

CONSIDERAÇÕES SOBRE A AERODINAMICA DAS VOGAIS NASAIS DO PORTUGUES BRASILEIRO: A VARIEDADE FLORIANOPOLITANA

Izabel Christine Seara¹
Fernando Santana Pacheco²
Angelique Amelot³

RESUMO: Este artigo traz uma discussão acerca da aerodinâmica da nasalidade de vogais do português brasileiro (PB) falado em Florianópolis (capital do estado de Santa Catarina). Os dados analisados são referentes a produção de dois sujeitos, falantes nativos de Florianópolis. Os parâmetros examinados foram: os padrões da curva de fluxo aéreo nasal e do percentual de nasalidade, observados a partir de equipamentos de medidas aerodinâmicas (como o acelerador piezoelétrico e o microfone nasal). Os resultados mostraram que as vogais nasais apresentam (i) cinco padrões de curva de fluxo aéreo nasal e (ii) um percentual médio de nasalidade que vai de 17, 12%, para a vogal [ĩ] em contexto tônico, a 4,87%, para a vogal [ẽ] também em contexto tônico. Os diferentes momentos que constituem as vogais nasais já observadas em outros estudos foram confirmados pelas curvas de fluxo aéreo nasal. Os sons vocálicos compostos apenas de momento oral mais murmúrio nasal também foram bastante frequentes. E o percentual de nasalidade é sistematicamente mais importante no final da vogal nasal (correspondendo ao murmúrio nasal), porém a relação desse percentual no início, meio e final do som vocálico nasal é mais importante do meio para o final no PB e do início para o meio no francês.

¹ Doutora em Linguística pela Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC. Professora Associada III da Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC.

² Doutor em Engenharia Elétrica, ênfase em Processamento da fala, microcontroladores e interfaces homem-máquina, pela Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC. Professor do ensino básico, técnico e tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina-IF/SC.

³ Ingenieur de Recherche. Laboratoire de Phonetique et Phonologie. Université Sorbonne Nouvelle - Paris 3-France.

Palavras-chave: Vogais nasais. Medidas aerodinâmicas. Percentual de nasalidade. Variedade florianopolitana.

RÉSUMÉ: Cette article apporte une discussion sur l'aérodynamique de la nasalité de voyelles du portugais brésilien (PB) parlé à Florianópolis (capital de l'état de Santa Catarina). Les données se referent aux productions de deux sujets, nés à Florianópolis. Les paramètres analysés ont été: les types de courbes de flux d'air nasal et le pourcentage de nasalité, vus à partir de mesures aérodynamiques apportées par le microphone nasal. Les résultats ont montré que les voyelles nasales présentent (i) cinq types de courbes de flux d'air nasal et (ii) un pourcentage moyen de nasalité qui va d'environ 17, 12%, pour les voyelles [ĩ] en contexte tonique à 4,87%, pour les voyelles [ẽ] aussi en contexte tonique. Les différentes phases qui constituent les voyelles nasales qui sont observées dans d'autres études ont été confirmées pour les courbes de flux d'air nasal. Les voyelles qui sont composées seulement de la phase oral plus le murmure nasal ont été fréquentes. Le pourcentage de nasalité est toujours plus important à la fin de la voyelle nasal (murmure nasal), mais la relation de ce pourcentage au début, au milieu et à la fin du son vocalique nasal sont plus importantes du milieu à la fin au PB et du début au milieu dans le français.

Mots-clés: Voyelles nasales. Mesures aérodynamiques. Pourcentage de nasalité. Variété florianopolitana.

1 Introdução

O tratamento acústico da nasalidade de sons de fala é bastante complexo. Essa complexidade se deve aos movimentos articulatórios envolvidos na produção desses segmentos, mais precisamente, em razão do acoplamento dos trato oral e nasal. A maior parte dos estudos sobre nasalidade tem sido baseada em análises acústicas, principalmente aqueles relacionados ao português do Brasil (SEARA, 2000; SOUSA, 1994; dentre outros). Análises acústicas apresentam limites em virtude da dificuldade de identificação adequada, por exemplo, de ressonâncias referentes ao trato oral e daquelas referentes ao trato nasal, isso devido à introdução de antirressonâncias (zeros na função de transferência do filtro acústico) quando ocorre o acoplamento da cavidade nasal. Por conta disso, o detalhamento de fenômenos complexos, como é o caso da

nasalidade, necessitaria de outras análises, como as aerodinâmicas e articulatórias combinadas às acústicas.

Estudos recentes, no Brasil, no entanto, tem se voltado a análises aerodinâmicas e articulatórias (CASERO; BRUM-DE-PAULA; FERREIRA-GONÇALVES, 2016, CORREA, FERREIRA-GONÇALVES; BRUM-DE-PAULA, 2017, MENDONÇA, 2017; VIEIRA, 2017). O presente estudo também tem esse viés acústico-aerodinâmico e tem por objetivo apresentar os resultados do cruzamento de dados acústicos e aerodinâmicos referentes às vogais nasais do português brasileiro falado na região urbana de Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, no sul do Brasil. Dada a combinação de análises aerodinâmicas e acústicas, esses dados mostrarão de forma mais evidente a constituição das vogais nasais com respeito aos momentos: oral, nasal e murmúrio nasal que parecem configurar as produções dessas vogais, segundo Sousa (1994) e SEARA (2000), dentre outros.

A Fonologia articulatória considera que a nasalização das vogais é consequência de gestos. Assim, o fenômeno da nasalização pode ser explicado a partir da ideia de “constelação gestual”, na qual um gesto se combina a outro, em intervalos de tempo que coincidem. Segundo essa teoria, tanto a vogal nasal plena (como em *canta*) quanto a vogal nasalizada por uma consoante (como em *cama*) existem, e os gestos articulatórios são os mesmos. Neste estudo, partimos dessa premissa, mas iremos observar aerodinamicamente apenas o comportamento das vogais ditas nasais plenas.

Assim, foram realizadas análises aerodinâmicas baseadas em um acelerador piezoelétrico e em um microfone nasal. Segundo Amelot (2004), um som de fala é nasal quando tem um fluxo de ar nasal e isso ocorre quando a porta velofaríngea se abre permitindo que o ar que está passando pelo trato oral passe pelas cavidades nasais. Assim é definida a aerodinâmica da nasalidade dos sons de fala.

Com este estudo, então, pretendemos, a partir de uma análise dos dados que é mais qualitativa do que quantitativa, responder às seguintes questões de pesquisa:

1. Que padrões de curvas de fluxo aéreo nasal, captadas pelo acelerador piezoelétrico e pelo nasal, serão encontrados para as vogais nasais do PB falado em Florianópolis?
2. Com relação aos momentos que compõem as vogais nasais (SOUSA, 1994; SEARA, 2000), o que podemos dizer?

3. Considerando-se os percentuais de nasalidade medidos a partir do acelerador piezoelétrico e do microfone nasal, quais serão os comportamentos observados?

4. As curvas de fluxo aéreo nasal, provenientes do acelerador piezoelétrico e do microfone nasal, apresentariam diferenças em função da qualidade vocálica?

Dada a dificuldade de encontrarmos estudos aerodinâmicos para o português brasileiro com o equipamento (medidas) que apresentamos neste trabalho, faremos as nossas comparações, na maior parte das vezes, com dados do francês, estudos que têm esse viés aerodinâmico há algum tempo.

Para dar conta dos objetivos aqui apresentados e responder às questões colocadas, dividiremos este artigo em mais quatro seções. A primeira trará um apanhado de alguns estudos realizados com foco acústico-aerodinâmico os quais nortearão as discussões que apresentaremos sobre as vogais nasais; a segunda detalhará a metodologia empregada nas análises aerodinâmicas, assim como a constituição do *corpus* e o grupo de informantes; na terceira, apresentaremos os resultados obtidos; e, finalmente, na quarta seção, responderemos às nossas questões de pesquisa, indicando nossos próximos passos.

2 Estudos de cunho acústico e aerodinâmico

Um grande número de estudiosos tem se debruçado sobre a nasalidade, alguns sob o viés acústico (por exemplo, SEARA, 2000; SOUSA, 1994), outros sob o viés acústico-aerodinâmico (por exemplo, BASSET, AMÉLOT, VAISSIÈRE; ROUBEAU, 2001; MONTAGU, 2007; MEDEIROS, 2007; MEDEIROS *et al.*, 2008, MENDONÇA, 2017; VIEIRA, 2017) e há ainda os que tratam a nasalidade sob o viés articulatório (por exemplo, MORAES; WETZELS, 1997; MORAES, 2013; LOVATO *et al.*, 2008; MEDEIROS; DEMOLIN, 2008). Tais estudos têm contribuído para ratificar os achados acústicos e também para tratar com mais detalhes a gradiência encontrada nos sinais nasais, seja concernente à vogal nasal ou à vogal nasalizada.

De maneira geral, o acoplamento da cavidade nasal à cavidade oral leva às seguintes modificações espectrais (FUJIMURA, 1960; MAEDA, 1993; JOHNSON, 1997; SOUSA, 1994; SEARA, 2000, dentre outros):

- aparecimento de formantes específicos (nasais) que são as ressonâncias reforçadas quando da passagem do ar pelas cavidades nasais;

- presença de antirressonâncias (ou anti-formantes), devido à absorção de energia pelas paredes do trato nasal;
- atenuação geral da amplitude dos formantes, particularmente do primeiro formante vocálico;
- aumento da largura-de-banda dos formantes.

As vogais nasais teriam assim dois tipos de formantes: os nasais e os orais. E, a partir da observação da trajetória das frequências dos formantes nasais e orais, análises espectrográficas e espectrais mostraram que as vogais nasais podem apresentar-se com:

i) *três momentos distintos*: um momento oral, seguido por um momento nasal em que o murmúrio se sobrepõe à vogal, chamado de momento nasal propriamente dito, e um momento final correspondendo apenas ao murmúrio nasal;

ii) *apenas dois momentos distintos*: o momento nasal propriamente dito seguido pelo murmúrio nasal ou o momento oral seguido pelo murmúrio nasal.

Os sons nasais, produzidos por falantes florianopolitanos, foram classificados em Seara (2000), conforme seus momentos constitutivos em função da tonicidade da sílaba. Observe a Tabela 1.

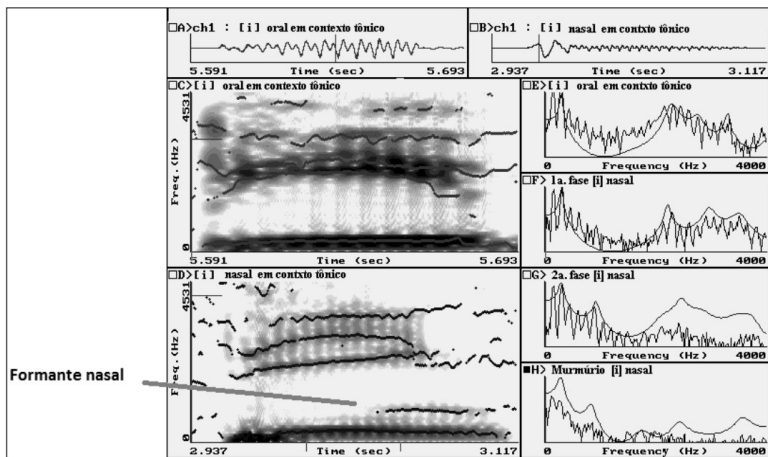
Tabela 1: Vogais nasais tônicas e átonas e o percentual de produção a partir da constatação de dois ou três momentos distintos (as partes sombreadas evidenciam momentos com mais de 50% dos dados com essa constituição).

Vogais	Momento oral+momento nasal+murmúrio nasal	Momento nasal+murmúrio nasal	Momento oral + murmúrio nasal
Sílaba tônica			
[ẽ]	32%	68%	0%
[ē]	39%	28%	33%
[ĩ]	88%	5%	7%
[õ]	66%	34%	0%
[ũ]	58%	38%	4%
Sílaba átona			
[ẽ]	38%	62%	0%
[ē]	65%	30%	5%
[ĩ]	41%	6%	53%
[õ]	63%	37%	0%
[ũ]	57%	39%	4%

Fonte: SEARA (2000)

Esses percentuais foram coletados a partir da análise acústica de dados como os apresentados na Figura 1.

Figura 1: Vogal alta anterior oral e nasal em contexto tônico. Quadros A e B apresentam a forma-de-onda e os quadros C e D, espectrogramas de banda larga. Quadro E apresenta o espectro FFT da contraparte oral e Quadros F, G e H apresentam, respectivamente, o espectro FFT dos três momentos distintos da vogal nasal: momento oral, momento nasal propriamente dito e murmúrio nasal.

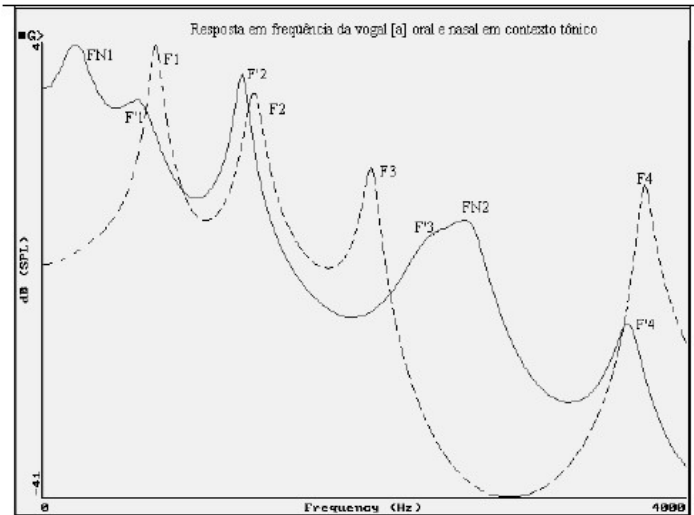


Fonte: SEARA (2000, p.84)

Na Figura 1, observa-se o aparecimento de formantes nasais que caracterizam o momento nasal da vogal nasal e também podemos visualizar, no Quadro H, a região final da vogal nasal com menor energia acústica que caracteriza o seu murmúrio nasal.

Espectros de frequência com a sobreposição das vogais oral e nasal evidenciam outras características acústicas. Observe a Figura 2.

Figura 2: Resposta em frequência da vogal oral [a] (linha tracejada) e da nasal [ã] (linha cheia) com seus respectivos formantes (F_i - formante oral da vogal oral; F'_i - formante oral da vogal nasal e FN_i - formante nasal da vogal nasal), obtidos a partir de análises de Predição Linear (LPC)⁴



Fonte: SEARA (2000, p. 64).

Pela Figura 2, é possível visualizar as seguintes características acústicas:

(a) a amplitude relativa dos formantes orais das vogais nasais (F'_i) que é sistematicamente mais baixa do que a de suas contrapartes orais (F_i);

(b) os formantes nasais das vogais nasais (FN_i) que apresentam amplitude relativa maior do que a dos formantes orais vizinhos (F'_i).

O detalhamento do comportamento do murmúrio nasal, produzido na realização das vogais nasais, pode fornecer também uma base física para a formulação de hipóteses sobre o *status* dessas vogais no PB (MEDEIROS, 2007, dentre outros). Com esse enfoque, análises aerodinâmicas podem avaliar o comportamento dinâmico de segmentos

⁴ O número de pólos do espectro LPC foi adaptado para as vogais nasais para que não houvesse a representação de zeros como pólos.

em ambiente dito nasal (como em *canta*) e nasalizado (como em *cama*), considerando aspectos prosódicos como a posição acentual da sílaba que traz o som nasal.

A coleta de parâmetros aerodinâmicos permite assim revelar movimentos que não poderiam ser observados a partir somente de parâmetros acústicos. Estudos (CAGLIARI, 1997; MEDEIROS, 2007), levando em conta dados aerodinâmicos, fazem uma descrição acerca de diferenças de nasalização que dependeriam ou não da consoante que segue a vogal nasal, se oclusiva ou fricativa. Segundo Cagliari (1997), haveria uma consoante nasal seguindo a vogal, que seria plena diante de oclusiva oral e não seria plena quando seguida de fricativa. Essa ausência de elemento consonantal nasal entre a vogal nasal e a fricativa é discutida, através de análise acústica, por Kelm (1989). Em relação ao português europeu, estudos têm apontado para uma assincronia de gestos (OLIVEIRA e TEIXEIRA, 2007), uma vez que o gesto vocálico já estaria ativado quando ocorre o gesto de oclusão.

O segmento acústico que finaliza as vogais nasais, denominado: murmúrio consonantal (SOUSA, 1994), murmúrio vocálico (SEARA, 2000), apêndice nasal (MEDEIROS, 2007; MEDEIROS *et al.*, 2008) e ainda consoante nasal (OLIVEIRA e TEIXEIRA, 2007), descrito aerodinamicamente, certamente, trará uma luz à discussão sobre o *status* da vogal nasal do PB. Este, porém, não será o foco do presente estudo, mas certamente seus resultados auxiliarão futuras pesquisas sobre essa temática.

Até aqui, o que queremos fazer é uma melhor avaliação e visualização dos momentos anteriormente descritos a partir da associação de uma medida que possibilite avaliar a presença de fluxo aéreo nasal, inferindo a abertura do véu do palato. Uma observação mais objetiva do movimento de abertura do véu do palato permite também a indicação mais precisa das posições na forma de onda em que se recuperariam os formantes nasais, uma vez que ali estaria presente a nasalidade do som, pois, para algumas vogais, como as altas, os formantes oral e nasal apresentam valores muito próximos, deixando dúvidas com relação aos seus respectivos valores. Queremos ainda avaliar o percentual de nasalidade em cada um dos momentos que constituem a vogal nasal.

O momento oral também presente em vogais nasais do francês vem sendo visto como um retardo de nasalização (MONTAGU, 2007). Segundo a autora, esse atraso, denominado de *Nasal Onset Time* (NOT), é explicado por uma restrição aerodinâmica na produção de consoantes oclusivas (o contexto antecedente em que nossos sons foram gravados)

que necessitam de uma forte pressão intraoral para serem produzidas. E, como se percebe a sua explosão, imagina-se que não haja fuga de ar pelas cavidades nasais. Conforme os resultados obtidos por Montagu (2007), a duração do NOT no início das vogais nasais do francês depende do tipo de consoante que as precede: as oclusivas sonoras teriam um maior atraso, seguidas das oclusivas surdas (com [k] mostrando medidas muito baixas de NOT). Na sequência, aparecem as fricativas vozeadas (com [v] apresentando os maiores valores dentre as fricativas vozeadas) e por fim as não vozeadas. O objetivo dessa autora na identificação do NOT era o de calcular os formantes dessa parte oral das vogais nasais, nas quais a ausência de nasalização identificaria o alvo articulatorio subjacente a cada vogal nasal. Por exemplo, o início não nasalizado da vogal nasal francesa /*ã*/ apresenta formantes muito próximos aos da vogal [a] e os de /*õ*/ próximos a [o]. Nossos dados tiveram como contextos à esquerda somente plosivas não vozeadas, assim nosso olhar será apontado para o comportamento dessas consoantes.

Amelot (2004) analisa vogais nasais do francês a partir de vários olhares: articulatorio, aerodinâmico e acústico. Os resultados da autora concernentes às curvas de fluxo aéreo nasal, obtidas pela estação EVA que é constituída por captadores acústicos e aerodinâmicos com saídas de ar oral e nasal separadas, levou-a a observação de tipos de curvas de fluxo aéreo nasal.

Com respeito às vogais nasais, Amelot (2004) encontra um pequeno período no qual o fluxo aéreo nasal seria negativo. Isso já foi observado por Benguerel (1974) quando descrevia curvas de fluxo aéreo nasal para consoantes nasais. Segundo esse autor, esse período corresponderia ao aumento lento do volume da cavidade nasal que criaria uma leve sucção no nível das narinas. Para essa autora, esse fluxo aéreo nasal negativo corresponderia ao momento em que se tem a conexão entre as duas cavidades – a oral e a nasal.

Ainda com referência aos dados nasais, com base nos captadores aerodinâmicos da Estação EVA, Amelot (2004), observando o traçado das curvas de fluxo aéreo nasal, verificou cinco padrões recorrentes e um sexto que foi produzido por apenas um locutor. Usaremos a estratégia empregada por Amelot (2004) para a identificação de tipos de curvas de fluxo aéreo nasal, captadas pelo acelerador piezoelétrico e pelo microfone nasal. Não poderemos relacionar os tipos aqui encontrados com os encontrados por essa autora, por conta da diferença entre os

equipamentos utilizados: Autor apresenta seus tipos de curvas baseados na captura dos dados pela Estação EVA.

Brkan, Amélot e Pillot-Loiseau (2012) analisaram três vogais nasais do francês [ã ɛ õ] produzidas por 5 nativas francesas e 5 aprendizes de francês nativas da Bósnia. As análises foram baseadas em dados de um acelerador piezoelétrico e os resultados indicaram que não havia diferenças relevantes entre as duas populações com relação à distinção vogal oral/nasal, nem entre as três vogais analisadas. Mostraram ainda, para as vogais nasais do francês, que [ã] e [ɛ] tem uma porcentagem de nasalidade mais alta no final da vogal e mais baixa no início, e o aumento de nasalidade é mais importante do meio para o final do que do início para o meio. Para [õ], o percentual de nasalidade é mais importante no meio da vogal.

Observando a complexidade da nasalidade das vogais nasais - nosso objeto de estudo - mostrada pelos diferentes estudos citados anteriormente, e a dificuldade de fazer certas inferências a partir apenas do sinal acústico, não somente relativas às ressonâncias nasais presentes nesse sinal acústico nasal, mas também à delimitação mais precisa dos momentos apresentados por esses sons, nosso objetivo é associar medidas acústicas a medidas aerodinâmicas para um melhor entendimento da gradiência apresentada pelos diferentes segmentos nasais tratados por esta pesquisa.

3 Metodologia

Para dar conta de nosso objetivo, as gravações de dados realizadas para o presente estudo correspondem a 200 produções das vogais-alvo (2 sujeitos x 2 repetições x 50 frases). E o *corpus* montado para essas gravações apresentou as seguintes características:

- Contexto anterior:
[p], [t], [k]
- Contexto posterior:
[p], [t], [k], [f], [s], [ʃ]
- Vogais orais e nasais (tônicas e átonas):
[pa 'papə] - [pa 'pɛpə] - contexto tônico;

[pa 'papɐ] - [pẽ 'papɐ] - contexto átono.

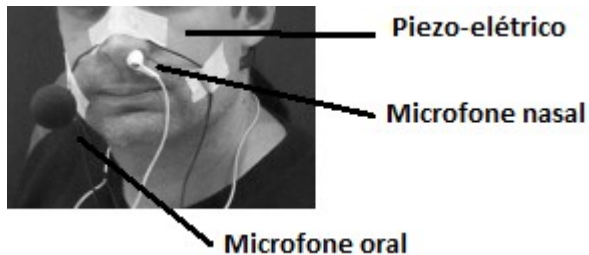
- Frase veículo: Digo _____ baixinho.
Digo [pa 'papɐ] [pa 'pẽpɐ] baixinho.

Os locutores que compõem essa base de dados são os seguintes:

- Dois locutores: um homem e uma mulher;
- Nascidos em Florianópolis (SC) - Brasil;
- Idades entre 25 e 35 anos;
- Nível de escolaridade: superior completo.

Equipamentos utilizados para captura de dados aerodinâmicos e acústicos são mostrados na Figura 3.

Figura 3: Equipamentos utilizados para a gravação dos dados aerodinâmicos: acelerador piezoelétrico (colado nas paredes das cavidades nasais), microfone nasal (acoplado a uma das cavidades nasais) e para gravação de dados acústicos: microfone oral (apoiado nas orelhas do informante, possibilitando a captura o sinal acústico numa mesma distância do trato oral durante toda a gravação)⁵.



Na Figura 3, são mostrados os seguintes equipamentos de coleta de dados acústicos e aerodinâmicos:

- Piezoelétrico: acelerador piezoelétrico que serve para medir a intensidade das vibrações do fluxo aéreo na superfície do nariz. Esse

⁵ Esta foto foi inserida neste texto com a autorização do sujeito fotografado.

acelerador piezoelétrico (K&K Sound) é acoplado com duas pastilhas de 0,5cm, fixadas por um adesivo dupla face nos ossos laterais do nariz (Figura 10). Ele está ligado a um pré-amplificador (40dB) e a uma placa de aquisição externa (Motu Ultralite, mk3, hybride);

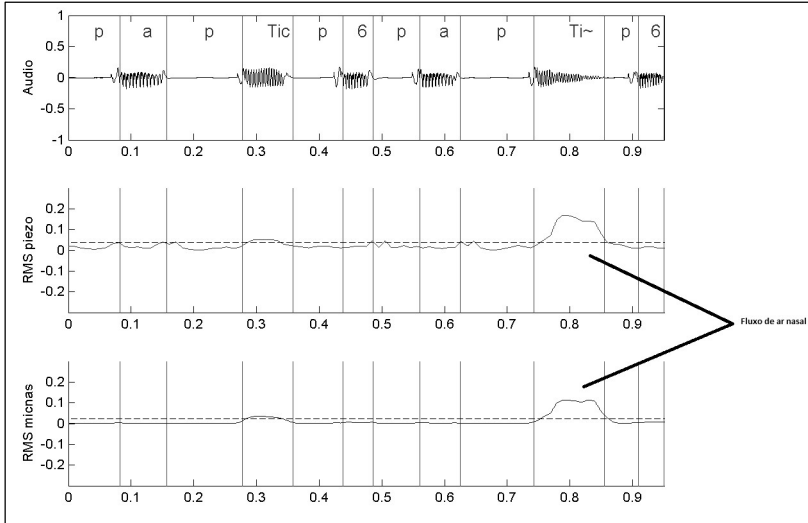
- Microfone nasal: captador do sinal acústico nasal que é inserido em uma das narinas de maneira a não incomodar durante a gravação;
- Microfone oral: captador do sinal acústico global que é acoplado às orelhas do informante, permanecendo na mesma posição durante toda a gravação dos dados.

A coleta de dados, a partir dos equipamentos listados acima, foi feita em um estúdio e permitiu-nos gerar medidas de Root Mean Square (RMS)⁶. Para o presente estudo, foram analisados os dados obtidos pelo acelerador piezoelétrico e pelo microfone nasal. Essas medidas são transformadas em percentuais em relação a uma referência que é tomada de palavras usadas para calibração do equipamento com cada sujeito gravado e a obtenção do valor máximo de RMS. Assim, os ganhos do canal oral e do canal nasal são regulados independentemente, de modo que o nível do sinal acústico oral durante a produção de uma sequência oral [papapa] corresponda ao nível do sinal acústico nasal durante a produção de uma sequência nasal ([mẽmẽmẽ]). Assim 100% de nasalidade seriam referentes ao máximo valor para a consoante [m]. Os percentuais para as vogais são coletados no início (1/3), no meio (1/2) e no final (2/3) da vogal alvo, e também são coletados a média em percentual de RMS, o valor máximo e o valor mínimo.

Cruzando os dados dos percentuais de nasalidade com os dados acústicos, podemos visualizar com muito mais clareza quando o sinal nasal está presente nas produções dos sujeitos. A partir de dados aerodinâmicos, apresentados na Figura 4, observamos que o sinal nasal evidenciado pelas curvas RMS captadas pelo acelerador piezoelétrico e pelo microfone nasal iniciam com um pequeno atraso e que, na parte final, o fluxo nasal, possuindo ainda muita energia, cai abruptamente.

⁶ Valor quadrático médio ou RMS (do inglês *root mean square*) ou valor eficaz é uma medida estatística da magnitude de uma quantidade variável. É um caso especial de potência média.

Figura 4: Forma-de-onda, curvas RMS do fluxo aéreo nasal, advindas do acelerador piezoelétrico e do microfone nasal.



Fonte: Autores

Com esses dados, poderemos indicar, conforme Amelot (2004) já salienta em seu estudo sobre vogais nasais do francês, quais os padrões de curvas RMS que caracterizam a nasalidade do PB falado em Florianópolis.

Agora passemos então às análises das produções dos falantes florianopolitanos. Lembramos que essas análises são ainda preliminares e de cunho mais qualitativo do que quantitativo.

4 Análise e discussão dos resultados

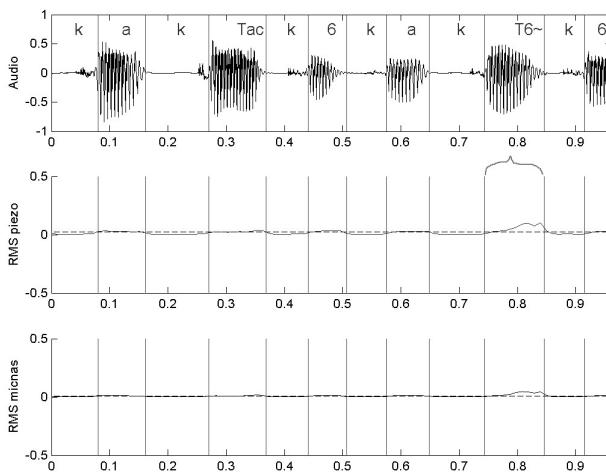
Iniciamos a apresentação dos dados pelos padrões de curvas de fluxo aéreo nasal que foram encontrados nas produções dos sujeitos aqui analisados. Em seguida, trataremos do percentual de nasalidade de cada vogal emitida.

4.1 Padrões de curvas de fluxo aéreo nasal

Os padrões de curvas de fluxo aéreo nasal, observados nas produções de vogais nasais do PB, foram classificados em três tipos. De forma geral, a observação das curvas de fluxo aéreo nasal indica padrões mais gerais: (i) dois com maior amplitude da curva no final da vogal nasal e são aqueles que iniciam com atraso do fluxo aéreo nasal e (ii) um outro com maior amplitude em uma região medial da vogal nasal. Vejamos em mais detalhes os tipos de curvas de fluxo aéreo nasal.

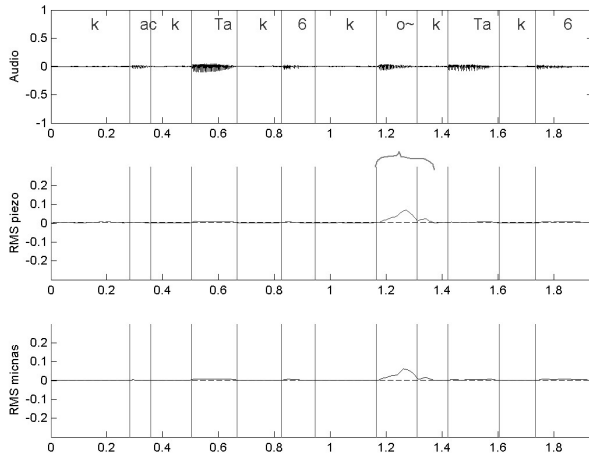
Tipo 1: a vogal é iniciada sem nenhuma curva aparente de fluxo aéreo nasal, ou seja, há um atraso no aparecimento da curva de fluxo nasal que vai surgindo lentamente, e sobe até atingir um máximo não muito elevado. Apresenta uma curvatura para a direita. Depois decresce rapidamente até atingir o zero. Esse padrão evidencia a presença do momento oral, do momento nasal e do murmúrio nasal. Exemplos desse tipo de padrão podem ser vistos nas Figuras 5 e 6.

Figura 5: Fluxo aéreo nasal (Tipo 1) para o logatoma [ka'kēkē]



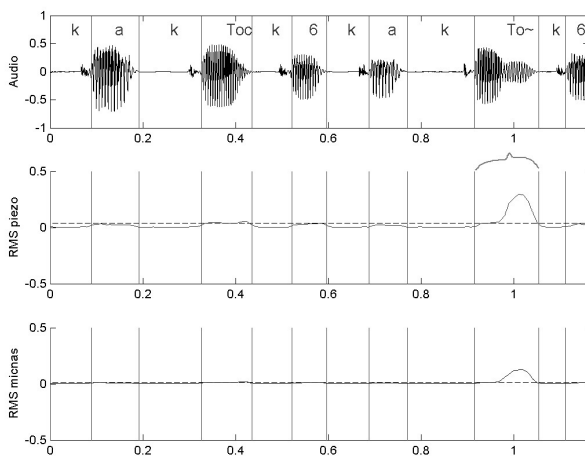
Fonte: Autores

Figura 6: Fluxo aéreo nasal (Tipo 1) para o logatoma [kõ'kakɐ]



Fonte: Autores

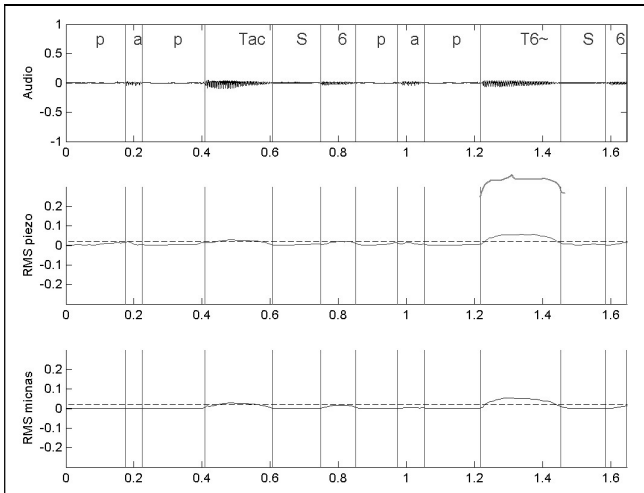
Tipo 2: a vogal é iniciada sem nenhuma curva aparente de fluxo aéreo nasal, no meio dela a curva de fluxo aéreo aparece e sobe rapidamente até atingir o máximo, quando desce bruscamente até chegar a zero. Esse padrão mostra a presença do momento oral e do momento do murmúrio nasal. Este último momento é identificado pela perda de energia acústica exibida na forma de onda correspondente ao momento final dessa vogal (Figura 7).

Figura 7: Fluxo aéreo nasal (Tipo 2) para o logatoma [ka'kõkɐ].

Fonte: Autores

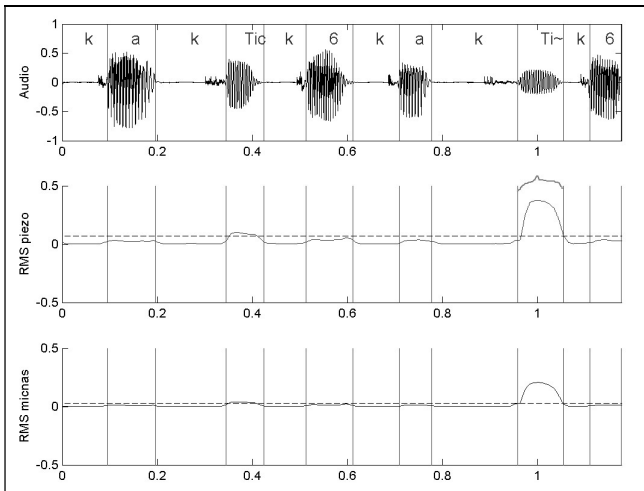
Tipo 3: a vogal inicia simultaneamente ao fluxo aéreo nasal que vai aumentando até atingir um ponto máximo que pode ser ou não muito elevado e vai caindo até chegar a zero no final da vogal nasal. Nesse caso, consideramos presentes o momento nasal e o murmúrio nasal. Exemplos desse tipo de padrão podem ser vistos nas Figuras 8 e 9.

Figura 8: Fluxo aéreo nasal (Tipo 3) para o logatoma [pa'pẽʒe] com ponto máximo não muito elevado.



Fonte: Autores

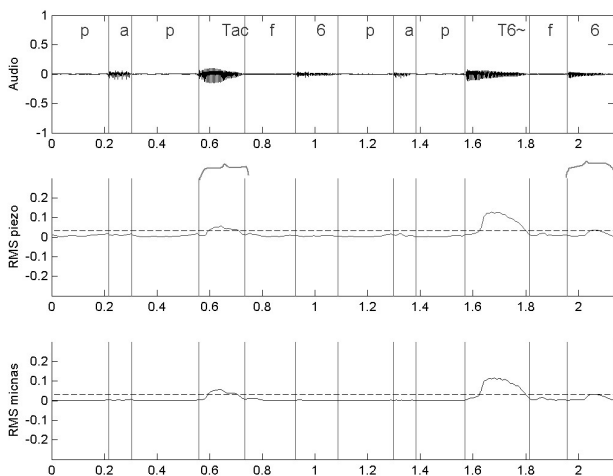
Figura 9: Fluxo aéreo nasal (Tipo 3) para o logatoma [ka'kĩkẽ] com ponto máximo bastante elevado.



Fonte: Autores

Uma observação interessante a ser feita sobre os padrões apresentados é que as produções com o padrão Tipo 2 têm a curva de nasalidade quase sempre referente apenas ao murmúrio nasal. Outra observação refere-se ao padrão Tipo 1 que tem maior frequência junto às vogais de sílabas não acentuadas. Notamos ainda que não foram somente vogais nasais que apresentaram a curva de fluxo aéreo nasal acima da linha do zero. Nesses casos, essa curva é mais evidente para as vogais orais baixas, principalmente para a átona final de palavra, como se pode notar na Figura 10, a seguir.

Figura 10: Fluxo aéreo nasal para os logatomas [pa 'pa fɛ pa 'pɛ fɛ].



Fonte: Autores

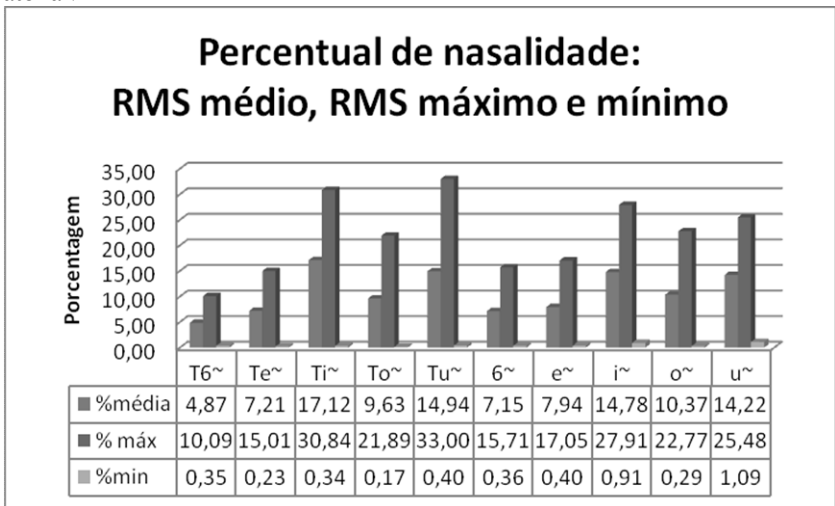
Amelot (2004) já fazia referência à literatura que tratava sobre a possibilidade de as vogais baixas serem pronunciadas com o véu do palato mais baixo do que para as vogais altas, porém a autora não encontrou em seus dados casos de vogais baixas com a presença de fluxo aéreo nasal como a que encontramos nos dados aqui analisados.

4.2 Percentual de nasalidade

Com respeito aos dados provenientes do acelerador pizeoelétrico, apresentado nos histogramas da Figura 11, observamos que as vogais nasais no falar florianopolitano apresentam um percentual de nasalidade

bastante inferior aos encontrados para o francês por Brkan, Amelot; Pillot-Loiseau (2012) – conforme mostrado na Tabela 2. Se considerarmos os valores médios, o percentual de nasalidade varia de 4,87%, relativos a vogal [ẽ̃], a 17,12%, referente à vogal [ĩ̃]. Pela Tabela 2, vemos que para as vogais do francês o percentual médio de nasalidade varia de 33% para a vogal [ẽ̃] a 45% para a vogal [õ̃]. Quanto ao máximo percentual de nasalidade, as vogais aqui investigadas chegam a 33%.

Figura 11: Percentual de nasalidade com base na média em porcentagem de RMS durante a produção das vogais nasais em posição tônica e átona⁷.



Fonte: Autores

Tabela 2: Percentual de nasalidade com base na média em porcentagem de RMS durante a produção das vogais nasais do francês

Vogais	[ã̃]	[ẽ̃]	[õ̃]
Percentual de nasalidade	39	33	45

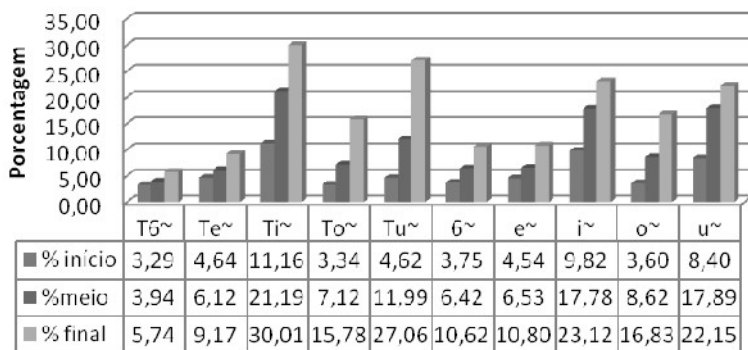
Fonte: Brkan; Amelot; Pillot-Loiseau (2012)

⁷ São tônicas: T6~, Te~, Ti~, To~, Tu~. São átonas: 6~, e~, i~, o~, u~.

Se olharmos agora os percentuais de nasalidade no início, no meio e no final dos sons nasais-alvo, vemos que nossas diferenças com o francês continuam bastante evidentes. Da mesma forma que o francês, é no final da vogal que temos um maior percentual de nasalidade, mas esse percentual no final da vogal nasal para os florianopolitanos alcança no máximo 30% (Figura 12), enquanto, no francês, pode chegar a 55% (Tabela 3) em relação à referência.

Figura 12: Percentual de nasalidade com base na média em porcentagem do RMS durante a produção das vogais no início, meio e final para os sujeitos aqui analisados.

Percentual de nasalidade : início, meio e final da vogal nasal



Fonte: Autores

Tabela 3: Percentual de nasalidade com base na média de RMS durante a produção das vogais [ã], [ɛ], [õ], no início, meio e final para cinco locutores franceses nativos

Vogais	[ã]	[ɛ]	[õ]
Início	35	31	46
Meio	45	37	56
Final	48	37	55

Fonte: Brkan; Amelot; Pillot-Loiseau (2012)

As diferenças ainda são mais marcantes, pois, apesar de termos, como no francês, um percentual de nasalidade mais elevado no final e menos elevado no início das vogais nasais, o aumento da nasalidade entre o início e o meio da vogal, para o francês, é maior do que o aumento do meio para o final da vogal (Tabela 3). Já nos dados dos florianopolitanos (Figura 12), o aumento do percentual de nasalidade é maior do meio para o final, à exceção das vogais altas em posição átona que apresentam um maior aumento da nasalidade do início para o meio da vogal.

Finalmente, fizemos uma inspeção nas curvas RMS apresentadas pelo acelerador piezoelétrico e pelo microfone nasal e verificamos que o momento oral, denominada por Montagu (2007) de *Nasal Onset Time* (NOT), em contexto de plosivas não vozeadas (o contexto de nossos dados) apresentou um NOT sistematicamente maior (maior atraso) para a plosiva velar não vozeada, tendo a plosiva alveolar o menor NOT (menor atraso). A plosiva labial apresentou atrasos bastante variados, desde nenhum atraso chegando até o meio da vogal. Como não temos consoantes vozeadas no contexto à esquerda da vogal, não podemos verificar as diferenças apontadas em Montagu (2007) entre consoantes vozeadas e não vozeadas. Notamos, todavia, que os dados referentes à consoante velar [k] diferem dos apresentados por essa autora, uma vez que a consoante que apresentou as maiores medidas de NOT foi a velar, contrariamente ao observado para o francês.

Na próxima seção, retomaremos as questões de pesquisas que serão então respondidas.

5 Considerações finais: mais um passo adiante nas análises aerodinâmicas

Retomemos então as questões desta pesquisa para respondê-las:

1. Que padrões de curvas de fluxo aéreo nasal, captadas pelo acelerador piezoelétrico e pelo microfone nasal, serão encontrados para as vogais nasais do PB falado em Florianópolis?

A partir dos dados do acelerador piezo-elétrico e do microfone nasal, pudemos observar três tipos de padrões de curvas de fluxo aéreo nasal. A observação dessas curvas indica padrões mais gerais: (i) dois com maior amplitude da curva no final da vogal nasal e são aqueles que iniciam com atraso do fluxo aéreo nasal e (ii) um outro com maior amplitude em uma região medial da vogal nasal.

2. Com relação aos momentos que compõem as vogais nasais (SOUSA, 1994; SEARA, 2000), o que podemos dizer?

Os três tipos de curvas de fluxo aéreo nasal ratificam a observação da composição das vogais nasais, considerando-se: o momento oral, momento nasal e o murmúrio nasal. As vogais classificadas como Tipo 1 evidenciam a presença do momento oral, do momento nasal e do murmúrio nasal. As vogais tidas como Tipo 2 ratificam a presença do momento oral e do momento do murmúrio nasal e as vistas como Tipo 3 consideram-se presentes o momento nasal e o murmúrio nasal.

3. Considerando-se os percentuais de nasalidade medidos a partir do acelerador piezoelétrico e do microfone nasal, quais serão os comportamentos observados?

As vogais nasais produzidas pelos florianopolitanos têm um percentual máximo de nasalidade que chega a 33%, e seus valores médios variam de 4,87%, relativos a vogal [ê], a 17,12%, referentes à vogal [ĩ]. Para as vogais do francês, o percentual médio de nasalidade varia de 33%, para a vogal [ê], a 45%, para a vogal [õ]. Os percentuais de nasalidade no início, no meio e no final dos sons nasais mostram que é no final que se tem um maior percentual de nasalidade, alcançando, para as vogais produzidas pelos florianopolitanos, no máximo 30%. No francês, esse percentual pode chegar a 55% em relação à referência. O aumento do percentual de nasalidade para os florianopolitanos é maior do meio para o final, à exceção das vogais altas em posição átona; já no francês, é do início para o meio da vogal.

4. As curvas de fluxo aéreo nasal, provenientes do acelerador piezoelétrico e do microfone nasal, apresentariam diferenças em função da qualidade vocálica?

Este estudo ainda preliminar mostra uma tendência de certas vogais como as altas apresentarem um comportamento diferente das demais tanto em relação aos padrões de curvas quanto ao percentual de nasalidade.

Os resultados aqui apresentados mostraram o quanto fica menos complexa a observação da nasalidade apoiada em experimentos aerodinâmicos. Conseguimos ratificar nossas inferências acústicas e dizer muito mais sobre os dados avaliados sob o viés aerodinâmico.

REFERÊNCIAS

- AMELOT, A. *Étude aérodynamique, fibroscopique, acoustique et perceptives des voyelles nasales du français*. 2004. Tese (Doutorado) - Université Paris III - Sorbonne Nouvelle. Paris, 2004.
- BASSET, P. AMELOT, Angélique; VAISSIÈRE, Jacqueline; ROUBEAU, B. Nasal airflow in French Spontaneous Speech. *Journal of the International Phonetic Association* 31, 1 (2001) 87-100
- BRKAN, A.; AMELOT, A.; PILLOT-LOISEAU, C. Utilisation d'un accéléromètre piézoélectrique pour l'étude de la nasalité du Français Langue Etrangère . *Actes de la conférence conjointe JEP-TALN-RECITAL*, vol.1 : JEP, Grenoble. Juin, 2012. p.689-696.
- CAGLIARI, L. C. An experimental study of nasality with particular reference to Brazilian Portuguese. 320 p. *Thèse de Doctorat*. University of Edinburgh, Edinburgo, 1977.
- CASERO, K. B. ; BRUM-DE-PAULA, Mirian Rose ; FERREIRA-GONÇALVES, Giovana . A consoante lateral palatal: análise acústica e articulatória à luz da Fonologia Gestual. *Revista Virtual de Estudos da Linguagem*, v. 14, p. 79-114, 2016.
- CORREA, B. T. ; FERREIRA-GONÇALVES, Giovana ; BRUM-DE-PAULA, Mirian Rose . Aquisição das vogais nasais francesas [ẽ], [ã] e [õ] por aprendizes brasileiros: aspectos articulatórios. *Ilha do Desterro* (UFSC), v. 3, p. 131-149, 2017.
- FUJIMURA, O. (1960). Spectra of nasalized vowels. Res. Lab. Electron. Q. Prog. Rep. No 62, MIT- 214-218 (july 15).
- JOHNSON, K. (1997) .Acoustic and Auditory Phonetics. Cambridge: Blackwel.
- LACERDA, A. e STREVENS, P.D. (1956) Some phonetic observations using a speech-stretcher. *Revista do laboratório de Fonética Experimental* 3, pp. 5-16
- LOVATTO, L.; AMELOT, A.; CREVIER-BUCHMAN, L.; BASSET, P; VAISSIERE, J. A Fiberscopic analysis of nasal vowels in Brazilian Portuguese . *ICPhS XVI*, ago., 2007.
- 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, maio 2008.

- MACHADO, M. M. Étude Articulaire et Acoustique des Voyelles Nasales du Portugais de Rio de Janeiro: analyses radiocinématographique, sonographique et oscillographique. *Tese* (Doctorat). Université de Strasbourg, Strasbourg. 1981.
- MAEDA, S. (1993) Acoustic of vowel nasalization and articulatory shifts in French nasal vowels. In HUFFMAN e KRAKOW (eds) *Nasals, Nasalization, and the Velum*. São Diego: Academic Press, pp. 147-167
- MEDEIROS, Beatriz Raposo. Vogais nasais do português brasileiro: reflexões preliminares de uma revisita. *Revista Letras*, 74, 2007.
- MEDEIROS, Beatriz Raposo e DEMOLIN, Didier. Vogais nasais do português brasileiro: um estudo de IRM. *Revista da ABRALIN*, v.5, n. 1 e 2, 2008.
- MEDEIROS, B. R. ; D'IMPERIO, M.; ESPESSER, R. La voyelle nasale en Portugais Brésilien et son appendice nasal : étude acoustique et aérodynamique. Journées d'Etude sur la Parole, 2008, Avignon. *Actes des XXVIIes Journées d'Etude sur la Parole*. Avignon : Editions Universitaires d'Avignon, 2008. p. 285-288.
- MONTAGU, J. Étude acoustique et perceptive des voyelles nasales et nasalisées du français parisien. *Tese*, Université Paris 3 - Sorbonne-Nouvelle, 2007.
- MENDONÇA, Clara Simone Ignácio de. A nasalidade vocálica do português brasileiro: contribuições de uma análise acústica e aerodinâmica da fala. 2017. *Tese* (Doutorado em Linguística) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- MORAES, J. A. e WETZELS, L. Vowel nasalization in Brazilian Portuguese: an articulatory investigation. *EUROSPEECH '97*, 2, 1997, Rhodes. *Proceedings of Rhodes: European Speech Communication Association (ESCA)*, 1997. p. 733-736.
- MORAES, J. A. Produção e percepção das vogais nasais. In: ABAURRE, Maria Bernadete. *Gramática do Português culto falado no Brasil: a construção fonológica da palavra*. v.VII, São Paulo:Contexto, 2013, p.95-112.
- OLIVEIRA, C. e TEIXEIRA, A. On gestures timing in european portuguese nasals. XVI International Congress of Phonetic Sciences. *Proceedings of ICPhS XVI*, Saarsbrücken, p. 405-408, 2007.
- SEARA, I. C. *Estudo acústico-perceptual da nasalidade das vogais do português brasileiro*. 2000. 288 f. *Tese* (Doutorado em Linguística) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- SOLÊ, M.J ; SPROUSE, R. Voice-initiating gestures in spanish: prenasalization. XVII International Congress of Phonetic Sciences. *Proceedings of ICPhS XVII*, Hong Kong, agosto, 2011. p.72-75.

- SOUSA, E.M.G. Para a caracterização fonético-acústica da nasalidade no português do Brasil. *Dissertação*. Unicamp, Campinas, 1994.
- VAISSIÈRE, J., HONDA, K., AMELOT, A., MAEDA, S., CREVIER-
BUCHMAN, L., Multisensor platform for speech physiology research in a
phonetics laboratory, (2010), *The Journal of the Phonetic Society of Japan*, 65-
78 (halshs-00676165, v1)
- VIEIRA, Michele Gindri. Estudo acústico e aerodinâmico das consoantes
nasais do português brasileiro: variedade de Florianópolis. 2017. *Tese*
(Doutorado em Linguística) - Universidade Federal de Santa Catarina.

Anexo 1

[a] nasal tônico	duração_ms	%média	% máx	%min	% início	%meio	% final
Média	121,21	4,87	10,09	0,35	3,29	3,94	5,74
DP	14,92	0,87	3,48	0,27	0,31	0,70	1,41
[a] nasal átono							
Média	120,03	7,15	15,71	0,36	3,75	6,42	10,62
DP	25,61	1,19	4,82	0,24	0,59	2,80	2,47
[a] oral tônico							
Média	117,31	2,23	3,58	1,20	2,41	2,09	2,14
DP	14,71	0,26	0,87	0,35	0,28	0,38	0,44
[a] oral átono							
Média	98,69	2,59	4,30	0,65	2,84	2,70	2,91
DP	8,21	1,69	3,41	0,27	0,71	1,61	2,89
[e] nasal tônico							
Média	121,65	7,21	15,01	0,23	4,64	6,12	9,17
DP	13,58	1,58	5,52	0,11	0,42	0,75	1,79
[e] nasal átono							
Média	114,00	7,94	17,05	0,40	4,54	6,53	10,80
DP	21,78	3,11	7,22	0,26	0,49	2,80	7,09
[e] oral tônico							
Média	110,33	4,94	6,22	1,16	5,58	5,81	5,68
DP	16,00	0,62	0,49	1,09	0,54	0,52	0,41
[e] oral átono							
Média	81,43	3,07	4,43	1,18	3,39	4,19	3,92
DP	5,28	0,35	0,32	0,48	0,32	0,36	0,39
[i] nasal tônico							
Média	107,04	17,12	30,84	0,34	11,16	21,19	30,01
DP	17,85	6,37	11,32	0,28	6,04	13,02	11,11

Considerações sobre a aerodinâmica das vogais nasais do português brasileiro:
a variedade florianopolitana | 39

[i] nasal átono							
Média	106,42	14,78	27,91	0,91	9,82	17,78	23,12
DP	24,20	4,15	5,25	1,16	8,18	10,39	8,18
[i] oral tônico							
Média	91,00	7,49	10,24	1,46	8,93	9,83	9,26
DP	11,51	1,04	1,16	1,04	0,92	1,43	1,30
[i] oral átono							
Média	63,08	4,07	5,73	1,12	4,45	5,43	5,20
DP	12,45	0,61	1,01	0,72	1,30	0,88	1,18
[o] nasal tônico							
Média	125,42	9,63	21,89	0,17	3,34	7,12	15,78
DP	12,03	2,33	5,78	0,04	0,92	4,47	7,30
[o] nasal átono							
Média	137,50	10,37	22,77	0,29	3,60	8,62	16,83
DP	11,40	3,19	5,71	0,17	0,83	6,93	9,33
[o] oral tônico							
Média	109,06	3,27	4,57	1,14	3,52	3,61	3,53
DP	12,52	0,52	1,23	0,57	0,51	0,61	0,66
[o] oral átono							
Média	89,38	2,78	4,04	1,04	2,86	3,52	3,41
DP	8,28	0,55	0,90	0,43	0,75	0,77	1,16
[u] nasal tônico							
Média	117,83	14,94	33,00	0,40	4,62	11,99	27,06
DP	16,56	2,70	4,53	0,31	1,02	5,20	9,16
[u] nasal átono							
Média	105,04	14,22	25,48	1,09	8,40	17,89	22,15
DP	34,10	5,14	6,92	1,78	5,17	10,27	8,07
[u] oral tônico							
Média	91,16	4,06	5,89	0,68	4,71	4,76	4,57
DP	17,59	0,56	0,94	0,56	0,72	0,45	0,58

[u] oral átono							
Média	59,92	2,81	4,18	0,73	2,58	3,29	3,80
DP	16,73	0,85	1,24	0,29	1,14	1,34	0,94

Recebido em: 12/12/2018

Aceito em: 06/01/2019