = 0.0001;
fin = Npts_piezo/Fech_piezo;
while ii <= fin-(fen_pas/1000)
    n=n+1;
    fen = ii + (fen_pas/1000);
    ind_piezo_deb = round(ii*Fech_piezo);
    ind_piezo_fin = round(fen*Fech_piezo);
    signal_temp_piezo = signal_piezo(ind_piezo_deb:ind_piezo_fin);
    rms_val_piezo = sqrt(sum(signal_temp_piezo.^2)/
length(signal_temp_piezo));
    ii=ii+(fen_pas/1000);
    cons(n,:)=ii;
    rms_piezo(n,:)=rms_val_piezo;
    rms_piezo_inv=-rms_piezo;
    %disp(['Level of ',int2str(n),'-th segment = ',...
    %     num2str(rms(n)), ' rms']);
end

%signal micnas
n=0;
ii = 0.0001;
fin = Npts_micnas/Fech_micnas;
while ii <= fin-(fen_pas/1000)
    n=n+1;
    fen = ii + (fen_pas/1000);
    ind_micnas_deb = round(ii*Fech_micnas);
    ind_micnas_fin = round(fen*Fech_micnas);
    signal_temp_micnas = signal_micnas(ind_micnas_deb:ind_micnas_fin);
    rms_val_micnas = sqrt(sum(signal_temp_micnas.^2)/
length(signal_temp_micnas));
    ii=ii+(fen_pas/1000);
    cons(n,:)=ii;
    rms_micnas(n,:)=rms_val_micnas;
    rms_micnas_inv=-rms_micnas;
    %disp(['Level of ',int2str(n),'-th segment = ',...

```

```

    %      num2str(rms(n)), ' rms']];
end

%% on plot les figures
fig = figure;
set(fig,'Units','Normalized','Position',[0 0 1 1]);
set(0,'CurrentFigure',fig)
%
% % affichage des données .wav
subplot(3,1,1)
t_sig = (0:Npts_wav)/Fech_wav;
Xmin_wav=0;
Xmax_wav=t_sig(end);
%sub = plot(t_sig(1:5:Npts_acou),signal_acou(1:5:Npts_acou),'k');
sub = plot(t_sig(1:Npts_wav),signal_wav(1:Npts_wav),'k');
axis([Xmin_wav,Xmax_wav,YMIN,YMAX]);
xlabel('temps en seconde');
ylabel('Audio');
hold on;

    for j=1:length(phoneme_labels),
        phoneme_label = phoneme_labels{j};
        if(~strcmp(phoneme_label,''))
            phoneme_start = phoneme_times(j,1);
            phoneme_end = phoneme_times(j,2);
            plot([phoneme_start phoneme_start],[YMIN
YMAX],'Color','m');
            hold on;
            plot([phoneme_end phoneme_end],[YMIN YMAX],'Color','m');
            hold on;
            text(phoneme_start+(phoneme_end-phoneme_start)/2,YMAX-
(0.25*YMAX),phoneme_label,'Color','r','FontSize',13);
            hold on;
        end
    end
    % % affichage des données piezo
subplot(nsubplots,1,2)
% t_piezo = (0:Npts_piezo)/Fech_piezo;
% Xmin_piezo=0;
% Xmax_piezo=t_sig(end);
% %sub = plot(t_piezo(1:5:Npts_piezo),signal_piezo(1:5:Npts_piezo),'k');
% sub = plot(t_piezo(1:Npts_piezo),signal_piezo(1:Npts_piezo),'k');
% axis([0,Xmax_piezo,YMIN,YMAX]);
% %      xlabel('temps en seconde');
% ylabel('Piezo');
% hold on;
%
%     for j=1:length(phoneme_labels),
%         phoneme_label = phoneme_labels{j};
%         if(~strcmp(phoneme_label,''))
%             phoneme_start = phoneme_times(j,1);
%             phoneme_end = phoneme_times(j,2);
%             plot([phoneme_start phoneme_start],[YMIN
YMAX],'Color','m');
%             hold on;
%             plot([phoneme_end phoneme_end],[YMIN
YMAX],'Color','m');
%             hold on;
%         end
%     end

%% affichage des données rms acou
duree_wav = length(signal_wav)/Fech_wav;

```

```

interp_rms_fs = Fec_h_wav;

fs_rms_piezo = length(rms_piezo)/duree_wav;
fs_rms = (length(rms)-1)/duree_wav;

echelle_tps_rms = 0:1/fs_rms:duree_wav;
echelle_tps_interp_rms = 0:1/interp_rms_fs:duree_wav;

rms_interp = interp1(echelle_tps_rms,rms,echelle_tps_interp_rms);

% Npts_rms = length(rms);
%Npts_rms = length(rms_interp);

subplot(3,1,2)
%t_rms = (1:Npts_rms)/fs_rms;
%t_rms=(0:Npts_rms)/fs_rms;
Xmin_rms=0;
%Xmax_rms=t_rms(end);
Xmax_rms=echelle_tps_interp_rms(end);
%sub = plot(t_rms(1:Npts_rms),rms(1:Npts_rms),'b');
%sub = plot(echelle_tps_interp_rms,rms_interp,'b');
%sub = plot(t_rms(1:5:Npts_rms),rms(1:5:Npts_rms),'b');
axis([1.5,2.3,YMIN_RMS,YMAX_RMS]);
% %xlabel('temps en seconde');
ylabel('RMS piezo');
hold on;
for j=1:length(phoneme_labels),
    phoneme_label = phoneme_labels{j};
    if(~strcmp(phoneme_label,''))
        phoneme_start = phoneme_times(j,1);
        phoneme_end = phoneme_times(j,2);
        plot([phoneme_start phoneme_start],[YMIN_RMS
YMAX_RMS],'Color','m');
        hold on;
        plot([phoneme_end phoneme_end],[YMIN_RMS
YMAX_RMS],'Color','m');
        hold on;
    end
end

fs_rms_piezo = (length(rms_piezo)-1)/duree_wav;

echelle_tps_rms_piezo = 0:1/fs_rms_piezo:duree_wav;
echelle_tps_interp_rms_piezo = 0:1/interp_rms_fs:duree_wav;

rms_interp_piezo =
interp1(echelle_tps_rms_piezo,rms_piezo,echelle_tps_interp_rms_piezo);

% Npts_rms_piezo = length(rms_piezo);
%subplot(nsubplots,1,3)
% %t_rms_piezo = (1:Npts_rms_piezo)/fs_rms_piezo;
% t_rms_piezo=[0:Npts_rms_piezo-1]/fs_rms_piezo;
% Xmin_rms_piezo=0;
% Xmax_rms_piezo=t_rms_piezo(end);
% Xmax_rms_piezo=echelle_tps_interp_rms_piezo(end);
% sub =
plot(t_rms_piezo(1:5:Npts_rms_piezo),rms_piezo(1:5:Npts_rms_piezo),'r');
sub = plot(echelle_tps_interp_rms_piezo,rms_interp_piezo,'r');
axis([Xmin_wav,Xmax_wav,YMIN_RMS,YMAX_RMS]);
% % %xlabel('temps en seconde');

```



```

%          ylabel('RMS-A/RMS-P');

%          %% on met ici une barre verticale au max_rms_piezo

subplot(3,1,3)
Xmin_rms=0;
Xmax_rms=echelle_tps_interp_rms(end);
ylabel('RMS micnas');
hold on;
for j=1:length(phoneme_labels),
    phoneme_label = phoneme_labels{j};
    if(~strcmp(phoneme_label,''))
        phoneme_start = phoneme_times(j,1);
        phoneme_end = phoneme_times(j,2);
        plot([phoneme_start phoneme_start],[YMIN_RMS
YMAX_RMS],'Color','m');
        hold on;
        plot([phoneme_end phoneme_end],[YMIN_RMS
YMAX_RMS],'Color','m');
        hold on;
    end
end

fs_rms_micnas = (length(rms_micnas)-1)/duree_wav;

echelle_tps_rms_micnas = 0:1/fs_rms_micnas:duree_wav;
echelle_tps_interp_rms_micnas = 0:1/interp_rms_fs:duree_wav;

rms_interp_micnas =
interp1(echelle_tps_rms_micnas,rms_micnas,echelle_tps_interp_rms_micnas);
Xmin_rms_micnas=0;
Xmax_rms_micnas=echelle_tps_interp_rms_micnas(end);
sub = plot(echelle_tps_interp_rms_micnas,rms_interp_micnas,'b');
axis([Xmin_wav,Xmax_wav,YMIN_RMS,YMAX_RMS]);

calib = find_strings(pho_codes,phoneme_labels);

%pause

for yy = 1:1
    ind=calib(yy); %
        phoneme_courant = phoneme_labels{ind};
        if(~strcmp(phoneme_courant,''))
            % etiquette et temps de debut et fin du phoneme
            deb_phoneme_courant = phoneme_times(ind,1);
            fin_phoneme_courant = phoneme_times(ind,2);
            duree_phoneme_courant_ms = (fin_phoneme_courant -
            deb_phoneme_courant)*1000;

            %% audio
            deb_rms_phoneme_courant = round(deb_phoneme_courant*fs_rms);
            fin_rms_phoneme_courant = round(fin_phoneme_courant*fs_rms);

            if(deb_rms_phoneme_courant<1),
                deb_rms_phoneme_courant = 1;
            end
            if(fin_rms_phoneme_courant>length(rms)),
                fin_rms_phoneme_courant = length(rms);
            end
end

```

```

        rms_phoneme_courant =
rms(deb_rms_phoneme_courant:fin_rms_phoneme_courant);

        rms_piezo_phoneme_courant =
rms_piezo(deb_rms_phoneme_courant:fin_rms_phoneme_courant);

        rms_micnas_phoneme_courant =
rms_micnas(deb_rms_phoneme_courant:fin_rms_phoneme_courant);

        if(~isempty(rms_piezo_phoneme_courant)),
            RMS_piezo_moy(yy,:) = mean(rms_piezo_phoneme_courant);
        else
            RMS_piezo_moy(yy,:) = NaN;
        end

        if(~isempty(rms_micnas_phoneme_courant)),
            RMS_micnas_moy(yy,:) = mean(rms_micnas_phoneme_courant);
        else
            RMS_micnas_moy(yy,:) = NaN;
        end
    end
end
val1 = RMS_piezo_moy(1,1);
val2 = RMS_micnas_moy(1,1);

%ligne_calib = mean((val1+val2)/2);
ligne_calib_piezo = val1;
ligne_calib_micnas = val2;
subplot(3,1,2)
plot([0,Xmax_rms_piezo],[ligne_calib_piezo(1,1)
ligne_calib_piezo(1,1)],'--k');
subplot(3,1,3)
plot([0,Xmax_rms_micnas],[ligne_calib_micnas(1,1)
ligne_calib_micnas(1,1)],'--k');

%pause

        set(fig,'Name',sprintf('%s %s',fname));
%
        print('-dpng',[iDir,fname,'.png']);
%
        saveas(fig,[iDir,fname,'.fig']);
%
        clear rms
        clear rms_piezo
        clear signal_wav
        clear signal_piezo
        clear signal_micnas
        clear rms_micnas
        close all
        clear val1
        clear val2
end

```

ANEXO F – Script piezo_cut_3files (AMELOT, s/d)

```

function piezo_cut_3files(iDir,fname,sentence_tier_index)

%% ce premier script va permettre de découper les Éléments ensuite il
%% faudra à partir d'Éléments qui vont servir de référence de faire les
%% différentes mesures
%% automatiquement

%% exemple pour lancer le script :
% piezo_cut('/Users/aamelot/Documents/DATABASE/speech_data/
Altijana_thesis/data/francais/corpus_cohn','locfrlib_cohn')

% iDir = '/Users/COLOCAR_CAMINHO_ATE_ARQUIVO/';

% fname = 'nome_do_arquivo';

% New_Fech_wav = 16000;

i=0;

ii = 0;

[liste, nfich] = liste_rep([iDir,'*.TextGrid']);

stimulus_index = 0;

disp(['New subdirectory = ',iDir,fname]);
mkdir([iDir,fname]);

rep_temp = [iDir,fname,'/']; % path for output signal files

% Add TextGrids library to java dynamic path if not already loaded
dynamicjavapath = javaclasspath('-dynamic');
jarPackageIndicesInJavaPath =
strfind(dynamicjavapath,'TextGrids.jar');
if isempty(jarPackageIndicesInJavaPath) ||
~isfinite(jarPackageIndicesInJavaPath{1}),
    javaaddpath('TextGrids.jar');
end

%
% fprintf(oXls,'%s\t',fname);

fname_acou = [iDir, fname, '_micro','.wav'];

%%% on commence par charger le fichier .wav et le resample
[signal_acou,Fech_wav,nbits_wav] = wavread(fname_acou);

% [p,q] = rat(New_Fech_wav/Fech_wav,0.0001);
% new_signal_wav = resample(signal_wav,p,q);

fname_piezo = [iDir, fname, '_piezo','.wav'];

%%% on commence par charger le fichier .wav et le resample
[signal_piezo,Fech_piezo,nbits_piezo] = wavread(fname_piezo);

fname_micnas = [iDir, fname, '_micnas','.wav'];
[signal_micnas,Fech_micnas,nbits_micnas] = wavread(fname_micnas);

```

```

%% on tient compte du décalage

% dist1 = length(signal_wav)/Fech_wav;
% dist2 = length(new_signal_wav)/New_Fech_wav;

% decalage = dist2- dist1;

Npts_wav = length(signal_acou);
Ymin_wav=min(signal_acou);
Ymax_wav=max(signal_acou);

%lecture du fichier .TextGrid
textgrid = TextGrid([iDir, fname, '.TextGrid']);

% boucle sur tous les mots
% recuperer les segments à l'intérieur du mot
% mesure sur chaque segment

%sentence_tier_index = 5;
%phoneme_tier_index = 1;
sentence_tier = textgrid.get(sentence_tier_index-1);
n_sentence = sentence_tier.size();
phoneme_tier = textgrid.get(phoneme_tier_index-1);
n_phoneme = phoneme_tier.size();

%% on modifie l'ensemble des valeurs des phonèmes pour récupérer la
bonne valeur avec le décalage
%
%   for iphon=0:n_phoneme-1,
%       if iphon~=0,
%           mintmp = phoneme_tier.min(iphon)+decalage;
%       else
%           mintmp = phoneme_tier.min(iphon);
%       end
%       if iphon<n_phoneme-1,
%           maxtmp = phoneme_tier.max(iphon)+decalage;
%       else
%           maxtmp = phoneme_tier.max(iphon);
%       end
%       lbltmp = phoneme_tier.text(iphon);
%       phoneme_tier.set(iphon,Interval(mintmp,maxtmp,lbltmp));
%   end

%   for i=0:n_sentence-1,
%       sentence_label = char(sentence_tier.text(i));
%       if(~strcmp(sentence_label, '')),
%           % non-empty interval
%           sentence_start = sentence_tier.min(i);
%           sentence_end = sentence_tier.max(i);
%           fprintf('mot = %s ([%f %f])\n', sentence_label, sentence_start, sentence_end);
%           first_phoneme_index =
phoneme_tier.getIntervalAt(sentence_start);
%           last_phoneme_index = phoneme_tier.getIntervalAt(sentence_end);
%           stimulus_index = stimulus_index+1;

%       %% petite parenth se pour supprimer tous les accents dans les
phrases et tous les espaces

```

```

sentence_label = strrep(sentence_label, 'i', 'e');
sentence_label = strrep(sentence_label, 'I', 'e');
sentence_label = strrep(sentence_label, 'É', 'e');
sentence_label = strrep(sentence_label, 'Ê', 'e');
sentence_label = strrep(sentence_label, 'ä', 'a');
sentence_label = strrep(sentence_label, 'Ä', 'c');

tf = isspace(sentence_label);

for ii=1:length(tf)
    if tf(ii) == 1
        word_label(ii)='_';
    end
end

% Extract the corresponding subpart in the TextGrid (times
from 0)
textgridExtract =
textgrid.extractPart(sentence_start,sentence_end,false,phoneme_tier_index-
1);
textgridExtract.writeToTextFile(sprintf('%s
%s_00%d.TextGrid',rep_temp,sentence_label,stimulus_index));

for j = first_phoneme_index:last_phoneme_index,
    phoneme_label = char(phoneme_tier.text(j));
    if(~strcmp(phoneme_label,'')),
        % non-empty interval
        phoneme_start = phoneme_tier.min(j);
        phoneme_end = phoneme_tier.max(j);
        %fprintf('phon = %s ([%f %f])
\n',phoneme_label,phoneme_start,phoneme_end);

        tps_deb = sentence_start;
        tps_fin = sentence_end;
        deb_wav = round(tps_deb*Fech_wav);
        fin_wav = round(tps_fin*Fech_wav);

        if deb_wav == 0
            deb_wav =1;
        end

        onset_time=deb_wav/Fech_wav;    % in sec.
        offset_time=fin_wav/Fech_wav;    % in sec.

        % extract the ii-th Audio signal segment
        ind_wav_deb = round(onset_time*Fech_wav);
        ind_wav_fin = round(offset_time*Fech_wav);
        signal_wav_temp =
signal_acou(ind_wav_deb:ind_wav_fin);
        nom_wav_new = sprintf('%s
%s_00%d.acou.wav',rep_temp,sentence_label,stimulus_index);
        %eval(['wavwrite(signal_wav_temp,Fech_wav, '',nom_wav_new, '');'])
        wavwrite(signal_wav_temp,Fech_wav,nom_wav_new);

        % extract the ii-th piezo signal segment
        ind_piezo_deb = round(onset_time*Fech_wav);
        ind_piezo_fin = round(offset_time*Fech_wav);
        signal_piezo_temp =
signal_piezo(ind_piezo_deb:ind_piezo_fin);

```

```

        nom_piezo_new = sprintf('%s
%s_00%d_piezo.wav', rep_temp, sentence_label, stimulus_index);
%eval(['wavwrite(signal_piezo_temp, Fec_h_piezo, '', nom_piezo_new, '');'])
        wavwrite(signal_piezo_temp, Fec_h_wav, nom_piezo_new);

        % extract the ii-th micro nasal signal segment
        ind_micnas_deb = round(onset_time*Fec_h_wav);
        ind_micnas_fin = round(offset_time*Fec_h_wav);
        signal_micnas_temp =
signal_micnas(ind_micnas_deb:ind_micnas_fin);
        nom_micnas_new = sprintf('%s
%s_00%d_micnas.wav', rep_temp, sentence_label, stimulus_index);
%eval(['wavwrite(signal_piezo_temp, Fec_h_piezo, '', nom_piezo_new, '');'])
        wavwrite(signal_micnas_temp, Fec_h_micnas, nom_micnas_new);

        end
    end
    close all
end
end
%
%
```

ANEXO G – Script rms_auto_3files (AMELOT, s/d)

```
function rms_auto_3files(iDir)

%% script pour extraire des valeurs de rms sur les voyelles en indiquant le phonème
qui se trouve après et celui qui se trouve avant

iDir = '/Users/aamelot/Documents/temp_serveur/izabel-record-29-11-11/record1/';

pho_codes =
{'ac','oc','ec','e~','ic','6~','uc','i~','o~','u~','Tac','Toc','Tec','Te~','Tic','T
6~','Tuc','Ti~','To~','Tu~','m','n','j'};

points_mesure = [0.333 0.5 0.666];

fen_pas = 10;

% Add TextGrids library to java dynamic path if not already loaded
dynamicjavapath = javaclasspath('-dynamic');
jarPackageIndicesInJavaPath = strfind(dynamicjavapath,'TextGrids.jar');
if isempty(jarPackageIndicesInJavaPath) ||
~isfinite(jarPackageIndicesInJavaPath{1}),
javaaddpath('TextGrids.jar');
else
javarmppath('TextGrids.jar');
javaaddpath('TextGrids.jar');
end

%% ouverture du programme Excel pour les données
%

fname_result = [iDir 'resultats' '.xls'];
oXls = fopen(fname_result,'w+');

firstLine = ['enonce\tphoneme avant\tphoneme apres\tduree_ms\tmoy_piezo
\tmax_piezo\tmin_piezo\tpiezo_deb\tpiezo_mil\tpiezo_fin\tmoy_acou\tmax_acou
\tmin_acou\tacou_deb\tacou_mil\tacou_fin\tmoy_micnas\tmax_micnas\tmin_micnas
\tmicnas_deb\tmicnas_mil\tmicnas_fin\n'];
fprintf(oXls, firstLine);

[liste, nfich] = liste_rep([iDir,'*.TextGrid']);

for ii=1:nfich

j=0;
naf=0;

fname=liste(ii,:);
fname=strtok(fname, '.');

fname_wav = [iDir, fname, '_acou', '.wav'];
fname_piezo = [iDir, fname, '_piezo', '.wav'];
fname_micnas = [iDir, fname, '_micnas', '.wav'];
textgrid = TextGrid([iDir, fname, '.TextGrid']);

% lecture du fichier wav
[signal_wav,Fech_wav,nbits_wav] = wavread(fname_wav);
Npts_wav = length(signal_wav);

% lecture du fichier piezo
[signal_piezo,Fech_piezo,nbits_piezo] = wavread(fname_piezo);
Npts_piezo = length(signal_piezo);

% lecture du fichier micro nasal
[signal_micnas,Fech_micnas,nbits_micnas] = wavread(fname_micnas);
Npts_micnas = length(signal_micnas);

% Lecture du textgrid
phoneme_labels=cell(textgrid.getLabels{0});
phoneme_times=textgrid.getTimes{0};
```

```

%on commence par le signal acoustique
n=0;
ii = 0.0001;
fin = Npts_wav/Fech_wav;
while ii <= fin-(fen_pas/1000)
    n=n+1;
    fen = ii + (fen_pas/1000);
    ind_acou_deb = round(ii*Fech_wav);
    ind_acou_fin = round(fen*Fech_wav);
    signal_temp = signal_wav(ind_acou_deb:ind_acou_fin);
    rms_val = sqrt(sum(signal_temp.^2)/length(signal_temp));
    ii=ii+(fen_pas/1000);
    cons(n,:)=ii;
    rms(n,:)=rms_val;
    %disp(['Level of ',int2str(n),'-th segment = ',...
    %      num2str(rms(n)), ' rms']);
end

%signal piezo
n=0;
ii = 0.0001;
fin = Npts_piezo/Fech_piezo;
while ii <= fin-(fen_pas/1000)
    n=n+1;
    fen = ii + (fen_pas/1000);
    ind_piezo_deb = round(ii*Fech_piezo);
    ind_piezo_fin = round(fen*Fech_piezo);
    signal_temp_piezo = signal_piezo(ind_piezo_deb:ind_piezo_fin);
    rms_val_piezo = sqrt(sum(signal_temp_piezo.^2)/length(signal_temp_piezo));
    ii=ii+(fen_pas/1000);
    cons(n,:)=ii;
    rms_piezo(n,:)=rms_val_piezo;
    rms_piezo_inv=-(rms_piezo);
    %disp(['Level of ',int2str(n),'-th segment = ',...
    %      num2str(rms(n)), ' rms']);
end

%signal micnas
n=0;
ii = 0.0001;
fin = Npts_micnas/Fech_micnas;
while ii <= fin-(fen_pas/1000)
    n=n+1;
    fen = ii + (fen_pas/1000);
    ind_micnas_deb = round(ii*Fech_micnas);
    ind_micnas_fin = round(fen*Fech_micnas);
    signal_temp_micnas = signal_micnas(ind_micnas_deb:ind_micnas_fin);
    rms_val_micnas = sqrt(sum(signal_temp_micnas.^2)/length(signal_temp_micnas));
    ii=ii+(fen_pas/1000);
    cons(n,:)=ii;
    rms_micnas(n,:)=rms_val_micnas;
    rms_micnas_inv=-(rms_micnas);
    %disp(['Level of ',int2str(n),'-th segment = ',...
    %      num2str(rms(n)), ' rms']);
end

duree_wav = length(signal_wav)/Fech_wav;
interp_rms_fs = Fech_wav;
fs_rms_piezo = length(rms_piezo)/duree_wav;
fs_rms = (length(rms)-1)/duree_wav;
fs_rms_micnas = length(rms_micnas)/duree_wav;

%% on passe aux mesures

pho = find_strings(pho_codes,phoneme_labels);

for yy = 1:length(pho)
    ind=pho(yy); %

```



```

    phoneme_courant = phoneme_labels(ind);
    if(~strcmp(phoneme_courant,''))
    % etiquette et temps de debut et fin du phoneme
    deb_phoneme_courant = phoneme_times(ind,1);
    fin_phoneme_courant = phoneme_times(ind,2);
    duree_phoneme_courant_ms = (fin_phoneme_courant -
    deb_phoneme_courant)*1000;

    %% audio
    deb_rms_phoneme_courant = round(deb_phoneme_courant*fs_rms);
    fin_rms_phoneme_courant = round(fin_phoneme_courant*fs_rms);

    if(deb_rms_phoneme_courant<1),
        deb_rms_phoneme_courant = 1;
    end
    if(fin_rms_phoneme_courant>length(rms)),
        fin_rms_phoneme_courant = length(rms);
    end
    rms_phoneme_courant = rms(deb_rms_phoneme_courant:fin_rms_phoneme_courant);

    if(~isempty(rms_phoneme_courant)),
        RMS_moy = mean(rms_phoneme_courant);
        RMS_max = max(rms_phoneme_courant);
        RMS_min = min(rms_phoneme_courant);
        RMS_debut =
rms_phoneme_courant(round(length(rms_phoneme_courant)*points_mesure(1)));
        RMS_milieu =
rms_phoneme_courant(round(length(rms_phoneme_courant)*points_mesure(2)));
        RMS_fin =
rms_phoneme_courant(round(length(rms_phoneme_courant)*points_mesure(3)));
    else
        RMS_audio_moy = NaN;
        RMS_audio_debut = NaN;
        RMS_audio_milieu = NaN;
        RMS_audio_fin = NaN;
    end

    %% piezo
    rms_piezo_phoneme_courant =
rms_piezo(deb_rms_phoneme_courant:fin_rms_phoneme_courant);

    if(~isempty(rms_piezo_phoneme_courant)),
        RMS_piezo_moy = mean(rms_piezo_phoneme_courant);
        RMS_piezo_max = max(rms_piezo_phoneme_courant);
        RMS_piezo_min = min(rms_piezo_phoneme_courant);
        RMS_piezo_debut =
rms_piezo_phoneme_courant(round(length(rms_piezo_phoneme_courant)*points_mesure(1))
);
        RMS_piezo_milieu =
rms_piezo_phoneme_courant(round(length(rms_piezo_phoneme_courant)*points_mesure(2))
);
        RMS_piezo_fin =
rms_piezo_phoneme_courant(round(length(rms_piezo_phoneme_courant)*points_mesure(3))
);
    else
        RMS_piezo_moy = NaN;
        RMS_piezo_debut = NaN;
        RMS_piezo_milieu = NaN;
        RMS_piezo_fin = NaN;
    end

    %% micnas

    rms_micnas_phoneme_courant =
rms_micnas(deb_rms_phoneme_courant:fin_rms_phoneme_courant);

    if(~isempty(rms_micnas_phoneme_courant)),
        RMS_micnas_moy = mean(rms_micnas_phoneme_courant);
        RMS_micnas_max = max(rms_micnas_phoneme_courant);

```

```

        RMS_micnas_min = min(rms_micnas_phoneme_courant);
        RMS_micnas_debut =
rms_micnas_phoneme_courant(round(length(rms_micnas_phoneme_courant)*points_mesure(1
)));
        RMS_micnas_milieu =
rms_micnas_phoneme_courant(round(length(rms_micnas_phoneme_courant)*points_mesure(2
)));
        RMS_micnas_fin =
rms_micnas_phoneme_courant(round(length(rms_micnas_phoneme_courant)*points_mesure(3
)));
    else
        RMS_micnas_moy = NaN;
        RMS_micnas_debut = NaN;
        RMS_micnas_milieu = NaN;
        RMS_micnas_fin = NaN;
    end

    if ind == 1
        pho_av='_';
    else
        pho_av = phoneme_labels{ind-1};
    end

    if ind == length(phoneme_labels)
        pho_ap='_';
    else
        pho_ap = phoneme_labels{ind+1};
    end

    if pho_av==0,
        pho_av='_';
    end

    if pho_ap==0,
        pho_ap='_';
    end

% ecriture des valeurs dans un fichier xls
fprintf(oXls, '%s\t%s\t%s\t%s\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t\t'
%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t'
\n', fname, pho_av, phoneme_courant, pho_ap, duree_phoneme_courant_ms, RMS_piezo_moy, RMS_
piezo_max, RMS_piezo_min, RMS_piezo_debut, RMS_piezo_milieu, RMS_piezo_fin, RMS_moy, RMS_
max, RMS_min, RMS_debut, RMS_milieu, RMS_fin, RMS_micnas_moy, RMS_micnas_max, RMS_micnas_m
in, RMS_micnas_debut, RMS_micnas_milieu, RMS_micnas_fin);

    end
end
clear signal_wav
clear signal_piezo
clear rms_piezo
clear rms
clear rms_micnas
clear signal_micnas
clear rms_micnas
clear rms_phoneme_courant
clear rms_piezo_phoneme_courant
clear rms_micnas_phoneme_courant

end
fclose(oXls);

```

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Centro de Comunicação e Expressão
Laboratório de Fonética Aplicada (FONAPLI)

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Nome do(a) participante: _____ Data: _____

Endereço: _____ Cidade: _____ Estado: _____

CEP: _____ Telefone: _____ RG: _____ CPF: _____

Nome da pesquisadora principal: Izabel Christine Seara

Instituições:

Laboratório de Fonética Aplicada (FONAPLI)

Centro de Comunicação e Expressão

Universidade Federal de Santa Catarina

Laboratoire de Phonétique et Phonologie (LPP)

Université Paris III – Sorbonne Nouvelle

1. *Título do estudo:* A nasalidade do português brasileiro: análises aerodinâmicas.

2. *Propósito do estudo:* Descrever as características aerodinâmicas das vogais nasais do português brasileiro.

3. *Procedimentos:* Permito que as amostras de fala registradas no Laboratoire de Phonétique et Phonologie (Paris III – Sorbonne Nouvelle) sejam incorporadas ao banco de dados do LPP e do FONAPLI.

4. *Riscos e desconfortos:* Nenhum.

5. *Benefícios:* Minha participação é voluntária e não trará qualquer benefício direto, mas proporcionará um melhor conhecimento sobre as características aerodinâmicas da produção de segmentos nasais do português brasileiro, como também poderá servir de banco de dados para futuros estudos na área das Ciências da Fala.

6. *Direitos dos participantes:* Eu posso me retirar deste estudo a qualquer momento, sem sofrer nenhum prejuízo e tenho direito de acesso, em qualquer etapa do estudo, sobre qualquer esclarecimento e eventuais dúvidas.

7. *Compensação financeira:* Não existirão despesas ou compensações financeiras relacionadas à minha participação no estudo.

8. *Incorporação ao banco de dados do FONAPLI e do LPP:* Os dados obtidos com minha participação, na forma de gravações em áudio serão incorporados ao banco de dados do FONAPLI e do LPP, cujos responsáveis zelarão pelo uso e aplicabilidade das amostras exclusivamente para fins científicos, apenas consentindo o seu uso futuro em projetos que atestem pelo cumprimento dos preceitos éticos em pesquisas envolvendo seres humanos. Tais dados podem ser inseridos em servidores pertencentes aos pesquisadores envolvidos para acesso a estes bancos de dados por estudantes e pesquisadores, porém, em momento algum, a identidade do participante será revelada.

9. Em caso de dúvida quanto ao item 8, posso entrar em contato com os responsáveis pelo banco de dados do FONAPLI (*Profa. Dra. Izabel Christine Seara*) no telefone (48) 3721-9293.

10. *Confabilidade:* Compreendo que os resultados deste estudo poderão ser publicados em jornais profissionais ou apresentados em congressos profissionais, sem que minha identidade seja revelada.

11. Se tiver dúvidas quanto à pesquisa descrita posso telefonar para a pesquisadora Izabel Christine Seara a qualquer momento pelo telefone (48) 3721-9293 ou (48) 9903-4250.

Eu, _____, compreendo meus direitos como um sujeito de pesquisa e voluntariamente consinto em participar deste estudo e em ceder meus dados para o banco de dados do FONAPLI e do LPP. Compreendo sobre o que, como e porque este estudo está sendo feito. Receberei uma cópia assinada deste formulário de consentimento.

Assinatura do sujeito participante

Data

Assinatura e carimbo do pesquisador

APÊNDICE B – Autorização para divulgação de imagens fotográficas

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Centro de Comunicação e Expressão
Laboratório de Fonética Aplicada (FONAPLI)

Autorização para divulgação de imagens fotográficas

Eu, _____, CPF: _____,
autorizo a divulgação de imagens fotográficas, realizadas pela pesquisadora Profa. Dra.
Izabel Christine Seara no estudo intitulado “A nasalidade do português brasileiro:
análises aerodinâmicas”, para futuras publicações científicas em periódicos nacionais e
internacionais, para aulas, congressos e palestras, para dissertações e teses acadêmicas,
essas desenvolvidas no Laboratório de Fonética Aplicada (FONAPLI) e que tenham
como orientadora a pesquisadora Profa. Dra. Izabel Christine Seara.

Florianópolis, ____ de _____ de 2011.

Assinatura e carimbo do pesquisador

Assinatura do participante

APÊNDICE C – Corpus total

Salienta-se que as sílabas tônicas estão representadas pelo sublinhado e, em negrito, estão os sons-alvo para posterior análise. As frases-veículos destacadas em cinza incluem as consoantes nasais e constituem o *corpus* da tese.

	Transcrição ortográfica das frases-veículo com logatomas	Transcrição codificada dos logatomas para textgrid	Transcrição com IPA* dos logatomas
1	Digo <u>papôcha</u> <u>paponcha</u> baixinho.	[papTocS6 papTo~S6]	[pa'poʃe pa'põʃe]
2	Digo <u>papapa</u> <u>papampa</u> baixinho.	[papTacp6 papT6~p6]	[pa'pape pa'pẽpe]
3	Digo <u>papacha</u> <u>papancha</u> baixinho.	[papTacS6 papT6~S6]	[pa'pafe pa'pẽʃe]
4	Digo <u>titata</u> <u>tintata</u> baixinho.	[tictTat6 ti~tTat6]	[ti'tate ti'tate]
5	Digo <u>papena</u> <u>penapa</u> baixinho.	[papTe~n6 pecnTap6]	[pa'pẽne pẽ'nape]
6	Digo <u>pufapa</u> <u>punfapa</u> baixinho.	[puɸTap6 pu~fTap6]	[pu'fape pũ'fape]
7	Digo <u>pechapa</u> <u>penchapa</u> baixinho.	[pecSTap6 pe~STap6]	[pe'jape pẽ'jape]
8	Digo <u>pussapa</u> <u>pungapa</u> baixinho.	[puɸsTap6 pu~sTap6]	[pu'sape pũ'sape]
9	Digo <u>tatata</u> <u>tatanta</u> baixinho.	[tatTact6 tatT6~t6]	[ta'tate ta'tẽte]
10	Digo <u>passapa</u> <u>pangapa</u> baixinho.	[pacsTap6 p6~sTap6]	[pa'sape pẽ'sape]
11	Digo <u>papapa</u> <u>pampapa</u> baixinho.	[pacpTap6 p6~pTap6]	[pa'pape pẽ'pape]
12	Digo <u>puchapa</u> <u>punchapa</u> baixinho.	[pucSTap6 pu~STap6]	[pu'jape pũ'jape]
13	Digo <u>pipapa</u> <u>pimpapa</u> baixinho.	[picpTap6 pi~pTap6]	[pi'pape pi'pape]
14	Digo <u>piçapa</u> <u>pinçapa</u> baixinho.	[picsTap6 pi~sTap6]	[pi'sape pi'sape]
15	Digo <u>papinha</u> <u>pinhapa</u> baixinho.	[papTi~J6 picJTap6]	[pa'plje pi'jape]
16	Digo <u>papufa</u> <u>papunfa</u> baixinho.	[papTucf6 papTu~f6]	[pa'puʃe pa'pũʃe]
17	Digo <u>tetata</u> <u>tentata</u> baixinho.	[tectTat6 te~tTat6]	[te'tate tẽ'tate]
18	Digo <u>pachapa</u> <u>panchapa</u> baixinho.	[pacSTap6 p6~STap6]	[pa'jape pẽ'jape]
19	Digo <u>tatata</u> <u>tantata</u> baixinho.	[tactTat6 t6~tTat6]	[ta'tate tẽ'tate]
20	Digo <u>papama</u> <u>pamapa</u> baixinho.	[papT6~m6 pacmTap6]	[pa'pẽme pẽ'mape]
21	Digo <u>quecaca</u> <u>quencaca</u> baixinho.	[keɸTak6 ke~kTak6]	[ke'kake kẽ'kake]
22	Digo <u>papêcha</u> <u>papencha</u> baixinho.	[papTecS6 papTe~S6]	[pa'peʃe pa'pẽʃe]
23	Digo <u>totata</u> <u>tontata</u> baixinho.	[toctTat6 to~tTat6]	[to'tate tõ'tate]
24	Digo <u>pessapa</u> <u>pensapa</u> baixinho.	[pecsTap6 pe~sTap6]	[pe'sape pẽ'sape]
25	Digo <u>pochapa</u> <u>ponchapa</u> baixinho.	[pocSTap6 po~STap6]	[po'jape põ'jape]

* International Phonetic Alphabet (IPA, 2005).

Fonte: Banco de dados do FONAPLI (2015).

	Transcrição ortográfica das frases-veículo com logatomas	Transcrição codificada dos logatomas para textgrid	Transcrição com IPA* dos logatomas
26	Digo <u>papema</u> <u>pe</u> mapa baixinho.	[papTe~m6 pecmTap6]	[pa'pẽme pẽ'mape]
27	Digo <u>papuma</u> <u>pu</u> mapa baixinho.	[papTu~m6 pucmTap6]	[pa'pũme pũ'mape]
28	Digo <u>papêpa</u> <u>pape</u> mpa baixinho.	[papTecp6 papTe~p6]	[pa'pẽpe pa'pẽpe]
29	Digo <u>papanha</u> <u>pan</u> hapa baixinho.	[papT6~J6 pacJTap6]	[pa'pẽne pẽ'nape]
30	Digo <u>tatôta</u> <u>tato</u> nta baixinho.	[tatToct6 tatTo~t6]	[ta'tote ta'tôte]
31	Digo <u>papuna</u> <u>pu</u> napa baixinho.	[papTu~n6 pucnTap6]	[pa'pũne pũ'nape]
32	Digo <u>pupapa</u> <u>pump</u> papa baixinho.	[pucpTap6 pu~pTap6]	[pu'pape pũ'pape]
33	Digo <u>papafa</u> <u>papan</u> fa baixinho.	[papTacf6 papT6~f6]	[pa'pafe pa'pẽfe]
34	Digo <u>pofapa</u> <u>pon</u> fapa baixinho.	[pocfTap6 po~fTap6]	[po'fape põ'fape]
35	Digo <u>papoma</u> <u>pom</u> apa baixinho.	[papTo~m6 pocmTap6]	[pa'põme põ'mape]
36	Digo <u>cacuca</u> <u>cacun</u> ca baixinho.	[kakTuck6 kakTu~k6]	[ka'kuke ka'kũke]
37	Digo <u>papina</u> <u>pi</u> napa baixinho.	[papTi~n6 picnTap6]	[pa'pĩne pĩ'nape]
38	Digo <u>papona</u> <u>pon</u> apa baixinho.	[papTo~n6 pocnTap6]	[pa'põne põ'nape]
39	Digo <u>caquica</u> <u>caquin</u> ca baixinho.	[kakTick6 kakTi~k6]	[ka'kũke ka'kõke]
40	Digo <u>papana</u> <u>pan</u> apa baixinho.	[papT6~n6 pacnTap6]	[pa'pẽne pẽ'nape]
41	Digo <u>pepapa</u> <u>pemp</u> papa baixinho.	[pecpTap6 pe~pTap6]	[pe'pape pẽ'pape]
42	Digo <u>papupa</u> <u>papump</u> a baixinho.	[papTucp6 papTu~p6]	[pa'pupe pa'pũpe]
43	Digo <u>tatêta</u> <u>tate</u> nta baixinho.	[tatTect6 tatTe~t6]	[ta'tete ta'tête]
44	Digo <u>paponha</u> <u>põn</u> hapa baixinho.	[papTo~J6 pocJTap6]	[pa'põne põ'nape]
45	Digo <u>pifapa</u> <u>pi</u> nfa baixinho.	[picfTap6 pi~fTap6]	[pi'fape pĩ'fape]
46	Digo <u>papunha</u> <u>pu</u> nhapa baixinho.	[papTu~J6 pucJTap6]	[pa'pũne pũ'nape]
47	Digo <u>cocaca</u> <u>co</u> ncaca baixinho.	[kockTak6 ko~kTak6]	[ko'kake kõ'kake]
48	Digo <u>cacaca</u> <u>ca</u> ncaca baixinho.	[kackTak6 k6~kTak6]	[ka'kake kẽ'kake]
49	Digo <u>tatita</u> <u>tati</u> nta baixinho.	[tatTict6 tatTi~t6]	[ta'tite ta'títe]
50	Digo <u>papôpa</u> <u>papo</u> mpa baixinho.	[papTocp6 papTo~p6]	[pa'pope pa'põpe]

* *International Phonetic Alphabet* (IPA, 2005).

Fonte: Banco de dados do FONAPLI (2015).

	Transcrição ortográfica das frases-veículo com logatomas	Transcrição codificada dos logatomas para textgrid	Transcrição com IPA* dos logatomas
51	Digo <u>pa</u> fapa <u>pa</u> nfapa baixinho.	[pacfTap6 p6~fTap6]	[pa'fape pɐ'fape]
52	Digo <u>ca</u> côca <u>ca</u> conça baixinho.	[kakTock6 kakTo~k6]	[ka'koke ka'kôke]
53	Digo <u>pa</u> pifa <u>pa</u> pinfa baixinho.	[papTicf6 papTi~f6]	[pa'pife pa'pife]
54	Digo <u>pa</u> pipa <u>pa</u> pimpa baixinho.	[papTicp6 papTi~p6]	[pa'pipe pa'pîpe]
55	Digo <u>pa</u> pima <u>pi</u> mapa baixinho.	[papTi~m6 picmTap6]	[pa'pîme pi'mape]
56	Digo <u>po</u> papa <u>po</u> mpapa baixinho.	[pocpTap6 po~pTap6]	[po'pape pɔ'pape]
57	Digo <u>pa</u> picpa <u>pa</u> pincha baixinho.	[papTicS6 papTi~S6]	[pa'pife pa'pîfe]
58	Digo <u>cu</u> caca <u>cu</u> ncaca baixinho.	[kuckTak6 ku~kTak6]	[ku'kake kɔ'kakce]
59	Digo <u>pe</u> fapa <u>pe</u> nfapa baixinho.	[pecfTap6 pe~fTap6]	[pe'fape pɐ'fape]
60	Digo <u>pa</u> penha <u>pe</u> nhapa baixinho.	[papTe~J6 pecJTap6]	[pa'pɛne pɛ'napɛ]
61	Digo <u>pa</u> pi ^{ss} a <u>pa</u> pi ^{ns} a baixinho.	[papTics6 papTi~s6]	[pa'pise pa'pîse]
62	Digo <u>pa</u> pôfa <u>pa</u> ponfa baixinho.	[papTocf6 papTo~f6]	[pa'pofe pa'pôfe]
63	Digo <u>pa</u> pêfa <u>pa</u> penfa baixinho.	[papTecf6 papTe~f6]	[pa'pefe pa'pêfe]
64	Digo <u>pa</u> pusa <u>pa</u> punsa baixinho.	[papTucs6 papTu~s6]	[pa'puse pa'pûse]
65	Digo <u>po</u> ssapa <u>po</u> nsapa baixinho.	[pocsTap6 po~sTap6]	[po'sape pɔ'sape]
66	Digo <u>pa</u> pucha <u>pa</u> puncha baixinho.	[papTucS6 papTu~S6]	[pa'puje pa'pûje]
67	Digo <u>ta</u> tuta <u>ta</u> tunta baixinho.	[atTuct6 tatTu~t6]	[ta'tute ta'tûte]
68	Digo <u>tu</u> tata <u>tu</u> tunta baixinho.	[tuctTat6 tu~tTat6]	[tu'tate tɔ'tate]
69	Digo <u>pa</u> passa <u>pa</u> pansa baixinho.	[papTacs6 papT6~s6]	[pa'pase pa'pîse]
70	Digo <u>qui</u> çaça <u>qui</u> ñçaça baixinho.	[kickTak6 ki~kTak6]	[ki'kake ki'kake]
71	Digo <u>pa</u> pêssa <u>pa</u> pensa baixinho.	[papTecs6 papTe~s6]	[pa'pese pa'pêse]
72	Digo <u>pi</u> chapa <u>pi</u> chapa baixinho.	[picSTap6 pi~STap6]	[pi'fape pi'fape]
73	Digo <u>ca</u> queça <u>ca</u> quencia baixinho.	[kakTeck6 kakTe~k6]	[ka'keke ka'kêke]
74	Digo <u>pa</u> pôssa <u>pa</u> ponsa baixinho.	[papTocs6 papTo~s6]	[pa'pose pa'pôse]
75	Digo <u>ca</u> çaça <u>ca</u> cança baixinho.	[kakTack6 kakT6~k6]	[ka'kake ka'kêke]

* *International Phonetic Alphabet* (IPA, 2005).

Fonte: Banco de dados do FONAPLI (2015).