

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO  
DEPARTAMENTO DE LÍNGUA E LITERATURA VERNÁCULAS  
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM LINGÜÍSTICA

*ESTUDO ACÚSTICO-PERCEPTUAL DA  
NASALIDADE DAS VOGAIS DO  
PORTUGUÊS BRASILEIRO*

TESE SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA  
CATARINA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM  
LINGÜÍSTICA

Izabel Christine Seara

ORIENTADOR(ES):

Prof. Dr. Paulino Vandresen

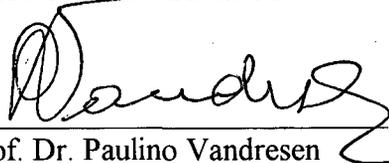
Prof. Dr. Giles L. Istre (*in memoriam*)

Florianópolis, março de 2000.

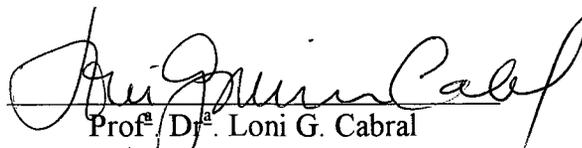
# ***Estudo Acústico-Perceptual da Nasalidade das Vogais do Português Brasileiro***

**Izabel Christine Seara**

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de Doutor em Linguística e aprovada em sua forma final pelo Curso de Pós-graduação em Linguística da Universidade Federal de Santa Catarina

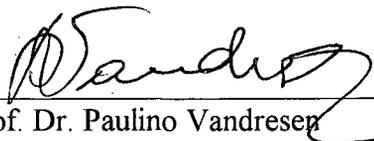


Prof. Dr. Paulino Vandresen  
Orientador

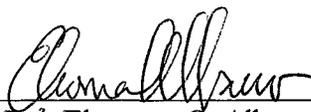


Prof.ª Dr.ª Loni G. Cabral  
Coordenadora do Curso de Pós-graduação em Linguística

**Banca Examinadora:**



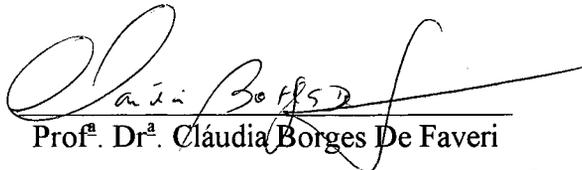
Prof. Dr. Paulino Vandresen



Prof.ª Dr.ª Eleonora C. Albano



Prof.ª Dr.ª Mirian da Matta Machado



Prof.ª Dr.ª Cláudia Borges De Faveri



Prof. Dr. Ronaldo Lima

Florianópolis, março de 2000

*Gostaria de expressar um agradecimento especial ao Prof. Giles L. Istre, que primeiro acreditou em minha capacidade científica para empreender uma tarefa como a da pesquisa acústica, tarefa que envolve não somente a compreensão de fenômenos lingüísticos, mas também acústico-perceptuais e apóia grande parte de seus resultados na interpretação de parâmetros estatísticos. Áreas nas quais ele era um grande estudioso.*

*Esse agradecimento é póstumo, mas espero tê-lo agradecido em vida com minha amizade e trabalho.*

*E que hoje, mais do que ontem, Deus esteja ao seu lado, protegendo-o.*

*Obrigada, Prof. Giles*

*Repito estes agradecimentos que já constaram de minha Dissertação  
de Mestrado*

*Aos meus filhos:*

*Ana Carolina, que, no decorrer deste trabalho, não só suportou com  
paciência meus momentos de angústia e alegria, mas, já crescida,  
encorajou-me a seguir em frente mesmo quando tudo parecia perdido;*

*Rui Júnior, pelo suporte e apoio computacional que continuou me  
prestando, resolvendo todos os problemas concernentes à sua área de  
trabalho – a informática.*

*Ao meu marido, pela continuada confiança, apoio e incentivo, não me  
deixando perecer diante dos problemas que pareciam insolúveis.*

---

# AGRADECIMENTOS

---

Ao Prof. Paulino Vandresen, que tendo aceitado orientar-me, quase ao final do tempo disponível para a elaboração desta tese, tornou possível a conclusão deste trabalho.

À Banca Examinadora, pelas correções e sugestões que contribuíram para o aprimoramento do presente trabalho.

Aos colegas de Laboratório que comigo vivenciaram a elaboração desta pesquisa e às horas agradáveis nos Cafés, locais onde se podia relaxar a tensão, esquecendo-se um pouco do trabalho árduo que se teria pela frente.

Às amigas, Simone e Sandra, pela oportunidade de com elas trabalhar e aprender com suas pesquisas. As discussões acerca de nossas pesquisas me fizeram refletir sobre a Fonética Acústica por diferentes temas (o meu e os delas).

À Suzana Rocha, pelo apoio logístico na Secretaria de Pós-Graduação, ajudando-me a resolver os problemas burocráticos para o bom encaminhamento desta Tese e do curso de Doutorado.

À Prof.<sup>a</sup> Régine Kolinsky, pelo empenho em me ajudar a resolver os problemas concernentes às análises estatísticas.

Ao Prof. Apóstolo Nicolacópulos, pelo incentivo e confiança em minha dedicação à área acadêmica.

---

# ÍNDICE

---

Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xiv
Resumo	xviii
Abstract	xix
Introdução	1
<b>1. Teoria Acústica acerca da Nasalidade de Vogais</b>	<b>5</b>
1.1 Introdução	5
1.2 Modelo Fonte-Filtro	6
1.3 Função de Transferência Representando o Trato Vocal	7
1.4 Diferenças Espectrais entre Nasais e Não-Nasais	8
1.5 Revisão de Literatura sobre a Nasalidade Vocálica	12
1.5.1 Discussão acerca do Status Fonológico da Vogal Nasal Do Português Brasileiro	12
1.5.2 Estudos Acústicos sobre Nasalidade Vocálica em PB e em Outras Línguas	20
1.5.3 Segmentos Tônicos <i>versus</i> Não-Tônicos	33
<b>2. Metodologia para a Análise Acústica e Perceptual</b>	<b>35</b>
2.1 Introdução	35
2.2 Constituição do <i>Corpus</i> e Informantes	36
2.2.1 Amostra de Fala	37
2.3 Gravações e Análises	38
2.4 <i>Corpus</i> para a Análise da Nasalidade da Vogais	41
2.4.1 Contexto Tônico	41
2.4.2 Contexto Átono Pré-tônico	41
2.5 <i>Corpus</i> para a Análise das Consoantes [m, n, ɲ]	42
2.5.1 Contexto Tônico	42
2.5.2 Contexto Átono Pós-Tônico	42
2.6 Testes Perceptuais	42
2.7 Análise Estatística para Validação dos Resultados	44
2.7.1 Introdução	44
2.7.2 Média e Mediana	45
2.7.3 Desvio Padrão	46

2.7.4. Coeficiente de Variação	47
2.7.5. Coeficiente de Correlação	47
2.7.6. Testes de significância	49
<b>3. A Nasalidade das Vogais do Português Brasileiro</b>	<b>51</b>
3.1 Introdução	51
3.2 Formantes Vocálicos	54
3.3 Vogal Baixa Central	58
3.3.1 Representação Alofônica de /ã/	58
3.3.2 Análise Acústica da Vogal Baixa Central	60
3.3.3 Tabelas Referentes à Vogal [a]	70
3.4 Vogal Média Anterior	74
3.4.1 Tabelas Referentes à Vogal [e]	80
3.5 Vogal Alta Anterior	84
3.5.1 Tabelas Referentes à Vogal [i]	91
3.6 Vogal Média Posterior	95
3.6.1 Tabelas Referentes à Vogal [o]	102
3.7 Vogal Alta Posterior	106
3.7.1 Tabelas Referentes à Vogal [u]	112
3.8 Duração dos Segmentos Vocálicos	116
3.9 Análise Qualitativa dos Anti-Formantes das Vogais Nasais	126
3.10 Murmúrio Vocálico	129
3.11 Frequência Fundamental	134
3.12 Considerações Finais	138
<b>4. As Consoantes Nasais do Português Brasileiro</b>	<b>147</b>
4.1 Introdução	147
4.2 Caracterização Acústica das Consoantes [m] e [n]	149
4.3 Análise Acústica dos Segmentos [m] e [n]	153
4.3.1 Formantes Nasais	153
4.3.2 Amplitude relativa dos Formantes Nasais	157
4.3.3 Largura-de-banda dos Formantes Nasais	158
4.3.4 Variação entre Diferentes Contextos Vocálicos	159
4.3.5. Variação Inter-Falantes	160
4.3.6 Duração dos Segmentos [m] e [n]	161
4.4 Sínteses e Testes de Escuta	163
4.5 Discussão dos Resultados	165
4.6 Considerações acerca de [m] [n]	167
4.7 Caracterização Acústica da Consoante Nasal [ɲ]	168
<b>5. Análise Perceptual da Nasalidade das Vogais</b>	<b>175</b>
5.1 Introdução	175
5.2 Vogais Nasais <i>versus</i> Orais	176
5.3 Testes Perceptuais	178
5.3.1 Vogal Baixa Central	179

5.3.1.1 Resultados dos Testes de Escuta	180
5.3.2 Vogal Média Anterior	180
5.3.2.1 Resultados dos Testes de Escuta	181
5.3.3 Vogal Alta Anterior	182
5.3.3.1 Resultados dos Testes de Escuta	183
5.3.4 Vogal Média Posterior	183
5.3.4.1 Resultados dos Testes de Escuta	184
5.3.5 Vogal Alta Posterior	185
5.3.5.1 Resultados dos Testes de Escuta	185
5.4 Discussão dos Resultados	186
Conclusões	189
Referências Bibliográficas	192
Anexo 1 – Vogal [a]	201
Anexo 2 – Vogal [e]	214
Anexo 3 – Vogal [i]	227
Anexo 4 – Vogal [o]	240
Anexo 5 – Vogal [u]	253
Anexo 6 – Duração das Vogais Orais e Nasais	266
Anexo 7 – Duração do Silêncio das Oclusivas	269

---

## LISTA DE FIGURAS

---

- Figura 1.1** Análise espectral da vogal nasal [ẽ]: espectros obtidos via FFT (linha cheia) e via análise LPC (linha pontilhada). As setas mostram o descasamento entre as duas análises, dando indicação de prováveis regiões de anti-formantes. 11
- Figura 1.2** Espectros da vogal [a]: nasal (linha contínua); não-nasal (linha tracejada). 23
- Figura 1.3** Espectros da vogal [u] nasal (linha contínua); não-nasal (linha tracejada). 24
- Figura 1.4** Análises espectrográficas da vogal /i/ oral e nasal do português brasileiro. 30
- Figura 3.1.** Espaço acústico vocálico das frequências médias de F1 e F2 das vogais baixas nasal, oral tônicas e átonas em nosso estudo; vogal baixa nasal [ẽ] apresentada em SOUSA (1994) e em CAGLIARI (1977); e vogal baixa [ɜ] apresentada no estudo de PETERSON & BARNEY (1967). 59
- Figura 3.2.** Vogal central oral e nasal em contexto tônico. Os Quadros A e B mostram a forma-de-onda de [a] e [ẽ], respectivamente. Os Quadros C e D mostram espectrogramas de banda larga das referidas vogais. O Quadro E apresenta o espectro vocálico da contra-parte oral e os Quadros F, G, H mostram o espectro (FFT) das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio. 61
- Figura 3.3** Resposta em frequência das vogais oral [a] (linha tracejada) e da nasal [ẽ] (linha cheia) em contexto tônico, com seus respectivos formantes orais (Fi), formantes orais “deslocados” (F'i) e formantes nasais (FNi) (Obtidos via análise LPC). 62
- Figura 3.4.** Vogal central oral e nasal em contexto átono. Os Quadros A e B mostram a forma-de-onda das vogais [a] e [ẽ], respectivamente. Os Quadros C e D mostram espectrogramas de banda larga das referidas vogais. O Quadro E apresenta o espectro FFT da contra-parte oral e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio. 63
- Figura 3.5** Resposta em frequência das vogais oral [a] (linha tracejada) e da nasal [ẽ] (linha cheia) em contexto átono, com seus respectivos formantes orais (Fi), formantes orais “deslocados” (F'i) e formantes nasais (FNi) (Obtidos via análise LPC). 64

- Figura 3.6** Amplitude relativa média dos formantes orais e nasais das vogais [a] e [ã] em contexto tônico e átono. 66
- Figura 3.7** Médias gerais das frequências dos formantes F1 e F2, convertidos em escala MEL, da vogal central baixa oral e nasal em contexto tônico e átono do português falado em Florianópolis 67
- Figura 3.8** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 de cada informante, convertidos em escala MEL, da vogal baixa nasal em contexto tônico diante das consoantes [p, t, k]. 68
- Figura 3.9** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 de cada informante (em escala MEL), da vogal central baixa nasal em contexto átono diante das consoantes [p, t, k]. 69
- Figura 3.10.** Vogal média anterior oral e nasal em contexto tônico. Os Quadros A e B, a forma-de-onda das vogais [e] e [ẽ], respectivamente. Os Quadros C e D mostram espectrogramas de banda larga das referidas vogais. O Quadro E apresenta o espectro FFT da contra-parte oral e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio. 74
- Figura 3.11.** Vogal média anterior oral e nasal em contexto átono. Os Quadros A e B, a forma-de-onda das vogais [e] e [ẽ], respectivamente. Os Quadros C e D mostram espectrogramas de banda larga das referidas vogais. O Quadro E apresenta o espectro FFT da contra-parte oral e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio. 75
- Figura 3.12** Resposta em frequência das vogais oral [e] (linha tracejada) e nasal [ẽ] (linha cheia) em contexto tônico com seus respectivos formantes orais (Fi), formantes orais “deslocados” (F'i) e formantes nasais (FNi) (obtidos via análise LPC). 76
- Figura 3.13** Amplitude relativa média dos formantes orais e nasais da vogal média anterior em contexto tônico e átono. 77
- Figura 3.14** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) da vogal média anterior oral e nasal em contexto tônico e átono do português falado em Florianópolis 78
- Figura 3.15** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) de cada informante da vogal nasal anterior média em contexto tônico diante de [p], [t] e [k] 79
- Figura 3.16** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) de cada informante da vogal média anterior nasal em contexto átono diante de [p], [t] e [k] 80
- Figura 3.17.** Vogal alta anterior oral e nasal em contexto tônico. Os Quadros A e B apresentam a forma-de-onda dessas vogais. Os Quadros C e D mostram seus respectivos espectrogramas de banda larga. O Quadro E apresenta o espectro FFT da contra-parte oral e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio. 84
- Figura 3.18** Resposta em frequência das vogais oral [i] (linha tracejada) e nasal [ĩ] (linha cheia) em contexto tônico com seus respectivos formantes orais (Fi), formantes orais “deslocados” (F'i) e formantes nasais (FNi) (obtidos via análise LPC). 85

- Figura 3.19.** Vogal alta anterior oral e nasal em contexto átono. Os Quadros A e B apresentam a forma-de-onda dessas vogais. Os Quadros C e D mostram seus respectivos espectrogramas de banda larga. O Quadro E apresenta o espectro FFT da contra-parte oral e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio. 86
- Figura 3.20** Amplitude relativa média dos formantes orais da vogal alta anterior em contexto tônico e átono. 87
- Figura 3.21** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) da vogal alta anterior oral e nasal em contexto tônico e átono do português falado em Florianópolis 89
- Figura 3.22** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) das vogais nasais anteriores média e alta em contexto tônico diante de [p], [t] e [k] 90
- Figura 3.23** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) das vogais nasais anteriores média e alta em contexto átono diante de [p], [t] e [k] 90
- Figura 3.24.** Vogal média posterior oral e nasal em contexto tônico. Os Quadros A e B, a forma-de-onda dessas vogais. Os Quadros C e D mostram seus respectivos espectrogramas de banda larga. O Quadro E apresenta o espectro FFT da vogal contra-parte oral e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio. 95
- Figura 3.25** Resposta em frequência das vogais oral [o] (linha tracejada) e nasal [õ] (linha cheia) em contexto tônico com seus respectivos formantes orais (Fi), formantes orais “deslocados” (F'i) e formantes nasais (FNi) (obtidos via análise LPC). 96
- Figura 3.26.** Vogal média posterior oral e nasal em contexto átono. Os Quadros A e B, a forma-de-onda dessas vogais. Os Quadros C e D mostram seus respectivos espectrogramas de banda larga. O Quadro E apresenta o espectro FFT da vogal contra-parte oral e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio. 97
- Figura 3.27** Espectrograma da vogal nasal [õ], na qual se observa a extraordinária área vazia entre os *clusters* de ressonâncias: FN1-F'1-F'2 e FN2-F'3-Z2. 98
- Figura 3.28** Amplitude relativa média dos formantes orais da vogal média posterior em contexto tônico e átono. 99
- Figura 3.29** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) da vogal média posterior oral e nasal em contexto tônico e átono do português falado em Florianópolis. 100
- Figura 3.30** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL), de cada informante, da vogal nasal média posterior em contexto tônico diante de [p], [t] e [k] 101
- Figura 3.31** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 de cada informante (em escala MEL) da vogal nasal média posterior em contexto átono diante de [p], [t] e [k] 102
- Figura 3.32.** Vogal alta posterior oral e nasal em contexto tônico. Os Quadros A e B, a forma-de-onda dessas vogais. Os Quadros C e D mostram seus respectivos espectrogramas de banda larga. O Quadro E apresenta o espectro FFT da vogal contra-parte oral. e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio. 106

<b>Figura 3.33</b> Resposta em frequência das vogais oral [u] (linha tracejada) e nasal [ũ] (linha cheia) em contexto tônico com seus respectivos formantes orais (Fi), formantes orais “deslocados” (F'i) e formantes nasais (FNi) (obtidos via análise LPC).	107
<b>Figura 3.34</b> Vogal alta posterior oral e nasal em contexto átono. Os Quadros A e B, a forma-de-onda dessas vogais. Os Quadros C e D mostram seus respectivos espectrogramas de banda larga. O Quadro E apresenta o espectro FFT da vogal contra-parte oral, e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio.	108
<b>Figura 3.35</b> Amplitude relativa média dos formantes orais da vogal alta posterior em contexto tônico e átono.	109
<b>Figura 3.36</b> Média geral das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) da vogal alta posterior oral e nasal em contexto tônico e átono do português falado em Florianópolis.	110
<b>Figura 3.37</b> Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) de cada informante das vogais nasais posteriores média e alta em contexto tônico diante de [p], [t] e [k].	111
<b>Figura 3.38</b> Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) de cada informante das vogais nasais posteriores média e alta em contexto átono diante de [p], [t] e [k].	111
<b>Figura 3.39</b> Fases componentes das vogais nasais [ẽ] e [ĩ].	116
<b>Figura 3.40</b> Histograma das regiões de frequência de anti-formantes observadas na vogal nasal [ẽ].	126
<b>Figura 3.41</b> Histograma das regiões de frequência de anti-formantes observadas na vogal nasal [ẽ].	127
<b>Figura 3.42</b> Histograma das regiões de frequência de anti-formantes observadas na vogal nasal [ĩ].	127
<b>Figura 3.43</b> Histograma das regiões de frequência de anti-formantes observadas na vogal nasal [õ].	128
<b>Figura 3.44</b> Histograma das regiões de frequência de anti-formantes observadas na vogal nasal [ũ].	128
<b>Figura 3.45</b> Relação entre as médias gerais de F0 das vogais orais e nasais em contexto tônico e átono	134
<b>Figura 3.46</b> Relação entre as médias de F0 por informante referentes à vogal [a] oral e nasal em contexto tônico e átono.	135
<b>Figura 3.47</b> Relação entre as médias de F0 por informante referentes à vogal [e] oral e nasal em contexto tônico e átono.	136
<b>Figura 3.48</b> Relação entre as médias de F0 por informante referentes à vogal [i] oral e nasal em contexto tônico e átono.	136
<b>Figura 3.49</b> Relação entre as médias de F0 por informante referentes à vogal [o] oral e nasal em contexto tônico e átono.	137
<b>Figura 3.50</b> Relação entre as médias de F0 por informante referentes à vogal [u] oral e nasal em contexto tônico e átono.	137
<b>Figura 3.51</b> Espaço bidimensional definido pelas médias gerais de F1 x F2 expressos em escala MEL das vogais orais (linha grossa) e nasais (linha fina) em contexto tônico.	141

<b>Figura 3.52</b> Espaço bidimensional definido pelas médias gerais de F1 x F2 expressos em escala MEL das vogais orais (linha grossa) e nasais (linha fina) em contexto átono.	143
<b>Figura 3.53</b> Espaço bidimensional definido pelas médias gerais de F1 x F2, expressos em escala MEL, das vogais orais (linha grossa) e nasais (linha fina). Médias calculadas a partir dos dados apresentados em CACLIARI (1977).	144
<b>Figura 3.54</b> Espaço bidimensional definido pelas médias gerais de F1 x F2, expressos em escala MEL, das vogais orais (linha grossa) e nasais (linha fina). Médias calculadas a partir dos dados apresentados em SOUSA (1994).	145
<b>Figura 4.1</b> - Consoantes nasais [m] e [n] diante de [a] em contexto tônico.	155
<b>Figura 4.2</b> - Consoantes nasais [m] diante de [a] em contexto átono.	156
<b>Figura 4.3.</b> Amplitude relativa dos formantes nasais das consoantes [m] e [n] em contexto tônico e átono.	157
<b>Figura 4.4</b> Frequência dos formantes nasais da consoante bilabial [m] diante de diferentes ambientes vocálicos em contexto tônico (linha cheia) e átono (linha tracejada).	159
<b>Figura 4.5</b> Frequência dos formantes nasais da consoante alveolar [n] seguindo diferentes ambientes vocálicos em contexto tônico.	160
<b>Figura 4.6</b> - Histograma das durações (em ms) da consoante [m] em contexto tônico e átono.	162
<b>Figura 4.7</b> - Histograma das durações (em ms) da consoante [n] em contexto tônico e átono.	162
<b>Figura 4.8</b> Síntese de [n] pela manipulação direta do murmúrio consonantal de [m] através de uma filtragem tipo rejeita banda com frequências de corte de 700 e 1100 Hz (filtro digital FIR obtido usando janela Hamming com ordem 100: espectro de curto termo).	164
<b>Figura 4.9</b> Espaço acústico em escala MEL do segundo e terceiro formantes nasais de [m] e [n] em contexto tônico.	167
<b>Figura 4.10</b> Espaço acústico em escala MEL do segundo e terceiro formantes nasais de [m] e [n] em contexto átono.	168
<b>Figura 4.11</b> Amplitude relativa dos formantes nasais da consoante nasal [ɲ] em contexto tônico e átono.	170

---

## *LISTA DE TABELAS*

---

<b>Tabela 3.3.1.</b> Três primeiros formantes da vogal /a/ [Hz]	60
<b>Tabela 3.1.</b> Frequência dos formantes (valores médios freqüenciais e normalizados) da vogal oral baixa [a] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].	70
<b>Tabela 3.2.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes da vogal oral baixa [a] em contexto tônico e átono.	70
<b>Tabela 3.3.</b> Amplitude relativa dos formantes da vogal oral baixa [a] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].	71
<b>Tabela 3.4.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes da vogal oral baixa [a] em contexto tônico e átono.	71
<b>Tabela 3.5.</b> Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais e normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].	71
<b>Tabela 3.6.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes orais da vogal nasal baixa [ẽ] em contexto tônico e átono.	72
<b>Tabela 3.7.</b> Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais e normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].	72
<b>Tabela 3.8.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes nasais da vogal nasal baixa [ẽ] em contexto tônico e átono.	72
<b>Tabela 3.9.</b> Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal baixa [ẽ] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].	73
<b>Tabela 3.10.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal baixa [ẽ] em contexto tônico e átono.	73
<b>Tabela 3.11.</b> Frequência dos formantes (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal média anterior [e] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].	80
<b>Tabela 3.12.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes orais da vogal média anterior nasal [e] em contexto tônico e átono.	81
<b>Tabela 3.13.</b> Amplitude relativa dos formantes da vogal média anterior [e] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].	81

<b>Tabela 3.14.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes orais da vogal média anterior [e] em contexto tônico e átono.	81
<b>Tabela 3.15.</b> Frequência dos formantes orais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal média anterior [ẽ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].	82
<b>Tabela 3.16.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes orais da vogal média anterior [ẽ] em contexto tônico e átono.	82
<b>Tabela 3.17.</b> Frequência dos formantes nasais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal média anterior [ẽ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].	82
<b>Tabela 3.18.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes nasais da vogal média anterior [ẽ] em contexto tônico e átono.	83
<b>Tabela 3.19.</b> Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média anterior [ẽ] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].	83
<b>Tabela 3.20.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal média anterior em contexto tônico e átono.	83
<b>Tabela 3.21.</b> Frequência dos formantes (valores médios frequenciais normalizados) da vogal alta anterior [i] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].	91
<b>Tabela 3.22.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes orais da vogal alta anterior [i] em contexto tônico e átono.	91
<b>Tabela 3.23.</b> Amplitude relativa dos formantes da vogal alta anterior [i] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].	92
<b>Tabela 3.24.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes orais da vogal alta anterior [i] em contexto tônico e átono.	92
<b>Tabela 2.25.</b> Frequência dos formantes orais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal alta anterior [ĩ] diante das consoantes oclusivas [p,t,k] em contextos tônico e átono [Hz].	92
<b>Tabela 3.26.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes orais da vogal nasal alta anterior em contexto tônico e átono.	93
<b>Tabela 3.27.</b> Frequência dos formantes nasais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal alta anterior [ĩ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].	93
<b>Tabela 3.28.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes nasais da vogal alta anterior em contexto tônico e átono.	93
<b>Tabela 3.29.</b> Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta anterior [ĩ] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].	94

<b>Tabela 3.30.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes orais da vogal alta anterior em contexto tônico e átono.	94
<b>Tabela 3.31.</b> Frequência dos formantes (valores médios frequenciais normalizados) da vogal média posterior [o] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].	102
<b>Tabela 3.32.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes da vogal média posterior [o] em contexto tônico e átono.	103
<b>Tabela 3.33.</b> Amplitude relativa dos formantes da vogal média posterior [o] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB]	103
<b>Tabela 3.34.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes da vogal média posterior [o] em contexto tônico e átono	104
<b>Tabela 3.35.</b> Frequência dos formantes orais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contexto tônico e átono [Hz].	104
<b>Tabela 3.36.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes orais da vogal nasal média posterior [õ] em contexto tônico e átono.	104
<b>Tabela 3.37.</b> Frequência dos formantes nasais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contexto tônico e átono [Hz].	104
<b>Tabela 3.38.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes nasais da vogal nasal média posterior [õ] em contexto tônico e átono	105
<b>Tabela 3.39.</b> Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média posterior [õ] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].	105
<b>Tabela 3.40.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média posterior [õ] em contexto tônico e átono.	105
<b>Tabela 3.41.</b> Frequência dos formantes (valores médios frequenciais normalizados) da vogal alta posterior [u] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contexto tônico e átono [Hz].	112
<b>Tabela 3.42.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes da vogal alta posterior [u] em contexto tônico e átono.	112
<b>Tabela 3.43.</b> Amplitude relativa dos formantes da vogal alta posterior [u] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].	112
<b>Tabela 3.44.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes da vogal alta posterior [u] em contexto tônico e átono	113

<b>Tabela 3.45.</b> Frequência dos formantes orais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contexto tônico e átono [Hz].	113
<b>Tabela 3.46.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes orais da vogal nasal alta posterior [ũ] em contexto tônico e átono	114
<b>Tabela 3.47.</b> Frequência dos formantes nasais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contexto tônico e átono [Hz].	114
<b>Tabela 3.48.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes nasais da vogal nasal alta posterior [ũ] em contexto tônico e átono.	114
<b>Tabela 3.49.</b> Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta posterior [ũ] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].	115
<b>Tabela 3.50.</b> Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta posterior [ũ] em contexto tônico e átono	115
<b>Tabela 3.51.</b> Número de ocorrências e percentual de vogais compostas de apenas duas fases	118
<b>Tabela 3.52.</b> Razão Duração-Fase/Duração-Vogal	119
<b>Tabela 3.53.</b> Valores médios absolutos da duração das vogais orais e nasais [ms].	122
<b>Tabela 3.54.</b> Razão Duração-Vogal/Duração CV	123
<b>Tabela 3.55.</b> Soma da duração da sílaba contendo a vogal-alvo + duração da oclusão da consoante plosiva [p] subsequente [ms].	125
<b>Tabela 3.56.</b> Soma da duração da sílaba contendo a vogal-alvo + duração da oclusão da consoante plosiva [t] subsequente [ms].	125
<b>Tabela 3.57.</b> Soma da duração da sílaba contendo a vogal-alvo + duração da oclusão da consoante plosiva [k] subsequente [ms].	125
<b>Tabela 3.58.</b> Frequência média dos formantes nasais do murmúrio nasal da vogal [ẽ] [Hz].	130
<b>Tabela 3.59.</b> Frequência média dos formantes nasais do murmúrio nasal da vogal [ẽ] [Hz]	131
<b>Tabela 3.60.</b> Frequência média dos formantes nasais do murmúrio nasal da vogal [ĩ] [Hz].	131
<b>Tabela 3.61.</b> Frequência média dos formantes nasais do murmúrio nasal da vogal [õ] [Hz].	132
<b>Tabela 3.62.</b> Frequência média dos formantes nasais do murmúrio nasal da vogal [ũ] [Hz].	133

<b>Tabela 4.1.</b> Frequência média dos formantes nasais da consoante [ɲ] [Hz]	169
<b>Tabela 4.2.</b> Amplitude relativa média dos formantes nasais da consoante velar [ɲ] [Hz]	170
<b>Tabela 4.3.</b> Frequência fundamental e dos formantes nasais de [m] diante de [a] com suas respectivas larguras-de-banda.[Hz]	171
<b>Tabela 4.4.</b> Amplitude relativa dos formantes nasais de [m] diante de [a] [dB] e duração do segmento-alvo [ms]	172
<b>Tabela 4.5.</b> Frequência fundamental e dos formantes nasais de [m] diante de [i] com suas respectivas larguras-de-banda. [Hz]	172
<b>Tabela 4.6.</b> Amplitude relativa dos formantes nasais de [m] diante de [i] [dB] e duração do segmento-alvo [ms].	172
<b>Tabela 4.7.</b> Frequência fundamental e dos formantes nasais de [m] diante de [u] com suas respectivas larguras-de-banda. [Hz]	172
<b>Tabela 4.8.</b> Amplitude relativa dos formantes nasais de [m] diante de [u] [dB] e duração do segmento-alvo [ms].	173
<b>Tabela 4.9.</b> Frequência fundamental e dos formantes nasais de [n] diante de [a] com suas respectivas larguras-de-banda. [Hz]	173
<b>Tabela 4.10.</b> Amplitude relativa dos formantes nasais de [n] diante de [a] [dB] e duração do segmento-alvo [ms].	173
<b>Tabela 4.11.</b> Frequência fundamental e dos formantes nasais de [n] diante de [i] com suas respectivas larguras-de-banda. [Hz]	174
<b>Tabela 4.12.</b> Amplitude relativa dos formantes nasais de [n] diante de [i] [dB] e duração do segmento-alvo [ms].	174
<b>Tabela 4.13.</b> Frequência fundamental e dos formantes nasais de [n] diante de [u] com suas respectivas larguras-de-banda. [Hz]	174
<b>Tabela 4.14.</b> Amplitude relativa dos formantes nasais de [n] diante de [u] [dB] e duração do segmento-alvo [ms]	174

---

## RESUMO

---

*Neste estudo, analisamos acústica e perceptualmente a nasalidade vocálica no português do Brasil. Para tanto, avaliamos em detalhes os parâmetros: frequência, intensidade formântica e duração de segmentos vocálicos e consonantais nasais, levando em conta o contexto vocálico e a tonicidade da sílaba na análise das consoantes nasais e o contexto consonantal seguinte e tonicidade na análise das vogais nasais. A frequência fundamental e largura-de-banda também foram extraídas dos dados. Fizemos uma análise qualitativa das regiões de anti-formantes, avaliando este parâmetro como uma possível pista na diferenciação de segmentos nasais entre si. Os resultados e experimentos perceptuais confirmaram a hipótese de que a vogal nasal também pode ser composta pela fase oral + murmúrio, essencialmente as vogais anteriores e a posterior alta. A maior proeminência espectral do primeiro formante nasal vocálico é verificada na maior parte dos dados. As vogais nasais, apesar de em valores absolutos serem mais longas em contexto tônico, mostram-se proporcionalmente equivalentes em relação à duração total da sílaba para os dois contextos de tonicidade.*

---

## ABSTRACT

---

*In this study, we analyze acoustically and perceptually the vocalic nasalization for Brazilian Portuguese. In this approach, we have assessed in details the parameters: frequency, intensity of formant and duration of vocalic segments and nasal consonants, taking into account the following vocalic context and stressed syllable in analysis of the nasal consonants as well as the following consonantal context and stressed syllable in analysis of the nasal vowels. From the natural speech, the fundamental frequency and bandwidth of the formants have also been extracted. An analysis of the anti-formant regions has been carried out, assessing those parameters as possible clues in the differentiation of nasal segments of each other. The results and perceptual experiments uphold the hypothesis of that the nasal vowel may also be composed of the oral phase plus murmur, essentially the front and back high vowels. From the analyzed data, the largest spectral peak of the first nasal formant has been verified. In spite of the nasal vowels to be longer in the stressed context, they are proportionally equivalent to the total duration of the syllable for the two stressed contexts.*

---

# INTRODUÇÃO

---

Hoje a Lingüística não se desenvolve mais sozinha, pois acompanha e auxilia outras áreas que dela necessitam. Essa interdisciplinaridade pode ser constatada através das diversas áreas que se utilizam de informações oriundas dos estudos lingüísticos. Dentre essas áreas, podemos mencionar: a computacional e de comunicações, com os desenvolvimentos de sistemas que vão do telefone digital até as sofisticadas redes de comunicação multimídia. Poderíamos citar ainda os estudos lingüísticos que também encontram sua aplicação na bio-engenharia, servindo de base para a elaboração de sofisticados sistemas de prótese tanto auditiva quanto articulatória. Nessa mesma linha, também podemos mencionar os sistemas de síntese e reconhecimento de voz que fazem uso dos conhecimentos da lingüística para a elaboração, por exemplo, de equipamentos de auxílio a deficientes, automação bancária, dentre outros.

Para aqueles que se aventuram a trabalhar com a nasalidade nas diferentes línguas do mundo, não é difícil perceber a complexidade do tema em questão. O abaixamento do véu palatino e o acoplamento dos tratos oral e nasal, no nível articulatório, leva a inúmeras alterações acústicas. Essa complexidade é verificada não só na caracterização do murmúrio consonântico, mas também na busca da caracterização acústica dos segmentos vocálicos nasais para os quais, por exemplo, o murmúrio pode ser homorgânico à vogal que o antecede ou à consoante que o segue.

Buscando aumentar o conhecimento lingüístico sobre os diferentes sons da fala, observamos seu comportamento acústico e perceptual. Assim, com esta pesquisa, avaliamos a nasalidade das vogais do português brasileiro (doravante PB), estudando as características acústicas que melhor a representam acústica e perceptualmente.

Esta pesquisa envolve estudos objetivos acerca da discriminação da vogal nasal em oposição a não-nasal e é apoiada na avaliação de experimentos, usando sistemas computacionais para tal. Tentamos elucidar fenômenos acústico-fonéticos determinantes das vogais nasais, através da manipulação direta do conteúdo espectral de fala natural. Para atingirmos os objetivos deste estudo, analisamos os seguintes parâmetros acústicos: formantes orais, formantes nasais, anti-formantes e duração das vogais nasais. Apresentamos ainda uma análise das consoantes nasais [m,n, ɲ] do PB, examinando detalhadamente seus formantes nasais e a duração dessas consoantes. Elaboramos também testes perceptuais com segmentos sintetizados a partir dos resultados apresentados pelas análises acústicas e observamos quais os parâmetros físicos mais representativos das vogais e consoantes em estudo.

Os experimentos são compostos das vogais nasais [ẽ, ẽ̃, ã, õ, õ̃] e de suas contra-partes orais [a, e, i, o, u], seguidas das consoantes oclusivas [p, t, k] e sempre diante da oclusiva [p] em contextos tônico e pré-tônico. As consoantes nasais também são analisadas nesses dois contextos de tonicidade.

A partir de análises preliminares, levantamos as seguintes hipóteses:

1) as vogais nasais podem se apresentar:

- i) com três fases distintas: uma vogal oral, seguida por uma fase nasal em que o murmúrio se sobrepõe à vogal e uma fase final correspondendo ao murmúrio nasal;
- ii) com apenas duas fases distintas: a fase nasal seguida pelo murmúrio nasal ou somente a fase oral seguida pelo murmúrio nasal.

2) a vogal nasal seria mais longa do que a sua não-nasal correspondente, mantendo-se, no entanto, equivalente entre os diferentes contextos de tonicidade em relação à duração total da sílaba na qual a vogal-alvo se insere;

3) as vogais nasais podem ser caracterizadas pela presença de dois formantes nasais: um na faixa média de 250 a 300 Hz e o outro entre 950 e 1250 Hz para as vogais anteriores [ẽ], [ĩ] e entre 1800 e 2800 Hz para as vogais posteriores [õ], [ũ] e a baixa [ẽ];

4) as vogais nasais apresentariam ressonâncias nasais em faixas de frequência semelhantes às presentes nas consoantes nasais somente em relação a FN1. Quanto ao FN2 das vogais nasais, essas ressonâncias seriam diferenciadas, dependendo da vogal examinada;

5) a amplitude relativa dos formantes das vogais nasais seria sistematicamente mais baixa do que a de suas contra-partes orais;

6) os formantes nasais das vogais nasais apresentariam amplitude relativa maior do que a de seus formantes vizinhos;

7) haveria um comportamento acústico semelhante dos formantes orais das vogais nasais que seria relacionado ao fator nasalidade.

Assim, para melhor avaliarmos a nasalidade das vogais do português brasileiro, este estudo será dividido em cinco capítulos. No Capítulo 1, apresentaremos a teoria acústica que envolve os segmentos nasais e nasalizados, mencionando as diversas formas de se obter a nasalização de segmentos. É apresentado também a teoria que trata das consoantes nasais.

No Capítulo 2, é feita uma explanação da metodologia empregada para a análise dos dados e avaliação perceptual desses segmentos sintetizados. Mostramos também como é constituído o *corpus* para nossa análise acústica. Neste capítulo ainda apresentamos os diferentes parâmetros estatísticos utilizados para validar nossos resultados, juntamente com a definição e finalidade de cada parâmetro e testes empregados.

O Capítulo 3 apresenta a análise das vogais nasais, através dos formantes orais e nasais com suas respectivas frequências e amplitudes e também a duração desses segmentos. Nesse capítulo, dividimos a análise de acordo com o comportamento de cada segmento. Assim as vogais nasais são analisadas em separado por apresentarem características diferenciadas, ou seja, médias parecem ditongar-se em alguns casos, altas tendem a apresentar as três fases duracionais presentes nas vogais nasais, enquanto centrais, além de exibirem, na maior parte das vezes, as duas das três fases duracionais, mostram também uma qualidade bastante diferenciada da sua contra-parte oral.

O capítulo 4 apresenta a análise acústica das consoantes nasais [m,n,ɲ], juntamente com o resultado de sínteses elaboradas para a aplicação em testes perceptuais que confirmavam se o padrão estabelecido como determinante do ponto de articulação consonantal era consistente.

No Capítulo 5, apresentamos as sínteses elaboradas com as vogais nasais para aplicação nos testes perceptuais e seus respectivos resultados.

**TEORIA ACÚSTICA ACERCA DA  
NASALIZAÇÃO DE VOGAIS**

**1.1 INTRODUÇÃO**

Diversas pesquisas sobre a nasalidade, sejam elas do português ou de outra língua qualquer, comentam as dificuldades em se constatar indícios seguros da nasalidade em vogais. HAWKINS (1985) diz que a oposição fonêmica entre a vogal oral e a nasal é bem conhecida nas diferentes línguas, porém a propriedade acústica básica dessa oposição não está ainda bem entendida. Desta forma, este tema de pesquisa é de grande importância para a área da fonética acústica, pois com ele faremos uma tentativa de ampliar os conhecimentos acústicos sobre as vogais nasais, cujos resultados são ainda incipientes.

Antes de iniciarmos o trabalho propriamente dito, devemos primeiro entender como é caracterizada a produção da fala pelos diversos sistemas de modelagem do trato vocal.

## 1.2 MODELO FONTE-FILTRO

O modelo fonte-filtro de produção de fala caracteriza as cavidades supra-laríngeas do trato vocal como um sistema que ressoa em resposta a uma fonte de energia. De forma sintética, o trato vocal pode ser modelado por um filtro excitado por dois tipos de sinais. Um constituído de uma série de impulsos periódicos que, reproduzindo os impulsos que se originam na laringe, geram os sons vozeados (vogais, semivogais e consoantes vozeadas) e o outro, constituindo-se de uma fonte de ruídos que, reproduzindo a turbulência produzida através da passagem de ar por alguma constrição no trato vocal, gera os sons não-vozeados (fricativas surdas, fala sussurrada, etc.).

Independentemente das fontes de excitação, a configuração do trato vocal (cavidades supra-laríngeas) se modifica continuamente para a produção de vogais, semivogais e consoantes (movimentos dos lábios, mandíbula, corpo e lâmina ou ponta da língua, modificando as dimensões do trato vocal; abertura ou fechamento do *velum*, anexando um tubo acústico auxiliar (cavidades nasais); abaixamento ou elevação da laringe, alongando ou encurtando o trato vocal). Essas diferentes configurações das cavidades supra-laríngeas são então determinantes para a resposta em frequência do filtro de modelagem do trato vocal. Assim, essas mudanças impõem alterações nas propriedades do sistema, fazendo com que o filtro que o modele seja variante no tempo<sup>1</sup>.

As frequências de ressonância do sistema caracterizam os formantes do segmento analisado. O valor e a amplitude dessas frequências (os formantes) podem fornecer pistas perceptuais fundamentais para a classificação, por exemplo, de vogais dentro de uma abordagem fonológica e são pistas, no mínimo, secundárias para a classificação de outros segmentos fonéticos.

Existem diversas técnicas de modelagem do filtro que representa o trato vocal. A primeira e mais utilizada é a análise de Fourier que extrai do sinal seus componentes senóides de diferentes frequências. Uma outra forma de ver a análise de

---

<sup>1</sup> Ou seja, num dado instante, a resposta em frequência desse filtro exhibe picos em certas frequências. Estes picos resultam dos efeitos de filtragem produzidos por uma determinada configuração da cavidade supralaríngea naquele dado momento.

Fourier é como uma técnica matemática para transformação do sinal no domínio do tempo para o domínio da frequência.

Uma outra abordagem muito utilizada para modelar o trato vocal é a técnica de Predição Linear, análise LPC (Linear Prediction Coding). Ela é uma forma de modelagem do filtro que representa o trato vocal, usando um modelo particular de filtro digital somente com pólos.

### 1.3 FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA REPRESENTANDO O TRATO VOCAL

O trato vocal pode ser razoavelmente modelado por uma função de transferência (função que modela matematicamente o trato vocal do ponto de vista entrada e saída) representada por seus pólos e zeros. Os pólos, correspondendo aos zeros do denominador dessa função, representam as ressonâncias do trato vocal. Os zeros que correspondem aos zeros da função servem, por sua vez, para representar efeitos tais como: coarticulação ou acoplamento de diferentes cavidades (oral e nasal ou, no trato oral, lateral e central).

Freqüentemente muitos sistemas de análise e síntese de fala representam as características do trato vocal através de um modelo só-pólos, aproximando os efeitos dos zeros pelo ajuste da largura de banda do primeiro formante (F1). Até o momento não se tem certeza da relevância de uma análise bastante precisa da localização dos zeros da função para sistemas de análise e síntese de fala. Isso se deve, em parte, à falta de técnicas eficientes para determinação desses zeros da função.

Para análises de fala mais geral, como por exemplo, dentro de um contexto de reconhecimento automático da fala ou para estudos fisiológicos de produção da fala, como no caso de segmentos acústicos nasais, uma variedade de pistas relevantes é fornecida pela informação da localização dos zeros da função de transferência. Dessa forma, parece ser de grande relevância se obter uma técnica eficiente de medida dos zeros espectrais.

Numa análise de fala que utiliza um modelo só-pólos, via predição linear, o resultado tende a depender principalmente do envelope espectral e do número de pólos

do modelo (não maior do que o necessário) para uma boa representação dos formantes, levando-se ainda em consideração a taxa de amostragem de aquisição do sinal.

#### 1.4 DIFERENÇAS ESPECTRAIS ENTRE NASAIS E NÃO-NASAIS

O sinal de fala apresenta uma grande resistência à segmentação em unidades fonológicas, levando-se em conta os efeitos de coarticulação. Como características fundamentais para a segmentação, teríamos a invariância e a linearidade, características ausentes nos segmentos de fala natural. Porém a redundância presente nestes sinais (sobreposição de informações) permite a segmentação e identificação das unidades.

Os segmentos nasais podem ser caracterizados de diferentes maneiras. Diversos estudos tentam encontrar as pistas que melhor caracterizem estes segmentos. Entre as diferentes formas de caracterização acústica de nasais, temos a extração de medidas de frequência de anti-ressonâncias (teoricamente a anti-ressonância pode ser usada para identificar o ponto de articulação de consoantes nasais). Todavia o conhecimento das pistas que permitem uma extração confiável das características da fala é limitado.

Uma outra pista que também pode ser utilizada é a do formante nasal. Estudos mais recentes tentam associar a extração das frequências de formantes em Hz com escalas de percepção subjetiva, como BARK ou MEL, levando a transformações espectrais baseadas nas características do sistema auditivo humano. Porém, os sistemas com vogais nasais seriam mais instáveis em virtude de uma pretensa maior dificuldade em articular e perceber acusticamente a nasalidade que se sobreporia às diferenças já existentes entre os sistemas de vogais orais.

Uma das diferenças na função do trato vocal entre um segmento nasal e um não-nasal é, em geral, a maior largura-de-banda do primeiro formante do segmento nasal. O resultado espectral do amortecimento da onda senóide é a expansão do pico em torno da frequência da onda do seno. Com uma onda senóide não-amortecida tem-se um pico infinitamente estreito, mas quanto mais amortecimento, mais largo ele se torna. Comparando-se ondas de seno amortecidas com não amortecidas, vê-se que a amplitude

das ondas amortecidas decrescem no eixo do tempo. Isto acontece, conforme JOHNSON (1997) enfatiza, pelo fato de a energia, que se coloca para amortecimento, ser dissipada por uma resistência natural. Por exemplo, como as paredes do trato vocal são macias, elas oferecem resistência à passagem do ar, absorvendo energia do som produzido pela vibração da glote. A inércia do ar e sua saída do trato vocal e o modo de fricção também absorvem energia.

Assim as ressonâncias do trato vocal (os formantes) têm uma certa largura de banda, pois, se as paredes do trato vocal fossem duras e pudessem refletir a energia do som sem absorvê-la, os formantes teriam uma largura-de-banda bastante estreita. Os formantes dos segmentos nasais têm uma largura de banda ainda maior, visto que o trato vocal, com o acoplamento do trato nasal, adquire uma superfície maior, fazendo com que mais energia seja absorvida pelas paredes do trato nasal e pela maior inércia do ar.

Considera-se que as consoantes nasais são geralmente mais fracas, ou seja, têm amplitude mais baixa do que as vogais nasais. Isto se deve ao fato de o trato vocal ser mais constricto para as consoantes nasais do que para as vogais nasais. Já, com relação à diferença de amplitude entre vogais orais e nasais, a justificativa para uma maior atenuação dos picos formânticos das vogais nasais é o acoplamento de outra cavidade como a dos seios paranasais.

Sabemos então que o espectro de um segmento oral sonoro consiste de formantes, que são produtos do espectro da fonte de energia (a vibração das cordas vocais), e as propriedades de ressonância do trato vocal podem amplificar ou atenuar certas componentes freqüenciais. Um formante ou um pico de ressonância no espectro é uma banda de freqüências que é seletivamente amplificada no trato vocal. A agudez do pico dessa ressonância é maior (isto é, largura-de-banda mais estreita) se mais energia acústica é irradiada pelos lábios e menor se a energia é absorvida pelas paredes do trato vocal.

Se o trato vocal não é ramificado, o que é verdadeiro para a maior parte dos segmentos orais sonoros, somente ressonâncias estarão presentes no espectro. Se, todavia, o trato vocal é ramificado, como no caso de segmentos nasais e laterais, o espectro pode também mostrar a influência de anti-ressonâncias, que são bandas de freqüência em que a energia acústica é seletivamente atenuada. O resultado da anti-

ressonância é uma interferência destrutiva entre as ressonâncias de um “ramo” (tubo acústico) sobre o outro.

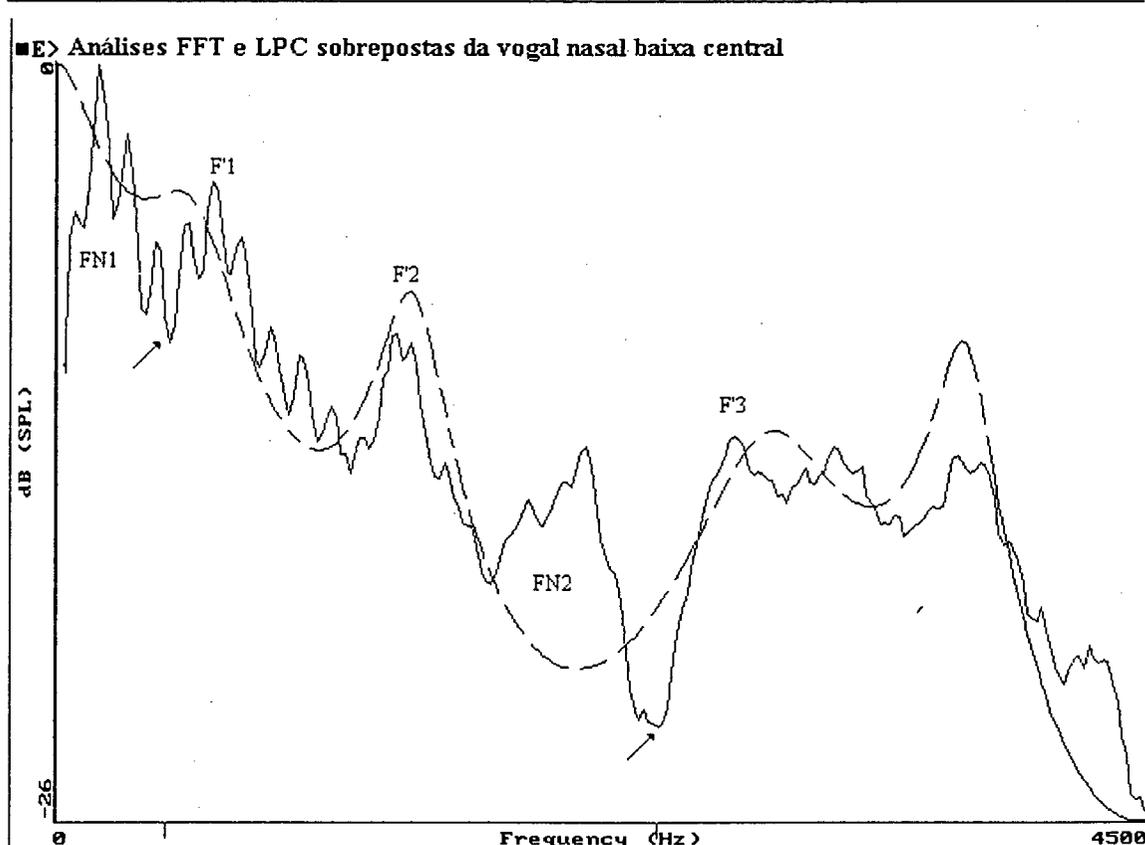
O que acontece devido ao acoplamento do novo tubo acústico é que os componentes de frequência que estão próximos às frequências de ressonância do trato vocal cancelam-se, tornando-se anti-ressonâncias (anti-formantes). Os formantes aparecem no espectro como picos de energia, enquanto os anti-formantes aparecem como vales espectrais pronunciados. O efeito de um anti-formante no espectro aparece no abaixamento da amplitude dos formantes que estão acima ou abaixo dele.

JOHNSON (1997) utiliza a frequência dos anti-formantes como pistas para determinação do ponto de articulação de consoantes nasais, levando em consideração o comprimento da cavidade bucal. Como a cavidade bucal em [n] é de cerca de 5,5cm de comprimento, um tubo uniforme, fechado num ponto e aberto em outro com esse comprimento, tem formantes em 1591Hz e 4773Hz, assim espera-se um anti-formante em torno de 1600Hz e outro em torno de 4800Hz. Já, em [m], o comprimento da cavidade bucal está em torno de 8cm, esperando-se então um anti-formante em torno de 1100Hz e outro em torno de 3300Hz.

JOHNSON (1997) utiliza um procedimento, baseado na modelagem Auto-Regressiva e Média Móvel (ARMA), para a determinação da frequência de anti-formantes em nasais. Esse procedimento consiste em uma análise para determinar os picos espectrais, seguida de uma filtragem para remoção desses formantes através da filtragem inversa e, ao final, a realização de uma análise de Predição Linear do resultado para a extração dos anti-formantes. Neste ponto, os anti-formantes são caracterizados como picos espectrais e não mais como vales.

Uma outra tentativa de extração de anti-ressonâncias apresentada em JOHNSON (1997) é a utilização da análise LPC, que, no entanto, apresenta certos inconvenientes, como, por exemplo, a possibilidade de caracterizar não somente os pólos como picos espectrais, mas os zeros também, caso a ordem do filtro seja muito alta. Assim, JOHNSON ajusta a ordem do filtro, considerando o número de pólos previstos, para extrair somente os formantes (pólos) do segmento nasal, em geral, 6 pólos complexos (4 referentes à cavidade oral e 2 à cavidade nasal) e implementa um filtro LPC de 12ª ordem. Comparando os picos gerados pela análise LPC com aqueles extraídos via transformada de Fourier (TF), usando um algoritmo FFT (fast Fourier

transform), podemos verificar o descasamento dos picos espectrais. Nesse descasamento, JOHNSON observou que, quando a TF (FFT) apresenta um vale que a análise LPC não consegue representar, muito provavelmente estaremos diante de um zero espectral (Fig. 1.1), cuja causa mais provável, embora não a única possível, é, como se sabe, a nasalidade



**Figura 1.1** Análise espectral da vogal nasal [ẽ]: espectros obtidos via FFT (linha cheia) e via análise LPC (linha pontilhada). As setas mostram o descasamento entre as duas análises, dando indicação de prováveis regiões de anti-formantes.

Deve-se, no entanto, ter em conta que, como há anti-ressonâncias resultantes dos efeitos das cavidades acopladas ao trato nasal, ou seja, dos seios paranasais, as frequências que contribuem para o espectro dependem do volume dos seios paranasais e das dimensões de sua abertura, pois existe uma relação estreita entre a variação individual dos tamanhos dos seios paranasais e de sua abertura. Para LINDQVIST-GAUFFIN e SUNDBERG (1976), o seio maxilar contribui para um anti-formante em torno de 500Hz e o seio frontal para um anti-formante em torno de 1400Hz para segmentos nasais consonantais.

## 1.5 REVISÃO DE LITERATURA SOBRE NASALIDADE VOCÁLICA

### 1.5.1 Discussão acerca do Status Fonológico da Vogal Nasal do Português Brasileiro

O status lingüístico da vogal nasal do português tem sido longamente discutido por diversos autores sob diferentes teorias lingüísticas. Os trabalhos sobre a nasalização do português provêm do interesse em descrever fatos lingüísticos a partir de modelos de análise disponíveis à época de cada pesquisa.

Tentando seguir uma ordem cronológica, temos CÂMARA JR. (1953) que utiliza a noção de arquifonema, proposta pela fonologia do Círculo Lingüístico de Praga, na descrição da nasalização do português brasileiro. Segundo esse autor, não há, em português, vogais nasais como as do francês, nas quais a nasalidade pode se opor pelo fechamento consonântico como em *bon* /bõ/ (sem fechamento consonântico) e *bonne* /bõn/ (com fechamento consonântico).

CÂMARA JR. (1986) apresenta dois tipos de nasalidade vocálica para o português, uma caracterizada por uma emissão nasal das vogais, de natureza fonológica, e outra que ocorre por uma possível nasalização meramente mecânica e fonética em que o falante tende a antecipar o abaixamento do véu palatino, necessário à emissão da consoante nasal da sílaba seguinte. Nesse caso, a vogal precedente nasaliza-se, não havendo oposição lingüística entre a vogal nasalizada e a vogal sem qualquer nasalização.

Para CÂMARA JR. (*op. cit.*), é necessário encontrar o traço específico que caracteriza as vogais que são nasais em termos fonêmicos na constituição da sílaba, ficando a vogal nasal interpretada como dois fonemas que se combinam na sílaba: vogal + um elemento nasal. CÂMARA JR. (*op. cit.*) sugere que o alofone de coda silábica /N/ seria indiferenciável em relação ao ponto de articulação, sendo um arquifonema dos fonemas /n/, /m/, /ɲ/, preservando apenas o traço comum da nasalidade.

MATEUS (1975), LOPEZ (1979 *apud* BATTISTI e VIEIRA, 1996) seguem a fonologia gerativa clássica que, em geral, deriva a nasalidade de uma seqüência de vogal nasal + consoante nasal.

MATEUS (1975) considera que as vogais nasais do português resultam da presença, no nível subjacente, de uma consoante nasal coronal após uma vogal na mesma sílaba. Se a vogal antecedente à consoante se nasalizar, a consoante será suprimida, caso contrário, permanecerá e será realizada foneticamente. Essa autora coloca ainda que as vogais nasalizadas sempre se elevam, vindo à superfície com o traço [-baixo]. Ainda, para MATEUS (1975: 65), “se a consoante for seguida de outra consoante, assimila o ponto da última, tornando-se homorgânica” a essa consoante “e sendo realizada foneticamente. Caso contrário é apagada.”

LOPEZ (1979 *apud* BATTISTI e VIEIRA, 1996) também concorda com CÂMARA JR. de que não existam vogais nasais no português do Brasil, mas sim vogais nasalizadas por uma consoante nasal em final de sílaba. No entanto, esses dois autores divergem quanto à interpretação da consoante nasal pós-vocálica. CÂMARA JR. interpreta-a como um arquifonema e LOPEZ (*op. cit.*), como uma consoante plenamente especificada como coronal, conforme MATEUS (1975). Segundo LOPEZ (*op. cit.*), a alternância entre a nasalidade final e [n] consonantal intervocálico corrobora essa opção (ex.: fim-finar). LOPEZ afirma que:

“se o segmento que segue a consoante nasal for [-contínuo] (banco, manta, rampa), uma nasal homorgânica à consoante vizinha pode ser detectada; se for [+contínuo] (convite, franja, manso), uma consoante transicional pode ocorrer, mas não consistentemente”. (p.170)

CAGLIARI (1977) interpreta a vogal nasal conforme CÂMARA JR (1953), ou seja, V+/N/ no nível subjacente, apresentando duas manifestações fonéticas do arquifonema nasal no interior da palavra:

- 1) nasaliza a vogal e não se manifesta na superfície;
- 2) realiza-se foneticamente, podendo nasalizar também a vogal.

Na segunda opção de manifestação fonética, pode haver dois condicionantes de qualidade da consoante:

- 1) a vogal precedente, que levará a consoante nasal à palatal, se a vogal for anterior, e à velar, se a vogal for posterior;
- 2) a consoante oclusiva seguinte, que levará a consoante nasal a assumir o ponto de articulação da consoante seguinte, ou seja, será homorgânico a ela. Se a consoante seguinte for fricativa, não ocorre esse condicionamento, podendo o alofone nasal ser determinado pela vogal que o antecede, sendo condicionado conforme o item (1) acima.

PONTES (1972) adota a interpretação da existência da vogal nasal em oposição à oral pelo traço de nasalidade. CALLOU e LEITE (1990) também postulam vogais nasais subjacentes, sugerindo que a consoante nasal seria “o resultado da coordenação dos movimentos articulatórios da passagem de um som nasal para um não-nasal”. Para essas autoras, haveria uma “zona de intersecção entre os movimentos de elevação do véu palatino e o posicionamento da língua para a articulação da consoante seguinte”, explicando assim a razão da consoante nasal ser mais audível quando uma oclusiva segue a vogal nasal do que quando uma fricativa a segue.

BACK (1973) defende o caráter distintivo das vogais nasais no português, sendo seu principal argumento o de que basta dois sons estarem em oposição em um mesmo ambiente para serem reconhecidos como fonemas distintos. Isso é o que ocorre, segundo esse autor, com as vogais nasais que se encontram em “oponência” com as orais, por exemplo em: [‘vĩ] e [‘vi], [‘lẽ] e [‘la], [‘lõbu] e [‘lobu].

MORAES e WETZELS (1992) buscam evidências experimentais da representação monofonêmica ou bifonêmica da nasalidade do português. Consideram que a nasalidade contrastiva e a alofônica sejam processos independentes, resultantes da aplicação de regras distintas. Comparam então a duração das vogais nasais (nasalidade contrastiva) e de vogais nasalizadas (nasalidade alofônica) e, dessas duas, com as orais.

A duração de segmentos vocálicos e consonantais revelou que a vogal nasal tônica ou pré-tônica é sempre mais longa do que a oral correspondente, e a oral mais longa do que a nasalizada. Esses resultados sustentariam a idéia de que as vogais

nasais são mais longas do que as orais por um alongamento compensatório, ou seja, segundo a Fonologia CV<sup>2</sup> a consoante nasaliza a vogal e se apaga e a vogal nasal associa-se a posição deixada livre, acontecendo o alongamento.

Observando, no entanto, as durações da vogal nasal + consoante oclusiva (*canto*) e vogal oral + consoante oclusiva (*cato*), MORAES e WETZELS (1992) notaram que o alongamento da vogal nasal corresponde à subtração da duração equivalente da consoante. Isto é, ao invés de alongamento compensatório de /N/, parece existir uma pré-nasalização da oclusiva. Em contexto de fricativa, não ocorre o aumento da duração da nasal tônica.

Porém esses autores mantêm a afirmação de que, tanto em posição tônica quanto em pré-tônica, a duração da vogal nasal é maior do que a oral e a oral maior do que a nasalizada, mantendo-se a seguinte ordem nasal > oral > nasalizada. No entanto, as vogais tônicas orais, nasais ou nasalizadas em sílaba aberta são em média 70,5% mais longas do que as pré-tônicas correspondentes. (MORAES e WETZELS, 1992:162)

JHA (1986) (falante nativo de uma variedade do dialeto padrão de Maithili) analisou as principais realizações acústicas das vogais nasais deste dialeto, baseando seu estudo na sua própria pronúncia. Gravou uma lista de elocuições contendo as vogais nasais do Maithili em isolamento e em contexto de palavras. Analisou a vogal nasal do Maithili como um som de fala simples e não uma seqüência de vogal oral + consoante nasal. Seus resultados mostraram que a presença da vogal nasal aumenta a duração da elocução, ou seja, as vogais nasais são sempre um pouco mais longas do que suas contra-partes orais, de 3% a 7%.

---

<sup>2</sup> Para essa colocação, os autores se basearam nas premissas teóricas da Fonologia CV, que considera a representação silábica de uma seqüência sonora como uma estrutura arbórea de três camadas: a camada silábica, a camada CV e a camada segmental. Essa distinção entre camada CV e camada segmental possibilitaria o conteúdo segmental ser apagado sem que isso acarrete uma queda da unidade temporal. Assim, para eles, se apenas a camada segmental da consoante nasal for apagada na superfície, haverá um alongamento compensatório da vogal vizinha, que se associaria à posição deixada livre, gerando uma reorganização do *timing* no interior da sílaba.

COUTO (1978), em seu estudo intitulado “Vowel nasality: The case of Portuguese and Guarani”, considera as vogais nasais como distintas das vogais orais em nível fonêmico, adotando assim a tese monofonêmica. Primeiramente, porque as vogais nasais do português contrastam com as orais em todas as posições (inicial, medial e final, acentuada e não-acentuada). Exemplos: *anta*, *ata*, *imã*, *lima*, *lançar*, *laçar*. Em segundo lugar, não aparece nenhum segmento consonantal nasal após vogais nasais em final de palavra quando são seguidas por palavras começando por vogais como em *irmã amiga*. Terceiro, as únicas consoantes que ocorrem em final de sílaba são /r/ e /s/ e, em alguns dialetos, o /l/. O quarto e mais forte argumento contra a interpretação bifonêmica é que ela complicaria a descrição da estrutura silábica do português. As codas das sílabas portuguesas têm somente uma consoante, isto é, não existe nenhum “cluster” nesta posição. Para explicar casos como *fim-final* ou *sã-sanidade*, COUTO (*op. Cit.*) coloca que acima do nível fonêmico existe o nível morfológico. Nesse nível, seria razoável considerar a vogal nasal como uma seqüência de vogal oral e uma consoante nasal que pode dar conta não somente da estrutura fonêmica da língua - o nível de contrastes- mas também da representação morfológica básica de diversas alternâncias mórficas.

DUARTE e TEIXEIRA (1979), sob o enfoque da Fonologia Gerativa, tomam por base uma regra de nasalização de BRASINGTON (1971, *apud* DUARTE e TEIXEIRA, 1979) e a colocação de MATEUS (1975) de que as vogais nasais nunca se encontram nas representações fonológicas, ou seja, aceitam que determinadas vogais apresentam um traço nasal em nível de superfície, embora não em nível subjacente, procurando explicar a presença deste traço de superfície.

Suas conclusões resumem-se em (p. 34):

- a) as vogais nasais do português, encontradas nas representações fonéticas, foram geradas pela aplicação de regras sobre vogais não-nasais seguidas de uma consoante nasal na representação subjacente;
- b) o processo de nasalização das vogais em português é constituído da regra geral de nasalização e de regras subsidiárias, tais como: alteração do traço silábico, crase, palatização e desnasalização;

- c) as regras de alteração do traço silábico, crase e palatização agem apenas em condições contextuais pertinentes e são mutuamente excludentes; e a desnasalização acontecerá em contexto não propício à aplicação de nenhuma regra anteriormente citada.

BATTISTI (1997) apresenta um estudo sobre a nasalização do PB. Seu objetivo era “fornecer uma outra interpretação das vogais nasais possibilitada pelos recentes avanços na concepção de análise que a teoria fonológica vem experimentando” (p. 14). Esse estudo permitiu uma revisão dos diferentes resultados a que chegaram diversos pesquisadores dependendo dos modelos lingüísticos que os nortearam.

Na década de 50 e 60, os estruturalistas centralizaram as discussões em torno da origem de vogais e ditongos nasais, com o objetivo de depreender os fonemas em função de seu valor opositivo. Na década de 70, o modelo gerativo levou à formulação de regras e suas aplicações ordenadas. Na década de 80, surgem os modelos não lineares, nos quais as regras fonológicas passaram a ser operações autossegmentais, controladas por filtros e restrições. No português, “a vogal nasal passou a ser representada como uma operação de espraiamento de traço, o autossegmental [nasal], para uma vogal na mesma sílaba” (p.177).

Segundo ainda BATTISTI (1997), “a hipótese relacionando a base de vogais (...) nasais à seqüência /vN/ na mesma sílaba (...) sugeriu pesquisar a estrutura silábica e a natureza da consoante nasal em fim de sílaba”. O estudo possibilitou relacionar a subespecificação da nasal à posição que ocupa na sílaba e conceber a própria subespecificação da consoante como elemento desencadeador da nasalização: uma nasal em coda silábica não tem licenciado o traço de ponto de articulação. Por isso nasaliza a vogal e apresenta mais de uma manifestação fonética, entre elas a de uma consoante homorgânica à oclusiva seguinte.

SOUSA (1994) apresenta um estudo acústico sobre as nasais do PB no qual mostra argumentos sustentando as duas principais interpretações fonológicas das vogais nasais, ou seja, tanto poderiam se constituir de um único fonema, que se realizaria em diferentes fases (completamente ou em parte) devido às suas características articulatórias como ocorre com as africadas<sup>3</sup>, como poderiam se constituir de um *cluster* *v* + *N*, em que *N* se realizaria como um murmúrio coarticulado à vogal nasal (p.134).

ALBANO (1998), contestando a representação de processos fônicos através de escalas discretas, apresenta um modelo para a produção de fala que coloca o gesto articulatório<sup>4</sup>, ou seja, ações que envolvem vários articuladores (lábios, mandíbula, etc), como unidade lingüística.

Este modelo, conhecido como Fonologia Articulatória, tem como vantagem a possibilidade de se expressar “gradientes finos ou mesmo contínuos físicos” (p.4), por exemplo assimilações, enfraquecimentos e apagamentos de segmentos, como relações entre os gestos envolvidos nos processos fônicos, podendo se tornar uma questão de maior ou menor sobreposição desses gestos articulatórios. Porém, CLEMENTS (1992 *apud* ALBANO, 1998) argumenta ser duvidoso que um sistema representando gradientes tão próximos do nível físico seja capaz de representar distinções categóricas abstratas.

---

<sup>3</sup> As consoantes africadas e as pré-nasalizadas, chamadas de “segmentos de contorno”, embora sejam constituídas por eventos articulatórios diferentes (oclusão + fricção para as africadas e nasalização + oclusão para as oclusivas pré-nasalizadas) não são tratados pela literatura fonológica como dois segmentos, pois se comportam, nas línguas em que ocorrem, como uma unidade. (SOUSA, 1994:132)

<sup>4</sup> Segundo essa autora, gesto articulatório seria entendido como “uma oscilação que afeta simultaneamente o curso temporal de vários parâmetros articulatórios, denominados variáveis do trato, os quais determinam, por sua vez, as trajetórias dos articuladores. Essa oscilação pode ser modelada por um sistema massa-mola que especifica uma trajetória amortecida através de uma equação com os seguintes parâmetros: massa do objeto; amortecimento do sistema; rigidez e comprimento de repouso da mola; deslocamento, velocidade e aceleração instantâneas do objeto. A duração do gesto depende da maior ou menor rigidez da mola: quanto menor a rigidez, maior a duração. A magnitude do gesto depende da diferença entre o comprimento de repouso da mola e a posição inicial do objeto: quanto menor a diferença, menor a magnitude.” (p.3)

Um dos processos considerados como gradiente na Fonologia Articulatória é a nasalização. Tradicionalmente a nasalização de vogais é descrita da seguinte forma:

- (a)  $V \rightarrow \tilde{V} / \_ N$
- (b)  $N \rightarrow \emptyset / \tilde{V} \_$
- (c)  $\emptyset \rightarrow {}^N / \tilde{V} \_ C$

ALBANO (1998) cita os resultados apresentados por SOUSA (1994), salientando que as vogais nasais não se nasalizam de imediato, apresentando inicialmente uma configuração formântica próxima de uma vogal oral e ao final típica de uma vogal nasal. ALBANO mostra ainda que as regras tradicionais (b) e (c) se aplicam de forma gradiente e complementar, ou seja, se a vogal é longa, a nasal “intrusiva” (murmúrio nasal) pode não aparecer; aparecendo, terá uma duração inversamente proporcional à duração da vogal. No caso da nasalização, a Fonologia Articulatória “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 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”.

Assim, segundo a Fonologia Articulatória, as camadas correspondentes a variáveis do trato no caso da nasalização seriam: abertura vélica (AV) que especifica o gesto de nasalização; grau (GCCL) e lugar (LCCL) de constrição do corpo da língua que especificam o gesto vocálico; e abertura labial (AL) que especifica o gesto consonantal seguinte, que, no exemplo oferecido, é uma labial. E seria então nessa linha, ou melhor, através de pautas gestuais que a nasalização vocálica ocorreria.

Nosso objetivo com a apresentação destes estudos é mostrar que, independentemente da crença que se tenha sobre o *status* fonológico das vogais nasais do português brasileiro, os dados vão falar veementemente a favor de uma maior integração do vocabulário da Fonética com o da Fonologia. Esta pesquisa experimental com certeza norteará os pesquisadores que se aventurem a melhor definir as inter-relações entre esses dois campos.

### 1.5.2 Estudos Acústicos sobre a Nasalidade Vocálica em PB e em outras Línguas

Um dos grandes problemas encontrados pelos cientistas da fala, lingüistas e engenheiros da área de processamento da fala na tarefa de identificar e descrever corretamente os sons da fala para utilização em sistemas de comunicação homem-máquina é a grande variabilidade dos parâmetros ou propriedades acústicas que descrevem esses sons. Fatores, como contexto fonético, velocidade de fala, comprimento do trato vocal e até mesmo o estado emocional do falante, podem afetar a natureza acústica de um determinado som de fala.

Apesar disto, muito se tem feito nos últimos anos para se descobrir as pistas acústicas recorrentes de segmentos de fala, principalmente pela necessidade, hoje premente, de interação entre o homem e o computador. Uma das tentativas de caracterização de segmentos fônicos é a utilização de filtros com uma banda crítica baseada no sistema auditivo humano. E, como as características do ponto de articulação são mais sutis do que aquelas relacionadas ao modo de articulação e, muitas vezes, são fortemente afetadas pelas mudanças contextuais, a maior partes dos estudos atuais tem focalizado a descrição acústica de pistas “estáveis” para o ponto de articulação.

Com relação aos segmentos nasais, do ponto de vista articulatório, a nasalidade se dá com o abaixamento do *velum* e o acoplamento do trato nasal ao oral. Segundo DELATTRE (1954), os segmentos nasais consonantais apresentam diferenças marcantes em relação aos segmentos nasais vocálicos, não só do ponto de vista articulatório, mas também do ponto de vista acústico. A causa principal dessas diferenças seria a de que os sistemas de ressonância acústica se opõem, ou seja, enquanto as vogais são direcionadas para a cavidade bucal que está aberta, o murmúrio consonantal tem, como única saída, as cavidades nasais.

A nasalidade vocálica, ainda de acordo com DELATTRE (1954), pode surgir de duas formas:

- a) pelo simples abaixamento do véu palatino que junta as cavidades nasal e faringal, produzindo um amortecimento do primeiro formante vocálico (F1), dando a impressão de uma nasalidade menos forte;

- b) pelo abaixamento do véu palatino e ajuste do volume da pequena cavidade velar, produzindo não só o amortecimento de F1, mas também a anulação de harmônicos. Isso é o que ocorre com as vogais nasais do francês.

De acordo com HAWKINS (1985), FUJIMURA (1960), HOUSE & STEVENS (1956) e MAEDA (1982), a vogal nasal é produzida através de um acoplamento acústico entre as cavidades oral e nasal em um ponto localizado aproximadamente no meio do canal entre a glote e os lábios. O efeito desse acoplamento aparece na mudança das frequências naturais do trato vocal, ou seja, das frequências dos formantes da vogal não-nasal ocasionado pela inserção de um par de singularidades na função de transferência do trato vocal<sup>5</sup>. Assim a principal e mais consistente consequência dessa alteração do espectro acústico é o aparecimento de baixas frequências nas proximidades do primeiro formante (F1). Esses pares adicionais de singularidades podem resultar também no surgimento de vales no espectro (anti-formantes), abaixo ou acima da frequência original do primeiro formante.

HOUSE & STEVENS (1956) citam outras indicações da presença da vogal nasal:

- a) redução na amplitude do primeiro formante de várias vogais com aumento concomitante da largura de banda (ver nota 1 - seção 1.4) e deslocamento da frequência central dos formantes;
- b) redução na amplitude total da vogal;
- c) vários efeitos secundários no espectro, tais como: o surgimento de anti-ressonâncias, a eliminação do terceiro formante e irregularidades nos formantes com possível introdução de picos espectrais adicionais.

---

<sup>5</sup> A função de transferência que representa o trato vocal é modelada pelo quociente de dois polinômios função da variável complexa  $s$  (representa as frequências complexas). Os zeros dessa função são obtidos igualando-se o numerador a zero e extraindo-se as raízes correspondentes. Por sua vez, os pólos são obtidos igualando-se o denominador a zero e, da mesma forma, extraindo-se as raízes correspondentes. Pode-se designar indistintamente pólos e zeros por singularidades.

LADEFOGED & MADDIESON (1990) dizem que as vogais nasalizadas mais freqüentes são [ĩ, ã, ũ], as contra-partes das vogais orais mais freqüentes [i, a, u]. Para eles, a nasalização parece ser binária do ponto de vista fonológico, mas existem contrastes fonéticos entre a vogal oral, a fracamente nasalizada e a fortemente nasalizada em algumas línguas. Isto freqüentemente ocorre quando uma língua tem contraste entre a vogal oral e a vogal nasal e com vogais nasalizadas contextualmente quando adjacentes a uma consoante nasal.

COHN (1990, *apud* LADEFOGED & MADDIESON) compara o volume de saída de ar nasal na produção das palavras francesas *bonnet* [bɔnɛ], *nonnette* [nonɛt], *non-être* [nɔ̃nɛt], e mostra que existem diferentes graus de nasalidade nas três emissões. A vogal [ɔ] em [bɔnɛ] é oral antes de uma consoante nasal, a vogal [o] em [nonɛt] é consideravelmente mais nasalizada, mas não tanto quanto a vogal [õ] em [nɔ̃nɛt], uma vogal nasalizada fonologicamente.

Estes estudos também citam modificações adicionais nos espectros de altas freqüências. No entanto, essas alterações são descartadas, visto que muitas delas se devem mais às diferenças de falantes do que de vogais (nas altas freqüências, manifestam-se as diferenças individuais encontradas na anatomia da cavidade nasal dos falantes).

DELATTRE (1954) mostra que, nas vogais nasais do francês, há um desequilíbrio na intensidade dos dois primeiros formantes em favor do segundo. Assim, em intensidade F2 domina, resultando em uma maior percepção de freqüências mais altas. Este autor elaborou diversos experimentos com vogais não-nasais, mostrando que a atenuação de F1 em 12 dB da vogal [ɛ] fazia com que se percebesse já a nasalidade dessa vogal.

Outra observação de DELATTRE (1954) é a de que os primeiros formantes das vogais nasais têm praticamente a mesma freqüência para todas as vogais, estes seriam os primeiros formantes nasais (FN1). DELATTRE (*op. cit.*) também afirma que, para vogais nasais fechadas, como as encontradas no português, o que ocorre é o alargamento do formante sem mudança da amplitude total desse formante, isto é, o número de harmônicos aumenta e a amplitude de cada harmônico diminui.

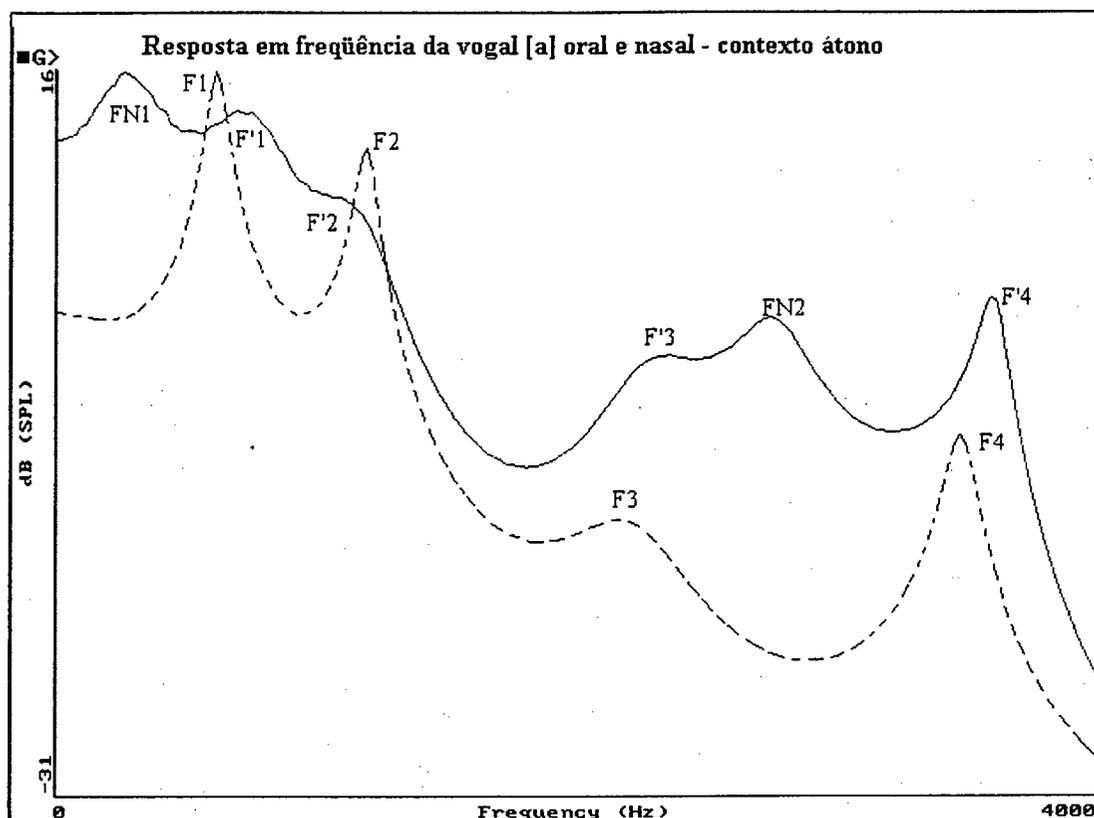


Figura 1.2 - Espectros da vogal [a]: nasal (linha contínua); não-nasal (linha tracejada).

DELATTRE (*op. cit.*) diz ainda que estes dois efeitos (atenuação e alargamento do formante) podem ser simultâneos. A alteração do terceiro formante das vogais não-nasais, não trouxe nenhum efeito perceptível.

Em resumo, a introdução de um par de zeros no espectro do sistema analisado nem sempre conduz a conclusões claras para o espectro do sistema analisado, porém um par de pólos adicionais promove um conseqüente alargamento da proeminência espectral em baixa frequência. Isto pode ser observado sempre que estivermos contrastando uma vogal nasal e uma não-nasal. Ou seja, em todos os espectros nasais, o pico do primeiro formante (F'1) será representado com menos proeminência se comparado aos espectros dos segmentos orais (ver Figura 1.2), através do preenchimento do vale do espectro pela influência do pólo abaixo ou acima do primeiro formante.

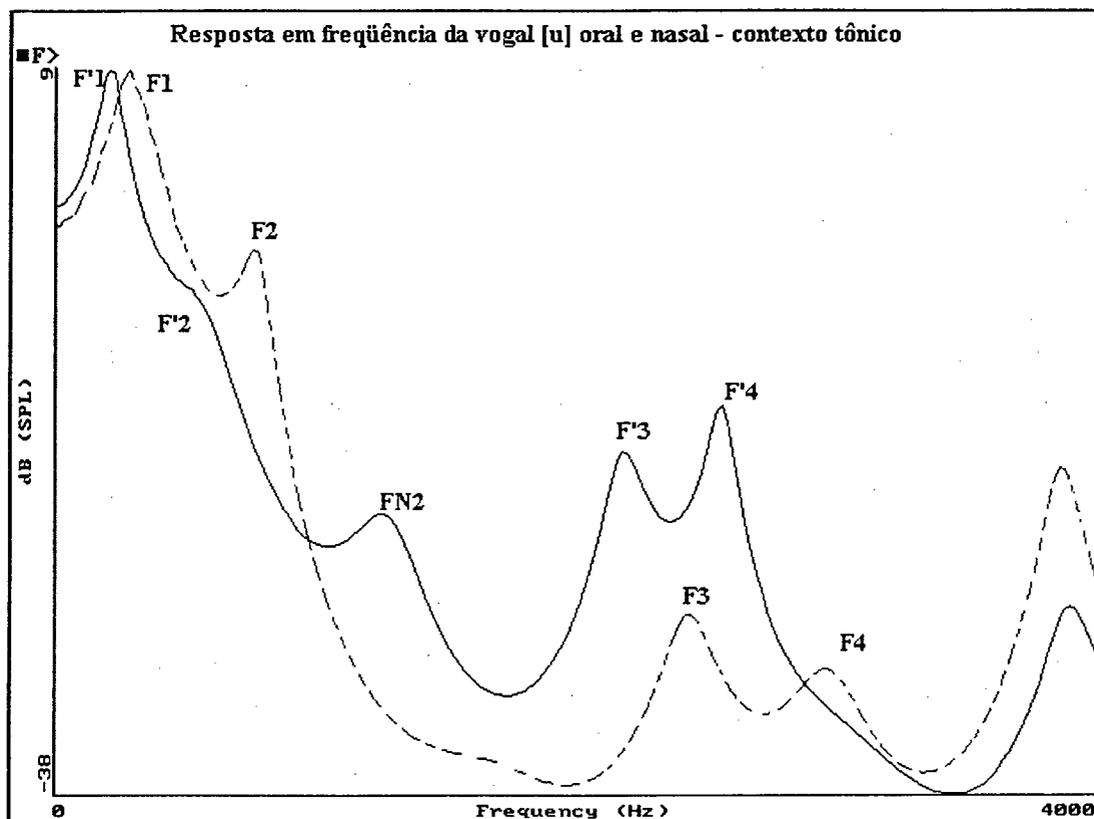


Figura 1.3 Espectros da vogal [u] nasal (linha contínua); não-nasal (linha tracejada).

Outro indicio que nos leva a caracterizar uma vogal como nasal seria o aumento da amplitude do seu terceiro formante com relação ao mesmo terceiro formante da não-nasal (ver Figura 1.3). Só que essas alterações resultam em nasalização de apenas algumas das vogais, como [i] e [u]. DELATTRE (*op. cit*) também conseguiu vogais nasais reforçando a energia na vizinhança da frequência fundamental.

Em CAGLIARI (1977), temos a nasalização de vogais associadas a graus de nasalização. Segundo LACERDA & STREVENSON (1956), o português teria dois diferentes graus de nasalização, um mais forte correspondendo às vogais nasais e outro mais fraco correspondendo às nasalizadas. LACERDA & ROSSI (1958, *apud* CAGLIARI, 1977) enfatizam também diferenças entre graus de nasalidade, comparando a fala de Lisboa com a do Rio de Janeiro. Eles citam a nasalização do português do Rio de Janeiro como mais forte do que a de Lisboa. Ainda, de acordo com CAGLIARI (1977), a identificação perceptual de diferentes graus de nasalidade é tarefa bastante complexa devido ao complicado relacionamento de fatores no processo de nasalização.

LACERDA & ROSSI (1958 *apud* CAGLIARI, 1977) declaram que, no português brasileiro, o *onset* da ressonância nasal coincide com o começo da articulação da vogal, enquanto, no português europeu, a vogal nasalizada tem um *onset* oral, começando o efeito da nasalização mais tarde. CLUMECK (1976 *apud* CAGLIARI, 1977) relata que dados do inglês americano e alguns do português brasileiro mostram o *onset* da nasalização precedendo o *onset* da vogal.

De acordo com CAGLIARI (1977), a grande maioria dos estudiosos do português (REED & LEITE, 1947; CÂMARA Jr, 1971; PONTES, 1972) aceitam a ocorrência de uma nasal homorgânica entre a vogal nasalizada e uma oclusiva (ver Cap. 1- secção 1.5.1 do presente estudo) e alguns deles interpretam a ocorrência dessa nasal como uma pré-nasalização da oclusiva. LIPSKI (1975 *apud* CAGLIARI, 1977) sugere que qualquer tipo de consoante pode ser pré-nasalizada quando precedida por uma vogal nasalizada em posição medial. HEAD (1964) explica que qualquer tipo de consoante pode ter uma homorgânica nasal precedendo-a, quando a nasal ocorre seguindo uma vogal nasalizada. Muitos pesquisadores estão de acordo que nenhuma consoante nasal homorgânica ocorre entre uma vogal nasalizada e uma consoante contínua (CÂMARA, 1971; PONTES, 1972). No entanto, WISE (1957 *apud* CAGLIARI, 1977) afirma que uma nasal labiodental homorgânica pode ocorrer no PB, precedendo uma fricativa labiodental.

Estudos experimentais mostraram que as nasais pós-vocálicas variam em duração no PB. Nasais homorgânicas são freqüentemente muito curtas em duração (aproximadamente 20 a 50 ms). Sendo assim reduzidas, as nasais homorgânicas são apenas audíveis, mesmo quando a palavra é falada isoladamente.

O papel acústico das cavidades maiores na produção da fala está bem compreendido, porém a influência das cavidades menores no espectro do sinal de fala é ainda muito pouco conhecida. Assim é necessário conhecer melhor os complexos mecanismos que integram as cavidades no trato vocal e como elas se inter-relacionam. Segundo CAGLIARI (1977), os movimentos da epiglote podem mudar a configuração do trato vocal de tal modo que uma cavidade lateral é formada entre a língua e a epiglote na parte mais baixa da faringe, introduzindo assim uma qualidade particular de vozeamento da fala. De acordo ainda com esse autor, o volume da cavidade

nasofaríngea pode ser modificado não somente pelo movimento vélico, mas também pela compressão das paredes laterais dessa cavidade. Essa mudança de volume deve ter conseqüências acústicas importante quando a nasofaringe é acoplada ao restante do trato vocal. CAGLIARI (*op. cit*) menciona a insuficiência de dados experimentais que descrevam exatamente como a cavidade nasofaríngea influencia a saída acústica da fala, embora se possa inferir as conseqüências acústicas advindas da modificação de volume da nasofaringe.

HOUSE (1957) apresenta as seguintes especificações de formantes para as consoantes nasais:

- F1 em torno de 200-300 Hz;
- F2 em torno de 1000 Hz;
- Anti-ressonâncias em torno de 1000 Hz para [m], de 3500 Hz para [n] e de 5000 Hz para [ŋ].

PAGET (1924 *apud* CAGLIARI, 1977) apresenta as seguintes ressonâncias para as consoantes nasais: 200 Hz, 600 Hz, 1300 Hz, 2400 Hz. HOUSE (1957) produziu consoantes nasais sintéticas com os seguintes valores formânticos: F1: 200 Hz; F2: 1200 Hz e F3: 2400 Hz.

De acordo com DELATTRE (1969), a vogal nasalizada é caracterizada por um F1 com baixa intensidade e com freqüência em torno de 500 Hz. A baixa intensidade de F1 é causada pelo efeito de amortecimento, quando o velum é abaixado e o ar passa através da cavidade nasal ou pelo efeito de cancelamento, isto é, por uma grande redução da amplitude dos harmônicos em zona de baixas freqüências (processo que ocorre com as vogais francesas). O efeito de amortecimento enfraquece a intensidade e aumenta a largura-de-banda dos harmônicos. Os efeitos de cancelamento e amortecimento podem ser responsáveis pelo F1 com amplitude reduzida nas vogais nasalizadas.

SCHWARTZ (1968, *apud* CAGLARI, 1977) apresenta as seguintes localizações de anti-ressonâncias para algumas das vogais nasais: [ã] em 2400 Hz; [ĩ] em 2100 Hz e [æ̃] em 1400 Hz. Para gerar naturalidade em sílabas sintéticas

envolvendo consoantes nasais e vogais orais, MÁRTONY (1964, *apud* CAGLARI, 1977) mostra que a vogal deve no mínimo começar nasalizada. Quando a vogal é [a], a nasalização vocálica inicial é crucial para gerar uma boa naturalidade, para [i] e [u], no entanto, a nasalização inicial é menos importante.

De acordo com CAGLIARI (1981: 72), a principal função do véu palatino quando abaixado “é colaborar na produção de consoantes nasais e segmentos nasalizados”. Os movimentos de abertura e fechamento do véu palatino parecem ter durações diferentes, ou melhor, evidências mostram que o véu palatino faz um movimento mais rápido para fechar a abertura velofaríngea do que para abri-la.

A literatura, baseada em experimentos perceptuais com falantes que tinham em seu sistema fonêmico o contraste vogal nasal e não-nasal e com aqueles que não tinham tal contraste, sugere que existem propriedades acústicas que são comuns a todas as vogais nasais independentemente da experiência lingüística, ou seja, são universais.

HAWKINS & STEVENS (1985), estudando os correlatos acústicos e perceptuais para a distinção entre vogais nasais e não-nasais, observaram que existe uma propriedade acústica básica de nasalidade que independe da vogal e da experiência lingüística. Existem outras propriedades acústicas que realçam o contraste entre uma vogal nasal e sua contra-parte não-nasal, embora essas últimas propriedades possam diferir para diferentes vogais e línguas. A propriedade básica seria o grau de proeminência do pico espectral na vizinhança do primeiro formante e as outras propriedades incluem as alterações da proeminência espectral em baixas frequências, mudando principalmente nas vogais altas e alterando o equilíbrio espectral total. Segundo esses autores, estudos envolvendo a manipulação direta do espectro de som mostraram que vogais são julgadas nasais quando o espectro é modificado nas baixas frequências e, algumas vezes, quando a amplitude do terceiro formante aumenta, porém somente em algumas vogais, conforme já ressaltado em DELATTRE (1954).

HATTORI, YAMAMOTO e FUJIMURA (1958) foram os primeiros a mostrar que, devido à introdução de pares de pólo-zero, quando do acoplamento do trato nasal ao oral, há um preenchimento de vales no espectro acima e abaixo da frequência

original do primeiro formante e conseqüentemente uma ampliação da região de freqüência nas proximidades do primeiro formante em oposição a uma proeminência espectral relativamente estreita para a vogal não-nasal. Todas essas alterações não parecem, no entanto, consistentes entre diferentes falantes e vogais. Isto é devido à substancial diferença na anatomia das cavidades nasais dos falantes.

KRAKOW & HUFFMAN (1993) colocam que muitos dos estudos acústicos sobre nasalização têm tido como objetivo a identificação de uma única propriedade espectral que caracterize as vogais nasais independentemente da identidade da vogal. Para isso, as propriedades espectrais de vogais nasais individuais têm sido observadas, a fim de se tentar encontrar características que sejam comuns a todas elas. As propriedades das vogais nasais são em geral descritas em termos de diferenças de suas contra-partes orais. Segundo esses autores, existem mudanças na freqüência e largura-de-banda dos formantes da vogal oral, quando ocorre a nasalização, principalmente na região em torno de F1 com a introdução no espectro de formantes adicionais e anti-formantes.

KRAKOW & HUFFMAN (*op. cit.*) colocam, como um dos estudos mais importantes sobre nasalização, a pesquisa de STEVENS & HOUSE (1956), na qual foi usado um dispositivo elétrico análogo ao trato vocal. Eles modelaram o acoplamento nasal e encontraram efeitos importantes sobre F1, tais como: amplitude reduzida, aumento da largura-de-banda e uma alteração ascendente na sua freqüência. Efeitos que são devido primeiramente à presença de um par adicional de ressonância-anti-ressonância na vizinhança de F1. A localização precisa das ressonâncias e anti-ressonâncias e o grau de alteração formântica variam com a qualidade da vogal. Evidências da presença dessas ressonâncias e anti-ressonâncias também foram encontradas em freqüências mais altas. Esses autores concluíram então que o acoplamento nasal alarga os picos espectrais e geralmente aplaina o espectro vocálico.

KRAKOW & HUFFMAN (1993) apresentam ainda os estudos de HATTORI, YAMAMOTO & FUJIMURA (1958) que examinaram as conseqüências espectrais da variação dos graus de nasalização de vogais produzidas por dois falantes japoneses. A principal característica observada foi uma ressonância em torno de 250 Hz

e uma anti-ressonância em torno de 500 Hz, com componentes adicionais fracos preenchendo os vales entre os formantes vocálicos.

KRAKOW & HUFFMAN (1993) ilustram alguns dos efeitos da nasalização das vogais /i/ em *bead* e *bean* e /ɪ/ em *bid* e *bin*. Esses efeitos também apareceriam nos espectros da vogal nasal /i/ do português brasileiro. Nos dados desses autores, foi percebido que, se o espectro da vogal /i/ em *bead* for comparado ao da mesma vogal em *bean*, pode-se ver nesse último mais energia espectral entre F1 e F2 do que naquele da palavra *bead*, sugerindo assim que em *bean* a porta velofaríngea está aberta, acoplando o trato nasal ao oral, resultando então em um formante adicional nesta faixa de frequências, que é o formante nasal. Na Figura 1.4, essas características podem ser observadas comparando-se os quadros E e G. Outro efeito, apontado por esses autores, ocorreu no espectro referente à última parte da resposta em frequência de /i/ em *bean*, que apresenta a amplitude dos harmônicos em decréscimo no entorno de 1500 Hz, enquanto ocorre um aumento na vizinhança de 700 Hz. Isto sugere a existência de um anti-formante no espectro.

KRAKOW & HUFFMAN (1993) relatam ainda que a maior parte dos estudos acústicos sobre nasalização de vogais tem geralmente se focalizado nos aspectos estáticos do sinal ao invés de se focalizar nos aspectos dinâmicos que trariam muito mais informações se as medidas espectrais fossem observadas no tempo. No entanto, uma representação dinâmica da nasalização pode ser derivada usando essencialmente medidas espectrais estáticas através de análises espectrais em intervalos regulares dentro do segmento de interesse. Um exemplo desse tipo de representação dinâmica é a Figura 1.4 (quadros F, G e H), na qual apresentamos três análises espectrais efetuadas em três momentos distintos da vogal nasal [ĩ].

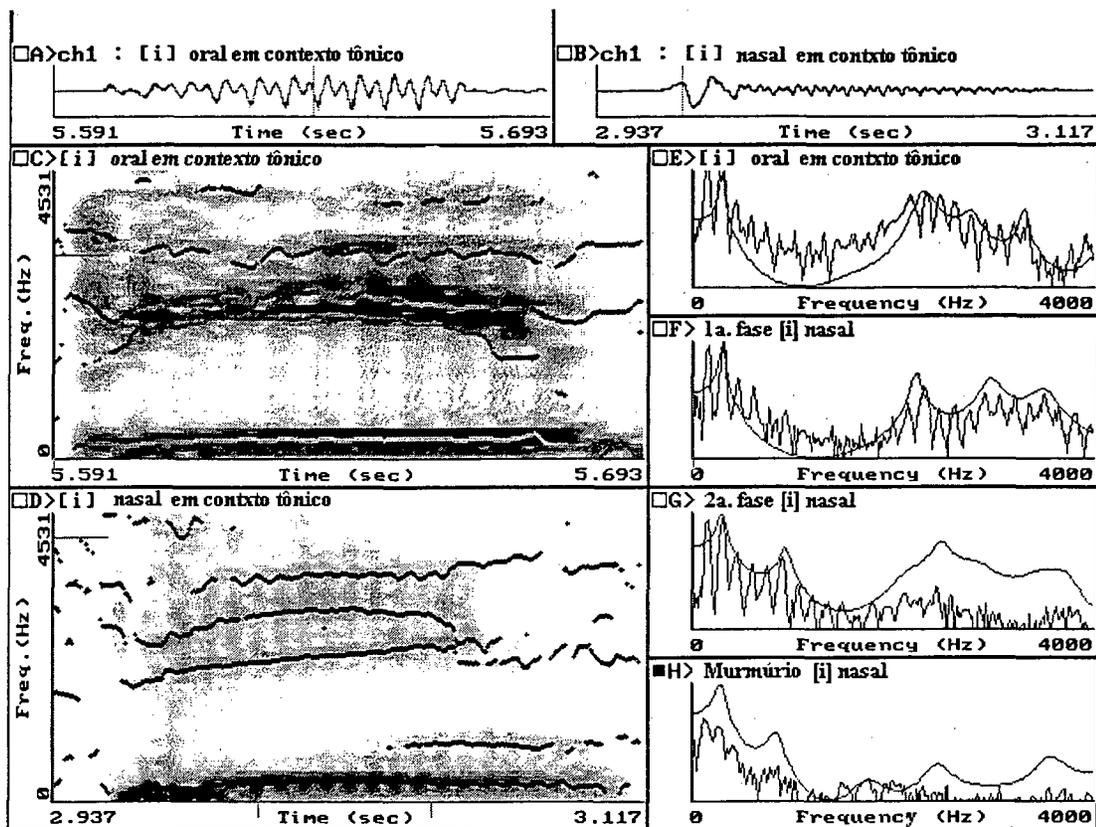


Figura 1.4 Análises espectrográficas da vogal /i/ oral e nasal do português brasileiro.

Uma técnica usando predição linear para a detecção de ressonâncias particulares em segmentos nasalizados é descrita por REETZ (1991) (*apud* KRAKOW & HUFFMAN (1993)). Essas ressonâncias estariam abaixo de 400 Hz. O algoritmo de REETZ envolve uma análise LPC com ordem alta, em passos de 12,8 ms, na parte vozeada da vogal. Essa análise deve utilizar filtros com ordem alta, para que seja possível detectar ressonâncias nasais muito próximas a F1 em frequência. As análises LPC com filtros de baixa ordem usadas em estudos de propriedades vocálicas encontrariam somente um formante na região de frequência em torno de F1, mesmo que um formante adicional estivesse presente próximo a F1, pois ele seria tomado como parte de F1. O algoritmo de REETZ identifica uma ressonância referente ao seio nasal que, porém, não variará em frequência com as mudanças de abertura velofaríngea, esta medida então não fornece pistas sobre as diferenças nos graus de nasalização, não nos fornecendo maiores informações sobre as mudanças no eixo do tempo.

Segundo QI & FOX (1992), até recentemente, as técnicas para análise de fala têm sido construídas com modelos de predição linear para sistemas só-pólos. O objetivo maior desses estudos tem sido a extração de pistas acústicas confiáveis das características da fala. Muitos deles procuram caracterizar acusticamente o ponto de articulação das consoantes nasais. (QI & FOX (1992), JONHSON (1997), dentre outros). Por outro lado, sabe-se, em relação a essas consoantes, que a presença do ressoador nasal e o bloqueio da cavidade oral introduz uma anti-ressonância (zero) no espectro desses segmentos. Assim, essa anti-ressonância poderia ser utilizada para identificar o ponto de articulação de consoantes nasais, porque a frequência da anti-ressonância é determinada pela dimensão do ressoador nasal.

Nos estudos de QI & FOX (1992), vê-se que a frequência de anti-ressonância é mais baixa para /m/ do que para /n/ porque, em /m/, a cavidade oral anexada à cavidade nasofaríngea é maior do que em /n/. Porém surgem algumas dificuldades associadas a essas análises, tais como: ausência de proeminência do vale espectral e significativo amortecimento da energia nas altas frequências do espectro nasal.

HERMANSKY (1986 *apud* QI & FOX (1992)) propõe uma nova técnica, chamada Predição Linear Perceptual (PLP) na qual a transformação espectral é baseada nas características do sistema de audição. Como existem dificuldades para a extração da frequência central das anti-ressonâncias, o autor baseou-se na conjectura de que as perturbações espectrais introduzidas pelas anti-ressonâncias são mais convenientes e efetivas do que a extração exata da frequência das anti-ressonâncias para caracterização do ponto de articulação das consoantes nasais. Essas perturbações espectrais ocorrem em diferentes faixas de frequência para diferentes consoantes nasais devido às diferenças quando anexada a cavidade oral. Por exemplo, existe uma redução de energia relativamente ampla em médias frequências (1000 - 2000 Hz) dentro do murmúrio nasal de /n/ que não é tão aparente para /m/.

Dessa forma, usando o método PLP, que é baseado no sistema auditivo humano, pólos do espectro transformado caracterizam e diferenciam as consoantes nasais. O autor usa um filtro de 5ª ordem para que dois pares de pólos conjugados estejam disponíveis em cada "frame" do sinal.

QI & FOX (1992) usam também, a partir de HERMANSKY (1986), parâmetros perceptuais para a caracterização das consoantes nasais, utilizando o murmúrio da consoante como identificador do ponto de articulação de /m/ e /n/, e concluem que a frequência do 2º pólo da análise PLP é a característica dominante para a diferenciação das consoantes nasais /m/ e /n/, sendo de 1740 Hz para /m/ e de 2062 Hz para a consoante /n/.

A análise de segmentos nasais sintetizados pode nos dar indícios das características mais confiáveis desses segmentos. Nesses casos, essas características são introduzidas artificialmente a fim de observarmos, através de testes perceptivos, se a nasalidade é ou não percebida. Exemplos desses tipos de análises são: a pesquisa de DELATTRE (1954) que produziu vogais nasais, reforçando a energia na vizinhança da frequência fundamental; a pesquisa de TAKENCHI *et al.* (1974,1975) que adicionou pares de pólos e zeros no espectro de fala natural em torno do primeiro formante em várias frequências e obteve um grande número de julgamentos nasais; e o aumento da amplitude do terceiro formante, levando também ao aumento dos julgamentos da nasalidade, neste caso, somente para algumas vogais.

Para o português brasileiro, encontramos poucos estudos relacionados ao aspecto articulatório das vogais nasais. O mais conhecido deles é o de MATTA MACHADO (1981) que elaborou uma pesquisa baseada em filmes cine-radiográficos a partir dos quais apresenta um modelo das relações articulatórias entre as unidades vocálicas do português do Rio de Janeiro. Esse modelo articulatório leva em consideração o lugar de estreitamento máximo do conduto vocal, o estreitamento bucal, os movimentos do véu do palato e a posição dos lábios.

Através dessa pesquisa, esta autora conclui que as vogais nasais distinguem-se de suas contra-partes orais pelos seguintes fatos articulatórios (MATTA MACHADO, 1993:120):

- a) abaixamento do véu do palato, que adota uma posição curva, descontraída;
- b) redução da cavidade bucal;

- c) redução da cavidade faríngea, para as vogais [ĩ], [ẽ] e [õ] e aumento desta cavidade para [ẽ] e [ũ];
- d) contração da parede da faringe;
- e) longa duração.

Outras duas conclusões dessa autora concernentes às vogais nasais são que a configuração da faringe tem papel importante na articulação das vogais nasais e a labialização é fator determinante para a distinção articulatória entre [õ] e [ẽ].

SOUSA (1994) realizou um estudo acústico das vogais nasais do português brasileiro, caracterizando essas vogais através da extração de formantes e da duração em relação às suas contra-partes orais. Nesse estudo, temos as vogais nasais compostas de três momentos distintos: uma vogal oral, seguida por uma breve fase transicional em que a nasalidade se sobreporia à vogal, terminando em um murmúrio nasal. SOUSA ainda cita que “este murmúrio seria bastante coarticulado à vogal, não apresentando sinais aparentes de transições para um ponto de articulação consonantal”.

### 1.5.3 Segmentos Tônicos *versus* Não-Tônicos

Como analisamos as vogais em diferentes contextos de tonicidade, salientaremos os principais aspectos dos segmentos tônicos em relação aos não-tônicos, apresentados por SLUIJTER & van HEUVEN (1996).

Estes autores fizeram um estudo sobre sílabas acentuadas e não-acentuadas e mostraram que, embora a intensidade seja colocada como um confiável correlato acústico de acento, ela é geralmente considerada como uma pista fraca na percepção de acento lingüístico. Seus resultados revelaram que as diferenças de intensidade que podem ser relacionadas ao acento da sílaba estão localizadas principalmente acima de 500 Hz, levando a uma mudança no equilíbrio espectral, enfatizando as frequências mais altas para vogais acentuadas.

Na fala natural, as sílabas acentuadas são produzidas com maior esforço vocal. Sabe-se que, se um falante produz mais esforço vocal, as mais altas frequências

aumentam mais do que as mais baixas. Essas alterações de intensidade em regiões mais altas são causadas muito mais por um aumento do esforço fisiológico do que por uma alteração das frequências formânticas devido ao acento. A duração mostrou-se como o mais confiável correlato do acento. A intensidade total e a qualidade vocálica se mostram como pistas mais pobres. O balanço espectral<sup>6</sup>, contudo, revelou-se uma pista confiável, quase com o mesmo peso da duração. Segundo esses autores, o contorno de *pitch* não deveria ser considerado um correlato acústico do acento.

Seus resultados mostraram que as diferenças de intensidade entre vogais acentuadas e não-acentuadas concentram-se principalmente nas bandas de frequências mais altas<sup>7</sup>, acima de 500 Hz, aumentando, em sílabas acentuadas, de 5 a 10 dB.

---

<sup>6</sup> Segundo esses autores, balanço espectral seria a distribuição de intensidade entre os formantes vocálicos, ou seja, as diferenças de intensidade em diferentes bandas de frequência.

<sup>7</sup> Sluijter van Heuven (1996) analisaram três diferentes bandas de frequência: de 0 a 500 Hz, de 1000 a 2000 Hz e de 2000 a 4000 Hz.

**METODOLOGIA PARA A ANÁLISE  
ACÚSTICA E PERCEPTUAL**

**2.1. INTRODUÇÃO**

A análise acústica de um segmento fonético particular requer muitos cuidados, principalmente quando essa análise parte da fala natural, ou seja, quando os parâmetros em análise são extraídos da fala natural de nativos de uma determinada língua. Um dos cuidados requeridos é com relação ao *corpus* a ser gravado para a efetivação das análises. Isto ocorre, pois em determinado momento provavelmente teremos de fazer certas inferências a partir dos dados coletados que deverão estar o mais possível relacionadas àquilo que queremos demonstrar. Assim um dos principais problemas com relação, por exemplo, à extração de frequências formânticas é o contexto anterior e posterior ao segmento-alvo que pode muitas vezes alterar significativamente os valores desses dados.

## 2.2. CONSTITUIÇÃO DO CORPUS E INFORMANTES

Nossas análises avaliaram os seguintes parâmetros acústicos:

- 1) frequências dos formantes nasais e orais com suas respectivas amplitudes e, em alguns casos, larguras-de-banda;
- 2) região de frequência dos anti-formantes;
- 3) duração.

Elaboramos um *corpus* (ver pág. 40) para controlar também o contexto seguinte e a tonicidade da sílaba em que se encontrava o segmento-alvo (em análise). Para que não tivéssemos interferência do contexto anterior, todos os segmentos-alvo (vocálicos) foram antecidos pela consoante oclusiva bilabial surda [p], consoante que menores alterações formânticas provoca, sendo bastante utilizada em *corpora* para sistema de texto-voz.

Como nossas análises pretendiam possibilitar o contraste entre segmentos vocálicos orais e nasais em contextos semelhantes e para que pudéssemos fazer as medidas de duração com mais precisão, inserimos, como contexto posterior aos segmentos-alvo, as consoantes oclusivas orais surdas [p], [t], [k]. A escolha da inserção dos segmentos-alvo entre consoantes oclusivas se deve à relativa facilidade de identificação dessas consoantes em um espectrograma. Essa sistematicidade foi utilizada nos dois contextos de tonicidade: tônico e átono. Salientamos, no entanto, que o contexto átono é referente somente à posição pré-tônica, já que as vogais nasais em posição pós-tônica seriam encontradas, na maior parte dos casos, em verbos e se reduziriam a apenas três vogais. Entretanto, para que não aumentássemos excessivamente o número de sílabas das palavras, o que poderia influenciar as medidas de duração, preferimos eliminar tal contexto de tonicidade.

Cinco falantes do português brasileiro, nascidos em Santa Catarina, do sexo masculino, com idades entre 22 e 48 anos, sem nenhum defeito aparente de fala ou escuta, leram uma lista aleatória de palavras com as vogais orais [a, e, i, o, u], as vogais nasais correspondentes [ɐ, ẽ, ɨ, ɔ, ʊ] e com as consoantes nasais [m, n, ɲ] nos dois contextos de tonicidade: tônico e átono (pré-tônico).

Nossos informantes foram:

- JF:** 22 anos, nível superior incompleto, natural e residente em Florianópolis.
- RJ:** 23 anos, nível superior completo, natural e residente em Florianópolis.
- RF:** 35 anos, nível superior completo, natural de Tubarão e residente em Florianópolis desde um ano de idade.
- AN:** 48 anos, nível superior completo, natural e residente em Florianópolis.
- RS:** 48 anos, nível superior completo, natural e residente em Florianópolis.

### 2.2.1 Amostra de Fala

A amostra de fala consistiu de palavras reais e de pseudo-palavras (em alguns dos casos, os contextos anterior e posterior projetados para este estudo não permitiram a introdução de palavras reais). As sílabas que continham o segmento-alvo eram do tipo CV, todas iniciadas pela consoante oclusiva bilabial surda /p/ e o segmento-alvo era seguido pelas consoantes oclusivas surdas /p, t, k/ na sílaba seguinte.

Analizamos esses segmentos em contexto de palavras inseridas na frase-veículo: *Digo \_\_\_\_\_ pra ele*. Esse procedimento tem a vantagem de reduzir os efeitos de natureza prosódica, como entonação ou a leitura dita em “forma de citação”. Tentamos, dessa maneira, controlar as possíveis variáveis resultantes desses efeitos.

Foram coletadas nove elocuições de cada dado e, para se evitar os efeitos transitórios de “borda”, desprezamos a primeira e a última elocução sendo então aproveitadas para estudo somente as sete intermediárias.

### 2.3. GRAVAÇÕES E ANÁLISES

As gravações e análise de fala foram elaboradas com o auxílio de um software de áudio-processamento bastante flexível, o Computerized Speech Lab, (CSL), modelo 4300B da KAY ELEMETRICS, projetado para fornecer uma ampla variedade de operações de análise de fala<sup>1</sup>. Essas operações compreendem aquisição dos dados, exibição gráfica, incluindo forma-de-onda, espectros FFT, respostas de filtros LPC, espectrogramas. Este programa também possibilita a manipulação e síntese de parâmetros através de filtragens. Foram usadas macro-instruções para facilitar as análises, já que os passos para as análises eram praticamente os mesmos em um grande número de dados.

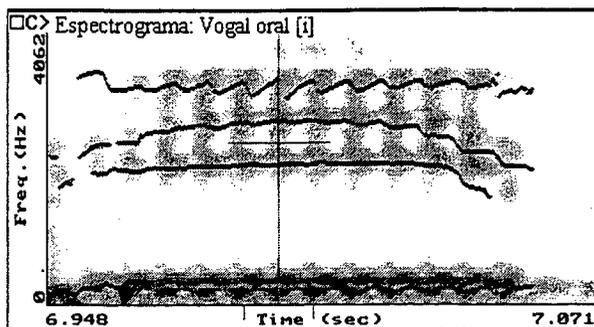
As gravações dos dados com os cinco informantes foram feitas em uma sala sem ruído, com uma taxa de amostragem de 10 kHz, 16 bits e MONO. Para a extração do parâmetro duracional, foram elaboradas análises oscilográficas e espectrográficas. Para a identificação de prováveis regiões de frequências de anti-formantes e extração das frequências dos formantes com suas respectivas intensidades foram realizadas análises espectrais FFT e de respostas de filtros LPC. Na extração da largura de banda dos formantes em estudo, utilizamos o software ASL - Analysis Synthesis Laboratory - modelo 4304 também da KAY ELEMETRICS.

A medição dos formantes (frequência e amplitude), usando a Transformada de Fourier através de um algoritmo FFT (fast Fourier transform), janela de HAMMING, tamanho do quadro variável entre 512 e 1024 pontos, incluindo ou não mais detalhamento na extração formântica, foi feita da seguinte maneira:

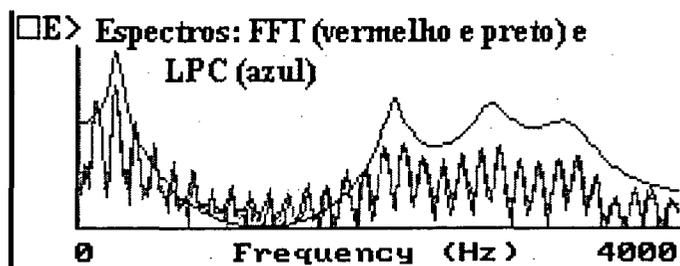
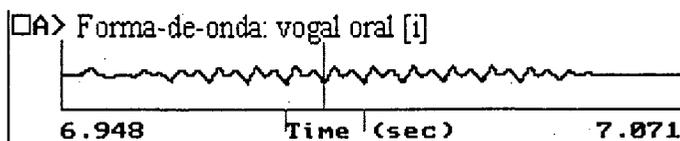
- i) verificamos primeiro visualmente através de espectrogramas (banda larga) que região parecia mais “estável” no interior do segmento-alvo;

---

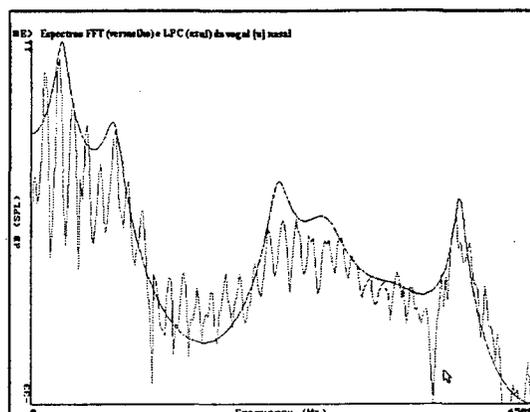
<sup>1</sup> Este *software* se encontra no Laboratório de Fonética Acústica da Universidade Federal de Santa Catarina.



- ii) em seguida, usamos a sobreposição de dois espectros FFT, um relacionado a dois pulsos glotais no interior do segmento-alvo e o outro a um ponto entre esses dois pulsos glotais. Quando os dois espectros eram aproximadamente equivalentes (picos espectrais mais ou menos na mesma frequência), esses dados eram coletados.



Para verificar o descasamento de pólos e assim tentar identificar as regiões de anti-formantes, aplicamos uma análise de Predição Linear (LPC) com filtros de 12ª ou 14ª ordem (projetando assim 6 ou 7 pólos complexos) sobre uma análise FFT. Quando ocorria uma região em que o espectro FFT apontava para um vale muito pronunciado que a análise LPC não conseguia representar, essa região era tida como área provável de anti-formantes.



Nas medidas de duração, tomamos como ponto inicial da vogal aquele em que verificamos a ausência de coarticulação entre a consoante e a vogal; e o ponto final, correspondendo ao último pulso regular da vogal ou do murmúrio, no caso de vogais nasais. Para as medidas da duração das diferentes fases da vogal nasal, utilizamos as indicações das modificações nos formantes, aparentes nos espectrogramas e na audição de cada fase.

As medidas de intensidade para todos os formantes (orais e nasais) foram extraídas conforme eram apresentadas pelo programa de análise. Para efeito de comparação entre as amplitudes dos formantes, foi necessária uma normalização. Os valores de intensidade dos formantes foram obtidos através do seguinte procedimento:

$$\text{InFxn} = \text{InFx} - \text{InF1}$$

onde:

InFx= valor da intensidade do formante x;

InFxn= valor normalizado da intensidade do formante nasal x;

InF1= valor da intensidade do primeiro formante oral (formante com maior intensidade).

Assim por exemplo, se a intensidade de F1 (InF1) extraída fosse igual a 53,41 dB e a intensidade de F2 (InF2) igual a 47,61 dB, teríamos:

$$\text{InF2n} = 47,61 - 53,41$$

$$\text{InF2n} = -5,80$$

Isto quer dizer que a amplitude de F2 está 5,80 dB abaixo da amplitude de F1. Através deste procedimento, poderemos comparar as medidas de amplitude entre si.

## 2.4. CORPUS PARA A ANÁLISE DA NASALIDADE DAS VOGAIS

### 2.4.1 Contexto Tônico:

Vogais Orais	Vogais Nasais
pa	pã
pê	pẽ
pi	pĩ
pô	põ
pu	pũ

[p] ___ [p]		[p] ___ [t]		[p] ___ [k]	
pápa	pampa	pata	panta	paca	panca
pêpa	pempa	pêta	penta	pêca	penca
pipa	pimpa	pita	pinta	pica	pinca
pôpa	pompa	pôta	ponta	pôca	ponca
pupa	pumpa	puta	punta	puca	punca

### 2.4.2 Contexto Átono Pré-tônico:

[p] ___ [p]		[p] ___ [t]		[p] ___ [k]	
papádo	pampádo	patado	pantado	pacada	pancada
pepádo	pempádo	petado	pentado	pecada	pencada
pipádo	pimpádo	pitado	pintado	picada	pincada
popádo	pompádo	potado	pontado	pocada	poncada
pupádo	pumpádo	putado	puntado	pucada	puncada

## 2.5. CORPUS PARA A ANÁLISE DAS CONSOANTES NASAIS [m, n, ɲ]

### 2.5.1 Contexto Tônico (palavras reais):

[m]	[n]	[ɲ]
mata	nata	banhado
mesa	caneta	canhedo
mito	Anita	ranhido
moço	nome	canhoto
muda	numa	sanhudo

### 2.5.1 Contexto Átono Pós-tônico:

Como, para analisar as consoantes nasais em contexto átono pré-tônico, teríamos de inseri-las em configurações fonotáticas inaceitáveis em português, não pudemos avaliar comparativamente tais consoantes nesse contexto de tonicidade. Apresentamos então resultados referentes ao contexto tônico e a alguns contextos pós-tônicos, conforme podemos ver a seguir:

[m]	[n]	[ɲ]
tâmara		cânhamo
química		tínhamos
túmulo	cânula	

## 2.6 TESTES PERCEPTUAIS

O conjunto de estímulos sintetizados para os testes de escuta foram elaborados através da manipulação de espectros de fala em que se tentou gerar vogais nasais com:

- 1) vogal oral tendo, através de filtragem, seu primeiro formante bastante atenuado;

- 2) vogal nasal sem a fase do murmúrio;
- 3) vogal oral seguida pelo murmúrio vocálico de sua contra-parte nasal;
- 4) vogal oral seguida pelo murmúrio vocálico de outra vogal nasal.

Intercalamos, entre os dados sintetizados, vogais orais e nasais correspondentes às vogais em estudo. As gravações foram feitas diretamente no CSL e os ouvintes escutaram-nas, através de fones de ouvido conectados ao CSL.

Os testes consistiram de estímulos do tipo V que eram ouvidos duas vezes antes da resposta. A tarefa dos ouvintes era identificar as vogais segundo uma escala variável de 1 a 6, correspondendo a:

- 1 ⇔ oral,
- 2 ⇔ ± oral,
- 3 ⇔ - oral,
- 4 ⇔ - nasal,
- 5 ⇔ ± nasal,
- 6 ⇔ nasal.

Essas respostas eram nominais e posteriormente transformadas em sua forma numérica correspondente. Além dessas respostas, os ouvintes também deveriam perceber se, no segmento ouvido, havia falta de naturalidade, através de respostas do tipo: + natural ou - natural.

O objetivo dos testes de escuta era determinar principalmente:

- 1) se o abaixamento de F1 já trazia alguma coloração nasal para a vogal;
- 2) se a fase do murmúrio auxilia na ênfase da nasalidade;
- 3) se a vogal oral seguida pelo murmúrio da sua nasal correspondente, parece uma nasal com naturalidade ou não;
- 4) se a vogal oral seguida pelo murmúrio de outra vogal também se apresenta como nasal com naturalidade ou não.

Os testes foram informais e administrados em 5 ouvintes sem nenhum defeito aparente de escuta e nenhuma experiência lingüística formal em transcrição fonética ou conhecimento semelhante. No entanto, para esses testes, os ouvintes foram esclarecidos sobre o tipo de som que iriam analisar. Fizemos inicialmente pré-testes com vogais nasais e orais, observando a capacidade dos ouvintes de discernimento entre esses sons limítrofes.

## 2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

### 2.7.1 Introdução

Quando se tem uma enorme quantidade de dados para analisar, a aproximação estatística é bastante útil. Ela funciona como um instrumento de descrição ou de tomada de decisão. Através dos métodos estatísticos, podemos detectar e descrever modelos e tendências em distribuição de valores a fim de se obter uma avaliação representativa de determinados processos que envolvem os estudos que objetivamos desenvolver. Ou podemos, a partir de testes de hipóteses, fazer inferências de pequenas amostras para populações maiores com alto grau de segurança. A Fonética Acústica se enquadra perfeitamente nessa classe de fenômenos, pois apresenta uma grande quantidade de dados que tratados, através do uso de ferramentas estatísticas, permitem a extração de relevantes informações sobre variados processos. Para os cálculos de natureza estatística, foram utilizados os *softwares* STATISTICA 5.1 para *Windows* da Stat Soft e o SUPERANOVA para *Macintosh*.

Em nosso estudo, analisamos os seguintes parâmetros acústicos: freqüência fundamental, quatro formantes orais e dois nasais com suas respectivas amplitudes, duração de cada segmento analisado bem como da sílaba em que se insere o segmento-alvo e do silêncio que o segue e duração de cada uma das três fases para as vogais nasais. Foram levados em consideração três contextos consonantais seguintes: [p], [t] e [k] e dois contextos de tonicidade: tônico e pré-tônico. Foram analisadas sete de nove repetições de cada elocução por informante para um total de 5 informantes.

Assim se multiplicarmos o número de repetições (7) pelo número de parâmetros acústicos a analisar (19 para os segmentos nasais e 12 para os segmentos orais) nos diferentes contextos ( $3 \times 2$ ) para os informantes testados (5), teremos, para cada segmento fonético avaliado, 3990 dados a avaliar para os segmentos nasais e 2520 para os orais. Como analisamos cinco vogais orais e cinco nasais, teremos coletado aproximadamente 32.500 dados (sem incluímos aqui os dados referentes às consoantes nasais).

Dessa forma, torna-se imprescindível a realização de um adequado tratamento estatístico para que se possa em uma primeira etapa ter uma visão geral do comportamento desses parâmetros, permitindo resumir e analisar uma série de dados, através de medidas de posição: média ou mediana e de medidas de dispersão: desvio padrão e variância. E, ao final, verificar as relações entre os diferentes parâmetros e sua validade como pista acústica característica de determinado segmento fonético ou de determinado contexto, através dos coeficientes de correlação e testes de hipóteses. Assim descreveremos brevemente os procedimentos estatísticos utilizados, tentando mostrar como devem ser interpretados.

### 2.7.2 Média e Mediana

A média e a mediana são medidas de tendência central. A média aritmética simples ( $\bar{X}$ ) é calculada, somando-se todos os elementos do conjunto e dividindo-se o resultado pelo número de elementos somados. Ela exprime uma medida estatística de posição das mais usadas. Porém, quando queremos conhecer o valor típico de um determinado conjunto, a mediana é a medida de posição mais adequada, pois não é afetada pelos valores extremos da série como ocorre com a média.

A mediana ( $M_d$ ) é um valor mais robusto, já que ela é obtida pelo ponto acima ou abaixo do qual ocorrem 50% dos valores da distribuição, ou seja, é o termo central de uma seqüência de números colocados em ordem crescente ou decrescente.

Quando a distribuição de frequências de uma série de observações é simétrica, os valores da média e da mediana coincidem. Quando a média é maior do que a mediana, a distribuição tem inclinação positiva, ou seja, na parte direita. Quando, no entanto, a média é menor do que a mediana, a distribuição tem inclinação negativa, ou seja, na parte esquerda.

A média foi utilizada para todos os parâmetros analisados e a mediana principalmente para os parâmetros que em princípio se teria como muito variáveis como aqueles relacionados à consoante nasal [ɲ].

### 2.7.3 Desvio-Padrão

O desvio-padrão é uma medida de dispersão absoluta, enquanto o coeficiente de variação é uma medida de dispersão relativa. Dispersão é o dimensionamento das diferenças entre cada elemento do conjunto de dados e sua média aritmética.

O desvio-padrão,  $\sigma$  (da população) ou  $S$  (da amostra), representa a variabilidade média de uma distribuição, pois ele expressa a média das discrepâncias (desvios) com relação à média do conjunto. Pode ser determinado diretamente através da extração da raiz quadrada da variância do conjunto.

Se duas séries de observações têm a mesma média e desvios-padrão diferentes, a série com desvio-padrão maior terá uma distribuição mais aberta do que a com desvio-padrão menor.

Com os valores de desvio-padrão e média, determinamos a proporção mínima de observações que se encontram dentro de um determinado número de desvios-padrão:

- $X \pm 1.S \Rightarrow$  entre 60% e 80% das observações estão contidas dentro de um desvio-padrão em torno da média. Em distribuições simétricas, poderemos ter 70% e, em distribuições assimétricas, 90%.
- $X \pm 2.S \Rightarrow$  para distribuições simétricas, teremos 90% das observações contidas dentro de dois desvios-padrão em torno da média. Em distribuições assimétricas, aproximadamente 100%.

- $X \pm 3.S \Rightarrow$  teremos aproximadamente 100% das observações contidas dentro de três desvios-padrão em torno da média.

Desvio-padrão foi calculado para todos os dados avaliados e apresentado nas tabelas tanto dos dados médios quanto individuais.

#### 2.7.4 Coeficiente de Variação

O desvio-padrão têm duas características importantes:

- 1) distribui-se homogeneamente ao redor da média;
- 2) é uma medida absoluta.

Assim, como é uma medida de dispersão absoluta, não permite comparar as medidas de dispersão de duas ou mais séries de observações. Nesse caso, definem-se medidas de dispersão relativas denominadas coeficiente de variação (CV) (com base no desvio-padrão).

$CV_{amostra}$  é igual à divisão do desvio-padrão pela média da amostra. O coeficiente de variação dá o número de desvios-padrão por unidade de média. A série que tiver menor CV, terá menor dispersão.

O coeficiente de variação foi apresentado para todos os dados. Nele nos baseamos para verificar a consistência dos mesmos. Considerando dados bastante consistentes aqueles que apresentavam um coeficiente de variação inferior a 10%, e apenas consistentes aqueles com coeficiente de variação entre 10% e 25%.

#### 2.7.5 Coeficiente de Correlação

O coeficiente de correlação ( $r$  de Pearson) mede o sentido e a força da relação linear entre duas séries de observações. Ele foi proposto para facilitar a interpretação do valor da covariância (outra medida de tendência e força entre séries) e eliminar a sua unidade de medida. Apresenta as seguintes características:

- 1) seus valores estão limitados entre  $-1$  e  $+1$ , isto é,  $-1 \leq r_{xy} \leq +1$ ;
- 2) é um valor único para a população ou amostra, tomando cuidado de usar dados coerentes;
- 3) o coeficiente de correlação padroniza a covariância.

Os valores dos coeficientes de correlação devem ser interpretados da seguinte maneira<sup>2</sup>:

- Séries com  $r = +1$ , são perfeitamente correlacionadas positivamente. Todos os pares de valores das observações estão contidos numa mesma reta de declividade positiva.
- Séries com  $r = +0,95$ , correlação positiva forte, a maior parte dos pares de valores das observações estão próximas de uma reta com declividade positiva.
- Séries com  $r = +0,50$ , correlação positiva moderada.
- Séries com  $r = +0,10$ , correlação positiva fraca. A maior parte dos pares de valores das observações estão afastadas de uma reta. Os pares de valores formam uma nuvem, sugerindo alguma tendência de declividade positiva.
- Séries com  $r = 0$ , ausência de correlação. Todas as observações estão afastadas da reta, formando uma nuvem sem nenhum sentido ou declividade.
- Séries com  $r = -0,10$ , correlação negativa fraca.
- Séries com  $r = -0,50$ , correlação negativa moderada.
- Séries com  $r = -0,95$ , correlação negativa forte.
- Séries com  $r = -1$ , correlação negativa perfeita. Perfeita relação linear entre as observações.

Valores do coeficiente de correlação tendendo a  $-1$  ou  $+1$  não implicam necessariamente em uma relação causa-efeito, uma possível explicação para a existência de correlação sem causa-efeito seria a possibilidade de existir um fator oculto não observado influenciando os dados. Se quisermos verificar se a associação obtida entre  $X$  e  $Y$  existe de fato na população e não resulta de mero erro amostral, ação do acaso, é preciso aplicar um teste de significância, estabelecendo a hipótese de que não existe correlação na população:

---

<sup>2</sup> Segundo a classificação de LEVIN (1987)

$$H_0 \Rightarrow r = 0$$

$$H_1 \Rightarrow r \neq 0$$

Para testarmos a significância do  $r$  de Pearson, usamos os próprios valores de  $r_{\text{observado}}$  aos níveis de significância desejados e recorremos a uma tabela especial para a verificação dos valores críticos (tabelados) de  $r$  com o nível de significância desejado.

Se  $r_{\text{observado}} < r_{\text{crítico}}$ ,  $H_0$  é aceita;

Se  $r_{\text{observado}} \geq r_{\text{crítico}}$ ,  $H_1$  é aceita, ou seja, aceitamos que existe correlação na população.

Quanto maior for a amostra, melhor, pois o coeficiente de Pearson pode ser comprometido se tivermos amostras menores do que 30 observações.

Utilizamos o coeficiente de correlação na análise das consoantes nasais para verificar a correlação entre os formantes nasais e suas respectivas larguras-de-banda.

### 2.7.6 Testes de Hipóteses

A razão  $t$  é um teste de hipóteses empregado para a tomada de decisões estatísticas. Através dele, formulamos afirmações sobre as populações ou seus parâmetros. Os testes de hipóteses (testes de significância) servem para avaliar as afirmativas ou alegações expressas nas hipóteses nula e alternativa, relativas aos parâmetros populacionais. Essas avaliações são realizadas com base na significância das diferenças observadas entre os valores alegados (tabelado) e aqueles fornecidos pelas estatísticas amostrais (calculado).

O uso da razão  $t$  tem os seguintes pré-requisitos:

- a) comparação entre duas amostras (razão  $t$ );
- b) dados intervalares;

- c) amostragem casual;
- d) distribuição normal.

A variância (Var) é calculada pela média aritmética dos quadrados das diferenças entre cada elemento e a média do conjunto de dados. É uma medida direta da dispersão do conjunto, no sentido de que o conjunto com os dados mais dispersos terá uma variância maior.

A análise da variância, denominada ANOVA, é um procedimento estatístico para testes de hipóteses usado na comparação de médias entre duas ou mais populações. A análise da variância tem os seguintes pré-requisitos:

- a) comparação entre três ou mais médias independentes<sup>3</sup> (razão F);
- b) as populações têm o mesmo valor de variação;
- c) amostragem casual;
- d) distribuição normal.

Estes testes (t de *student* e ANOVA) foram aplicados principalmente sobre os dois primeiros formantes orais de vogais nasais e de suas contra-partes não-nasais e suas respectivas amplitudes para verificar se as alterações que ocorriam nos formantes orais das vogais nasais em relação aos das não-nasais eram significativas. Ou seja, se o formante oral deslocado (F') apresentava um real deslocamento em relação ao formante oral (F). Nossa hipótese era de que haveria um deslocamento significativo dos dois primeiros formantes orais das nasais, levando talvez o quadro acústico dessas vogais a apresentar uma "retração" nas diferenças entre vogais. Isto levaria a se dizer, por exemplo, que a vogal nasal [ĩ] seria mais posterior do que a sua contra-parte não-nasal e que a vogal nasal [ũ] seria mais anterior do que sua respectiva não-nasal, diminuindo assim as diferenças das nasais entre si.

---

<sup>3</sup> Quando se faz comparação entre duas médias, tanto faz usarmos a estatística F ou t.

---

*Capítulo*

**3**

---

***A NASALIDADE NAS VOGAIS DO  
PORTUGUÊS BRASILEIRO***

**3.1. INTRODUÇÃO**

Antes de iniciar esta análise, gostaríamos de salientar que, ao menos em português, os efeitos acústicos no espectro da vogal nasal, devido ao acoplamento do trato nasal ao trato oral, devem ser tratados de maneira diferente dependendo da vogal que se está analisando. Mesmo as características mais gerais de nasalidade muitas vezes se apresentam de forma bastante diversa.

Assim, o estudo dos segmentos vocálicos nasais no PB será elaborado, primeiro, separadamente para cada vogal, para, ao final, juntarmos os resultados concernentes a um grupo de vogais em particular. Desta forma, daremos um tratamento mais adequado às vogais nasais do português, visto que, em nossa análise, levamos também em consideração a percepção de um falante/ouvinte do PB em sua avaliação sobre a nasalidade do segmento-alvo.

Neste capítulo, faremos, primeiramente, uma análise formântica das vogais nasais e suas contra-partes orais com suas respectivas intensidades,

comparando nossos dados com os de SOUSA (1994) (autora que realizou um estudo acústico aprofundado das vogais nasais do PB), verificando também a correlação entre as amplitudes e seus respectivos formantes e dos formantes entre si. Em seguida apresentaremos uma análise da duração das vogais nasais do PB e de suas contrapartes orais nos diferentes contextos analisados: tônico, pré-tônico. E, finalmente, analisaremos qualitativamente os anti-formantes das vogais e consoantes nasais, obtidos a partir da técnica proposta por JOHNSON (1997) de sobreposição de análises FFT e LPC, através da observação do descasamento de pólos.

Sabemos que a nasalidade vocálica difere da consonantal por um princípio básico, ou seja, na produção da vogal, a cavidade oral se encontra aberta, enquanto, na consoante, existe uma oclusão no trato oral que pode ocorrer nos lábios, nos alvéolos ou no palato. Outro ponto divergente é quanto à “quantidade” de abaixamento do *velum* na produção desses segmentos. BELL-BERTI (1993) mostrou que a posição do véu palatino varia com a altura vocálica. Segundo essa autora, a posição seria mais baixa na produção de consoantes nasais, sendo, na produção de vogais, um pouco mais alta para as vogais baixas e mais alta ainda para as vogais altas. O fato de haver, nas vogais nasais altas, um abaixamento menor do *velum* se deve provavelmente à posição da língua ser bastante alta nessas vogais. Isso restringe o abaixamento do velum já que não existe mais espaço no qual ele possa abaixar. Assim, parece que a “quantidade” de abaixamento, isto é, o tamanho da área de abertura deveria ser função da posição da língua. BEDDOR (1993) cita, no entanto, a insuficiência de dados para se chegar a conclusões consistentes sobre esse fato.

Essas considerações parecem ratificar o procedimento de se avaliar em separado os efeitos da nasalidade nos diferentes segmentos vocálicos, já que objetivamos uma melhor definição dos parâmetros acústicos da nasalidade. Apesar de se perceber a presença de nasalidade nos segmentos vocálicos e se ter como certa a oposição entre um segmento vocálico oral e um nasal, as características que determinam esta oposição ainda não estão bem estabelecidas.

De maneira geral, o acoplamento da cavidade nasal à cavidade bucal leva às seguintes modificações espectrais:

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

As vogais nasais teriam assim dois tipos de formantes:

- i) formante nasal;
- ii) formante oral “deslocado” em relação à frequência original de sua contra-parte não-nasal. Esse deslocamento se deve à modificação do tubo acústico pela inclusão do ressoador nasal que estabelece um caminho secundário para a corrente de ar de excitação.

Segundo FUJIMURA (1960), o mais baixo formante do sistema acoplado pode ser um formante nasal ou um formante oral “deslocado”. A correta identificação depende da localização do primeiro formante original da configuração da vogal não-nasal. Se o primeiro formante original é de mais alta frequência do que a frequência em análise, essa frequência mais baixa é a ressonância nasal. No entanto, se o primeiro formante original é de frequência mais baixa do que a frequência em análise, essa frequência mais alta é o formante oral “deslocado”. Assim, de acordo com esse autor, os formantes orais “deslocados” são sempre mais altos do que os formantes da contra parte não-nasal.

FANT (1960) encontrou, para sons nasais, formantes razoavelmente fixos, dependendo essencialmente do trato nasal e da faringe. Eles ocorrem em 250 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz e 4000 Hz. O mais baixo deles tem um nível de intensidade dominante. O formante nasal em 1000 Hz nem sempre está acima do limite de detectabilidade em espectrogramas devido a sua baixa intensidade. O formante em 2000 Hz e os demais podem apresentar alterações somente quando a faringe é contraída, como nas consoantes nasais coarticuladas com vogais posteriores.

A caracterização acústica das vogais nasais envolve então a identificação dos seguintes parâmetros:

- **formantes orais “deslocados”** (doravante F'i);
- **formantes nasais** (doravante FNi);
- **anti-formantes** (doravante Zi).

Entretanto, vários são os complicadores para uma adequada identificação destes parâmetros acústicos. Por exemplo, a identificação dos anti-formantes pode ser prejudicada caso haja coincidência ou proximidade de um zero espectral com um pólo, pois ocorrerá uma queda de intensidade desse formante próximo ao zero ou um cancelamento de uma dada ressonância, se o valor de sua frequência for idêntico ao do zero. Por conseguinte, o fato de não se observar um anti-formante em uma determinada região do espectro acústico não significa que ele não tenha ocorrido.

Outro complicador é com relação à extração das frequências do primeiro formante nasal (FN1) das vogais altas, pois como essas vogais possuem um F1 bastante baixo (em torno de 300 Hz), esse formante pode coincidir ou mesclar-se ao FN1 que também fica em torno de 300 Hz.

A partir dessas considerações, achamos que podemos iniciar nossa investigação com a análise dos formantes vocálicos orais e nasais. Primeiramente, faremos um apanhado dos estudos referentes a esses parâmetros, apresentando as principais descobertas até o momento. Em seguida, apresentaremos nossos resultados concernentes a cada uma das vogais, ratificando, complementando ou discordando dos estudos existentes.

### 3.2 FORMANTES VOCÁLICOS

JOOS (1948, *apud* FIGUEIREDO, 1990) preparou as bases da moderna teoria de vogais através da busca de ressonâncias invariantes para esses segmentos vocálicos. Seus estudos mostraram que existe uma grande variação inter-falantes no padrão dos formantes vocálicos que, no entanto, não impedia a percepção

das vogais como sendo de mesma qualidade. Desse modo ele concluiu que as freqüências absolutas dos formantes eram menos importantes perceptualmente, do que as relações estabelecidas no interior do espaço vocálico de um falante particular.

STEVENS (1972) também sugere que não existe uma relação linear entre os parâmetros que descrevem a articulação e a saída acústica. Por exemplo, existem mudanças nas configurações articulatorias que pouco alteram o aspecto acústico, enquanto em outras, talvez até bastante pequenas, as alterações acústicas são bastante significativas.

Estes fatos levaram alguns pesquisadores a sugerirem o uso de uma representação baseada na razão entre os formantes, já que isso em princípio poderia reduzir bastante as diferenças de parâmetros acústicos de vogais relacionados à variação inter-falantes. No entanto, existem ainda algumas restrições quanto a esse procedimento, pois parecem existir assimetrias anatômicas entre diferentes grupos de falantes, relacionadas principalmente a sexo e idade que não permitem supor uma uniformidade entre os padrões formânticos para vogais equivalentes. Por exemplo: os formantes das mulheres e das crianças não sobem proporcionalmente em relação aos dos homens.

Como existe uma grande discussão acerca das pistas acústicas relacionadas aos diferentes segmentos fonéticos, resolvemos nesta pesquisa apresentar os valores freqüenciais absolutos dos formantes vocálicos com sua respectiva razão (normalizada), utilizando como parâmetro normalizador a maior freqüência analisada, ou seja, o quarto formante oral (F4), já que foi o formante com menor coeficiente de variação (aproximadamente 5%).

Focalizando mais detidamente a literatura envolvendo a caracterização formântica dos segmentos nasais, destacamos primeiramente JOOS (1948, *apud* FANT, 1960) mencionando o aparecimento de um formante nasal acima do formante vocálico oral, com freqüência em torno de 1000 Hz para os sons vocálicos nasais. Ele observa também a tendência de surgimento de outros formantes extra entre os formantes orais mais altos e percebe ainda a presença de um anti-formante em 900 Hz, que, no entanto, não pareceu consistente, podendo ser considerado insignificante.

FANT (1960) faz as seguintes colocações em relação à nasalidade vocálica:

- 1) não existe mudança significativa na frequência fundamental;
- 2) F1 é freqüentemente enfraquecido;
- 3) existe um formante em 1000 Hz;
- 4) F2 enfraquece e se eleva em relação ao F2 da contra-parte oral;
- 5) ocorre ocasionalmente um formante em 2000 Hz;
- 6) F3 é enfraquecido e abaixado;
- 7) F4 tem sua intensidade aumentada;
- 8) as ressonâncias acima de F4 tendem a ser bastante enfraquecidas.

DELATTRE (1954) apresenta as seguintes conclusões referentes a seu estudo espectrográfico:

- 1) como pista primária, F1 é enfraquecido;
- 2) aparece um formante nasal em 250 Hz, como pista secundária;
- 3) existe um formante em 2000 Hz, que, no entanto, não é essencial para a coloração nasal e não aparece nas vogais abertas;
- 4) F2 não é influenciado;
- 5) abaixamento dos valores formânticos de F3 e F4 (pistas não essenciais).

HOUSE & STEVENS (1956), sintetizando vogais nasais e elaborando estudos perceptuais, obtiveram as seguintes conclusões:

- 1) F1 é enfraquecido, aumentando sua frequência e largura-de-banda;
- 2) a intensidade total da vogal é reduzida se comparada à intensidade de uma vogal oral;
- 3) presença de inúmeros efeitos secundários como, por exemplo, anti-formante entre 900 e 1800 Hz, eliminação de F3, irregularidades

nos formantes mais altos e possivelmente o aparecimento de picos espectrais adicionais;

4) acoplamento nasal alarga os picos espectrais, aplainando o espectro vocálico.

HATTORI, YAMAMOTTO & FUJIMURA (1956) mostram como principais características da nasalização:

- 1) reforço da intensidade espectral em torno de 250 Hz;
- 2) redução da intensidade espectral em torno de 500 Hz (essa ressonância é atribuída ao efeito de perda do sistema nasal como um canal lateral do trato vocal);
- 3) enfraquecimento e difusão dos componentes espectrais (atribuídos aos sons emitidos pelo nariz).

Vê-se assim que a nasalização não é uma característica fácil de se estudar, pois as pistas acústicas variam com o falante, com cada tipo particular de som vocálico e com o tipo e grau de acoplamento nasal. No entanto, a pista apresentada como a mais consistente foi a redução da intensidade do primeiro formante, visto que a anti-ressonância encontrada por alguns pesquisadores e o aumento da largura-de-banda dos formantes estão associados a essa redução de intensidade.

Segundo FANT (1960), para a vogal [ɑ] sem nenhum acoplamento nasal, os primeiros quatro formantes ocorrem em 630 Hz, 1070 Hz, 2400 Hz e 3550 Hz, respectivamente. Com um muito pequeno acoplamento nasal (0,16 cm<sup>2</sup> na passagem naso-faríngea), ocorre a divisão e redução do terceiro formante, ou mais precisamente, a ocorrência de um formante nasal em 2000 Hz e uma anti-ressonância entre esse formante e o F3. A saída nasal é dominada por um pico duplo, contendo os dois primeiros formantes nasais, porém F2 é quase eliminado pelo zero nasal.

Ainda para FANT (1960), a vogal [e], em condição não-nasal, apresenta os seguintes formantes: 420 Hz, 1960 Hz, 2750 Hz e 3410 Hz. O efeito de nasalização dessa vogal mostra uma alteração do primeiro formante para 490 Hz e uma ampliação da sua largura-de-banda. Nenhuma mudança surpreendente é notada

no segundo e nos outros formantes mais altos, ocorrendo o aparecimento de um nítido formante adicional em 1100 Hz identificado como FN2. Com maior acoplamento nasal, esse formante adicional é alterado para 1350 Hz.

Com relação às vogais [i] e [u], os efeitos gerais de nasalização são os mesmos da vogal [e], com exceção da ocorrência de uma anti-ressonância em 1800 Hz que causa um aparente enfraquecimento do segundo e dos demais formantes. Quando, no entanto, o acoplamento nasal é pequeno, a frequência do primeiro formante é alta o suficiente para causar uma alteração na qualidade do som de [i] para [I].

Na nasalização da vogal [u], mesmo um muito pequeno acoplamento nasal pode fornecer um importante amortecimento de todos os formantes exceto o primeiro. Quando o acoplamento nasal é de  $0,65 \text{ cm}^2$ , existe uma alteração de F1 de 240 Hz em condição não-nasal para 300 Hz. Uma combinação particular de pólos e zeros na região entre F3 e F5 leva a ênfase desses formantes.

Apesar das inúmeras pistas acústicas apresentadas até aqui, podemos notar que nenhuma delas serve para todas as vogais. Este fato não surpreende uma vez que a maior parte dos estudos sobre nasalização prediz que as conseqüências acústicas do acoplamento nasal apresentam diferentes modificações espectrais em função da identidade da vogal.

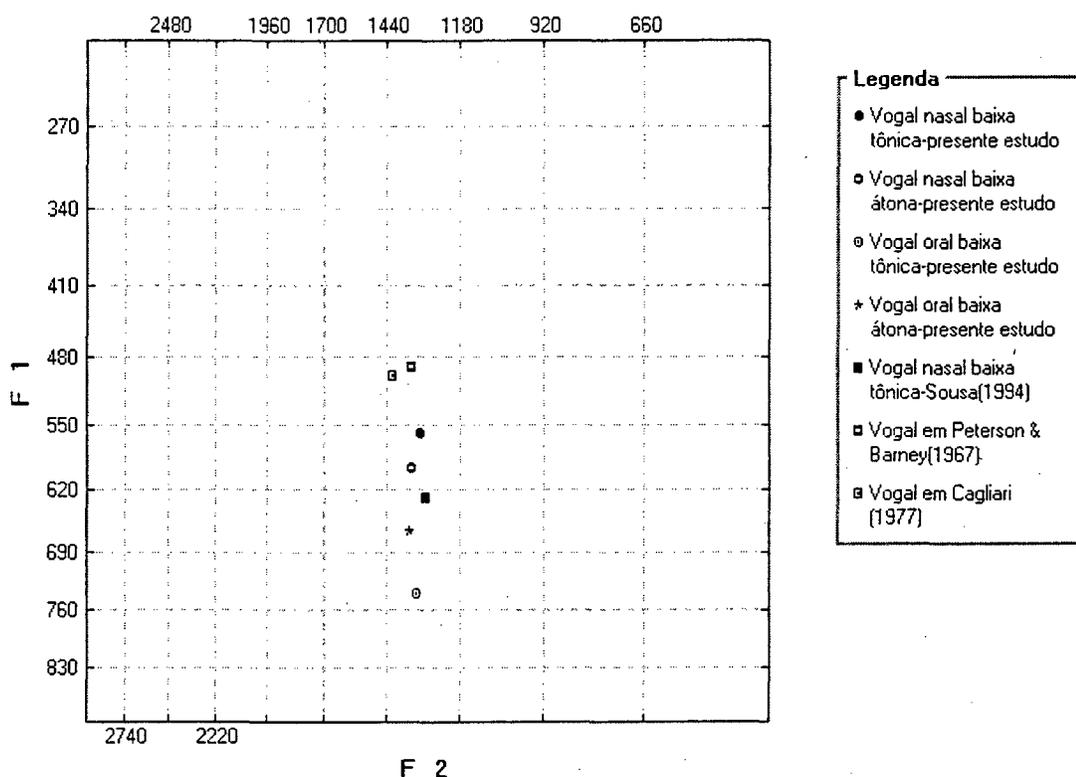
### 3.3 VOGAL BAIXA CENTRAL

#### 3.3.1 Representação Alofônica de /ã/

Inicialmente vamos tentar melhor caracterizar a qualidade da vogal que recebe o traço da nasalidade no PB e que funciona como alofone de /ã/, através da verificação da posição dessa vogal no espaço acústico vocálico (a partir das medidas dos formantes e conseqüente transformação da escala linear para a logarítmica). SOUSA (1994) apresenta a vogal [ã] interpretada como o alofone de /ã/, somos contrários a essa interpretação, por razões que explanaremos a seguir.

Semelhante à SOUSA (*op. cit.*), achamos que a nasalidade acarreta uma mudança na qualidade vocálica, principalmente da vogal [a], dentro do sistema do

PB, porém essa mudança não parece levar à qualidade vocálica assinalada por essa autora, já que a vogal mencionada por ela, no espaço acústico vocálico, teria formantes (F1 e F2) que se colocariam em posição bastante diferenciada daquela dos formantes das vogais analisadas em nosso estudo. Isto pode ser confirmado pela observação da Figura 3.1 em que temos a posição das vogais [a] (tônica oral), [ɐ] (átona final de palavra), [ẽ] (tônica nasal) e [ɜ]<sup>1</sup>.



**Figura 3.1.** Espaço acústico vocálico das frequências médias de F1 e F2 das vogais baixas nasal, oral tônicas e átonas em nosso estudo; vogal baixa nasal [ẽ] apresentada em SOUSA (1994) e em CAGLIARI (1977); e vogal baixa [ɜ] apresentada no estudo de PETERSON & BARNEY (1967).

Se analisarmos os dados constantes da Figura 3.1, veremos que a posição dos formantes da vogal nasal em SOUSA está muito mais próxima da posição dos formantes da vogal oral baixa átona ([ɐ]) de nosso estudo. A vogal [ɜ], nasal ou não, apresenta o primeiro formante bastante mais baixo do que aqueles da vogal nasal do presente estudo e de SOUSA (1994) (ver Tabela 3.3.1). A vogal nasal,

<sup>1</sup> Os dados relativos a este fonema foram extraídos da pesquisa de PETERSON G.E. e BARNEY H. L. (1967: 126) e de CAGLIARI (1977: 229)

independentemente da tonicidade, apresenta em geral seu primeiro formante (F'1) mais baixo do que o das orais. Sendo assim, a vogal nasal tônica, tanto em SOUSA quanto no presente estudo, tem o F'1 mais próximo do F1 da vogal oral átona, o que pode levar algumas vezes à interpretação dessa vogal como nasal, pois o abaixamento de F1, conforme assinalado em DELATTRE (1968), é uma boa pista para a caracterização da coloração nasal da vogal central baixa.

**Tabela 3.3.1**  
Três primeiros formantes da vogal /a/ [Hz]

	[ɜ]-Peterson & Barney	[ɜ̃] - Cagliari (1977)	[ɜ̃] -Sousa	[ẽ̃]-tônica	[ẽ̃]-átona	[a]-tônico	[e]-átona
F1 (Hz)	490	500	630	560	597	740	666
F2 (Hz)	1350	1425	1298	1321	1349	1335	1355
F3 (Hz)	1690	2683	2427	2192	2195	2170	2262

Se observarmos o terceiro formante, na Tabela 3.3.1, veremos que a vogal [ɜ] se distancia ainda mais das demais vogais.

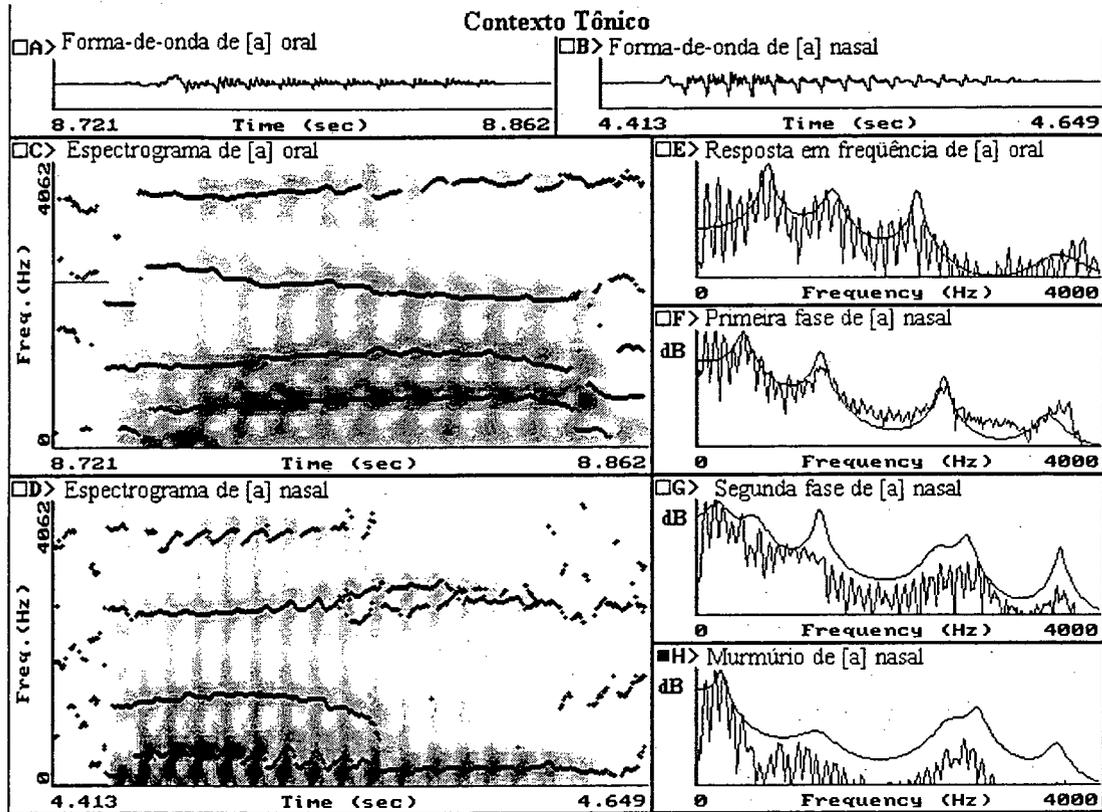
Assim, a partir destas constatações, parece mais sensato apresentarmos, como alofone de /ã/, o segmento vocálico [ẽ̃].

### 3.3.2 Análise Acústica da Vogal Baixa Central

Inicialmente, convém salientar que nossa análise acústica se baseará principalmente na comparação entre a vogal nasal e sua contra-parte não-nasal.

As Figuras 3.2 e 3.4 apresentam os espectrogramas e as respostas em frequência da vogal [a] (oral e nasal) em contexto tônico e átono, respectivamente. Observando o Quadro D (vogal nasal) dessas figuras, percebemos ligeiras alterações dos formantes em relação ao Quadro C (vogal oral). Notamos que, enquanto os formantes, no Quadro C, mostram bastante regularidade e “estabilidade”, os formantes, no Quadro D, apresentam modificações. Iniciam com um ligeiro abaixamento de seu primeiro formante em relação ao apresentado no Quadro C, após alguns milissegundos, dá-se um maior abaixamento dessa frequência de F'1, para, ao final do segmento, verificar-se uma grande atenuação dos formantes mais altos, e uma queda ainda maior em frequência desse primeiro formante. Esses três tempos distintos

são melhor visualizados nos Quadros F, G e H e exemplificam as três fases (já mencionadas na Seção 1.5.2 do presente estudo) que constituem a maior parte das vogais nasais do PB.



**Figura 3.2.** Vogal central oral e nasal em contexto tônico. Os Quadros A e B mostram a forma-de-onda de [a] e [ã], respectivamente. Os Quadros C e D mostram espectrogramas de banda larga das referidas vogais. O Quadro E apresenta o espectro vocálico da contra-parte oral e os Quadros F, G, H mostram o espectro (FFT) das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio.

A primeira fase consiste de uma vogal oral, com uma qualidade diferente da oral tônica, mais próxima, porém, da oral átona. Esse primeiro momento oral, nessa vogal, ocorreu em apenas 34 dos 105 dados analisados em contexto tônico e em 40 em contexto átono, ou seja, a maioria das emissões nasais [ã] apresentaram apenas as duas fases finais (fase nasal e murmúrio)<sup>2</sup>.

A fase nasal se constitui de um período transicional, no qual o murmúrio nasal se sobrepõe à fase oral, constituindo a fase da vogal nasal

<sup>2</sup> Apresentaram-se com fase nasal e murmúrio 71 dados em contexto tônico e 65 em contexto átono (ver uma melhor explicação deste comportamento na Seção 3.8 deste capítulo).

propriamente dita, que poderia também não estar presente no espectro. E a fase final, constituída apenas do murmúrio nasal, que apresenta um grande amortecimento de seus formantes, bastante visível no quadro H das Figuras 3.2 e 3.4.

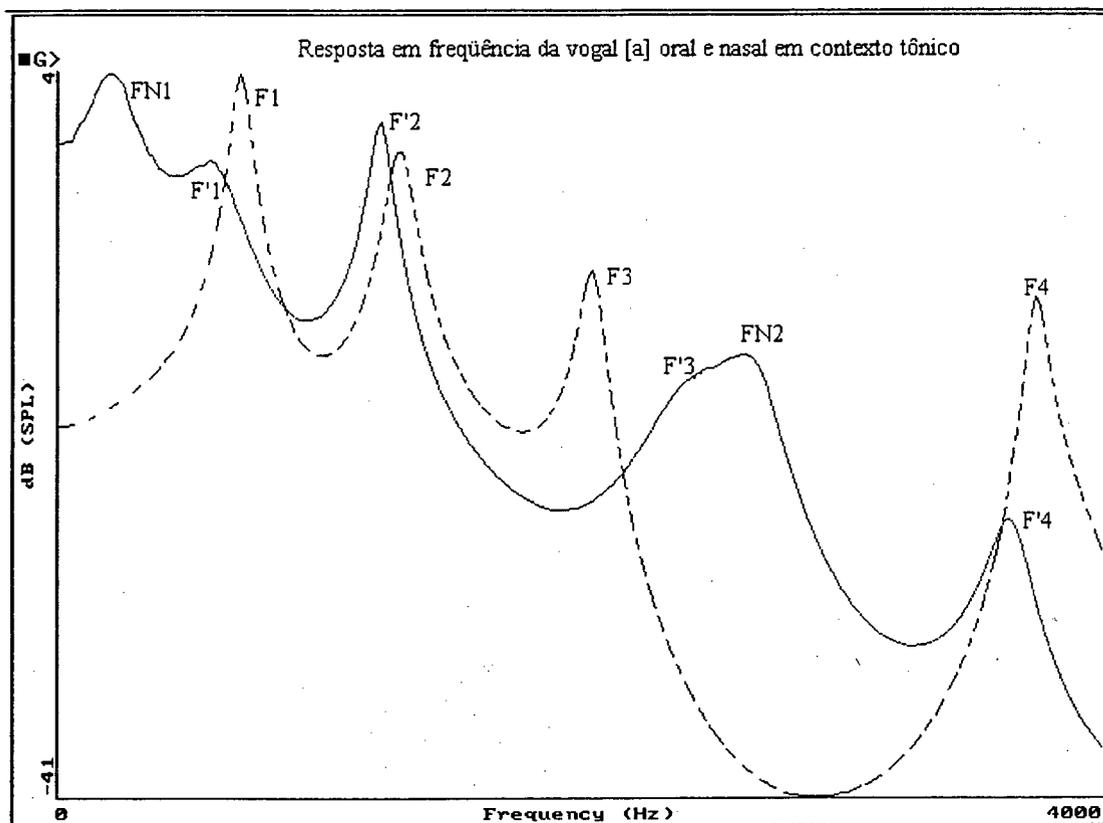


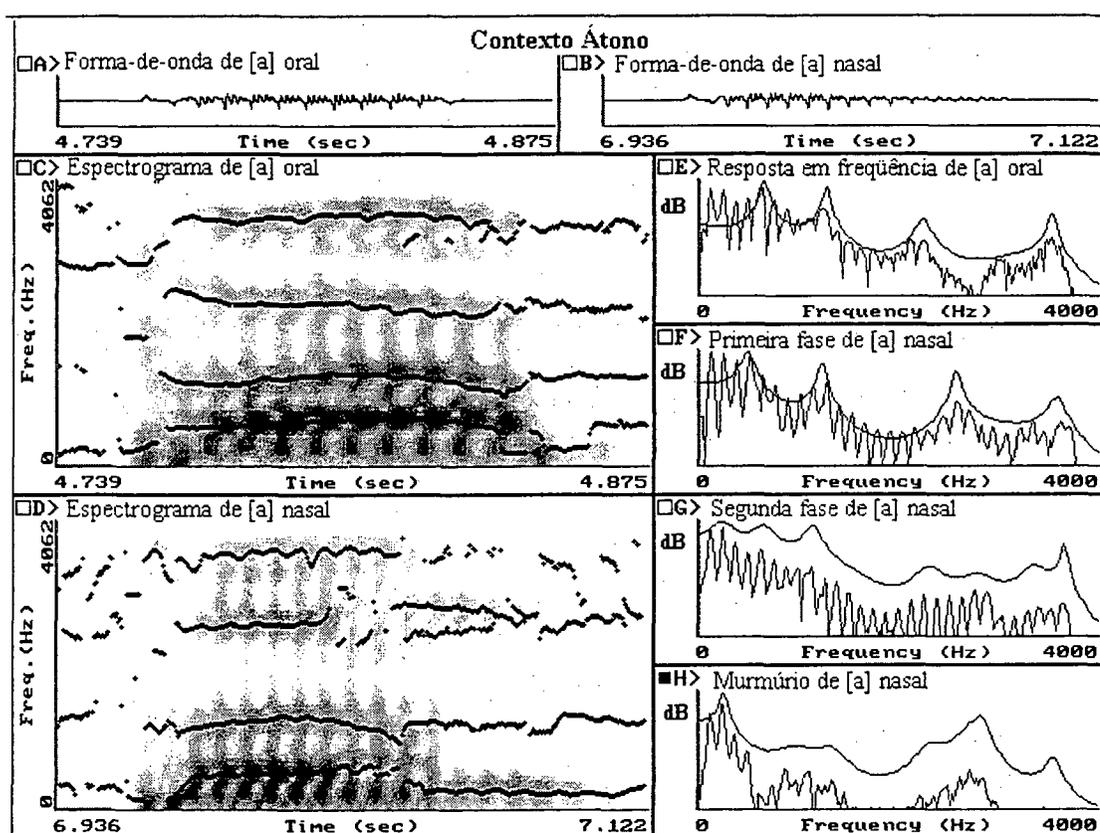
Figura 3.3 Resposta em frequência das vogais oral [a] (linha tracejada) e da nasal [ã] (linha cheia) em contexto tônico, com seus respectivos formantes orais (Fi), formantes orais “deslocados” (F’i) e formantes nasais (FNi) (Obtidos via análise LPC).

A Figura 3.3 exhibe todos os formantes que serão avaliados (Fi, F’i e FNi) para que se possa efetuar uma boa diferenciação entre o comportamento acústico da vogal nasal e de sua contra-parte oral.

Examinando mais detalhadamente a vogal [a], tanto em contexto tônico quanto em átono, verificamos que, quando nasal, FN1 passa a ser a região de frequência mais enfatizada no espectro (ver Figura 3.6). Ou seja, ocorre um reforço da intensidade espectral em torno de FN1, já mencionado em HATTORI, YAMAMOTTO & FUJIMURA (1956).

O primeiro formante oral (F’1) da vogal nasal sofre um significativo abaixamento em frequência e enfraquece em intensidade, passando em média de 740

Hz (oral) para 560 Hz (nasal) em contexto tônico, e de 666 Hz (oral) para 597 Hz (nasal) em contexto átono (Tabelas 4.1, 4.3, 4.5 e 4.9). Estudos sobre a nasalidade vocálica (ver Seção 3.2) enfatizam a alteração de F'1 como consequência do aparecimento de formantes adicionais em sua vizinhança, como, por exemplo, o aparecimento de um formante nasal (FN1) em muito baixas frequências. Para essa vogal, FN1 aparece com média de 251 Hz nos dois contextos de tonicidade e só não foi visualizado em 8 dos 105 dados analisados em contexto tônico. Nossos dados também mostraram para essa vogal uma anti-ressonância na região logo acima de F'1 (em torno de 700 Hz).



**Figura 3.4.** Vogal central oral e nasal em contexto átono. Os Quadros A e B mostram a forma-de-onda das vogais [a] e [ã], respectivamente. Os Quadros C e D mostram espectrogramas de banda larga das referidas vogais. O Quadro E apresenta o espectro FFT da contra-parte oral e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio.

A Análise da Variância (ANOVA) mostrou, para a vogal baixa, uma forte interação entre vogal e nasalidade tanto para o primeiro formante quanto para sua respectiva amplitude no nível de  $p < 0,0001$ . Nesses dois casos, houve um

abaixamento dos parâmetros referentes ao formante oral deslocado (frequência e amplitude) em relação ao formante oral, conforme foi salientado anteriormente.

F'2 não apresenta diferenças significativas em relação a F2, quase não sofrendo alteração em frequência em relação ao segmento oral (1335 Hz (oral) para 1321 Hz (nasal) em contexto tônico e de 1355 Hz (oral) para 1349 Hz (nasal) em contexto átono). Porém ele enfraquece sua amplitude em ambiente nasal, atenuando em média 10 dB em relação à intensidade de F'1 (em contexto tônico e átono). Em ambiente oral, F2 caía 5 dB (em contexto tônico) e 8 dB (em contexto átono) em relação à amplitude de F1. Isso ratifica a colocação de FANT (1960) sobre a quase eliminação de F'2 causada pela proximidade de um zero espectral nessa região (ver Figura 3.40).

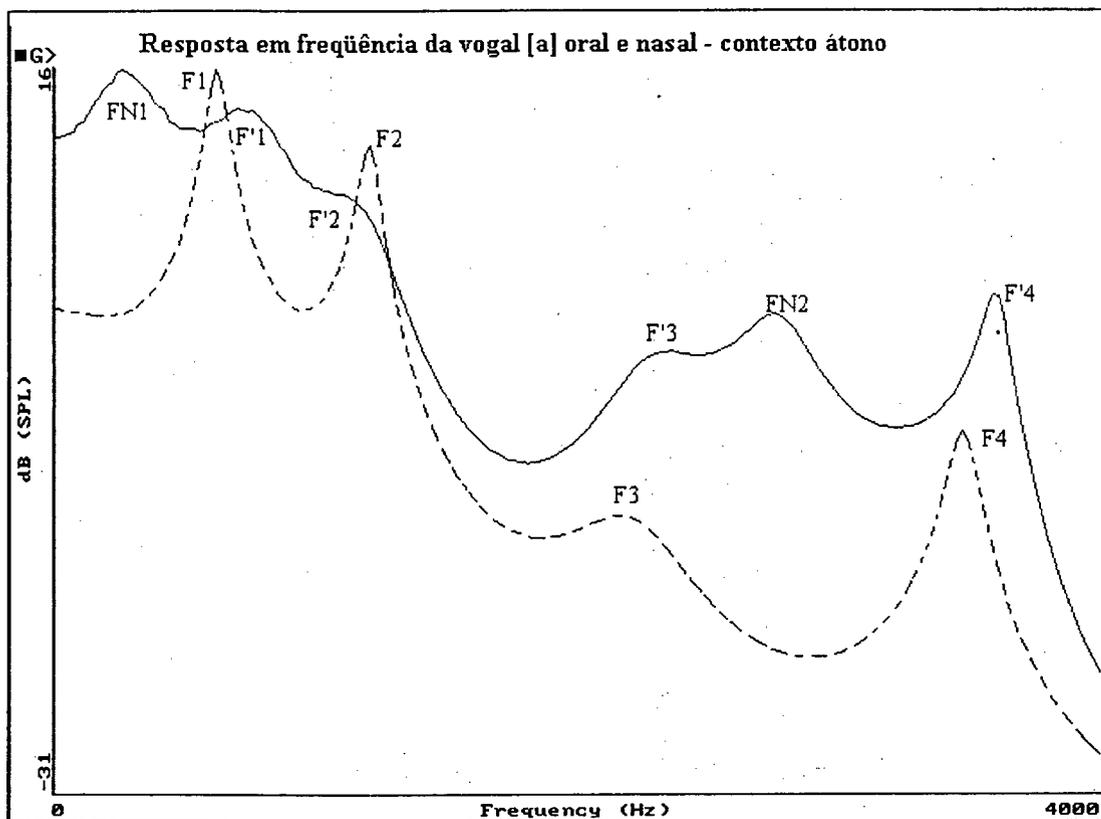


Figura 3.5 Resposta em frequência das vogais oral [a] (linha tracejada) e da nasal [ã] (linha cheia) em contexto átono, com seus respectivos formantes orais ( $F_i$ ), formantes orais “deslocados” ( $F'_i$ ) e formantes nasais ( $FN_i$ ) (Obtidos via análise LPC).

F'3 também não apresentou diferenças significativas em frequência apenas se mostrou mais atenuado em relação à sua contra-parte oral nos dois

contextos de tonicidade. Notamos também a presença de um formante nasal (FN2 com médias de 2833 Hz e 2844 Hz, em contexto tônico e átono, respectivamente) entre F'3 e F'4 com amplitude relativa média superior a desses formantes contíguos (ver Figura 3.6).

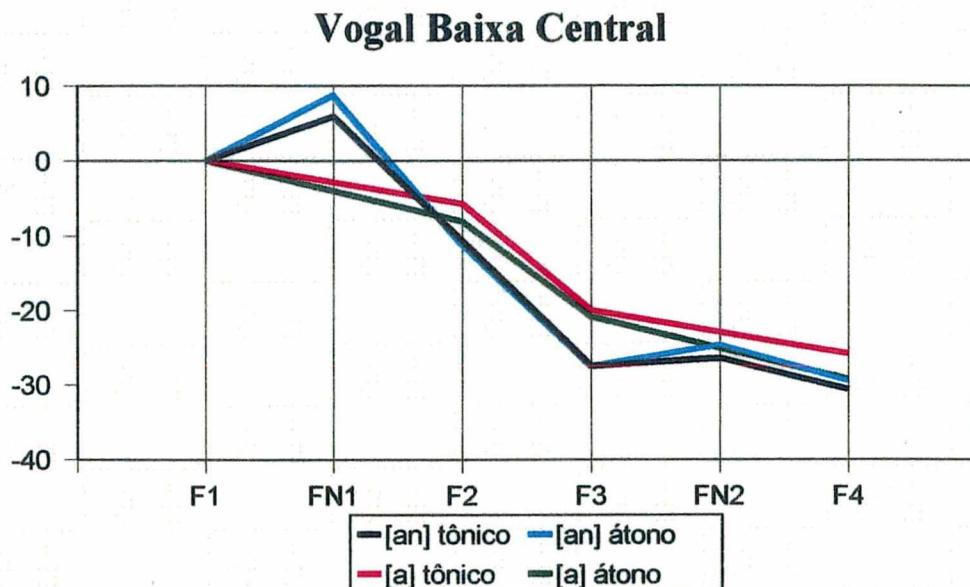
Um fato que deriva do aparecimento deste FN2 é o aumento da largura-de-banda de F'3, visível nas Figuras 3.3 e 3.5<sup>3</sup>. FN2 foi bastante recorrente, sendo extraído em 169 dos 210 dados analisados (79 em contexto tônico e 80 em contexto átono).

SOUSA (1994) menciona a duplicação do F'3 para a vogal [ẽ] e a ocorrência de *clusters* de ressonâncias. Isso realmente se verifica, ocorrendo a duplicação porque, muito próximo a F'3, surge FN2. FANT (1960) se refere também à divisão e redução desse terceiro formante, destacando o aparecimento de um formante nasal em torno de 2000 Hz e de uma anti-ressonância entre esse formante nasal e F'3. Desse modo, essa bifurcação se deve a essas duas ressonâncias (F'3 e FN2). Como também verificamos a presença de um anti-formante na região próxima de 3000 Hz para a vogal [ẽ] (ver Figura 3.40), podemos constatar um *cluster* de ressonâncias formado por F'3-FN2-Z2.

Notamos que a amplitude na região do cluster (F'3-FN2-Z2) é mais fraca do que a amplitude de F'4. O exemplo mostrado na Figura 3.5 ilustra esse efeito. MAEDA também observa esse fato no espectro da resposta em frequência da vogal nasal francesa [ẽ], no qual a amplitude na região do *cluster* FN1-Z1-F'1 é menor do que na região de F'2.

---

<sup>3</sup> Podemos ver o aumento da largura-de-banda de formantes através da constatação de picos espectrais menos pronunciados nos espectros de nasais.



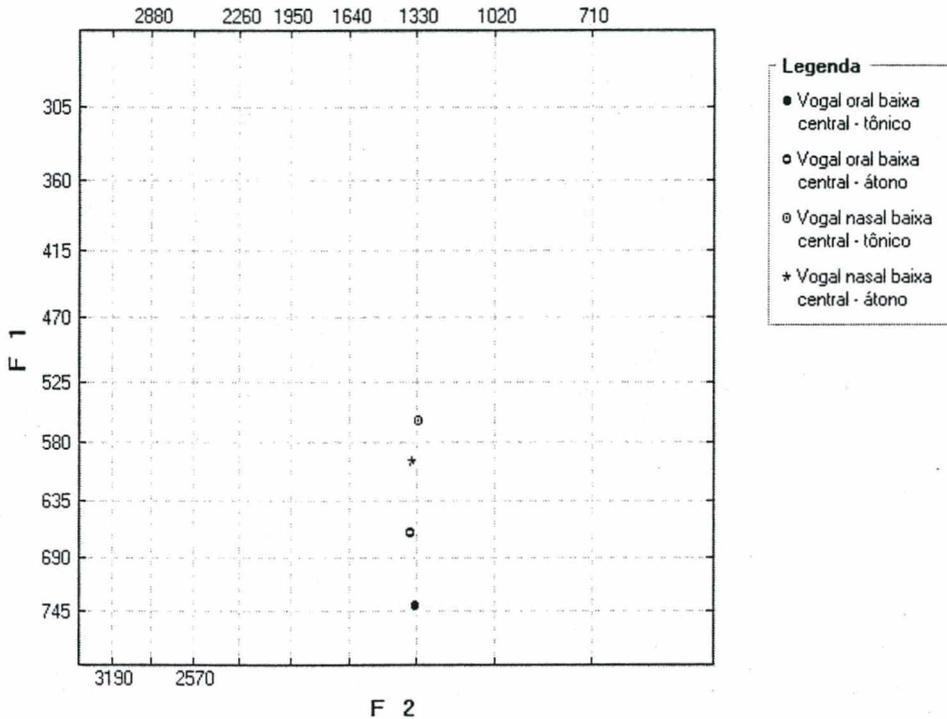
**Figura 3.6** Amplitude relativa média dos formantes orais e nasais das vogais [a] e [ã] em contexto tônico e átono.

Para a vogal [ã], F'4 apresenta uma elevação em frequência (em média de 3546 Hz (oral) contra 3658 Hz (nasal) em contexto tônico e de 3539 Hz (oral) contra 3607 Hz (nasal) em contexto átono). Em contexto nasal tônico, ocorre a atenuação de F'4 (média de -25,84 dB em relação a F1 (oral) para -30,63 dB em relação a F'1(nasal)). Em contexto átono, a intensidade quase se equaliza, ou seja, F4 e F'4 têm amplitude relativa média de -29 dB. As curvas da Figura 3.6 convalidam esse fato.

Examinando os formantes orais da vogal nasal nos diferentes contextos de tonicidade, verificamos que seus valores médios frequenciais são mais baixos em contexto tônico do que em átono, ocorrendo o inverso nos formantes orais da contraparte não-nasal, isto é, em contexto tônico os formantes apresentam valores médios frequenciais mais altos do que em contexto átono. Isso acarreta uma mudança na altura vocálica bastante evidente para a vogal [ã], tônica ou átona.

Verificamos assim, pela Figura 3.7, que a coloração nasal leva ao levantamento da vogal, isto é, a vogal nasal, tanto tônica quanto átona, é menos baixa do que a oral. O aumento em frequência dos formantes da vogal nasal átona leva a uma maior aproximação dessa vogal à átona oral, muitas vezes havendo uma grande sobreposição no espaço acústico entre essas vogais para alguns dos informantes (ver

Anexo 1). Isso talvez explique o fato de a vogal oral átona (quando dobrada sua duração e em isolamento), ter sido percebida como nasal nos experimentos perceptuais (Tabela 5.1). Como F'2 não apresentou diferenças estatisticamente relevantes, não ocorre mudança evidente em relação à posição da língua (posterioridade vocálica) para a vogal baixa central (ver Figura 3.7).

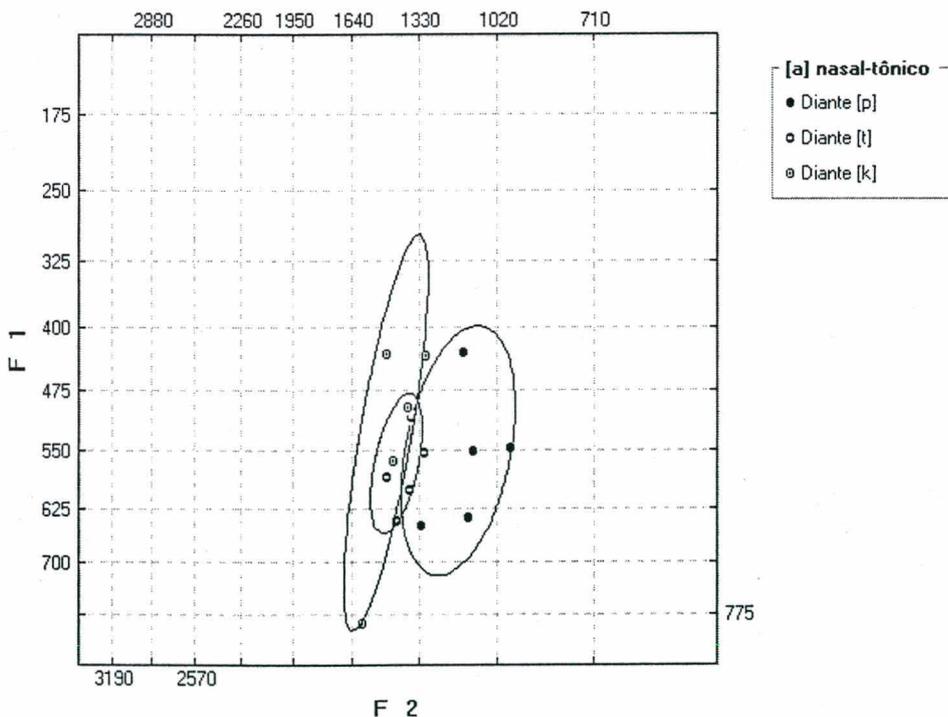


**Figura 3.7** Médias gerais das frequências dos formantes F1 e F2, convertidos em escala MEL, da vogal central baixa oral e nasal em contexto tônico e átono do português falado em Florianópolis

O coeficiente de variação, calculado para todos os parâmetros em análise, mostrou-se, nos segmentos orais em contexto tônico e átono, bastante semelhante ficando em torno de 10%. Em contexto nasal, porém, há um pequeno aumento do coeficiente de variação dos formantes, ficando em torno de 15%, sendo F'4, o formante de menor dispersão média para os dois contextos de tonicidade (4,5% e 4,28% em contexto tônico e átono, respectivamente). Com relação aos formantes nasais, seu coeficiente de variação foi de cerca de 15% para FN1 e FN2 em contexto tônico e de 15% para o FN1 e de 9% para FN2 em contexto átono (ver Tabelas 3.7 e 3.8 ao final desta seção).

A dispersão dos dados analisados diante das consoantes [p, t, k] nos dois contextos de tonicidade pode ser vista nas Figuras 3.8 e 3.9. Os dados referentes a F'1 mostram-se mais dispersos do que os referentes a F'2 (confirmando os dados apresentados na Tabela 3.6). A sobreposição de valores ocorre mais em relação aos dados que precediam as consoantes alveolares e a velar, [t] e [k], do que diante da bilabial [p], não apresentando, no entanto, diferenças significativas relacionadas aos diferentes contextos consonantais para F'2, já que a análise ANOVA mostrou interação entre três fatores: vogal, nasalidade e consoante.

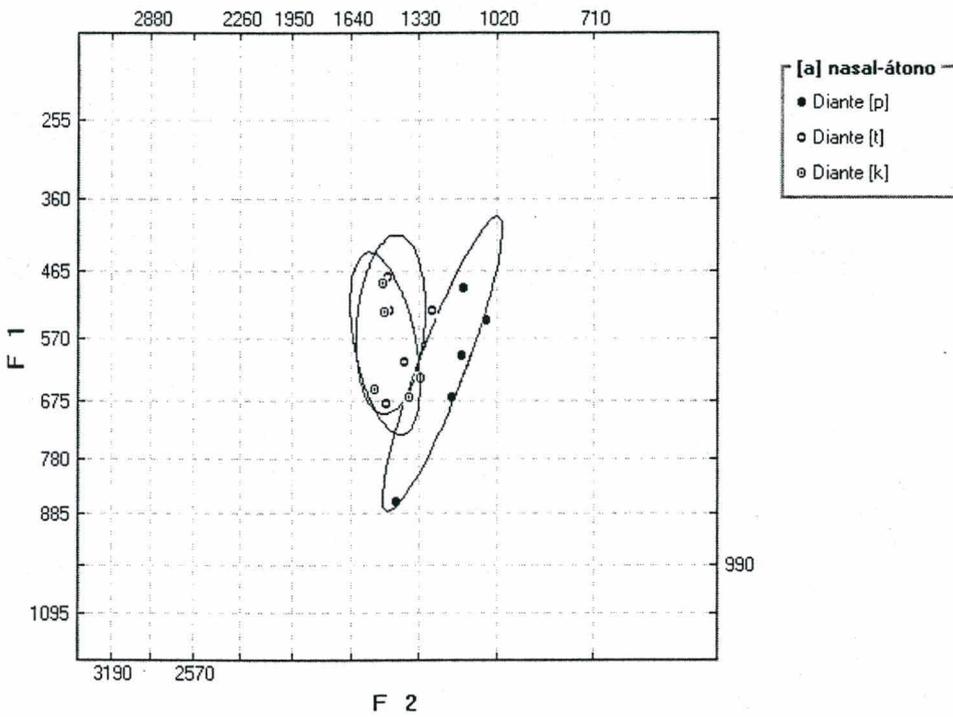
Nossos dados concernentes à vogal [ẽ] confirmam as principais características já apontadas por diferentes autores (HAWKINS, 1985; FUJIMURA, 1960; HOUSE e STEVENS, 1956; MAEDA, 1982, dentre outros). A primeira delas é quanto ao aparecimento de baixas frequências próximas a F'1 (FN1 dessas vogais apresentou uma frequência média de 250 Hz) e a presença de uma anti-ressonância na região entre 700 Hz e 1200 Hz (Figura 3.40).



**Figura 3.8** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 de cada informante, convertidos em escala MEL, da vogal baixa nasal em contexto tônico diante das consoantes [p, t, k].

A redução na amplitude de F'1<sup>4</sup> em relação ao segmento oral foi bastante significativa ( $p < 0,0001$ ), ou seja, a análise ANOVA mostrou que há interação entre nasalidade e vogal em relação à A1.

A ampliação da largura-de-banda dos formantes orais F'1 e F'3 da vogal nasal é bastante evidente nas Figuras 3.3 e 3.5 e parece consequência do aparecimento de formantes nasais em regiões próximas a esses formantes. Nessas regiões, observamos que essa atenuação da proeminência espectral de F'1 e F'3 não é aparente em F'2 e F'4.



**Figura 3.9** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 de cada informante (em escala MEL), da vogal central baixa nasal em contexto átono diante das consoantes [p, t, k].

<sup>4</sup> Em contexto tônico a média foi de 47,61 dB em contexto nasal contra 53,41 dB em oral e, em contexto átono, de 43,33 dB para o nasal, contra 49,79 dB para o oral.

## 3.3.3 Tabelas Referentes à Vogal [a]

**Tabela 3.1**

Frequência dos formantes (valores médios frequenciais e normalizados) da vogal oral baixa [a] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].

	F0	F1	F2	F3	F4	F1norm	F2norm	F3norm
[a] tônico	121,23	740,02	1335,15	2170,15	3546,49	0,21	0,38	0,62
[a] diante [p]	122,54	742,80	1216,66	2197,37	3565,43	0,21	0,34	0,62
[a] diante [t]	123,49	732,29	1390,29	2341,17	3587,34	0,20	0,39	0,65
[a] diante [k]	120,94	726,83	1407,57	2003,00	3501,69	0,21	0,41	0,58
[a] átono	146,71	665,86	1354,57	2261,88	3538,71	0,19	0,38	0,64
[a] diante [p]	139,54	677,83	1198,09	2272,91	3540,26	0,19	0,34	0,64
[a] diante [t]	131,66	647,39	1409,69	2356,43	3560,14	0,18	0,40	0,67
[a] diante [k]	168,91	672,40	1455,94	2156,29	3515,74	0,19	0,42	0,62

**Tabela 3.2**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes da vogal oral baixa [a] em contexto tônico e átono.

Contexto tônico					
	F0	F1	F2	F3	F4
Desvio Padrão	30,51	58,07	114,75	193,34	236,54
Variância	930,80	3372,62	13166,94	37380,42	55950,33
Coef. Variação	25,17%	7,85%	8,59%	8,91%	6,67%
Contexto átono					
Desvio Padrão	42,52	92,50	139,38	168,71	256,99
Variância	1807,95	8555,60	19427,24	28464,57	66043,35
Coef. Variação	28,98%	13,89%	9,88%	7,46%	7,25%

**Tabela 3.3**

Amplitude relativa<sup>5</sup> dos formantes da vogal oral baixa [a] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].

	A1	A2	A3	A4
[a] tônico	53,41	-5,8	-19,98	-25,84
[a] diante [p]	56,92	-5,54	-24,19	-26,65
[a] diante [t]	53,51	-7,68	-20,09	-28,81
[a] diante [k]	49,80	-4,21	-15,66	-22,05
[a] átono	49,79	-8,12	-20,9	-29,26
[a] diante [p]	51,25	-7,73	-23,90	-29,18
[a] diante [t]	49,80	-10,20	-22,41	-30,95
[a] diante [k]	48,31	-6,43	-16,38	-27,64

**Tabela 3.4**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes da vogal oral baixa [a] em contexto tônico e átono.

	Contexto tônico			
	A1	A2	A3	A4
<b>Desvio Padrão</b>	3,56	1,75	4,27	3,45
<b>Variância</b>	12,68	3,06	18,20	11,92
<b>Coef. Variação</b>	6,66%	30,17%	21,37%	13,35%
	Contexto átono			
<b>Desvio Padrão</b>	1,47	1,91	3,98	1,66
<b>Variância</b>	2,16	3,67	15,85	2,74
<b>Coef. Variação</b>	2,95%	23,52%	19,81%	5,67%

**Tabela 3.5**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais e normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].

	F0	F1	F2	F3	F4	F1norm	F2norm	F3norm
[ẽ] tônico	134,57	559,56	1321,41	2192,05	3658,51	0,15	0,36	0,61
[ẽ] diante [p]	137,43	563,51	1137,71	2199,43	3645,66	0,15	0,31	0,60
[ẽ] diante [t]	130,40	578,17	1389,54	2185,91	3666,74	0,16	0,38	0,60
[ẽ] diante [k]	135,89	537	1436,97	2190,80	3663,14	0,15	0,39	0,63
[ẽ] átono	145,05	597,21	1349,09	2194,60	3607,59	0,17	0,37	0,60
[ẽ] diante [p]	145,89	632,91	1198,83	2209,40	3517,60	0,18	0,34	0,62
[ẽ] diante [t]	141,83	563,54	1412,31	2225,38	3699,29	0,15	0,38	0,59
[ẽ] diante [k]	147,43	595,17	1436,11	2164,29	3605,89	0,17	0,40	0,60

<sup>5</sup> A amplitude relativa foi calculada usando, como fator normalizador, a amplitude do primeiro formante (A1)

Tabela 3.6

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes orais da vogal nasal baixa [ẽ] em contexto tônico e átono.

Contexto tônico					
	F0	F1	F2	F3	F4
<b>Desvio Padrão</b>	32,16	99,25	165,17	375,82	160,81
<b>Variância</b>	1034,10	9849,7	27281,4	141242,8	25861,1
<b>Coef. Variação</b>	23,90%	17,74%	12,50%	15,97%	4,50%
Contexto átono					
<b>Desvio Padrão</b>	40,32	103,92	147,53	143,49	154,38
<b>Variância</b>	1625,63	10799,82	21764,11	250589,75	23831,96
<b>Coef. Variação</b>	27,79%	17,40%	10,93%	6,48%	4,28%

Tabela 3.7

Frequência dos formantes nasais (valores médios frequenciais e normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].

	FN1	FN2	FN1norm	FN2norm
[ẽ] tônico	251,47	2833,16	0,06	0,75
[ẽ] diante [p]	243,15	2912,89	0,05	0,77
[ẽ] diante [t]	262,91	2790,69	0,07	0,76
[ẽ] diante [k]	246,69	2795,91	0,07	0,73
[ẽ] átono	251,38	2844,89	0,07	0,76
[ẽ] diante [p]	252,03	2883,29	0,07	0,82
[ẽ] diante [t]	247,91	2878,21	0,07	0,70
[ẽ] diante [k]	254,20	2773,17	0,07	0,77

Tabela 3.8

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes nasais da vogal nasal baixa [ẽ] em contexto tônico e átono.

Contexto tônico		
	FN1	FN2
<b>Desvio Padrão</b>	42,54	417,93
<b>Variância</b>	1809,6	174662,7
<b>Coef. Variação</b>	16,92%	15,88%
Contexto átono		
<b>Desvio Padrão</b>	38,92	275,15
<b>Variância</b>	1514,74	75705,51
<b>Coef. Variação</b>	15,48%	9,40%

**Tabela 3.9**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal baixa [ẽ] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].

	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
[ẽ]tônico	47,61	-10,69	-27,47	-30,63	5,88	-26,39
[ẽ] diante [p]	48,50	-6,52	-28,32	-28,78	7,02	-27,60
[ẽ] diante [t]	46,47	-9,00	-25,12	-30,17	5,31	-24,15
[ẽ] diante [k]	47,86	-16,54	-28,96	-32,95	5,53	-27,42
[ẽ] átono	43,33	-11,11	-27,51	-29,45	8,74	-24,61
[ẽ] diante [p]	44,33	-9,04	-27,36	-29,35	8,56	-22,29
[ẽ] diante [t]	41,83	-12,29	-29,15	-31,52	8,50	-25,99
[ẽ] diante [k]	43,82	-12,00	-26,01	-27,48	9,17	-24,89

**Tabela 3.10**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal baixa [ẽ] em contexto tônico e átono.

	Contexto tônico					
	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
Desvio Padrão	8,20	6,43	6,03	4,71	9,72	3,93
Variância	67,31	41,37	36,32	22,22	94,54	15,48
Coef.Variação	17,22%	60,15%	21,95%	15,38%		14,89%
	Contexto átono					
Desvio Padrão	6,20	3,12	8,83	6,82	5,69	7,63
Variância	38,49	9,75	77,89	46,56	32,43	58,24
Coef.Variação	14,31%	28,08%	32,10%	23,16%	65,10%	31%

### 3.4 VOGAL MÉDIA ANTERIOR

A Figura 3.10 exhibe as fases características da vogal nasal [ẽ]. A vogal constituída somente da 1ª fase + murmúrio apareceu em 35 dados em contexto tônico e 5 em átono. A 2ª fase + murmúrio foi detectada em 29 dados em contexto tônico e 32 em contexto átono. Observamos assim que, para essa vogal, o contexto tônico parece mais propício à queda da fase nasal.

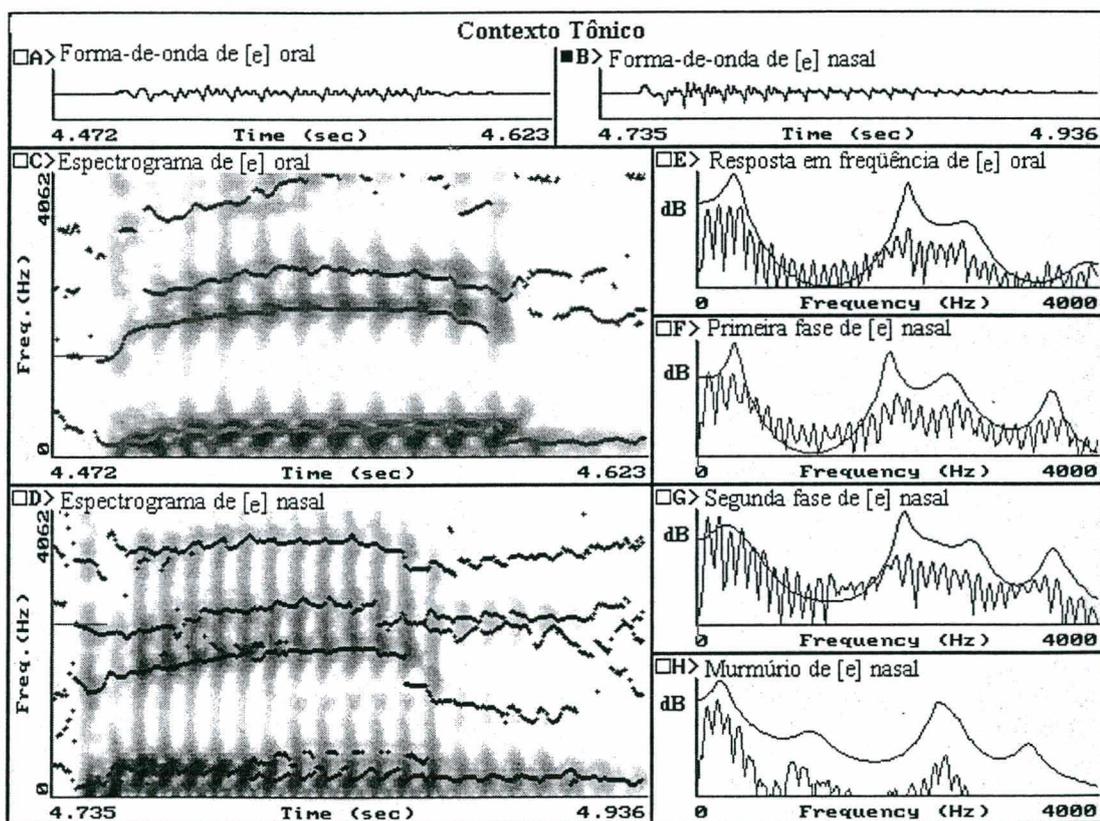


Figura 3.10. Vogal média anterior oral e nasal em contexto tônico. Os Quadros A e B, a forma-de-onda das vogais [e] e [ẽ], respectivamente. Os Quadros C e D mostram espectrogramas de banda larga das referidas vogais. O Quadro E apresenta o espectro FFT da contra-parte oral e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio.

Esta característica de ausência da segunda fase, ou seja, da fase nasal propriamente dita, não ocorreu com a vogal nasal [ẽ]. Os testes perceptuais mostraram que a ausência da 2ª fase prejudica a naturalidade desse segmento nasal.

Para a vogal [ẽ], os testes perceptuais mostraram que a vogal sintetizada composta apenas pela fase oral + murmúrio apresentou 100% de naturalidade para os ouvintes.

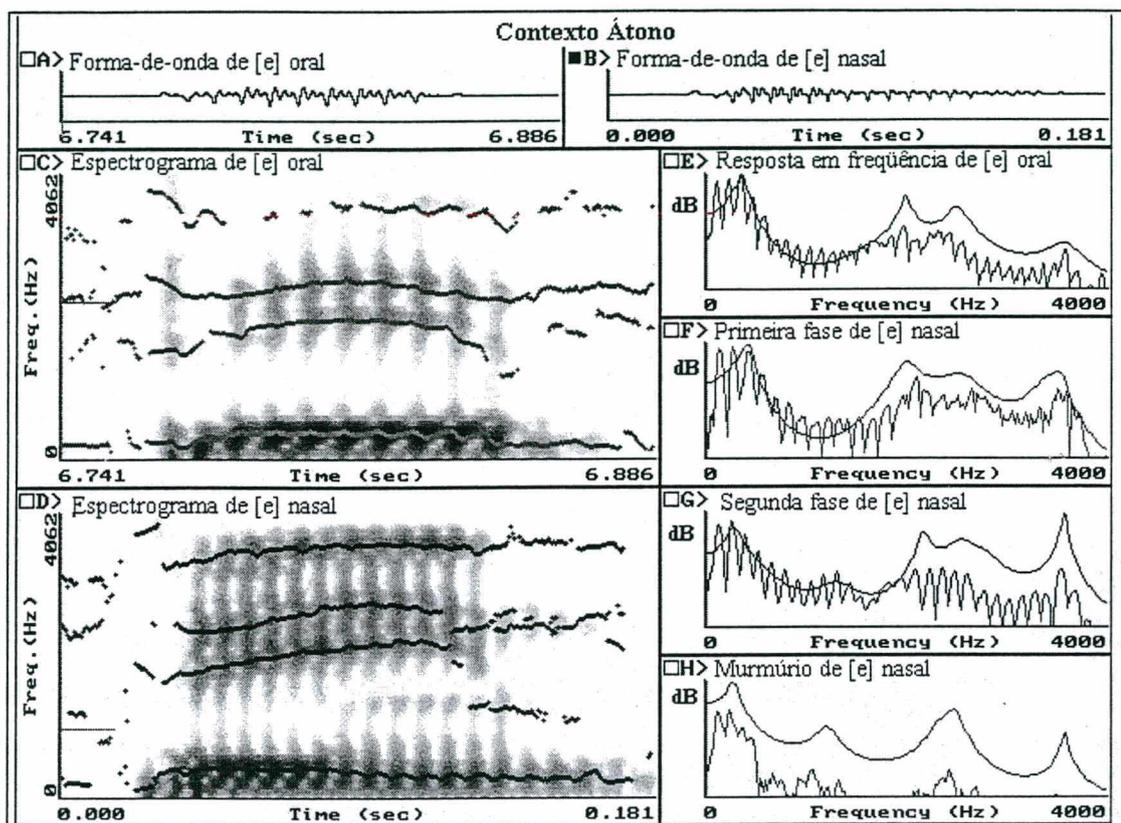
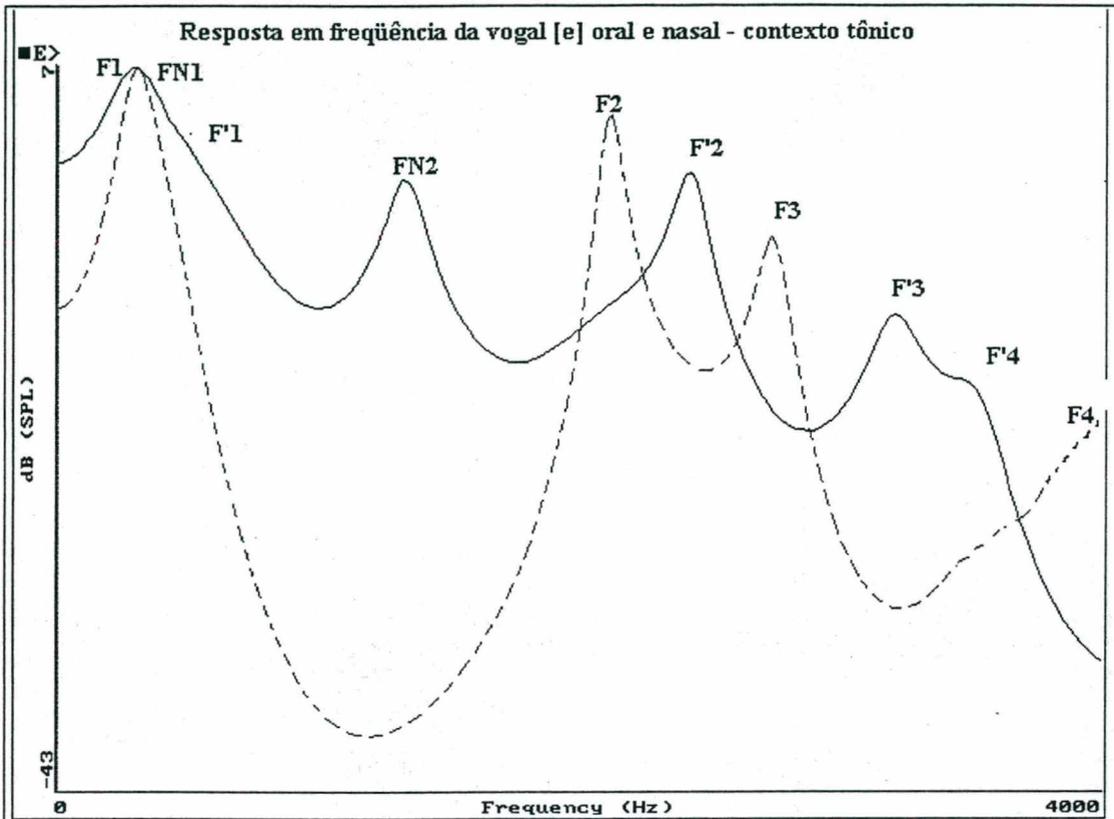


Figura 3.11. Vogal média anterior oral e nasal em contexto átono. Os Quadros A e B, a forma-de-onda das vogais [e] e [ẽ], respectivamente. Os Quadros C e D mostram espectrogramas de banda larga das referidas vogais. O Quadro E apresenta o espectro FFT da contra-parte oral e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio.

Outra característica observada, na Figura 3.10, é a bifurcação que surge assim que a vogal passa para a segunda fase, mostrando a introdução de uma ressonância adicional, isto é, o primeiro formante nasal (média de 242 Hz) e a elevação da frequência de F'1 passando em média de 400 Hz (no segmento oral) para 502 Hz (no nasal). Na segunda fase, observada no Quadro G das Figuras 3.10 e 3.11, visualizamos uma ressonância em torno de 1215 Hz em contexto tônico e de 1139 Hz em contexto átono que aparentemente não existia na primeira fase dessa vogal (Quadro F das Figuras 3.10 e 3.11). Ela se constitui do segundo formante nasal (FN2) e se estende até o final do murmúrio. Na fase final, vemos apenas o murmúrio nasal,

constituído principalmente de uma ressonância em muito baixa frequência, em torno de 230 Hz.



**Figura 3.12** Resposta em frequência das vogais oral [e] (linha tracejada) e nasal [ẽ] (linha cheia) em contexto tônico com seus respectivos formantes orais (Fi), formantes orais “deslocados” (F’i) e formantes nasais (FNi) (obtidos via análise LPC).

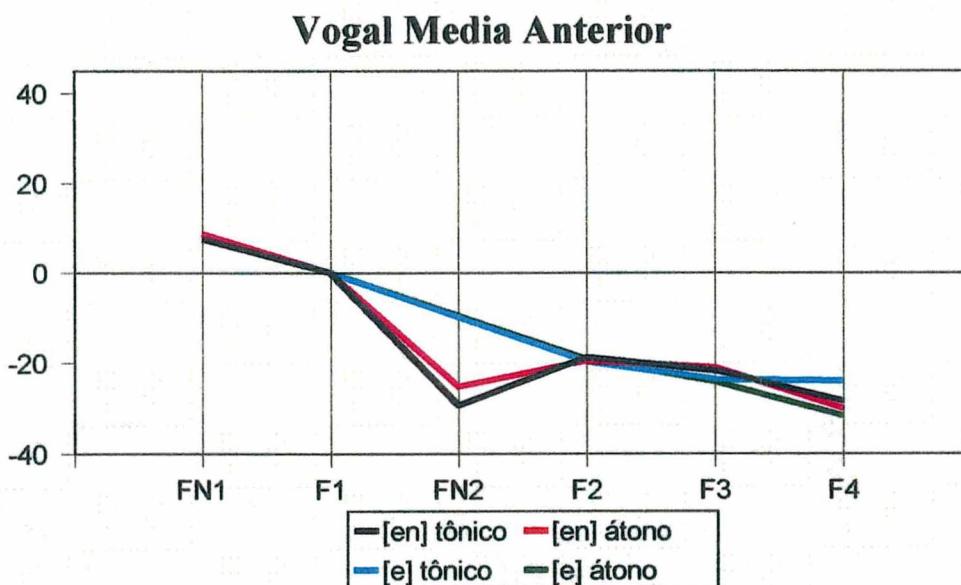
A Figura 3.12 apresenta os formantes que serão avaliados (Fi, F’i e FNi) na busca de pistas acústicas características da vogal nasal média anterior que a diferenciam de sua contra-parte oral.

Como vimos, a vogal [ẽ] apresenta dois formantes nasais: um primeiro bastante próximo de F’1 com média de 242 Hz e um segundo posicionado entre F’1 e F’2, característico das vogais anteriores (a vogal [ĩ] também apresenta esse formante nasal). O aparecimento de FN2 (com média de 1215 Hz - verificado também por FANT (1960)) e de uma anti-ressonância na região entre FN2 e F’2 (entre 900 Hz e 1800 Hz), provoca um amortecimento de F’2 e dos formantes mais altos dessa vogal. Esse fato também foi verificado por SOUSA (1994).

A duplicação de F'3, outro fato enfatizado por SOUSA (1994), é mais evidente no final da segunda fase da vogal nasal, ou seja, no murmúrio vocálico propriamente dito, com o aparecimento de dois formantes nasais bastante próximos (com média de 2188 Hz e 2571 Hz) (ver Figuras 3.10 e 3.11 – Quadros G)

Quanto à amplitude relativa desta vogal, a análise ANOVA mostrou que o fator nasalidade opera significativamente sobre A1, havendo interação entre esses dois fatores (vogal e nasalidade ao nível de  $p < 0,0001$ ). Esse efeito leva à redução da amplitude de F1 quando a vogal é nasal. Já a intensidade do segundo formante nasal (A2) não apresentou diferenças significativas entre nasal e não-nasal.

Pela Figura 3.13, podemos observar que o formante com maior intensidade é FN1, estando em média 7 dB acima de F'1. Verificamos assim que a tendência de maior proeminência espectral de FN1 em relação a F'1, confirmada para a vogal [ẽ], ocorre também para [ẽ].

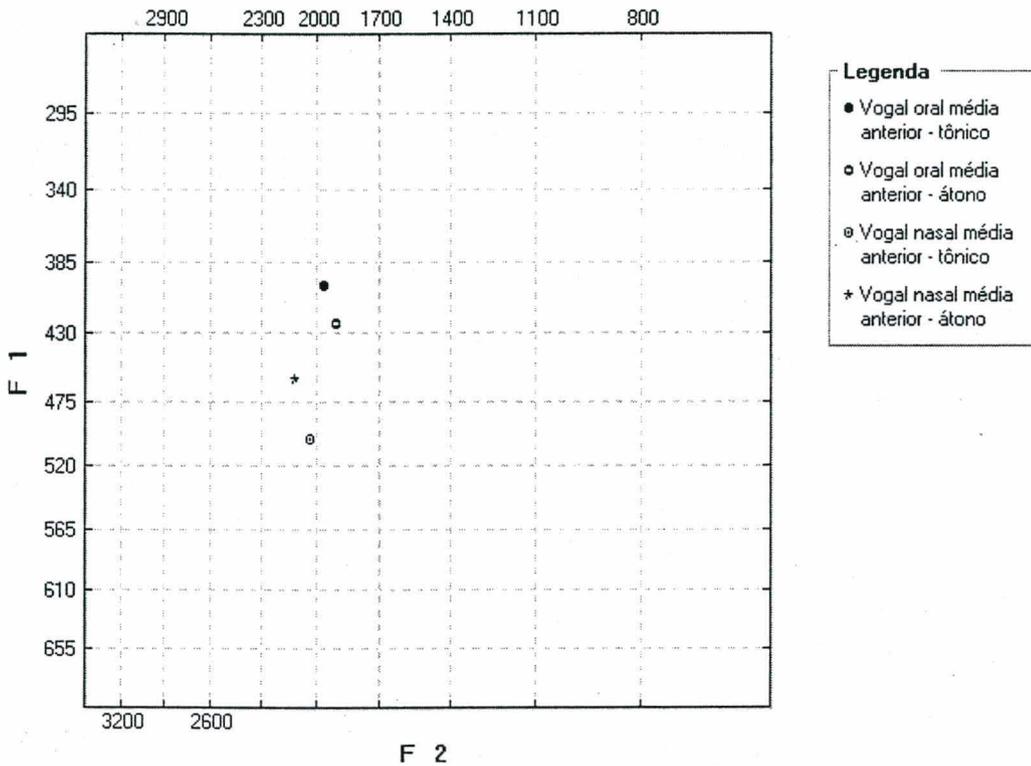


**Figura 3.13** Amplitude relativa média dos formantes orais e nasais da vogal média anterior em contexto tônico e átono.

A amplitude de F4 da vogal oral em contexto átono é muito mais amortecida do que em contexto tônico (diferença média de 8 dB entre os dois contextos - Tabela 3.12 e Figura 3.13) No entanto, quando nasal, F'4 não apresenta

esse amortecimento em contexto átono, mostrando-se bastante semelhante em amplitude nos dois contextos de tonicidade (ver Tabela 3.19).

Enquanto para a vogal [a], a nasalidade torna a vogal menos baixa, a vogal [e], quando nasal, passa a menos alta, quer em contexto tônico quanto em átono (ver Figura 3.14). Assim, as vogais nasais [ẽ] e [ẽ̃], até aqui analisadas, parecem tender a diminuir sua oposição em relação à altura.



**Figura 3.14** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) da vogal média anterior oral e nasal em contexto tônico e átono do português falado em Florianópolis

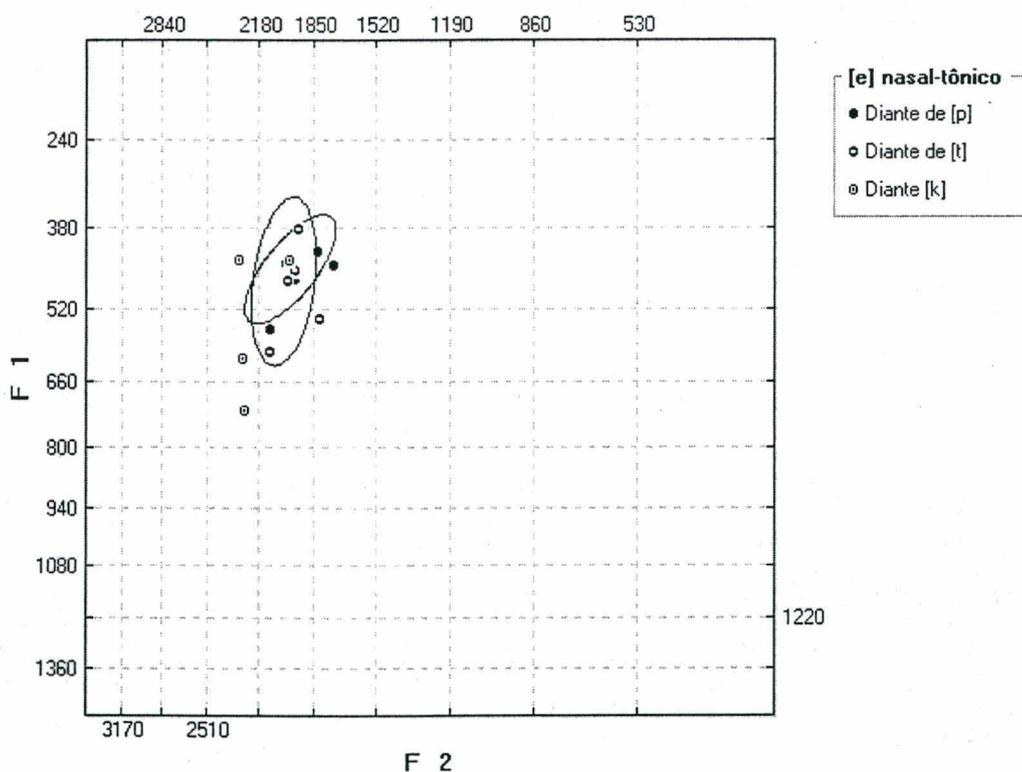
A vogal [e] torna-se também mais anteriorizada quando nasal, comportamento também observado por JHA (1986) para vogais nasais do Maithili (Figura 3.14).

A análise ANOVA mostrou uma interação bastante significativa para F1 ( $p < 0,0006$ ) e F2 ( $p < 0,0017$ ) entre os fatores: vogal e nasalidade, mostrando a tendência de elevação de F'1 e de F'2. A vogal [ẽ] torna-se então menos alta e mais anterior do que a sua contra-parte não-nasal.

Em relação aos coeficientes de variação dos formantes da vogal [e], em contexto oral, tivemos uma dispersão média inferior a 10%. Já, em contexto nasal, F1 teve dispersão entre 25 e 30%, sendo que os formantes mais altos apresentaram dispersão próxima a 10%.

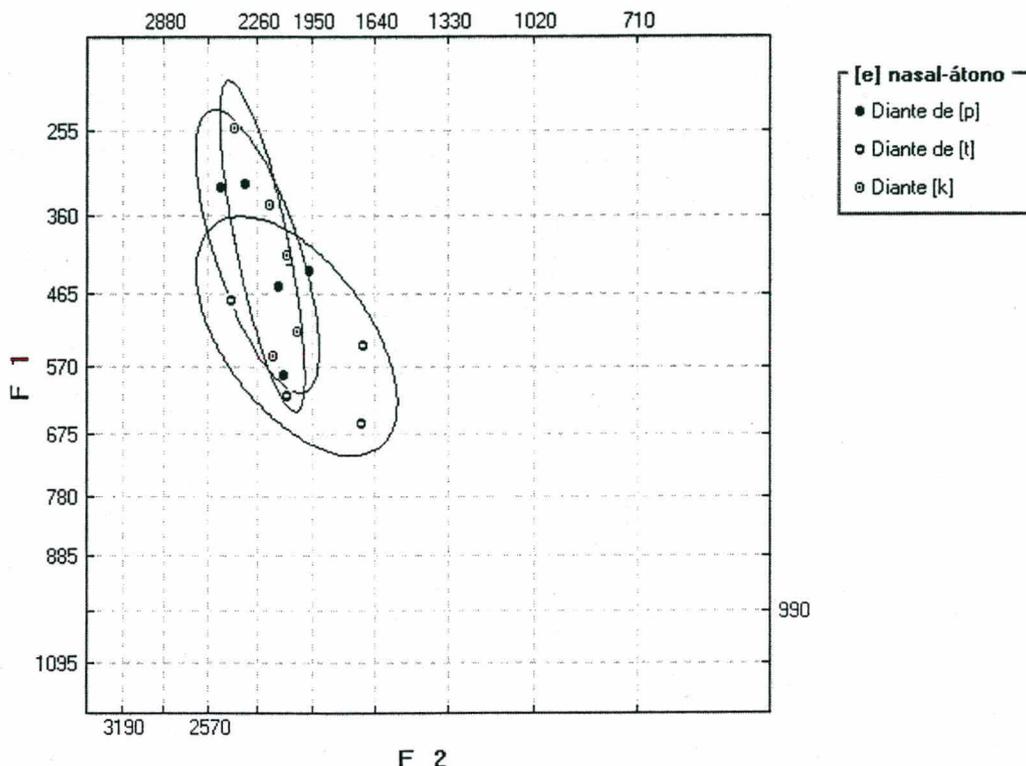
Podemos verificar, pelas Figuras 3.15 e 3.16, uma maior dispersão dos formantes em contexto átono do que em tônico, apresentando-se, como formante mais disperso, F'1.

O murmúrio nasal, presente em todos os dados analisados diante de diferentes consoantes oclusivas, apresentou diferenças estatisticamente significativas somente para FN1<sup>1</sup>. Porém, o segundo e terceiro formantes nasais do murmúrio vocálico, que distinguem, em alguns casos, as consoantes bilabiais e alveolares, não apresentaram diferenças significativas independentemente do contexto de tonicidade.



**Figura 3.15** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) de cada informante da vogal nasal anterior média em contexto tônico diante de [p], [t] e [k]

<sup>1</sup> Para  $p < 0,05$ , obtivemos  $F=2,64$  em contexto tônico e  $F=4,01$  quando agrupamos os contextos [p,k] em relação a [t] e  $F=10,63$  quando agrupamos [k,t] em relação a [p].



**Figura 3.16** Médias das freqüências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) de cada informante da vogal média anterior nasal em contexto átono diante de [p], [t] e [k]

**3.4.1 Tabelas referentes à vogal [e]**

**Tabela 3.11**

Freqüência dos formantes (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal média anterior [e] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].

	F0	F1	F2	F3	F4	F1norm	F2norm	F3norm
[e] tônico	136,85	400,59	1964,28	2481,01	3531,85	0,11	0,56	0,70
[e] diante [p]	134,91	394,80	1902,86	2411,34	3424,86	0,12	0,56	0,70
[e] diante [t]	131,66	397,87	1934,49	2578,26	3558,46	0,11	0,55	0,73
[e] diante [k]	143,97	409,09	2055,49	2453,43	3612,23	0,11	0,57	0,68
[e] átono	141,22	423,87	1898,95	2517,44	3546,18	0,12	0,54	0,71
[e] diante [p]	136,31	420,20	1787,11	2380,71	3402	0,12	0,53	0,70
[e] diante [t]	138,57	419,23	1847,37	2549,69	3622,14	0,12	0,51	0,70
[e] diante [k]	148,78	432,17	2062,37	2621,91	3614,40	0,12	0,57	0,72

**Tabela 3.12**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes orais da vogal média anterior nasal [e] em contexto tônico e átono.

<b>Contexto tônico</b>					
	<b>F0</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
<b>Desvio Padrão</b>	34,28	23,87	139,04	134,91	184,73
<b>Variância</b>	1174,82	569,76	19332,35	18203,28	34126,92
<b>Coef. Variação</b>	25,05%	5,96%	7,08%	5,44%	5,23%
<b>Contexto átono</b>					
<b>Desvio Padrão</b>	32,90	34,99	179,44	177,83	157,52
<b>Variância</b>	1082,46	1224,19	32200,28	31624,77	24813,80
<b>Coef. Variação</b>	23,30%	8,25%	9,45%	7,06%	4,44%

**Tabela 3.13**

Amplitude relativa dos formantes da vogal média anterior [e] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].

	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>
[e] tônico	57,33	-19,68	-23,56	-23,89
[e] diante [p]	55,79	-21,61	-25,22	-34,50
[e] diante [t]	59,08	-20,39	-23,27	-27,16
[e] diante [k]	57,12	-17,04	-22,18	-10,01
[e] átono	53,39	-19,23	-24,14	-31,81
[e] diante [p]	53,13	-20,68	-24,31	32,79
[e] diante [t]	54,31	-21,13	-25,49	-33,09
[e] diante [k]	52,73	-15,88	-22,61	-29,55

**Tabela 3.14**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes orais da vogal média anterior [e] em contexto tônico e átono.

<b>Contexto tônico</b>				
	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>
<b>Desvio Padrão</b>	4,60	2,96	3,87	11,29
<b>Variância</b>	21,17	8,75	14,98	127,37
<b>Coef. Variação</b>	8,02%	15,04%	16,43%	47,26%
<b>Contexto átono</b>				
<b>Desvio Padrão</b>	5,23	3,76	3,06	4,46
<b>Variância</b>	27,37	14,17	9,34	19,90
<b>Coef. Variação</b>	9,79%	19,55%	12,68%	14,02%

**Tabela 3.15**

Frequência dos formantes orais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal média anterior [ẽ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].

	F0	F1	F2	F3	F4	F1norm	F2norm	F3norm
[ẽ] tônico	137,60	502,46	2037,85	2547,78	3571,21	0,14	0,57	0,71
[ẽ] diante [p]	134,83	466,43	1933,06	2421,43	3433,51	0,14	0,56	0,71
[ẽ] diante [t]	137,97	489,46	1964,49	2581,91	3670,11	0,13	0,54	0,70
[ẽ] diante [k]	140	551,50	2216	2640	3610	0,14	0,60	0,73
[ẽ] átono	150,90	460,40	2126,01	2620,70	3574,35	0,13	0,60	0,73
[ẽ] diante [p]	157,89	423,40	2206,34	2579,63	3629,37	0,12	0,61	0,71
[ẽ] diante [t]	145,97	540,66	1998,29	2579,74	3590,86	0,15	0,56	0,72
[ẽ] diante [k]	148,83	417,14	2173,40	2702,74	3502,82	0,12	0,62	0,77

**Tabela 3.16**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes orais da vogal média anterior [ẽ] em contexto tônico e átono.

Contexto tônico					
	F0	F1	F2	F3	F4
<b>Desvio Padrão</b>	2,60	44,00	155,08	113,21	122,98
<b>Variância</b>	6,78	1936,04	24050,03	12816,85	15123,58
<b>Coef. Variação</b>	1,89%	8,76%	7,61%	4,44%	3,44%
Contexto átono					
	F0	F1	F2	F3	F4
<b>Desvio Padrão</b>	39,73	117,55	229,90	171,56	169,60
<b>Variância</b>	1578,50	13819,04	52852,64	29431,60	28762,77
<b>Coef. Variação</b>	26,33%	25,53%	10,81%	6,55%	4,74%

**Tabela 3.17**

Frequência dos formantes nasais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal média anterior [ẽ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].

	FN1	FN2	FN1norm	FN2norm
[ẽ] tônico	242,35	1215,09	0,05	0,26
[ẽ] diante [p]	234,45	1187,89	0,04	0,22
[ẽ] diante [t]	246,61	1190,12	0,04	0,20
[ẽ] diante [k]	246	1267,25	0,07	0,35
[ẽ] átono	232,97	1139,09	0,04	0,27
[ẽ] diante [p]	229,33	1155,63	0,04	0,25
[ẽ] diante [t]	238,40	987,34	0,06	0,28
[ẽ] diante [k]	228,78	1274,30	0,03	0,28

**Tabela 3.18**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes nasais da vogal média anterior [ẽ] em contexto tônico e átono.

<b>Contexto tônico</b>		
	<b>FN1</b>	<b>FN2</b>
<b>Desvio Padrão</b>	6,85	45,19
<b>Variância</b>	46,94	2042
<b>Coef. Variação</b>	2,83%	3,72%
<b>Contexto átono</b>		
<b>Desvio Padrão</b>	32,51	230,05
<b>Variância</b>	1056,84	52925,24
<b>Coef. Variação</b>	13,95%	20,20%

**Tabela 3.19**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média anterior [ẽ] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].

	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>AN1</b>	<b>AN2</b>
[ẽ] tônico	50,67	-17,25	-20,61	-27,94	7,73	-28,48
[ẽ] diante [p]	50,34	-15,82	-19,33	-24,14	7,36	-27,50
[ẽ] diante [t]	50,12	-14,93	-18,58	-26,36	11,64	-31,13
[ẽ] diante [k]	51,55	-21,01	-23,93	-33,38	4,20	-26,80
[ẽ] átono	45,70	-19,52	-20,95	-30,13	10,21	-25,20
[ẽ] diante [p]	45,97	-18,94	-20,11	-29,06	11,34	-25,58
[ẽ] diante [t]	45,82	-16,28	-19,06	-29,07	4,43	-21
[ẽ] diante [k]	45,30	-23,33	-23,68	-32,26	14,85	-29,97

**Tabela 3.20**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal média anterior em contexto tônico e átono.

<b>Contexto tônico</b>						
	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>AN1</b>	<b>AN2</b>
<b>Desvio Padrão</b>	0,77	3,28	2,90	4,80	3,73	2,32
<b>Variância</b>	0,59	10,78	8,39	23,04	13,94	5,40
<b>Coef. Variação</b>	1,52	19,05%	14,07%	17,18%	48,25%	8,15%
<b>Contexto átono</b>						
<b>Desvio Padrão</b>	5,50	9,83	6,72	8,70	5,30	9,47
<b>Variância</b>	30,23	96,68	45,17	75,73	28,11	89,67
<b>Coef. Variação</b>	12,03%	50,36%	32,08%	28,87%	51,91%	37,58%

### 3.5 VOGAL ALTA ANTERIOR

A vogal nasal [ĩ] apresenta também as três fases que constituem a maioria das vogais nasais do PB. No entanto, a ausência da fase nasal é mais recorrente do que a ausência da fase oral (63 dados em 210 sem a fase nasal e apenas 11 sem a fase oral). Sendo a ausência da fase nasal mais evidente em contexto átono (ocorreu em 56 das 63 totais) do que em tônico.

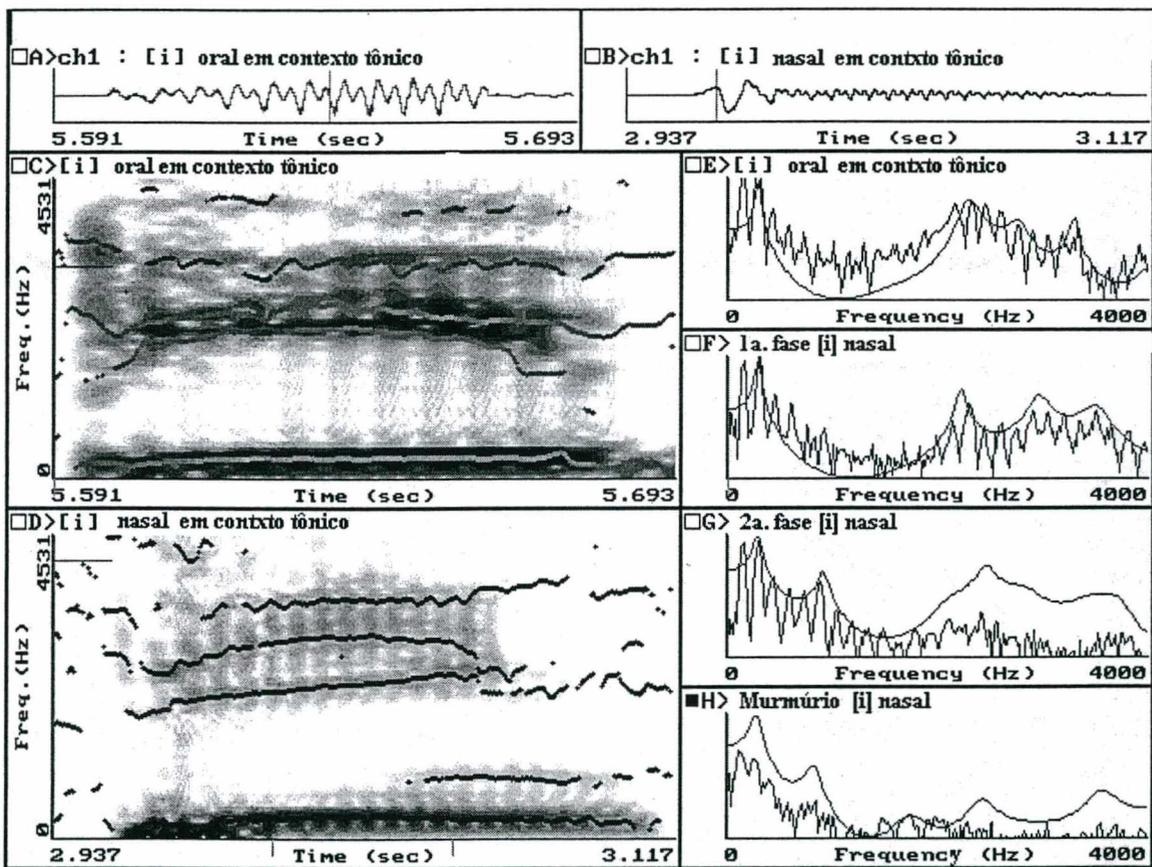
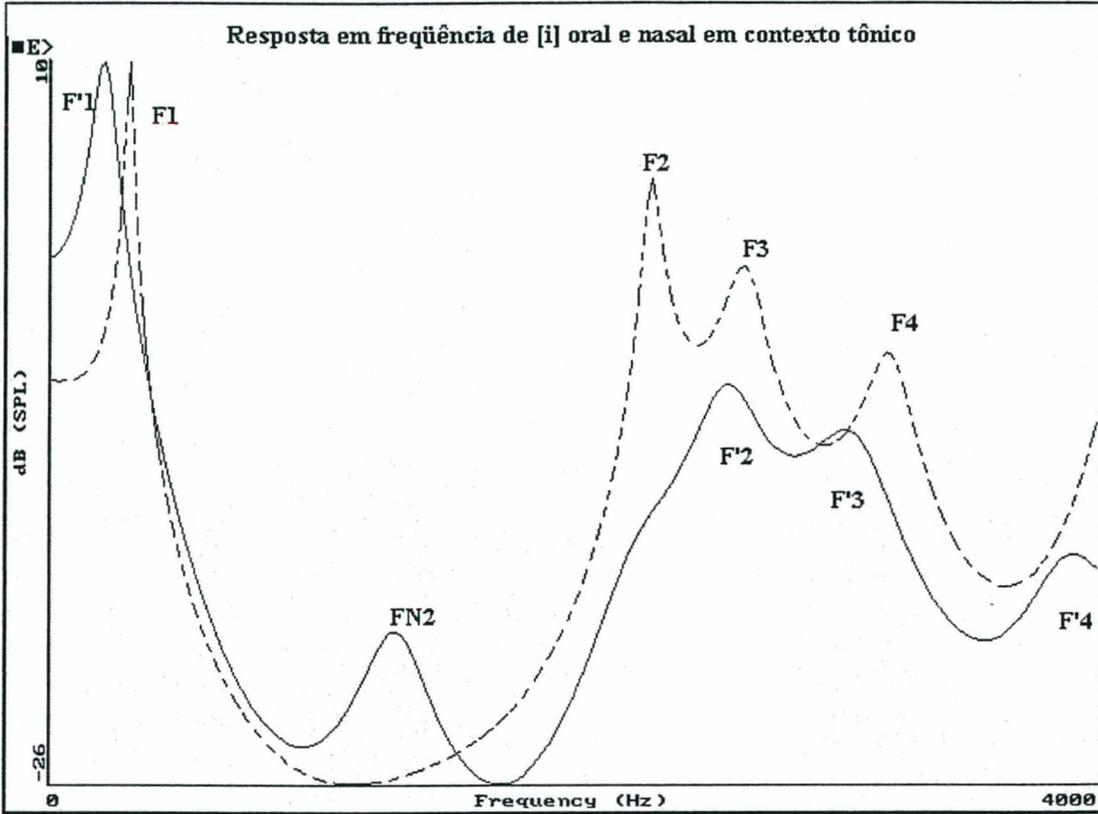


Figura 3.17. Vogal alta anterior oral e nasal em contexto tônico. Os Quadros A e B apresentam a forma-de-onda dessas vogais. Os Quadros C e D mostram seus respectivos espectrogramas de banda larga. O Quadro E apresenta o espectro FFT da contra-parte oral e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio.

O exame da distribuição freqüencial apresentada na Figura 3.18 evidencia novamente um formante nasal em torno de 1000 Hz, já observado na nasal

[ẽ] (FN2). Quanto à FN1, ele só pôde ser extraído de poucos dados<sup>1</sup>, devido à sua frequência localizar-se bastante próxima da frequência de F'1 e, conseqüentemente, mesclar-se a ela.



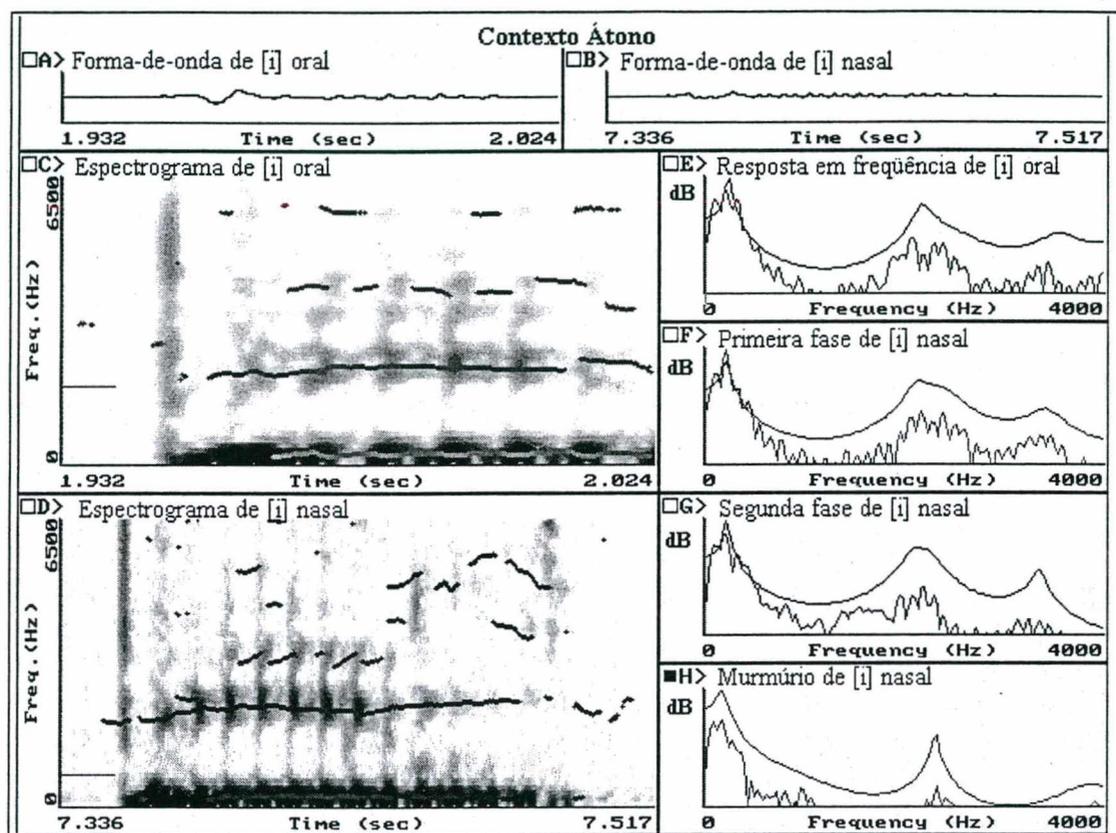
**Figura 3.18** Resposta em frequência das vogais oral [i] (linha tracejada) e nasal [ĩ] (linha cheia) em contexto tônico com seus respectivos formantes orais (Fi), formantes orais “deslocados” (F'i) e formantes nasais (FNi) (obtidos via análise LPC).

Quanto à amplitude do primeiro formante oral de [i], a análise ANOVA apresentou um efeito significativo mas marginal entre os fatores vogal e nasalidade ( $p < 0,0381$ ). Essa estatística mostrou que, enquanto, para as vogais altas [ĩ] e [ũ], há uma elevação de A1 em relação ao contexto não-nasal, para as vogais [ẽ], [ẽ] e [õ], ocorre o efeito contrário, ou seja, uma redução da amplitude de F1 em contextos nasais em relação aos não-nasais.

A adição deste formante nasal (FN1) a F'1 talvez seja a razão do aumento de amplitude do contexto nasal em relação ao não-nasal em vogais altas, já

<sup>1</sup> Em contexto átono, obtivemos apenas 6 dados.

que, para as vogais em que ocorreu redução de amplitude em contexto nasal, o F<sub>N1</sub> aparece em região de frequência diferente da região de F<sub>1</sub>.



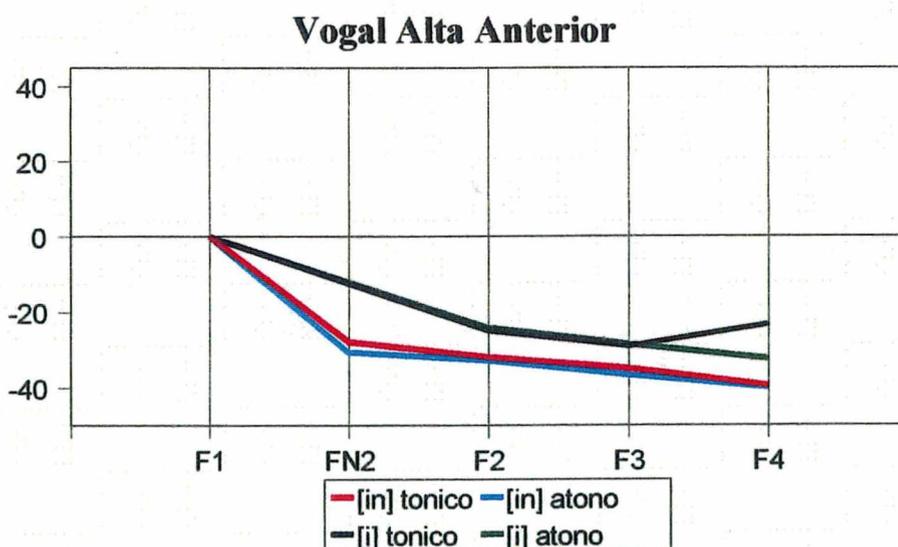
**Figura 3.19.** Vogal alta anterior oral e nasal em contexto átono. Os Quadros A e B apresentam a forma-de-onda dessas vogais. Os Quadros C e D mostram seus respectivos espectrogramas de banda larga. O Quadro E apresenta o espectro FFT da contra-parte oral e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio.

Com relação ao abaixamento em frequência de F<sub>1</sub> para a nasal [ĩ], observado em SOUSA (1994), a análise ANOVA mostrou que justamente a única vogal nasal a não se apresentar afetada pela nasalidade foi a vogal nasal [ĩ], isto é, esta vogal não apresentou diferenças significativas entre o contexto nasal e o não-nasal. Já, para F<sub>2</sub>, a vogal nasal [ĩ] mostrou-se afetada pela nasalidade, elevando seus segundos formantes orais (F<sub>2</sub>) em relação ao contexto não-nasal. A vogal [ĩ] torna-se assim mais anterior em ambiente nasal, fato já percebido para a vogal nasal

média [ẽ], sendo mais evidente, no entanto, para a vogal média do que para a alta (ver Figuras 3.51 e 3.52).

A frequência média de F'3 também foi superior a de sua contra-parte oral, corroborando aqui as observações de SOUSA (1994:81) em relação a este formante. F'4 também apresentou média superior a F4 somente em contexto tônico (passou de 3540 Hz para 3691 Hz). Em contexto átono praticamente não houve diferença entre as frequências médias de F4 e F'4.

A vogal [i] em contexto nasal perde muito em intensidade em relação ao contexto oral. É a vogal que apresenta uma atenuação bastante acentuada já na região de F'2 (média 32,12 dB abaixo de F'1) e dos formantes mais altos (ver Figura 3.20 e Tabela 3.29). Se compararmos o amortecimento dos formantes dessa vogal mesmo em contexto oral com os demais, veremos que a atenuação já é forte de F1 para F2. Para [a], [o] e [u], a atenuação média de F2 em relação a F1 fica em torno de 8 dB, 10 dB e 15 dB, respectivamente. Para [i], a atenuação média de F2 é de 24 dB. A análise ANOVA mostrou diferenças significativas entre o contexto nasal e o não-nasal para A2 (ao nível de  $p < 0,0004$ ), sendo que, em ambiente nasal, F'2 é significativamente amortecido.



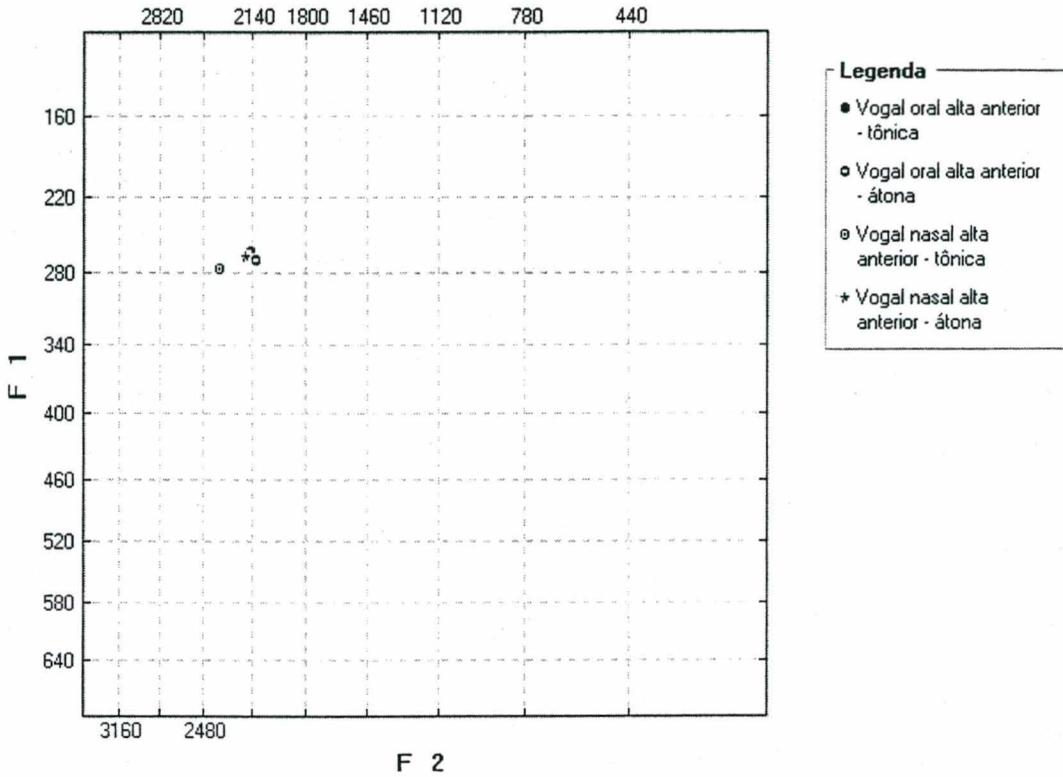
**Figura 3.20** Amplitude relativa média dos formantes orais da vogal alta anterior em contexto tônico e átono.

SOUSA (1994:87) apresenta como justificativa desse amortecimento em ambiente nasal “a atuação muito pronunciada de formantes nasais e anti-ressonâncias na faixa acima de 1000 Hz (...) diminuindo com isto a intensidade dos segundos formantes das vogais anteriores que se localizam nesta faixa difusa”. A constrição do trato oral é provocadora da atenuação já em ambiente oral. Em ambiente nasal, há a atuação de formantes nasais e anti-ressonâncias provocando maior atenuação dessas vogais nasais

Nossas observações das anti-ressonâncias mostraram regiões bastante fixas de aparecimento desses anti-formantes, independentemente da vogal. Isto já foi verificado por LINDQVIST, GAUFFIN e SUNDBERG (1976), citando que muito provavelmente, como os anti-formantes teriam localizações variantes somente em função do volume e dimensões de abertura dos seios paranasais, ou seja, das variações anatômicas de cada falante, eles não seriam um bom parâmetro para diferenciar as vogais entre si. Sendo assim, acreditamos que esse maior amortecimento dos formantes mais altos das vogais anteriores, tanto orais quanto nasais, seja provocado pela maior constrição do trato vocal para a produção dessas vogais.

A constrição do trato vocal como provocador de atenuação espectral já foi salientada anteriormente por JOHNSON (1997). Ele apresenta, como razão das consoantes nasais serem mais fracas em amplitude do que as vogais nasais, uma maior constrição do trato vocal.

Os coeficientes de variação dos formantes avaliados ficaram abaixo de 10% para F2 e demais formantes. Para F1, em torno de 15% tanto em contexto oral quanto em nasal. Para os formantes nasais, ficou próximo de 20%. Os formantes com a menor dispersão continuam sendo F4 e F'4.



**Figura 3.21** Médias das freqüências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) da vogal alta anterior oral e nasal em contexto tônico e átono do português falado em Florianópolis

A maior dispersão das freqüências de F'1 e F'2 da vogal [ẽ] foi em contexto átono (Figura 3.23), levando a uma sobreposição de dados entre [ĩ] e [ẽ], principalmente em contextos vocálicos precedendo as consoantes [t] e [k]. Esse fenômeno parece contribuir para o processo da elevação da vogal pré-tônica em curso no PB.

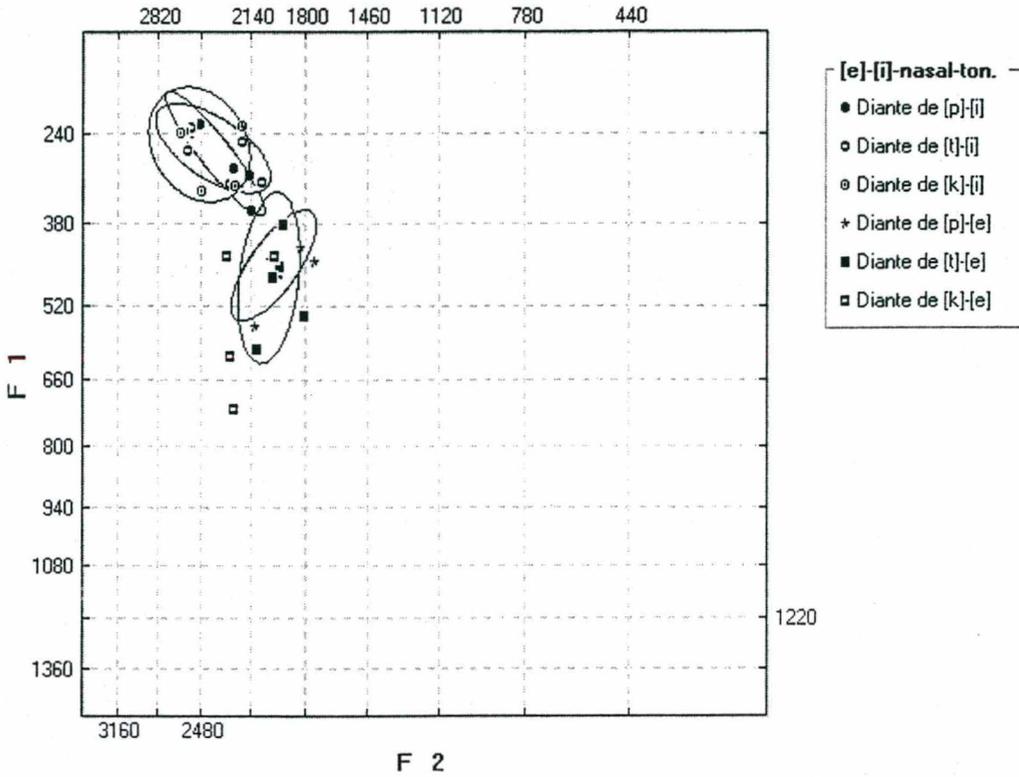


Figura 3.22 Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) das vogais nasais anteriores média e alta em contexto tônico diante de [p], [t] e [k]

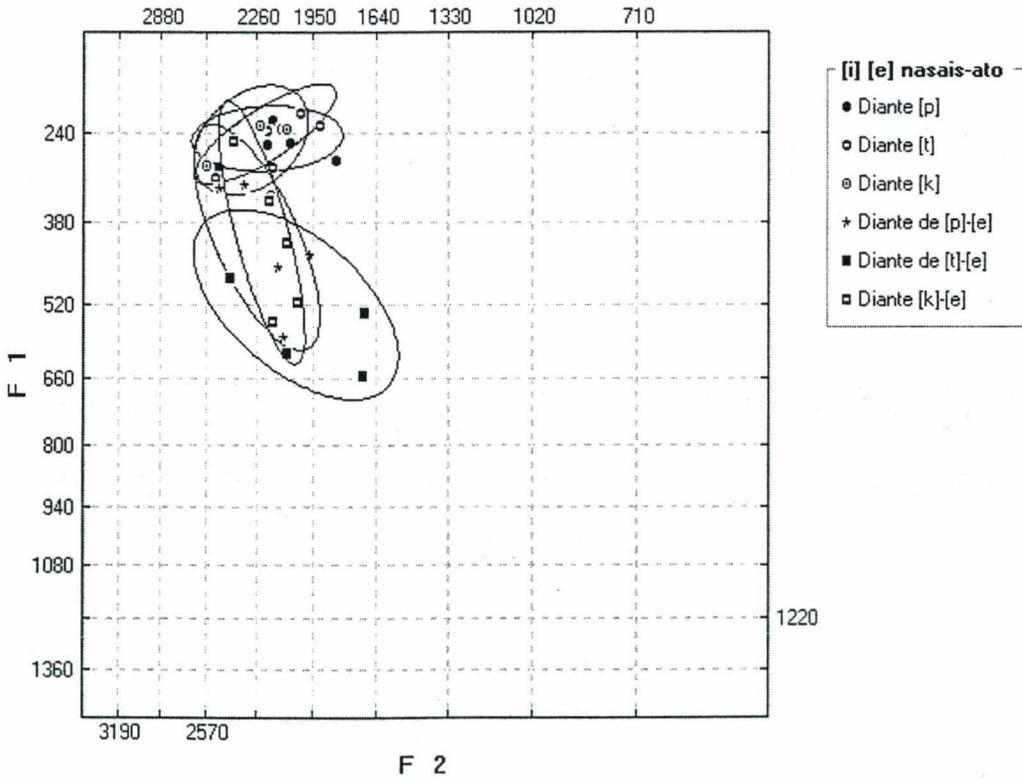


Figura 3.23 Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) das vogais nasais anteriores média e alta em contexto átono diante de [p], [t] e [k]

## 3.5.1 Tabelas Referentes à Vogal [i]

**Tabela 3.21**

Frequência dos formantes (valores médios frequenciais normalizados) da vogal alta anterior [i] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].

	F0	F1	F2	F3	F4	F1norm	F2norm	F3norm
[i] tônico	140,14	263,03	2148,11	2746,98	3540,02	0,07	0,61	0,78
[i] diante [p]	134,20	267,77	2046,66	2596,49	3484,20	0,08	0,59	0,74
[i] diante [t]	147,46	262,49	2169,14	2741,86	3527,74	0,07	0,61	0,78
[i] diante [k]	138,77	258,83	2228,54	2902,60	3608,11	0,07	0,62	0,80
[i] átono	151,97	271,49	2113,06	2716,53	3566,34	0,08	0,60	0,76
[i] diante [p]	151,77	275	2010,46	2591,20	3583,80	0,08	0,56	0,72
[i] diante [t]	144,21	264,57	2108,29	2779,60	3569,40	0,07	0,59	0,78
[i] diante [k]	159,95	274,89	2220,43	2778,80	3545,83	0,08	0,63	0,79

**Tabela 3.22**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes orais da vogal alta anterior [i] em contexto tônico e átono.

<b>Contexto tônico</b>					
	F0	F1	F2	F3	F4
<b>Desvio Padrão</b>	34,18	32,25	194,27	220,52	203,88
<b>Variância</b>	1168,10	1040,25	37739,60	48628,60	41565,54
<b>Coef. Variação</b>	24,39%	12,26%	9,04%	8,03%	5,76%
<b>Contexto átono</b>					
	F0	F1	F2	F3	F4
<b>Desvio Padrão</b>	45,78	40,16	193,27	247,19	186,59
<b>Variância</b>	2095,63	1612,86	37354,29	61103,48	34816,78
<b>Coef. Variação</b>	30,12%	14,79%	9,15%	9,10%	5,23%

**Tabela 3.23**

Amplitude relativa dos formantes da vogal alta anterior [i] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].

	A1	A2	A3	A4
[i] tônico	55,51	-24,89	-29,02	-23,14
[i] diante [p]	55,84	-23,52	-28,28	-33,01
[i] diante [t]	56,99	-27,07	-30,07	-29,33
[i] diante [k]	53,69	-24,00	-28,70	-7,08
[i] átono	50,10	-24,30	-28,63	-32,47
[i] diante [p]	50,81	-24,62	-31,29	-36,66
[i] diante [t]	49,42	-25,89	-28,09	-29,99
[i] diante [k]	50,07	-22,38	-26,49	-30,76

**Tabela 3.24**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes orais da vogal alta anterior [i] em contexto tônico e átono.

	Contexto tônico			
	A1	A2	A3	A4
<b>Desvio Padrão</b>	6,32	3,68	3,60	13,30
<b>Variância</b>	39,91	13,57	12,97	176,85
<b>Coef. Variação</b>	11,38%	14,80%	12,40%	57,48%
	Contexto átono			
	A1	A2	A3	A4
<b>Desvio Padrão</b>	5,22	4,33	3,96	4,68
<b>Variância</b>	27,28	18,73	15,66	21,22
<b>Coef. Variação</b>	10,42%	17,82%	13,83%	14,41%

**Tabela 2.25**

Frequência dos formantes orais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal alta anterior [ɨ] diante das consoantes oclusivas [p,t,k] em contextos tônico e átono [Hz].

	F0	F1	F2	F3	F4	F1norm	F2norm	F3norm
[ɨ] tônico	148,09	277,42	2362,42	2851,09	3619,41	0,08	0,66	0,78
[ɨ] diante [p]	139,91	284,37	2317,17	2853,69	3640,97	0,08	0,64	0,78
[ɨ] diante [t]	153,37	276,57	2338,11	2832,60	3663,43	0,08	0,64	0,78
[ɨ] diante [k]	150,97	271,31	2431,97	2866,97	3553,83	0,08	0,68	0,79
[ɨ] átono	152,32	267,89	2181,94	2751,42	3574,77	0,07	0,61	0,74
[ɨ] diante [p]	167,18	281,97	2149,86	2785,60	3508,76	0,08	0,62	0,77
[ɨ] diante [t]	146,40	256,37	2161,03	2749	3619,74	0,07	0,60	0,76
[ɨ] diante [k]	146,34	265,31	2234,94	2719,66	359,68	0,07	0,63	0,76

**Tabela 3.26**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes orais da vogal nasal alta anterior em contexto tônico e átono.

<b>Contexto tônico</b>					
	<b>F0</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
<b>Desvio Padrão</b>	41,19	43,60	199,80	241,67	196,09
<b>Variância</b>	1721,38	1901,42	39921,36	58405,15	38451,28
<b>Coef. Variação</b>	27,81%	15,72%	8,46%	8,48%	5,42%
<b>Contexto átono</b>					
<b>Desvio Padrão</b>	48,54	44,41	207,14	212,99	191,68
<b>Variância</b>	2355,91	1972,14	42905,97	45365,72	36742,42
<b>Coef. Variação</b>	31,87%	16,58%	9,49%	7,74%	5,36%

**Tabela 3.27**

Frequência dos formantes nasais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal alta anterior [ɪ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônico e átono [Hz].

	<b>FN1</b>	<b>FN2</b>	<b>FN1norm</b>	<b>FN2norm</b>
[ɪ] tônico		958,72		0,26
[ɪ] diante [p]		1001,03		0,28
[ɪ] diante [t]		917,34		0,25
[ɪ] diante [k]		957,80		0,27
[ɪ] átono		1005,80		0,28
[ɪ] diante [p]		1037,41		0,29
[ɪ] diante [t]		905,59		0,25
[ɪ] diante [k]		1091,57		0,30

**Tabela 3.28**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes nasais da vogal alta anterior em contexto tônico e átono.

<b>Contexto tônico</b>		
	<b>FN1</b>	<b>FN2</b>
<b>Desvio Padrão</b>		247,21
<b>Variância</b>		61113,42
<b>Coef. Variação</b>		25,78%
<b>Contexto átono</b>		
<b>Desvio Padrão</b>		249,11
<b>Variância</b>		62054,84
<b>Coef. Variação</b>		24,77%

**Tabela 3.29**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta anterior [ĩ] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].

	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
[ĩ] tônico	55,87	-32,12	-35,10	-39,59		-27,87
[ĩ] diante [p]	54,28	-28,28	-30,37	-33,96		-30,92
[ĩ] diante [t]	55,74	-34,25	-37,74	-42,80		-26,47
[ĩ] diante [k]	57,60	-33,83	-37,20	-42,00		-26,23
[ĩ] átono	53,45	-33,00	-36,75	-40,03		-30,67
[ĩ] diante [p]	51,93	-32,15	-38,90	-39,18		-29,14
[ĩ] diante [t]	55,96	-34,48	-36,80	-39,95		-31,83
[ĩ] diante [k]	52,46	-32,38	-34,54	-40,95		-31,13

**Tabela 3.30**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes orais da vogal alta anterior em contexto tônico e átono.

	Contexto tônico					
	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
<b>Desvio Padrão</b>	6,32	6,03	6,68	7,67		9,75
<b>Variância</b>	39,94	36,34	44,62	58,85		95,05
<b>Coef. Variação</b>	11,31%	18,77%	19,03%	19,37%		34,98%
	Contexto átono					
<b>Desvio Padrão</b>	4,84	4,12	4,78	4,24		6,15
<b>Variância</b>	23,46	17,01	22,83	17,96		37,82
<b>Coef. Variação</b>	9,05%	12,48%	13,01%	10,59%		20,05%

### 3.6 VOGAL MÉDIA POSTERIOR

A vogal média posterior [o] pode ser visualizada nas Figuras 3.24 (contexto tônico) e 3.26 (contexto átono). A vogal oral (Quadro C) apresenta formantes relativamente estáveis em toda a sua extensão, enquanto, quando nasal, apresenta um comportamento variável em função do tempo. Inicia-se com formantes localizados proximamente aos de uma vogal oral (fase oral - comparar Quadros C e D) e em seguida apresenta um deslocamento em frequência desses formantes, F2 decresce e F3 se eleva.

A modificação mais evidente é a elevação de F'3 e o aparecimento de uma ressonância nasal próxima a 2000 Hz que se estende até o murmúrio nasal. A fase do murmúrio evidencia-se com a transformação dos dois primeiros formantes F'1 e F'2 em apenas um, o FN1 do murmúrio, mais baixo em frequência do que F'1.

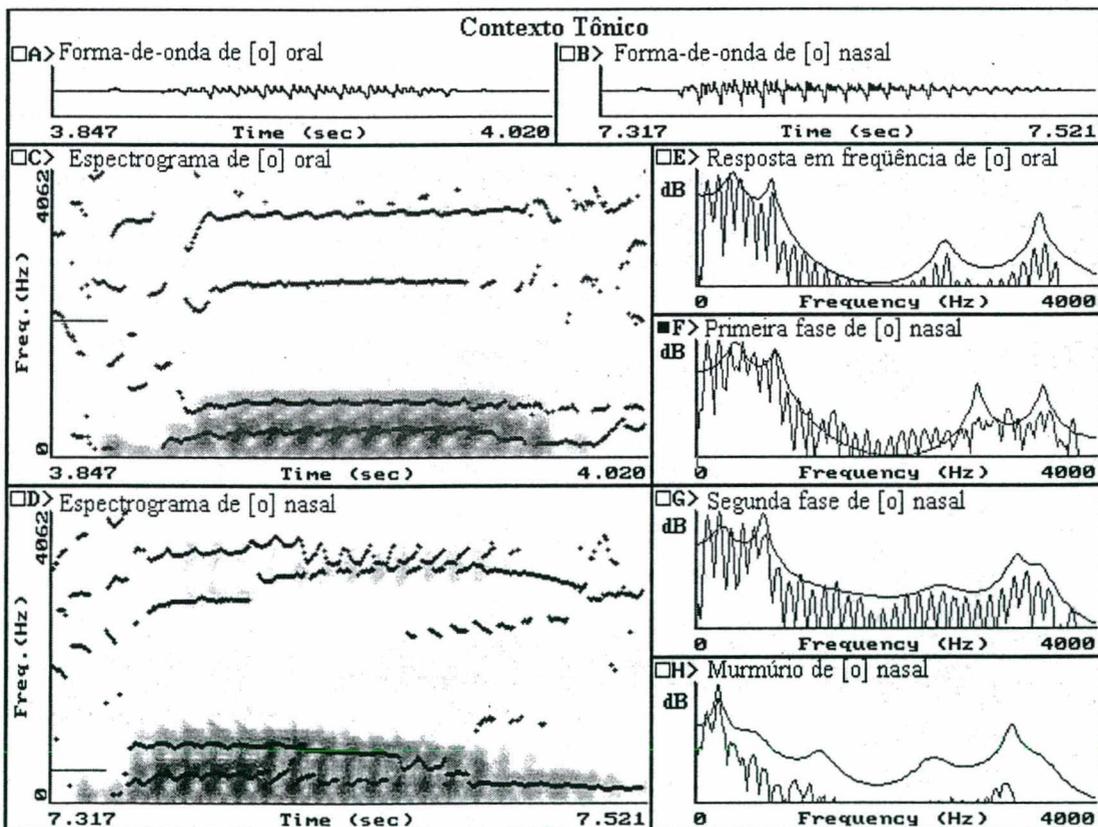


Figura 3.24. Vogal média posterior oral e nasal em contexto tônico. Os Quadros A e B, a forma-de-onda dessas vogais. Os Quadros C e D mostram seus respectivos espectrogramas de banda larga. O Quadro E apresenta o espectro FFT da vogal contra-parte oral e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio.

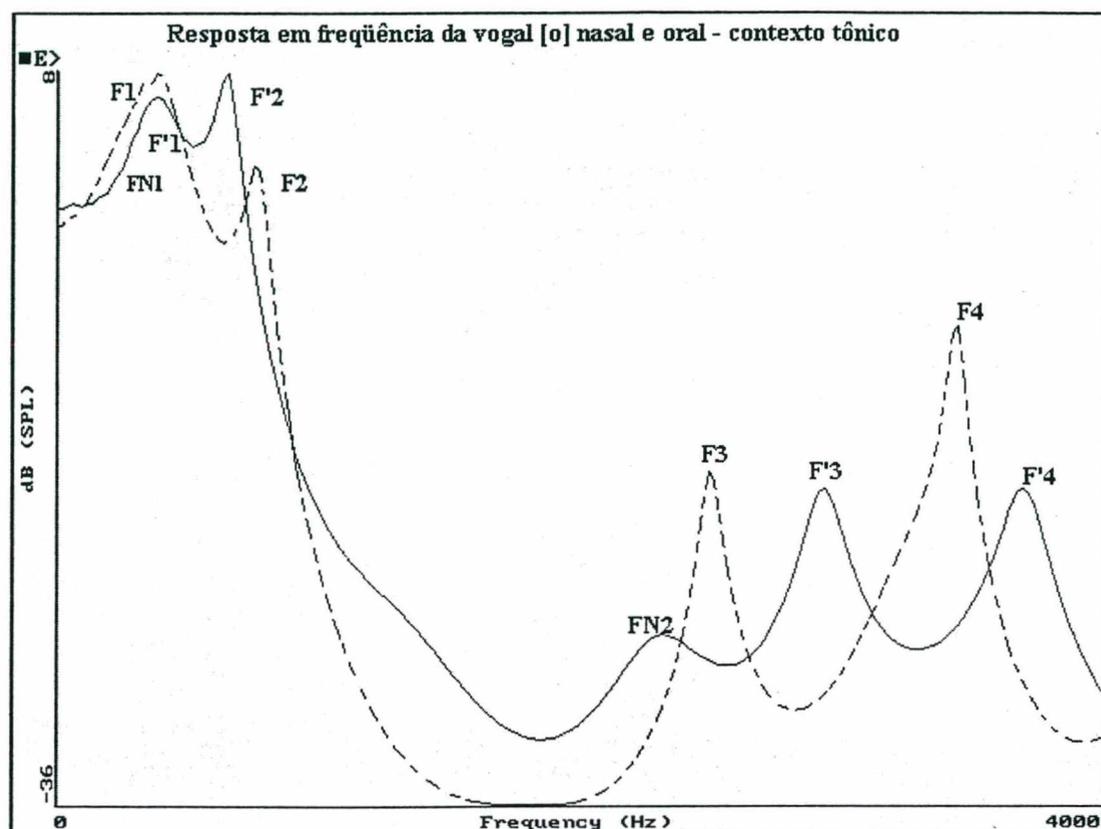


Figura 3.25 Resposta em frequência das vogais oral [o] (linha tracejada) e nasal [õ] (linha cheia) em contexto tônico com seus respectivos formantes orais ( $F_i$ ), formantes orais “deslocados” ( $F'_i$ ) e formantes nasais ( $FN_i$ ) (obtidos via análise LPC).

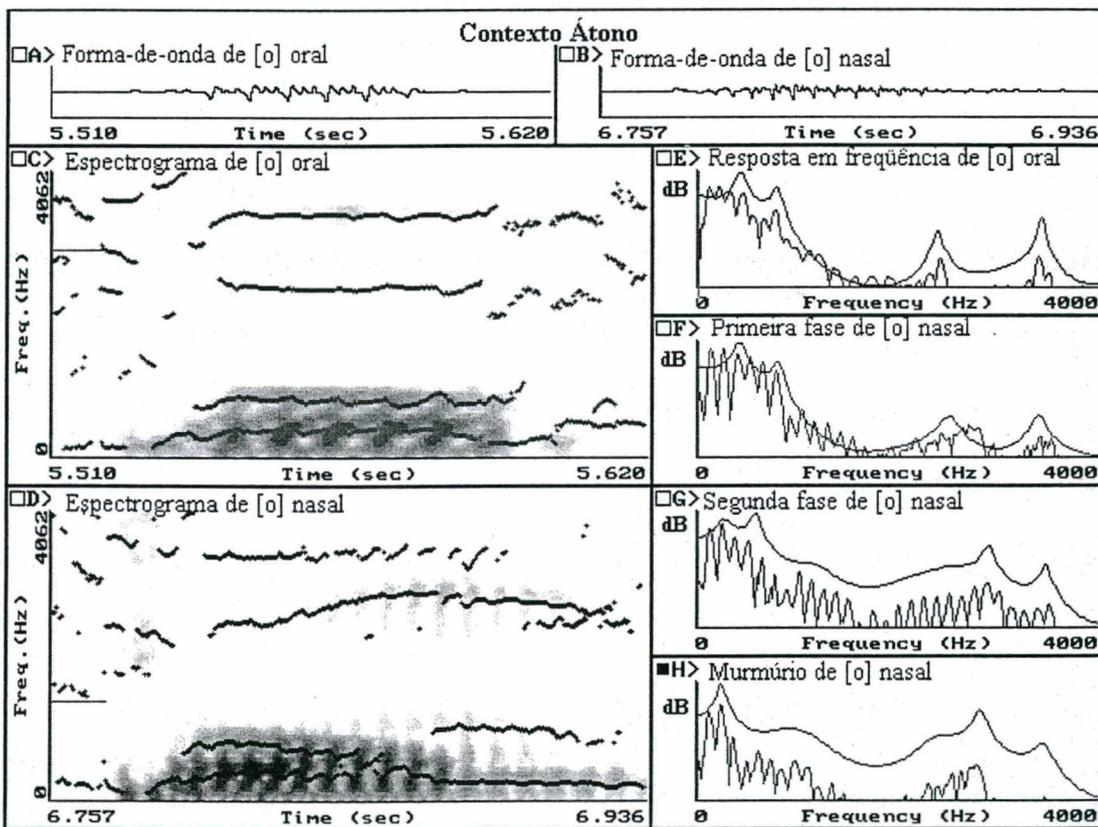
A Figura 3.25 exhibe os formantes que serão analisados na caracterização acústica da nasalidade de [õ] ( $F_i$ ,  $F'_i$ ,  $FN_i$ ).

A modificação mais notada no espectro da vogal [o], quando nasal, foi o surgimento de dois formantes nasais:  $FN_1$  e  $FN_2$ <sup>1</sup>. Como  $F'_1$  tem frequência um pouco superior a 400 Hz, o primeiro formante nasal ( $FN_1$ ) pôde ser extraído na maior parte dos dados e apresentou média de 236 Hz em contexto tônico e de 221 Hz no átono. O segundo formante nasal também foi bastante recorrente e apresentou média de 1809 Hz em contexto tônico e 1955 Hz no átono.

A vogal [õ] tem seu primeiro formante oral deslocado ( $F'_1$ ) elevando-se em frequência, o que a torna menos alta do que sua correspondente não-nasal. Essa direção de deslocamento ocorre nos dois contextos de tonicidade

<sup>1</sup> Essas ressonâncias também podem ser vistas na Figura 3.25.

analisados, sendo, no entanto, mais evidente em contexto tônico. As análises estatísticas mostraram um efeito significativo, mas marginal, na interação dos fatores vogal e nasalidade ( $p < 0,0237$ ). No segundo formante oral deslocado (F'2), ocorre o efeito significativo ( $p < 0,0017$ ) inverso, ou seja, há um abaixamento em frequência, tornando a vogal [õ] mais posteriorizada do que sua contra-parte oral. Esse efeito também foi observado para a vogal nasal alta posterior, mostrando ser uma característica das vogais posteriores nasais essa maior posteriorização em relação à não-nasal.



**Figura 3.26.** Vogal média posterior oral e nasal em contexto átono. Os Quadros A e B, a forma-de-onda dessas vogais. Os Quadros C e D mostram seus respectivos espectrogramas de banda larga. O Quadro E apresenta o espectro FFT da vogal contra-parte oral e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio.

F'3 se eleva em frequência, passando em média de 2410 Hz para 2675 Hz em contexto tônico e de 2364 Hz para 2624 Hz em contexto átono. Essa elevação também foi constatada nos dados de SOUSA (1994).

A proximidade de FN2 e F'3 faz surgir novamente uma região com duplicação de formantes, ou melhor, um *cluster* de ressonâncias em altas frequências FN2 - F'3- Z2<sup>2</sup>.

Na Figura 3.25, podemos ver a divisão do pico de F1, quando a vogal é nasal, aparecendo FN1-F'1<sup>3</sup>. A nasalização de [o], conforme já salientamos, acarreta uma elevação da frequência de F'3 (ver Tabelas 3.31 e 3.35), ocorrendo uma separação bastante evidente entre os *clusters* de ressonâncias FN1-F'1-F'2 e FN2-F'3-Z2. De acordo com MAEDA (1993:155), esta separação é mais pronunciada nas vogais mais arredondadas como [o] e os espectrogramas dessas vogais exibem freqüentemente uma extraordinária área vazia entre os *clusters* de ressonâncias baixas e altas (Figura 3.27). O autor esclarece que esse espaço em branco é chamado de *nasal eye* (olho nasal) e é usado como pista visual para a identificação de vogais nasais posteriores na leitura de espectrogramas. A frequência média de F'4, para essa vogal, também é superior a de F4.

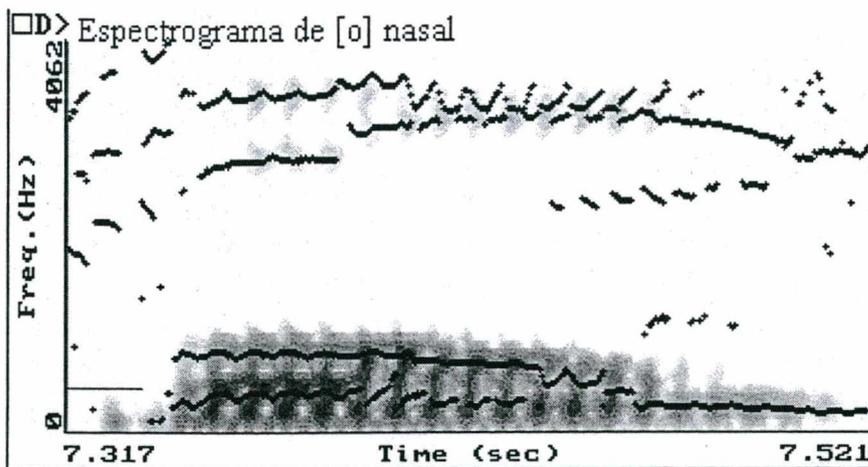
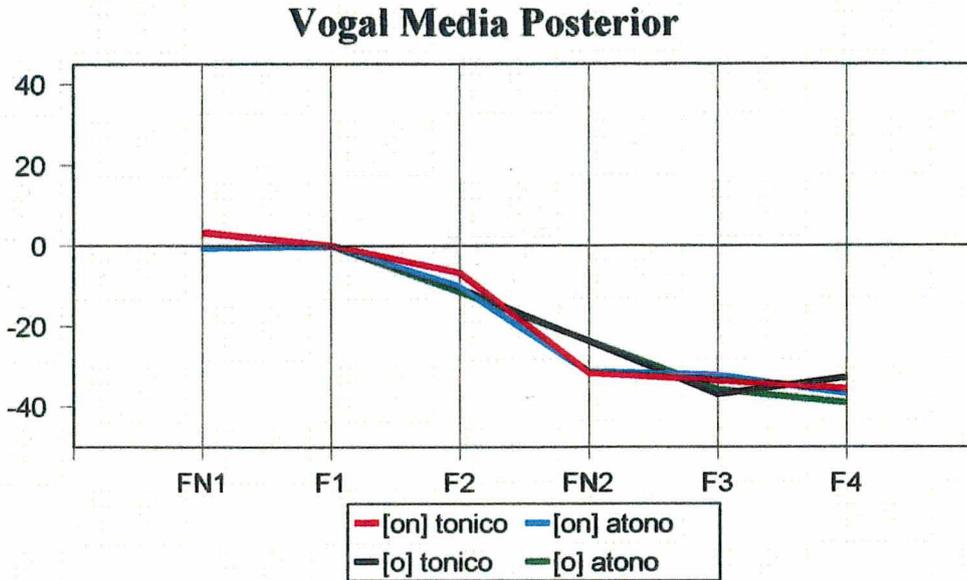


Figura 3.27 Espectrograma da vogal nasal [õ], na qual se observa a extraordinária área vazia entre os *clusters* de ressonâncias: FN1-F'1-F'2 e FN2-F'3-Z2.

<sup>2</sup> Para essa vogal, percebemos duas regiões de anti-formantes: uma entre 500 e 1500 Hz e outra entre 2500 e 3500 Hz (ver Figura 3.43)

<sup>3</sup> Note que, como a primeira ressonância do trato nasal para um falante do sexo masculino, segundo MAEDA (1993:153), está em torno de 400 Hz ou mais baixa, a vogal que possui um F1 mais alto do que 400 Hz tem como ressonância mais baixa FN1, é o que ocorre com a vogal nasal [õ].



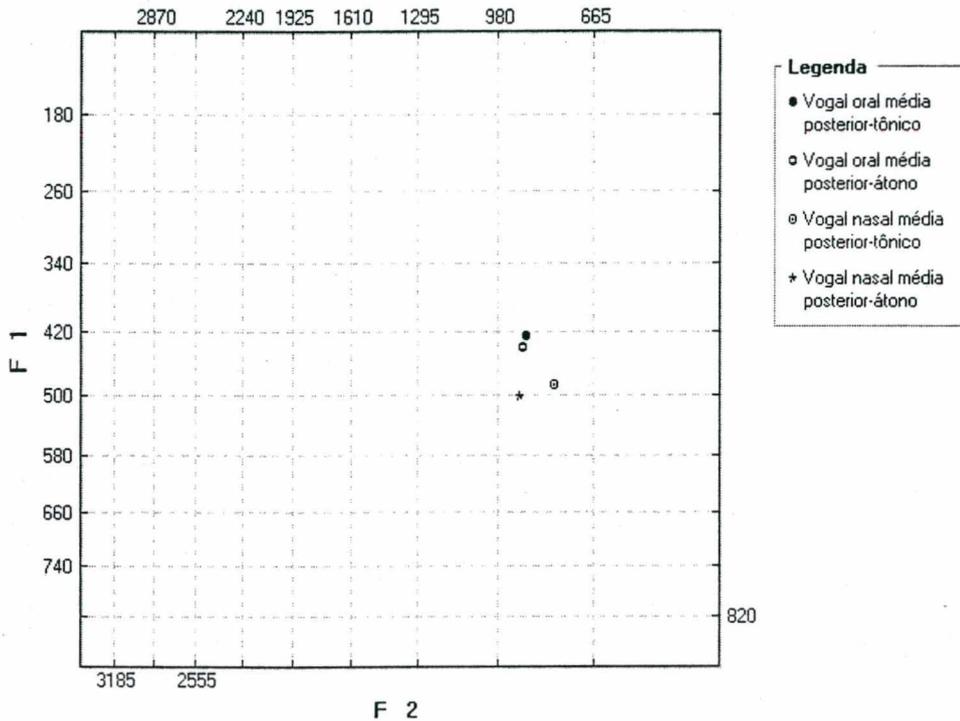
**Figura 3.28** Amplitude relativa média dos formantes orais da vogal média posterior em contexto tônico e átono.

Para a amplitude do primeiro formante oral (A1), as estatísticas mostraram uma diferença altamente significativa entre a nasal e a não-nasal ao nível de significância de  $p < 0,0001$ , sendo fortemente amortecida em ambiente nasal. É o efeito, já anteriormente salientado, da interação entre os fatores: vogal e nasalidade, apresentando, para as altas, elevação de suas amplitudes em contexto nasal e, para as médias e a baixa, amortecendo-se nesse mesmo contexto.

A amplitude relativa do segundo formante oral deslocado (A'2) mostrou-se bem menos amortecida do que a de sua contra-parte oral. As estatísticas mostraram que não existem diferenças significativas entre o ambiente nasal e o não nasal nos dois contextos de tonicidade. No entanto, nos contextos consonantais [p] e [t], A2 mostrou diferenças significativas entre nasais e não-nasais (com nível de significância de  $p < 0,004$  para [p] e de  $p < 0,0065$  pra [t]).

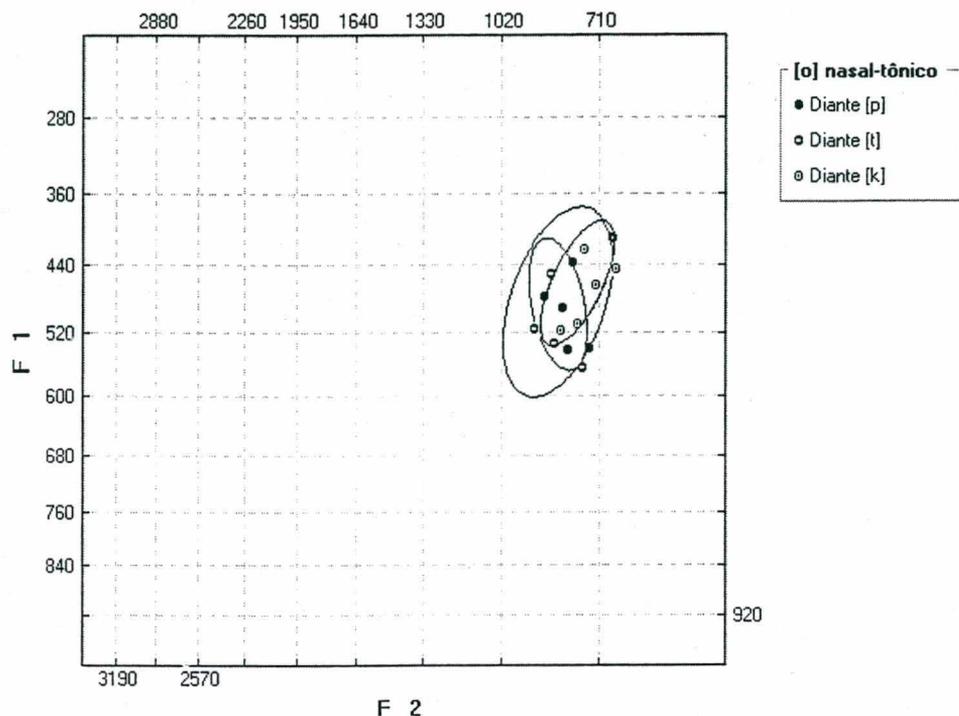
A vogal média posterior [o] apresenta frequência relativa ao primeiro formante (F1) menor, isto é, está mais próxima em amplitude de F1 (-10 dB (oral) e -6 dB (nasal)), enquanto [ĩ] é aquela que apresenta maior afastamento em amplitude, tanto em contexto oral quanto em nasal (-24 dB (oral) e -32 dB (nasal)).

Novamente, conforme ocorre com as vogais baixa e média anterior, em ambiente oral, F4 exibe maior atenuação, relativa a F1, em contexto átono (Figura 3.28 e Tabela 3.33). Em ambiente nasal, no entanto, não ocorre quase diferença entre os dois contextos de tonicidade.



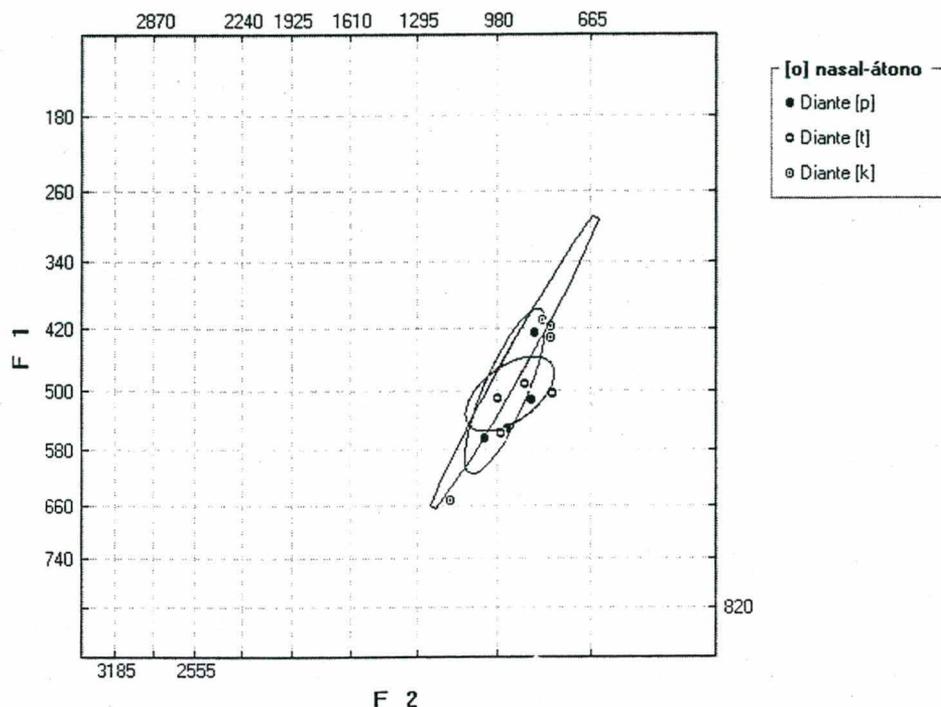
**Figura 3.29** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) da vogal média posterior oral e nasal em contexto tônico e átono do português falado em Florianópolis.

Notamos, pela Figura 3.30 e 3.31, que a dispersão dos dados referentes às frequências de F'1 e F'2 diante das consoantes [p], [t] e [k] é bastante pequena, haja vista a grande sobreposição entre as médias plotadas.



**Figura 3.30** Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL), de cada informante, da vogal nasal média posterior em contexto tônico diante de [p], [t] e [k]

Os coeficientes de variação dos formantes apresentaram-se bem abaixo de 10%, exceto para F2 que ficou em torno de 16% de dispersão. F0, apesar de apresentar em torno de 25% de dispersão inter-falantes, continua apresentando uma dispersão intra-falantes bastante pequena, variando de 1,84% a 7,77%. Para F2, vemos que ele apresentou uma dispersão em torno da média bastante baixa se observarmos os contextos seguintes à vogal, individualmente (ver Tabelas 1, 2 e 3 do Anexo 4).



**Figura 3.31** Médias das freqüências dos formantes F1 e F2 de cada informante (em escala MEL) da vogal nasal média posterior em contexto átono diante de [p], [t] e [k]

### 3.6.1 Tabelas Referentes à Vogal [o]

**Tabela 3.31**

Freqüência dos formantes (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal média posterior [o] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contextos tônicos e átono [Hz].

	F0	F1	F2	F3	F4	F1norm	F2norm	F3norm
[o] tônico	136,56	426,97	876,83	2410,29	3378,89	0,13	0,26	0,72
[o] diante [p]	133,65	421,91	789,46	2401,06	3232,34	0,13	0,24	0,74
[o] diante [t]	136,80	429,46	1046	2471,69	3460,34	0,12	0,30	0,72
[o] diante [k]	139,23	429,54	795,03	2358,14	3443,97	0,12	0,23	0,69
[o] átono	149,04	441,41	892,49	2364,54	3391,86	0,13	0,26	0,70
[o] diante [p]	144,40	437,54	800,20	2355,60	3395,09	0,13	0,24	0,70
[o] diante [t]	157,04	447,80	1025,20	2451,69	3377,71	0,13	0,30	0,73
[o] diante [k]	145,69	438,89	852,09	2286,34	3402,77	0,13	0,25	0,67

**Tabela 3.32**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes da vogal média posterior [o] em contexto tônico e átono.

<b>Contexto tônico</b>					
	<b>F0</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
<b>Desvio Padrão</b>	38,56	24,09	144,13	124,01	195,11
<b>Variância</b>	1486,67	580,54	20772,66	15377,43	38069,50
<b>Coef. Variação</b>	28,24%	5,64%	16,44%	5,15%	5,77%
<b>Contexto átono</b>					
<b>Desvio Padrão</b>	42,92	41,35	114,95	178,77	151,64
<b>Variância</b>	1841,86	1709,64	13212,82	31959,40	22996,02
<b>Coef. Variação</b>	28,80%	9,37%	12,88%	7,56%	4,47%

**Tabela 3.33**

Amplitude relativa dos formantes da vogal média posterior [o] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB]

	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>
[o] tônico	56,10	-10,47	-36,94	-32,64
[o] diante [p]	56,20	-10,35	-38,86	-38,57
[o] diante [t]	56,63	-13,22	-32,30	-28,95
[o] diante [k]	55,48	-7,85	-39,65	-30,39
[o] átono	52,63	-11,52	-35,76	-39,11
[o] diante [p]	52,06	-10,15	-38,82	-41,40
[o] diante [t]	54,17	-15,06	-32,91	-36,78
[o] diante [k]	51,67	-9,34	-35,54	-39,14

**Tabela 3.34**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes da vogal média posterior [o] em contexto tônico e átono

<b>Contexto tônico</b>				
	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>
<b>Desvio Padrão</b>	5,73	3,69	5,50	5,40
<b>Variância</b>	32,85	13,64	30,26	29,17
<b>Coef. Variação</b>	10,21%	35,24%	14,89%	16,54%
<b>Contexto átono</b>				
<b>Desvio Padrão</b>	7,12	3,57	4,53	4,02
<b>Variância</b>	50,75	12,73	20,57	16,19
<b>Coef. Variação</b>	13,53%	30,99%	12,67%	10,28%

**Tabela 3.35**

Frequência dos formantes orais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contexto tônico e átono [Hz].

	F0	F1	F2	F3	F4	F1norm	F2norm	F3norm
[õ] tônico	133,05	488,48	786,23	2674,97	3421,80	0,14	0,23	0,78
[õ] diante [p]	129,11	498,34	804,97	2603,31	3370,31	0,15	0,24	0,77
[õ] diante [t]	137,37	494,83	807,79	2756,69	3467,83	0,14	0,23	0,80
[õ] diante [k]	132,66	472,26	745,91	2664,91	3427,26	0,14	0,22	0,78
[õ] átono	137,33	503,17	904,75	2624,17	3439,83	0,14	0,25	0,74
[õ] diante [p]	131,75	514,50	919,25	2571,50	3354,75	0,15	0,27	0,77
[õ] diante [t]	140,25	516,50	903,75	2721	3479,50	0,15	0,26	0,78
[õ] diante [k]	140	478,50	891,25	2580	3485,25	0,13	0,23	0,66

**Tabela 3.36**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes orais da vogal nasal média posterior [õ] em contexto tônico e átono

Contexto tônico					
	F0	F1	F2	F3	F4
<b>Desvio Padrão</b>	33,92	48,40	71,44	152,79	113,40
<b>Variância</b>	1150,40	2342,20	5103,40	23345,80	12859,70
<b>Coef. Variação</b>	25,49%	9,91%	9,08%	5,71%	3,31%
Contexto átono					
<b>Desvio Padrão</b>	4,84	21,38	14,03	83,97	73,74
<b>Variância</b>	23,40	457,33	196,75	7050,58	5437,65
<b>Coef. Variação</b>	3,52%	4,24%	1,55%	3,20%	2,14%

**Tabela 3.37**

Frequência dos formantes nasais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contexto tônico e átono [Hz].

	FN1	FN2	FN1norm	FN2norm
[õ] tônico	236,20	1809,27	0,07	0,53
[õ] diante [p]	229,57	1799,06	0,07	0,53
[õ] diante [t]	235,77	1732,60	0,07	0,50
[õ] diante [k]	243,26	1896,14	0,07	0,56
[õ] átono	221,41	1955,43	0,06	0,54
[õ] diante [p]	222,50	1919,42	0,06	0,53
[õ] diante [t]	238,46	1850,54	0,07	0,53
[õ] diante [k]	212,72	2096,33	0,06	0,57

**Tabela 3.38**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes nasais da vogal nasal média posterior [õ] em contexto tônico e átono

Contexto tônico		
	FN1	FN2
<b>Desvio Padrão</b>	27,97	358,50
<b>Variância</b>	782,20	128521,5
<b>Coef. Variação</b>	11,84%	19,81%
Contexto átono		
<b>Desvio Padrão</b>	14,76	126,79
<b>Variância</b>	217,97	16075,72
<b>Coef. Variação</b>	6,66%	6,48%

**Tabela 3.39**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média posterior [õ] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].

	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
[õ] tônico	50,23	-6,79	-33,48	-35,68	3,34	-31,70
[õ] diante [p]	51,90	-10,08	-33,75	-34,70	3,58	-32,73
[õ] diante [t]	48,13	-5,45	-34,31	-35,52	3,73	-29,74
[õ] diante [k]	50,65	-4,84	-32,38	-36,81	3,60	-32,62
[õ] átono	44,99	-10,07	-32,12	-36,66	-0,48	-31,29
[õ] diante [p]	42,93	-10,13	-30,54	-35,45	8,75	-31,38
[õ] diante [t]	48,08	-9,76	-35,01	-35,78	-1,39	-30,42
[õ] diante [k]	43,96	-10,32	-30,80	-38,75	-8,81	-32,07

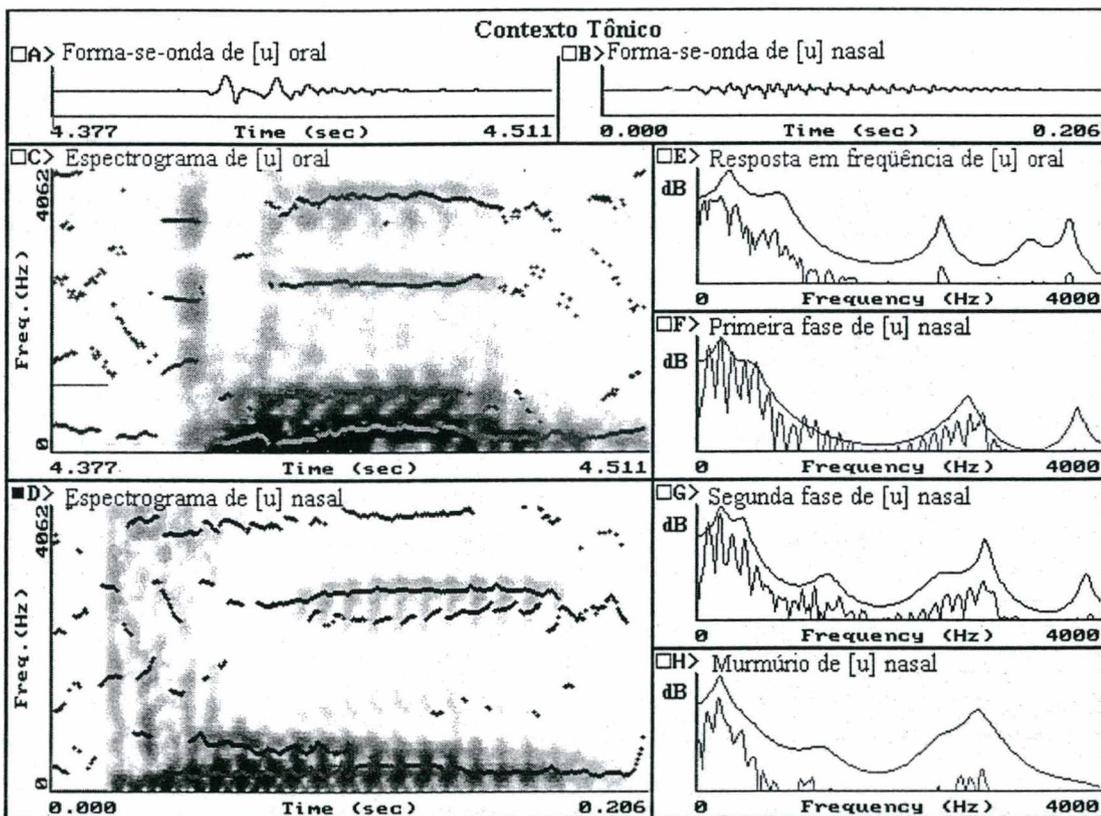
**Tabela 3.40**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média posterior [õ] em contexto tônico e átono

Contexto tônico						
	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
<b>Desvio Padrão</b>	6,0	5,19	3,61	4,10	4,84	5,59
<b>Variância</b>	36,07	26,92	13,06	16,79	23,47	31,20
<b>Coef. Variação</b>	11,94%	76,43%	10,78%	11,49%	-	17,63%
Contexto átono						
<b>Desvio Padrão</b>	5,29	5,85	8,56	5,58	16,86	6,28
<b>Variância</b>	27,94	34,23	73,31	31,14	284,42	39,42
<b>Coef. Variação</b>	11,76%	58,09%	26,65%	15,22%	-	20,07%

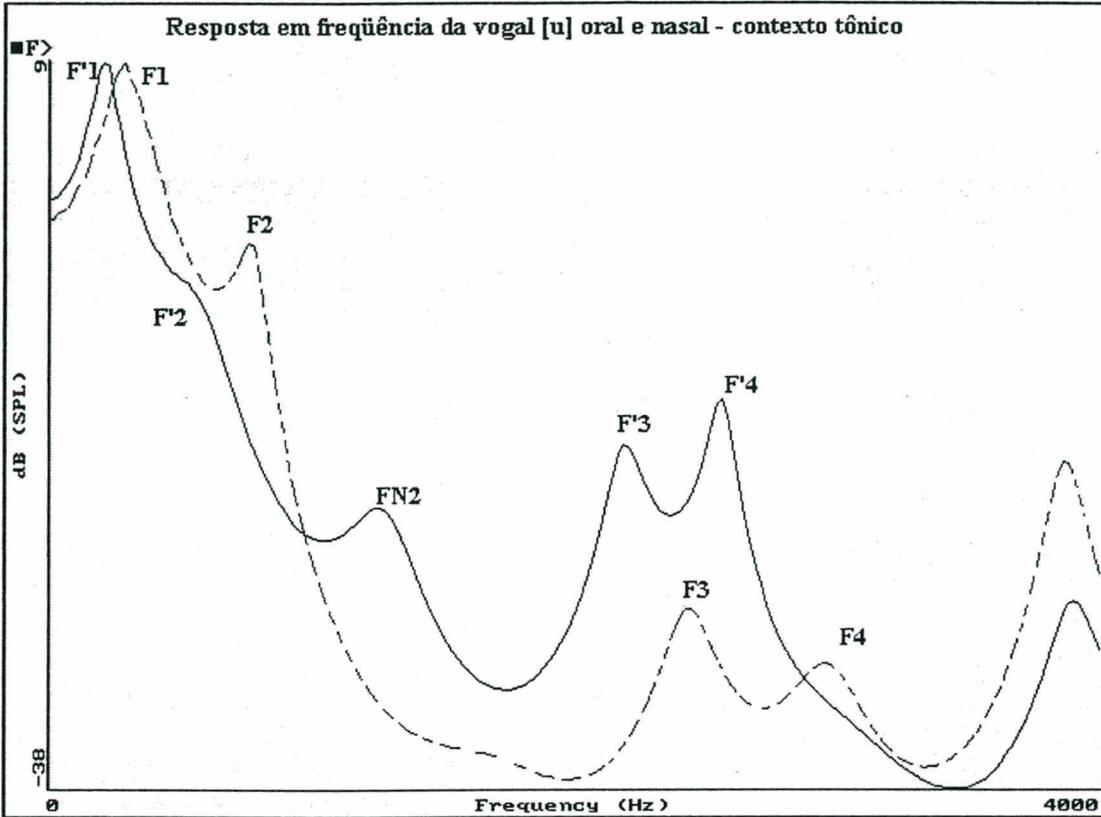
### 3.7 VOGAL ALTA POSTERIOR

Na Figura 3.32, vemos as diferentes fases da vogal nasal [ũ]. Essa vogal apresentou 58% de seus dados com as três fases: a oral + nasal propriamente dita + murmúrio. No Quadro D da Figura 3.34, podemos ver a dinâmica temporal desta vogal quando nasal, mostrando a queda de intensidade relativa de F'2 como característica mais visível no espectrograma, principalmente em contexto átono (Figura 3.34).



**Figura 3.32.** Vogal alta posterior oral e nasal em contexto tônico. Os Quadros A e B, a forma-de-onda dessas vogais. Os Quadros C e D mostram seus respectivos espectrogramas de banda larga. O Quadro E apresenta o espectro FFT da vogal contra-parte oral, e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio.

A Figura 3.33 apresenta os formantes ( $F_i$ ,  $F'_i$ ,  $F_{Ni}$ ) que serão avaliados na identificação das pistas acústicas da nasalidade de [ũ].



**Figura 3.33** Resposta em frequência das vogais oral [u] (linha tracejada) e nasal [ũ] (linha cheia) em contexto tônico com seus respectivos formantes orais (Fi), formantes orais “deslocados” (F’i) e formantes nasais (FNi) (obtidos via análise LPC).

A configuração de [ũ] apresenta uma ressonância nasal em altas frequências em torno de 2000 Hz (2217 Hz em contexto tônico e 2072 Hz em contexto átono). O aparecimento dessa ressonância nasal nessa região acarreta uma alteração de F’3 na direção de frequências mais altas (passando em média de 2413 Hz (oral) para 2628 Hz (nasal)). Ocorrendo o mesmo com F’4. Essa tendência de elevação de F’3 para a vogal nasal [ũ] também é salientada em SOUSA (1994).

As estatísticas mostraram que existem diferenças significativas mas marginais entre os contextos nasais e não-nasais para F1, na interação entre vogal e nasalidade para esta vogal ( $p < 0,0427$ ). Para F2, houve uma interação entre três fatores: vogal, nasalidade e tonicidade, observando-se, nesse caso, diferenças significativas somente para as consoantes [p] e [t] ( $p < 0,0121$  e  $p < 0,0002$ , respectivamente).

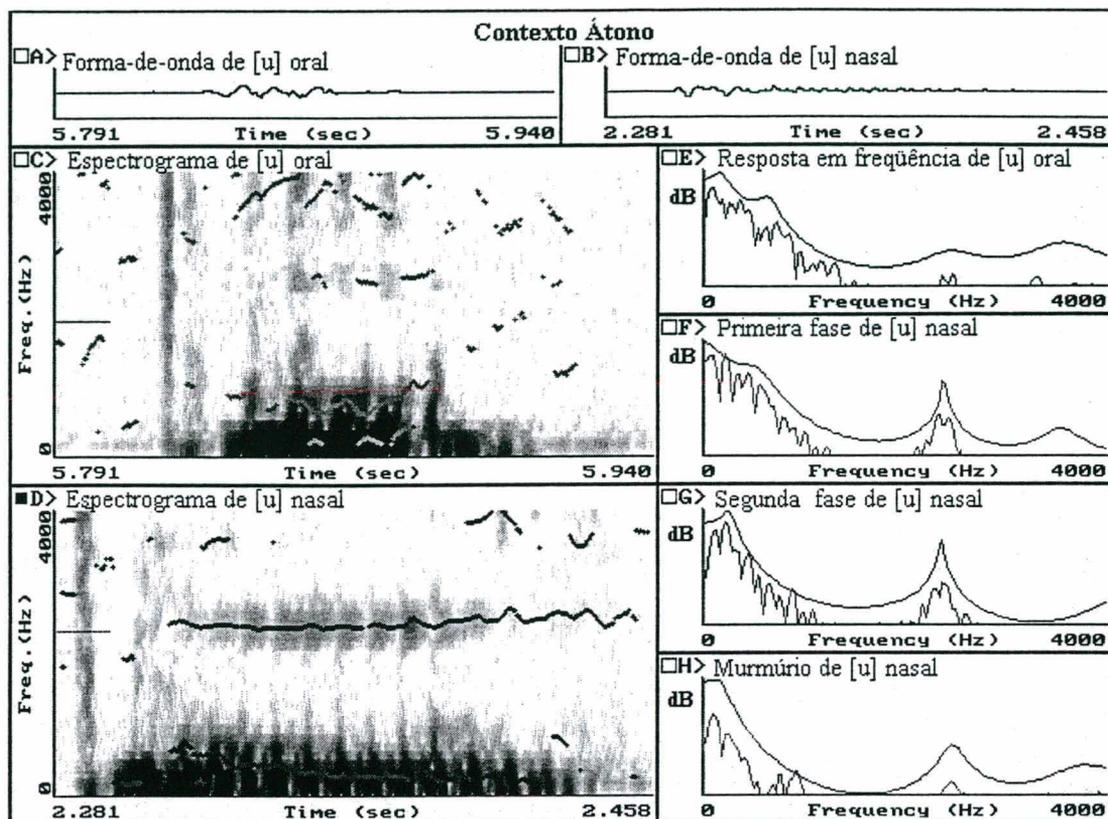
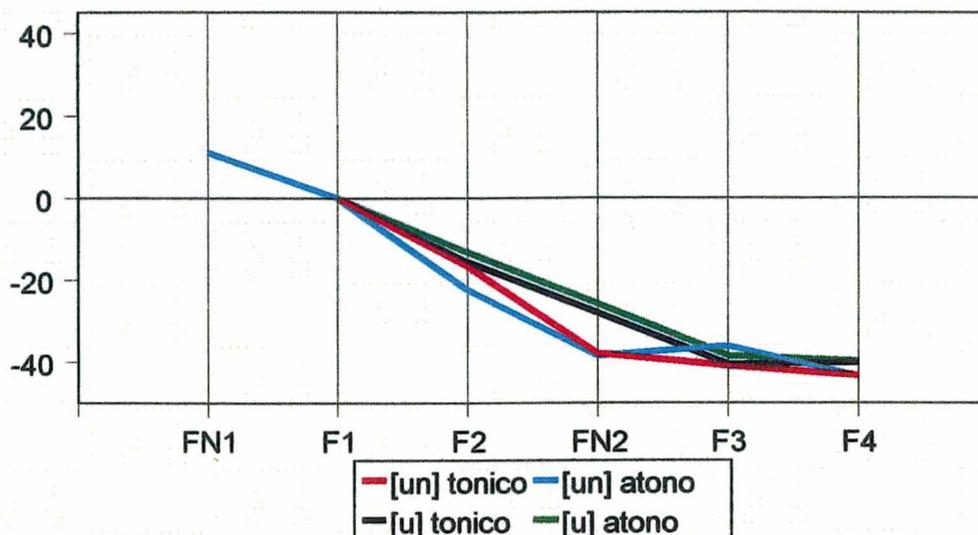


Figura 3.34 Vogal alta posterior oral e nasal em contexto átono. Os Quadros A e B, a forma-de-onda dessas vogais. Os Quadros C e D mostram seus respectivos espectrogramas de banda larga. O Quadro E apresenta o espectro FFT da vogal contra-parte oral, e os Quadros F, G e H mostram o espectro FFT das três fases distintas da vogal nasal: vogal oral, vogal nasal propriamente dita e murmúrio.

Segundo MAEDA (1993), a primeira ressonância crítica da cavidade oral de [u] é muito baixa devido ao extremo arredondamento dos lábios. Essa ressonância nasal em muito baixas frequências é percebida, quando se compara as amplitudes de F1 e F'1 (medidas na mesma escala). Novamente, conforme já se havia observado para [i], a adição de FN1 a F'1 faz com que sua amplitude seja superior à de F1, quando, para as outras vogais, tem-se uma perda de amplitude em ambiente nasal. A análise ANOVA mostrou interação entre nasalidade e vogal para A1, porém marginalmente com  $p < 0,0421$ .

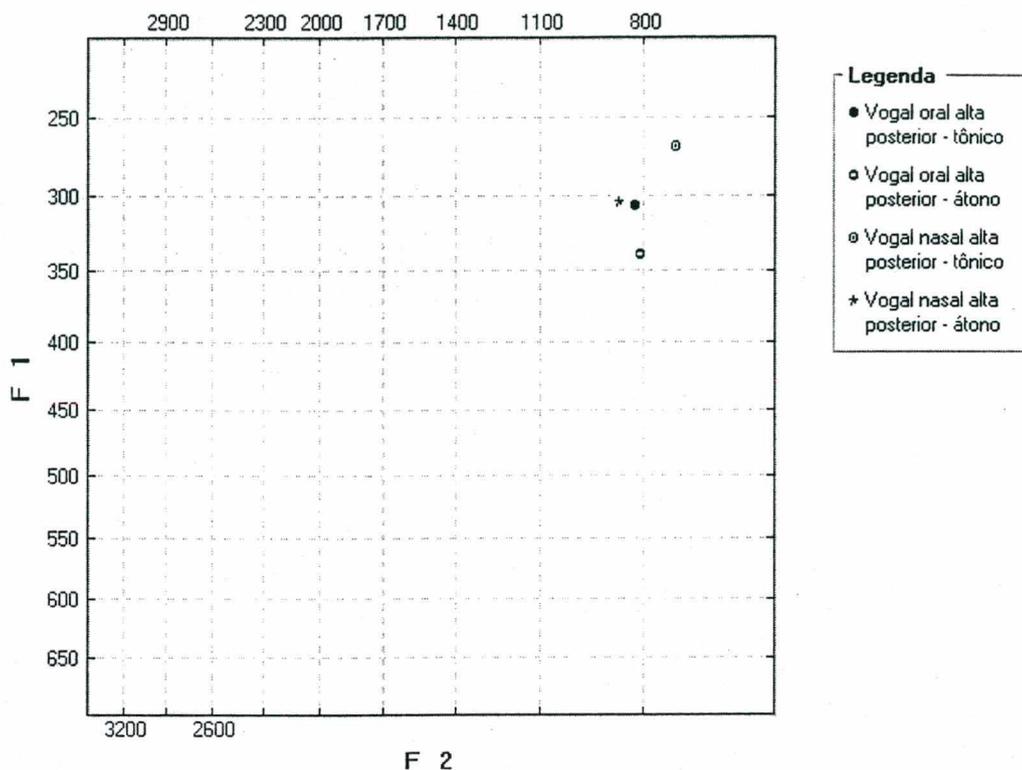
### Vogal Alta Posterior



**Figura 3.35** Amplitude relativa média dos formantes orais da vogal alta posterior em contexto tônico e átono.

A amplitude relativa de F2 (A2) apresentou diferenças estatisticamente significativas entre o ambiente nasal e o não-nasal somente em contexto átono ( $\rho < 0,0001$ ).

A amplitude relativa de F3 e F4 assim como de F'3 e F'4 apresentam-se com valores bastante próximos não apresentando diferenças estatisticamente significativas.



**Figura 3.36** Média geral das freqüências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) da vogal alta posterior oral e nasal em contexto tônico e átono do português falado em Florianópolis

A dispersão dessa vogal é bastante significativa, principalmente em contexto átono. Podemos observar que, em contexto tônico, mesmo apresentando uma maior variação comparada à vogal [o], não há sobreposição de dados entre [õ] e [ũ] (Figura 3.37). Em contexto átono, ocorre a sobreposição de dados, mostrando uma dispersão bem maior, enfatizando novamente o fenômeno de elevação das vogais nasais pré-tônicas, como podemos ver na Figura 3.38 para a vogal [õ].

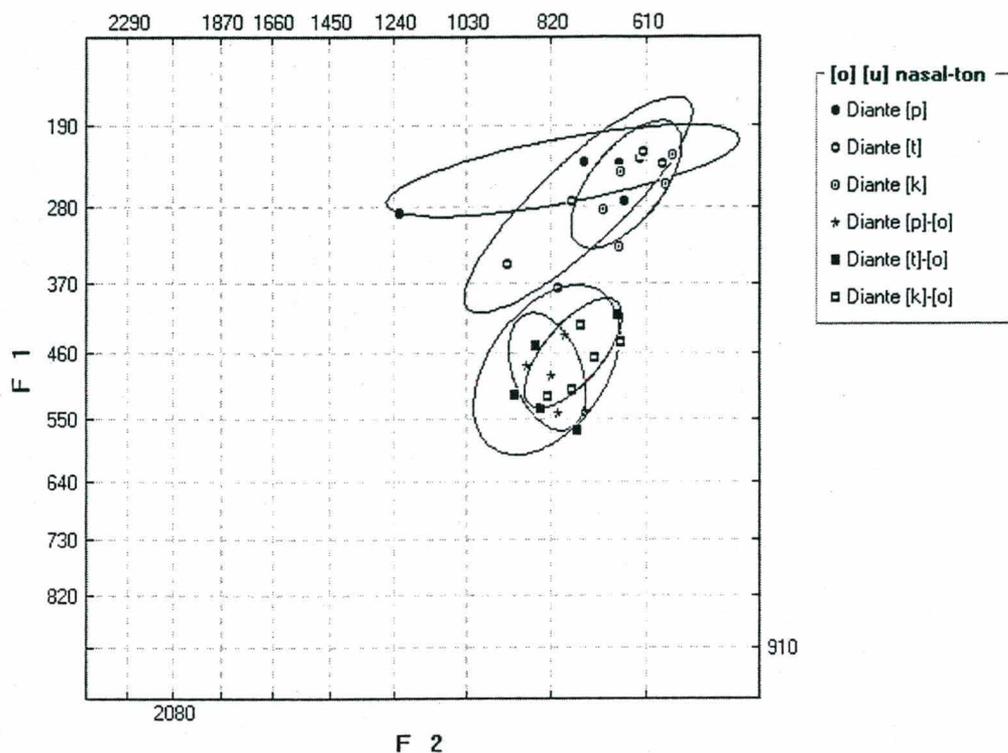


Figura 3.37 Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) de cada informante das vogais nasais posteriores média e alta em contexto tônico diante de [p], [t] e [k]

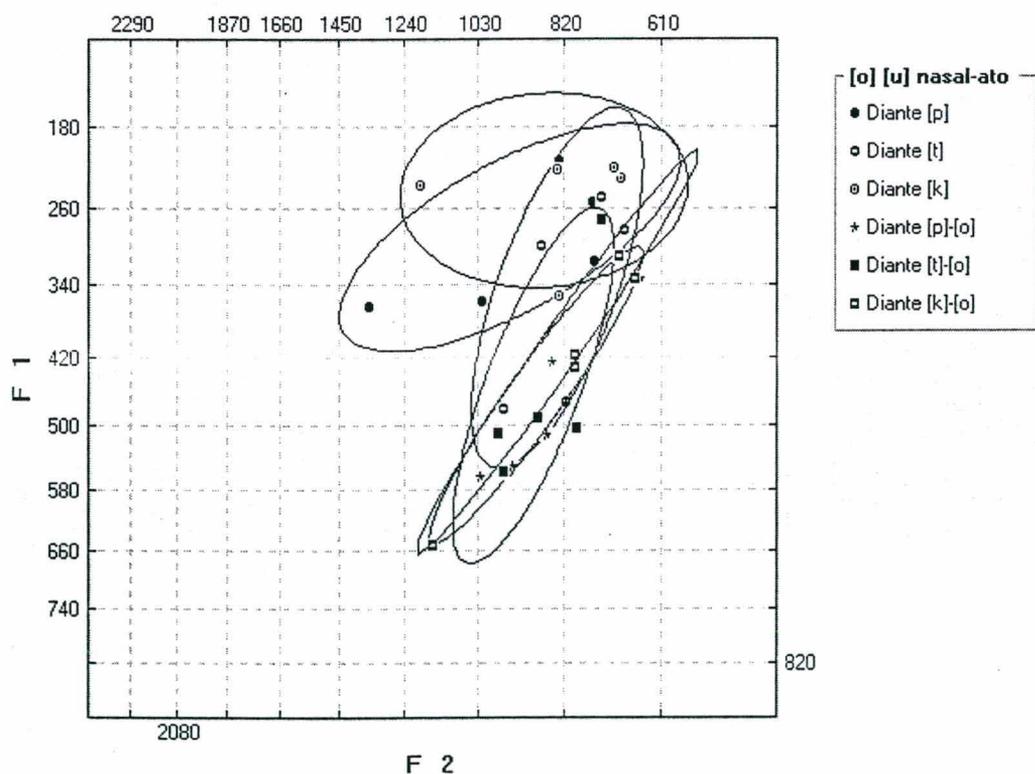


Figura 3.38 Médias das frequências dos formantes F1 e F2 (em escala MEL) de cada informante das vogais nasais posteriores média e alta em contexto átono diante de [p], [t] e [k]

## 3.7.1 Tabelas Referentes à Vogal [u]

Tabela 3.41

Frequência dos formantes (valores médios frequenciais normalizados) da vogal alta posterior [u] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contexto tônico e átono [Hz].

	F0	F1	F2	F3	F4	F1norm	F2norm	F3norm
[u] tônico	135,51	307,37	823,10	2413,86	3346,53	0,09	0,25	0,72
[u] diante [p]	141,70	294,06	728,31	2400,97	3352,23	0,09	0,22	0,72
[u] diante [t]	122,54	304,14	993,09	2467,51	3395,29	0,09	0,29	0,73
[u] diante [k]	139,71	323,91	747,69	2373,09	3292,09	0,10	0,23	0,72
[u] átono	146,47	339,03	808,84	2394,25	3450,36	0,10	0,23	0,70
[u] diante [p]	151,91	313,57	732,17	2377,20	3479,06	0,09	0,21	0,68
[u] diante [t]	134,01	360,51	971,91	2419,46	3418,97	0,10	0,28	0,71
[u] diante [k]	156,61	343	722,43	2386,09	3453,06	0,10	0,21	0,69

Tabela 3.42

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes da vogal alta posterior [u] em contexto tônico e átono.

Contexto tônico					
	F0	F1	F2	F3	F4
<b>Desvio Padrão</b>	35,50	63,16	137,95	126,15	239,72
<b>Variância</b>	1260,63	3989,36	19029,13	15914,06	57467,47
<b>Coef. Variação</b>	26,30%	20,55%	16,76%	5,08%	6,89%
Contexto átono					
	F0	F1	F2	F3	F4
<b>Desvio Padrão</b>	41,9	55,56	155,83	164,09	153,09
<b>Variância</b>	1755,30	3086,45	24283,66	26925,93	23437,33
<b>Coef. Variação</b>	28,61%	16,39%	19,27%	6,85%	4,44%

Tabela 3.43

Amplitude relativa dos formantes da vogal alta posterior [u] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].

	A1	A2	A3	A4
[u] tônico	52,64	-15,64	-40,59	-40,09
[u] diante [p]	50,49	-14,92	-43,54	-45,21
[u] diante [t]	55,84	-20,19	-36,13	-35,78
[u] diante [k]	51,60	-11,79	-42,11	-39,28
[u] átono	48,05	-13,18	-38,47	-39,80
[u] diante [p]	50,91	-12,77	-41,15	-43,15
[u] diante [t]	47,60	-18,82	-31,74	-33,19
[u] diante [k]	45,65	-7,96	-42,52	-43,05

**Tabela 3.44**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes da vogal alta posterior [u] em contexto tônico e átono

	Contexto tônico			
	A1	A2	A3	A4
<b>Desvio Padrão</b>	4,75	5,60	5,88	7
<b>Variância</b>	22,52	31,34	34,63	49,05
<b>Coef. Variação</b>	9,02%	35,81%	14,49%	17,46%
	Contexto átono			
<b>Desvio Padrão</b>	5,18	5,70	6,65	6,21
<b>Variância</b>	26,83	32,53	44,18	38,56
<b>Coef. Variação</b>	10,78%	43,25%	17,29%	15,60%

**Tabela 3.45**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contexto tônico e átono [Hz].

	F0	F1	F2	F3	F4	F1norm	F2norm	F3norm
[ũ] tônico	145,62	268,72	717,64	2628,40	3642,93	0,08	0,21	0,71
[ũ] diante [p]	140,20	249,74	783	2583,97	3667,62	0,07	0,22	0,71
[ũ] diante [t]	151,86	290,26	738,49	2627,80	3578,50	0,08	0,22	0,72
[ũ] diante [k]	144,80	266,17	631,43	2673,43	3687,67	0,08	0,18	0,72
[ũ] átono	163,90	303,77	866,40	2579,12	3503,98	0,07	0,22	0,70
[ũ] diante [p]	160,64	301,29	932,80	2529,86	3416,23	0,06	0,21	0,71
[ũ] diante [t]	145,40	357,31	814,80	2559,09	3535,60	0,09	0,23	0,72
[ũ] diante [k]	190,29	252,71	851,60	2648,43	3560,11	0,07	0,23	0,66

**Tabela 3.46**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes orais da vogal nasal alta posterior [ũ] em contexto tônico e átono

<b>Contexto tônico</b>					
	<b>F0</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
<b>Desvio Padrão</b>	44,81	48,80	171,51	159,61	149,97
<b>Variância</b>	2007,60	2381,60	29416,90	25474,40	22490,10
<b>Coef. Variação</b>	30,77%	18,16%	23,90%	6,07%	4,12%
<b>Contexto átono</b>					
<b>Desvio Padrão</b>	86,43	87,29	183,21	180,51	257,94
<b>Variância</b>	7470,50	7619,20	33565,70	32583,50	66533,70
<b>Coef. Variação</b>	52,73%	28,73%	21,15%	7%	7,36%

**Tabela 3.47**

Frequência dos formantes nasais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante das consoantes oclusivas [p, t, k] em contexto tônico e átono [Hz].

	<b>FN1</b>	<b>FN2</b>	<b>FN1norm</b>	<b>FN2norm</b>
[ũ] tônico	236,19	2217,07		0,59
[ũ] diante [p]		2330,71		0,63
[ũ] diante [t]	231,14	2142,00		0,57
[ũ] diante [k]	241,25	2178,51		0,57
[ũ] átono	230,07	2072,03	0,06	0,57
[ũ] diante [p]		2101,31		0,54
[ũ] diante [t]	230,07	1973,37	0,06	0,55
[ũ] diante [k]		2141,41		0,61

**Tabela 3.48**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da frequência dos formantes nasais da vogal nasal alta posterior [ũ] em contexto tônico e átono

<b>Contexto tônico</b>		
	<b>FN1</b>	<b>FN2</b>
<b>Desvio Padrão</b>		344,86
<b>Variância</b>		118929,5
<b>Coef. Variação</b>		15,97%
<b>Contexto átono</b>		
<b>Desvio Padrão</b>		239,14
<b>Variância</b>		57188,3
<b>Coef. Variação</b>		11,46%

**Tabela 3.49**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta posterior [ũ] diante das consoantes [p, t, k] em contexto tônico e átono [dB].

	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
[ũ] tônico	53,60	-16,64	-40,96	-43,31		-37,94
[ũ] diante [p]	53,58	-22,03	-40,67	-45,21		-38,95
[ũ] diante [t]	51,88	-14,71	-41,41	-42,71		-36,07
[ũ] diante [k]	55,33	-13,18	-40,79	-42,01		-38,81
[ũ] átono	50,73	-22,30	-36,17	-43,42	11,03	-38,42
[ũ] diante [p]	50,42	-25,70	-36,23	45,80		-39,68
[ũ] diante [t]	49,66	-17,09	-34,12	-38,08	11,03	-32,92
[ũ] diante [k]	52,09	-24,11	-38,15	-46,38		-42,67

**Tabela 3.50**

Desvio padrão, variância e coeficiente de variação da amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta posterior [ũ] em contexto tônico e átono

	Contexto tônico					
	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
<b>Desvio Padrão</b>	3,49	7,86	7,78	7,85		4,27
<b>Variância</b>	12,17	61,84	60,48	61,59		18,25
<b>Coef. Variação</b>	6,51%	47,23%	18,99%	18,12%		11,25%
	Contexto átono					
<b>Desvio Padrão</b>	5,00	8,11	8,67	7,79		6,87
<b>Variância</b>	25,02	65,72	75,15	60,67		47,21
<b>Coef. Variação</b>	9,86%	36,37%	23,97%	17,94%		17,88%

### 3.8 DURAÇÃO DOS SEGMENTOS VOCÁLICOS

O estudo acústico das vogais nasais do PB, elaborado por SOUSA (1994) mostrava as vogais nasais compostas de duas maneiras:

- de três fases: uma primeira consistindo de uma vogal oral, uma segunda de um período transicional da vogal para o murmúrio nasal vocálico, e uma terceira, consistindo apenas do murmúrio nasal;
- de duas fases: uma nasal propriamente dita e um murmúrio nasal.

Esta pesquisa revelou que existe uma outra configuração para as vogais nasais do PB. Essas vogais podem ser também compostas somente pela fase oral + murmúrio vocálico. A Figura 3.39 apresenta esses três tipos de composição.

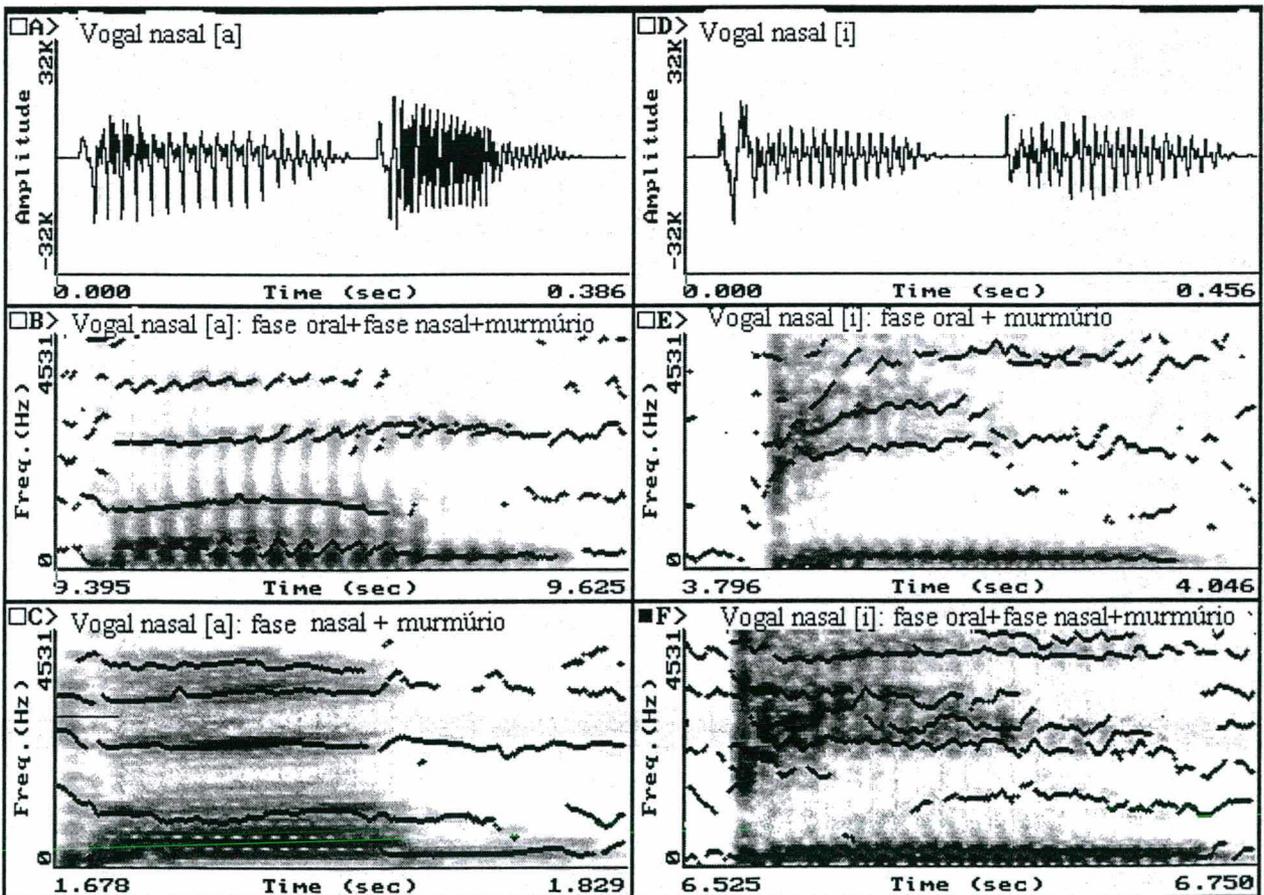


Figura 3.39 Fases componentes das vogais nasais [ã] e [ĩ]

Nossos dados mostraram que as vogais nasais [ĩ], [õ] e [ũ] apresentaram-se com as três fases em 65%, 64% e 60% das ocorrências, respectivamente. Já as vogais [ẽ] e [ẽ̃] manifestaram-se com as três fases em apenas 35% e 52% das ocorrências, respectivamente.

As vogais anteriores [ẽ] e [ĩ] exibiram a fase oral seguida pelo murmúrio em 19% e 30% das ocorrências, respectivamente, sendo esta composição mais evidente em contexto tônico para a vogal média (33%) e em átono para a alta (53%) (ver Tabela 3.51).

A vogal posterior [ũ] compôs-se da primeira fase + murmúrio em apenas 3,8% dos casos analisados. Vê-se, portanto, não ser uma característica dessa vogal manifestar-se dessa forma. Já a composição: fase nasal + o murmúrio, nessa vogal, apresentou 38,5% de ocorrência. A posterior [õ] exibiu as três fases ou a fase nasal + murmúrio, semelhantemente à vogal [ẽ]. No entanto, a composição em duas fases é bem mais recorrente para a vogal baixa (com 65% de ocorrência) do que para a média (36% de ocorrência - ver Tabela 3.51).

Um fato interessante que deve ser destacado é que em apenas duas ocorrências da vogal [ũ] em um mesmo falante (JF) diante da consoante alveolar [t] foi constatada a ausência da fase de murmúrio.

SOUSA (1994:99) constatou em seus dados que a duração do murmúrio varia segundo o informante, a vogal e a emissão. Diz ainda que, em alguns de seus dados, não registrou a fase de murmúrio, notadamente nos dados referentes ao informante L. Ela então associa fatores dialetais ou individuais à presença e duração do murmúrio. Nossos dados referentes ao murmúrio não apresentaram a variação encontrada em SOUSA, expressando uma duração bastante estável em contexto átono e variável somente em função da vogal em contexto tônico (ver Tabela 3.52)

A vogal que apresentou maior duração do murmúrio em relação à duração total da vogal, mesmo em valores absolutos (ver Anexo 6) foi a vogal alta anterior [ĩ]. Uma característica particular dessa vogal é que a diferença das outras é o registro de 30% de ocorrência da composição fase oral + murmúrio (ver Tabela 3.51).

Achamos que podemos associar este fato à maior duração do murmúrio visto que, em contexto átono, no qual esta vogal apresentou 53% de ocorrência de fase oral + murmúrio, o valor absoluto do murmúrio em relação às demais vogais foi bastante significativo 67,8 ms (contra aproximadamente 50 ms para [ẽ], [ẽ̃], [õ] e 39 ms para [ũ]).

Vemos então que nossos dados ratificam as observações feitas por LACERDA e ROSSI (1958 *apud* CAGLIARI, 1977) para o português de Portugal, quanto ao *onset* oral das vogais nasais, conforme se pode observar na Tabela 3.52.

**Tabela 3.51**

Número de ocorrências e percentual de vogais compostas de apenas duas fases

Fases Distintas		1ª fase + Murmúrio		%	2ª fase + murmúrio		%
		Tônico	Átono		Tônico	Átono	
[ẽ]	Nº	-	-		71	65	
	%	-	-	-	68	62	65
[ẽ̃]	Nº	35	5		29	32	
	%	33	5	19	28	30	29
[ĩ]	Nº	7	56		5	6	
	%	6,7	53	30	5	5,7	5,2
[õ]	Nº	-	-		36	39	
	%	-	-	-	34	37	36
[ũ]	Nº	4	4		40	41	
	%	3,8	3,8	3,8	38	39%	38,5

Quando a vogal nasal não apresenta uma das fases, a oral ou a nasal, a duração relativa média do murmúrio e da fase presente frente à duração da vogal nasal é aproximadamente a mesma (razão média do murmúrio: 0,47 e 0,50 e razão média da fase presente: 0,53 e 0,50, para contexto tônico e átono, respectivamente) com exceção da vogal [ĩ]. Isso parece mostrar que, quando a vogal apresenta apenas duas fases, cada uma dessas fases tende a complementar o comprimento da vogal, aumentando sua duração. Pela Tabela 3.53, vemos que a vogal nasal tem aproximadamente a mesma duração tanto em contexto tônico quanto em átono.

O murmúrio vocálico apresentou-se sistematicamente mais longo em contexto átono, tendo ainda a vogal [ĩ] com a duração do murmúrio mais longa. Nossos dados seguem então a seguinte ordem decrescente de duração de murmúrio:

[ĩ] > [ẽ] > [õ] > [ẽ] > [ũ] em contexto tônico e [ĩ] > [ẽ] > [ẽ] > [õ] > [ũ] em contexto átono, convalidando parcialmente os dados de SOUSA, visto que ela apresenta como seqüência decrescente de duração de murmúrio [ũ] e [ẽ].

**Tabela 3.52**  
Razão Duração-Fase/Duração-Vogal

Vogal	Contexto tônico			Contexto átono		
	1ª fase	2ª fase	Murmúrio	1ª fase	2ª fase	Murmúrio
[ĩ]	0,28	0,31	0,41	0,25	0,34	0,41
[ẽ]	0,35	0,31	0,33	0,28	0,31	0,41
[ẽ]	0,26	0,39	0,35	0,23	0,36	0,41
[õ]	0,27	0,37	0,36	0,28	0,32	0,40
[ũ]	0,26	0,44	0,30	0,27	0,40	0,32
Média	0,29	0,36	0,35	0,26	0,35	0,39

DELGADO MARTINS (1975) analisou a duração, intensidade e número de ocorrências de vogais orais e nasais do português de Portugal. Neste estudo, a autora obteve as seguintes conclusões:

- as vogais orais com maior duração e intensidade são as [+baixas, -altas] (que geralmente aparecem em posição tônica: [ɛ], [ɔ] e [a]; seguidas pelas [-altas, -baixas]: [e], [o] (podendo estar tanto em posição átona quanto em tônica) e aparecendo com menos intensidade ainda as vogais [+altas, -baixas]: [i] e [u] (que também podem localizar-se em posição átona ou tônica). A intensidade e a duração variam então de acordo com o grau de abertura e tonicidade da vogal.
- as vogais nasais de menor duração e intensidade são as [+recuadas]: [ũ], seguidas pelas [-recuadas]: [ĩ], sendo que a intensidade e duração vão aumentando conforme aumenta o grau de fechamento e anterioridade do ponto de constrição, sendo neste caso estabelecida a hipótese de que quanto mais adiantado for o ponto de constrição oral, maior a cavidade bucal associada ao ressonador nasal e então maior a duração e intensidade do segmento acústico;
- entre as consoantes nasais, a de maior duração e intensidade foi a bilabial, seguida pela alveolar e em seguida a palatal.

KLATT (1976) elaborou um estudo, verificando o padrão das durações individuais de segmentos fonéticos como possível evidência de informação sobre o ponto de articulação desses segmentos. Segundo ele, as vogais acentuadas são mais longas do que as não acentuadas, a diferença é maior ainda em sílabas em final de frase, tendo, nesse caso, 65% da duração que teria se acentuada.

A taxa de velocidade de fala considerada no estudo elaborado por KLATT (*op. cit.*) foi de 150 a 250 palavras por minuto, ou seja, de 4 a 7 sílabas por segundo. Em fala conectada, KLATT observou que uma vogal tônica tinha, em média, 130ms de duração, a vogal átona, 70ms, e uma consoante, igualmente, em média 70ms. A média de duração das sílabas foi de 200ms e a mediana de 180ms.

Obtivemos uma duração média de 88,4 ms para a vogal oral tônica, 73,4 ms para a oral átona, 136 ms para a nasal tônica e 131,6 ms para a nasal átona. Se juntarmos as duas tônicas (oral e nasal) e as duas átonas, teremos uma média de 112,2 ms para as tônicas e 102,5 ms para as átonas. SOUSA (1994) obteve, para seus dados, uma média de 100,4 ms para a oral tônica e de 159 ms para a nasal tônica. Observando os dados dessa autora, vemos que a vogal tônica apresentou uma média de 129,7 ms. As diferenças encontradas entre nossa pesquisa e a de SOUSA podem estar associadas a maior velocidade de fala empregada pelos nativos de Florianópolis. Essa maior velocidade de fala caracteriza o falar ilhéu e muito provavelmente nossos dados refletem essa peculiaridade.

MORAES e WELTZELS (1992) analisaram a duração de segmentos vocálicos orais e nasais para verificação das alternativas de representação da nasalidade vocálica no PB, ou seja, se a nasalidade contrastiva deriva de uma representação bifonêmica (VN) ou monofonêmica (ṽ). Os autores observaram que, tanto em posição tônica quanto em pré-tônica, a duração da vogal nasal é maior do que a oral e a oral maior do que a nasalizada, mantendo-se então a seguinte ordem: nasal>oral>nasalizada.

Segundo esses autores, as vogais tônicas orais e nasais em sílaba aberta são em média 70,5%<sup>1</sup> mais longas do que as pré-tônicas correspondentes. (MORAES e

---

<sup>1</sup> Os dados referentes ao Quadro 5 do artigo de MORAES & WELTZELS (1992:161), quadro referência para o cálculo da maior duração das tônicas em relação às átonas orais e nasais, apresenta, na verdade, uma diferença de apenas 42% e não de 70,5% conforme colocado pelos autores.

WETZELS, 1992:162). Nesse mesmo estudo, as pré-tônicas nasais apresentaram-se ligeiramente, porém sistematicamente, mais longas do que as orais e as nasais.

Os diferentes estudos anteriormente citados, envolvendo a duração de segmentos vocálicos, sinteticamente resultam nas seguintes relações de duração entre as vogais orais e nasais em ordem decrescente:

- DELGADO MARTINS (1975) (dados referentes ao contexto tônico e átono):

$$[a] > [e, o] > [i, u]$$

$$[ĩ] > [ũ]$$

- SOUSA (1994) (dados referentes somente ao contexto tônico):

$$[a] > [o] > [e] > [u] > [i]$$

$$[ẽ] > [ẽ̃] > [õ] > [ĩ] > [ũ]$$

- MORAES & WELTZELS (1992):

Orais tônicas > Orais pré-tônicas

Nasais pré-tônicas > Orais pré-tônicas

- Nossos dados (referentes ao contexto tônico e átono)<sup>2</sup>:

Contexto tônico:

$$[a] > [o] > [e] > [u] > [i]$$

$$[õ] > [ẽ] > [ẽ̃] > [ĩ] > [ũ]$$

Contexto átono:

$$[e] > [o] > [e] > [u] > [i]$$

$$[ẽ] > [õ] > [ẽ] > [ĩ] > [ũ]$$

<sup>2</sup> Os valores médios absolutos de duração de sílaba, de vogal e de cada fase da nasal nos diferentes contextos vocálicos e de tonicidade são apresentados no Anexo 6.

**Tabela 3.53**  
Valores médios absolutos da duração das vogais orais e nasais<sup>3</sup> [ms].

	Contexto Tônico		Contexto Átono	
	Oral	Nasal	Oral	Nasal
[i]	75 (87)	132 (156)	63	128
[e]	83 (98)	134 (170)	72	138
[a]	110 (123)	145 (163)	84	133
[o]	93 (106)	148 (162)	83	134
[u]	81 (88)	121 (144)	65	125

A afirmação geral de que as vogais nasais são sempre mais longas do que suas contra-partes orais se confirmou em nossos dados, independentemente do contexto de tonicidade. Igualmente a colocação de que as sílabas contendo vogais nasais seriam mais longas também foi verificada nos dados analisados (ver Anexo 6).

Dentre as vogais orais, a de menor duração é a vogal [i], seguida, em ordem crescente, por [u]. As médias apresentadas por SOUSA (1994) mostram um valor menor para [i], apesar de a autora concluir que a vogal de menor duração é [u]. Suas médias de [i] e [u], na verdade, não se apresentaram estatisticamente significativas. Já nossos dados apresentaram uma discrepância bastante significativa entre essas duas vogais, confirmando a tendência de [i] ser mais curto do que [u]. Com relação às nasais, [ũ] apresentou-se como a vogal de menor duração, seguida, em ordem crescente por [ĩ], fato que corrobora os dados apresentados DELGADO MARTINS (1975) (vogais [+recuadas] como [ũ] são mais curtas do que as [-recuadas], como [ĩ]).

A seqüência decrescente de duração [a] > [e, o] > [i, u] apresentada por DELGADO MARTINS (1975) para o português de Portugal é ratificada por nossos dados e pelos de SOUSA.

<sup>3</sup> Os valores entre parênteses referem-se às médias apresentadas por SOUSA (1994).

**Tabela 3.54**  
Razão Duração-Vogal/Duração CV

Vogal	Contexto tônico		Contexto átono	
	Oral	Nasal	Oral	Nasal
[i]	0,74	0,84	0,74	0,86
[e]	0,79	0,86	0,76	0,86
[ɛ]	0,83	0,86	0,77	0,85
[o]	0,78	0,87	0,78	0,88
[u]	0,68	0,81	0,68	0,82
Média	0,75	0,85	0,75	0,85

A importância da maior duração das vogais nasais como fator de oposição às orais foi constatada em nossos dados. O murmúrio também teve papel relevante nessa oposição quanto ao parâmetro duração já que, idêntico à SOUSA, a vogal nasal sem o murmúrio apresentou-se sem diferenças significativas em relação à duração da vogal oral. Somente para a vogal nasal [ẽ], observamos diferenças significativas entre a duração média da vogal sem murmúrio e a duração média da vogal oral, ficando a vogal nasal sem murmúrio menor do que a sua contra-parte oral.

Um dado bastante interessante é, no entanto, referente às razões entre a duração total da sílaba e a duração total da vogal. Pela Tabela 3.54, podemos ver que as razões entre o contexto tônico e átono em ambiente oral e nasal são semelhantes, ou seja, as vogais nasais apresentam em relação à duração da sílaba em que se inserem aproximadamente a mesma razão quer em contexto átono quanto em tônico, o mesmo ocorrendo para as vogais orais [i], [o] e [u].

Segundo MORAES & WELTZELS (1992), existiria um alongamento compensatório nas vogais nasais, devido ao apagamento do segmento consonantal nasal que, se identificado, poderia trazer evidências quanto à representação das vogais nasais<sup>4</sup>.

No entanto, foi observado por estes autores que o aparente apagamento do segmento nasal na camada segmental que resultaria em um aumento da duração da

<sup>4</sup> Para essa colocação, os autores se basearam nas premissas teóricas da Fonologia CV, que considera a representação silábica de uma seqüência sonora como uma estrutura arbórea de três camadas: a camada silábica, a camada CV e a camada segmental. Essa distinção entre camada CV e camada segmental possibilitaria o conteúdo segmental ser apagado sem que isso acarrete uma queda da unidade temporal. Assim, para eles, se apenas a camada segmental da consoante nasal for apagada na superfície, haverá um alongamento compensatório da vogal vizinha, que se associaria à posição deixada livre, gerando uma reorganização do *timing* no interior da sílaba.

vogal seria, na verdade, não só um alongamento da vogal nasal em relação à oral, mas também uma redução da consoante oclusiva subsequente de tal forma que a vogal oral + consoante subsequente e a vogal nasal + consoante subsequente apresentassem durações praticamente equivalentes. Assim o acréscimo na duração da vogal nasal diante de oclusiva poderia ser visto como pertencente ao segmento seguinte, mostrando ser um equívoco afirmar que a duração extra pertence à vogal nasal.

Esse fenômeno de alongamento da vogal nasal em posição tônica e redução da consoante subsequente não ocorre diante de fricativas, havendo até mesmo uma redução da duração da vogal nasal em relação à oral, ratificando a conclusão anterior quanto à duração extra não pertencer à vogal nasal.

Estes resultados não corroboram de forma inequívoca a hipótese bifonêmica para a vogal nasal do PB, porém também não descartam definitivamente essa hipótese.

Nossa coleta de dados nos permitiu verificar se o alongamento da vogal nasal era compensado pela diminuição da consoante subsequente, conforme MORAES & WELTZELS alegam. No Anexo 7, apresentamos as medidas relacionadas à duração da oclusão das consoantes subsequentes às vogais [iauẽĩũ]. Nele, vemos que a duração da oclusão da consoante que segue a nasal é sistematicamente menor do que a duração daquele que segue a vogal oral. Somamos, então, a duração da sílaba contendo a vogal oral + a duração da oclusão da consoante subsequente e comparamos à soma da duração da sílaba contendo a nasal + a duração da oclusão da consoante seguinte. Verificamos que esses dois conjuntos se equivalem na maior parte dos dados, não apresentando diferenças estatisticamente significantes entre suas médias<sup>5</sup>, sendo exceção somente para [i] e [ĩ] diante de [p] e [k] (ver Tabelas 3.55 a 3.57).

---

<sup>5</sup> Com  $p < 0,05$ .

**Tabela 3.55**

Soma da duração da sílaba contendo a vogal-alvo + duração da oclusão da consoante plosiva [p] subsequente [ms].

	Média	Desvio-Padrão	Variância	Coef. Variação
[a]	181,25	25,35	642,87	13,99%
[ẽ]	188,72	33,23	1104,44	17,61%
[i]	161,45	28,88	833,82	17,88%
[ĩ]	186,36	29,91	894,49	16,05%
[u]	160,83	29,29	858,00	18,21%
[ũ]	172,78	19,93	397,18	1,12%

**Tabela 3.56**

Soma da duração da sílaba contendo a vogal-alvo + duração da oclusão da consoante plosiva [t] subsequente [ms].

	Média	Desvio-Padrão	Variância	Coef. Variação
[a]	207,51	50,42	2542,27	24,30%
[ẽ]	218,19	58,92	3472,11	27,00%
[i]	172,15	39,12	1530,80	22,72%
[ĩ]	189,66	36,58	1338,45	19,28%
[u]	191,07	39,66	1573,37	20,76%
[ũ]	188,81	38,71	1498,23	20,50%

**Tabela 3.57**

Soma da duração da sílaba contendo a vogal-alvo + duração da oclusão da consoante plosiva [k] subsequente [ms].

	Média	Desvio-Padrão	Variância	Coef. Variação
[a]	173,99	15,08	227,29	8,66%
[ẽ]	177,44	35,76	1278,55	20,15%
[i]	144,36	29,91	894,38	20,72%
[ĩ]	171,74	31,01	961,59	18,06%
[u]	162,27	35,50	1260,12	21,88%
[ũ]	175,19	23,46	550,45	13,39%

### 3.9 ANÁLISE QUALITATIVA DAS REGIÕES DE ANTI-FORMANTES DAS VOGAIS NASAIS

Para avaliarmos as regiões de anti-ressonâncias mais evidentes, plotamos os dados extraídos das análises de sobreposição de espectros (FFT e LPC) que apresentaram diferenças entre seus picos espectrais e construímos os histogramas apresentados nas Figuras 3.40 a 3.44. A partir desses gráficos, verificamos que as vogais apresentam com bastante recorrência duas regiões de grande concentração de anti-ressonâncias, uma em altas frequências e outra em mais baixas frequências.

A região em altas frequências é a mesma para todas as vogais e fica entre 2500 Hz e 3500 Hz. Examinando as vogais em separado, encontramos, para as vogais [õ] e [ẽ], uma primeira região característica de anti-ressonâncias na faixa de frequências entre 500 Hz e 1500 Hz (Figuras 3.40 e 3.43). Para as altas, [ĩ] e [ũ], essas anti-ressonâncias aparecem em uma faixa de frequências mais estreita entre 500 Hz e 1000 Hz (Figuras 3.42 e 3.44). A vogal média [ẽ] apresenta uma região particular de maior recorrência situada acima de 1000 Hz, mais precisamente entre 1000 Hz e 2000 Hz (Figura 3.41).

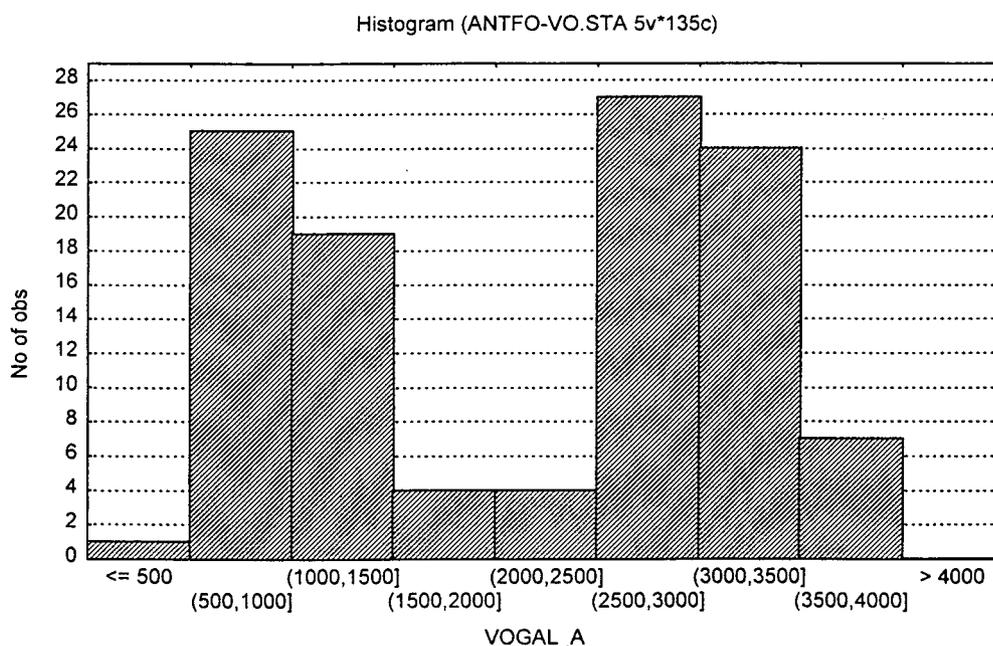


Figura 3.40 Histograma das regiões de frequência de anti-formantes observadas na vogal nasal [ẽ].

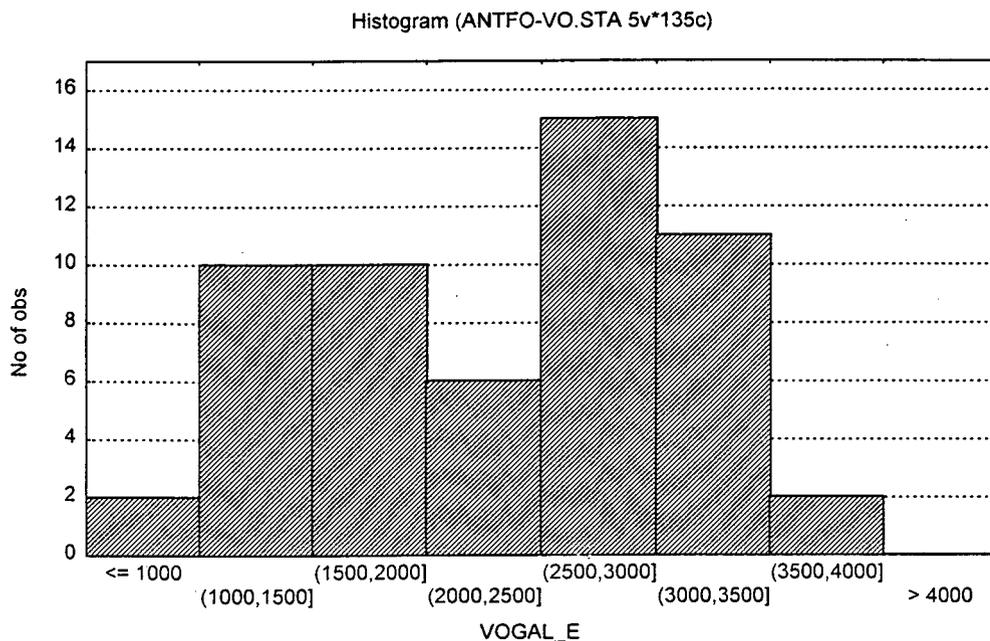


Figura 3.41 Histograma das regiões de freqüência de anti-formantes observadas na vogal nasal [ẽ].

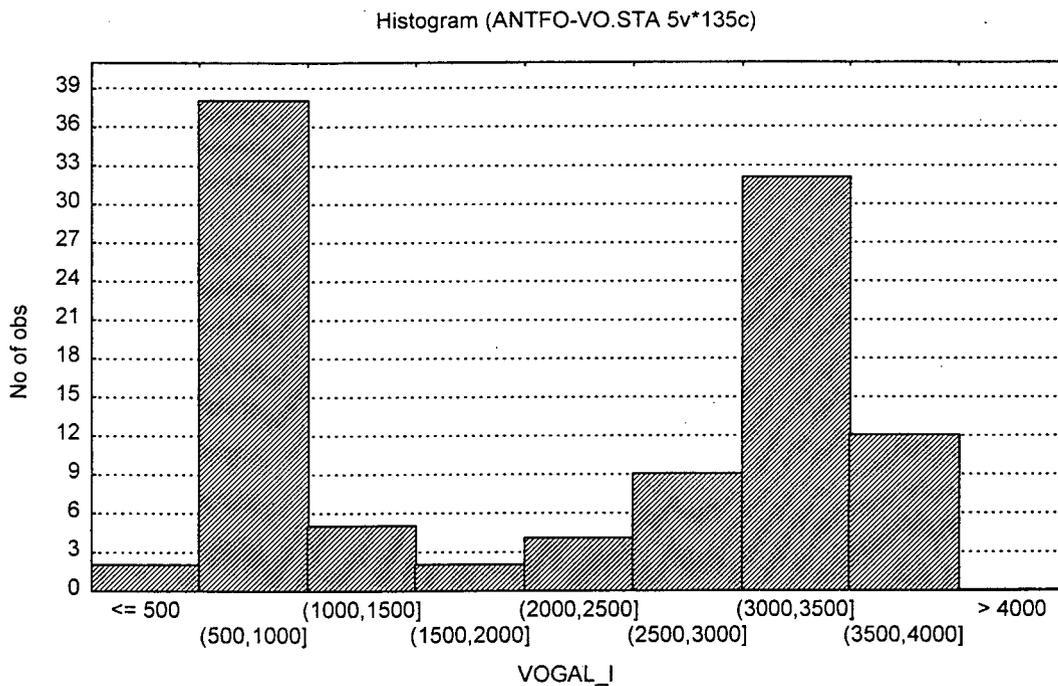


Figura 3.42 Histograma das regiões de freqüência de anti-formantes observadas na vogal nasal [ĩ].

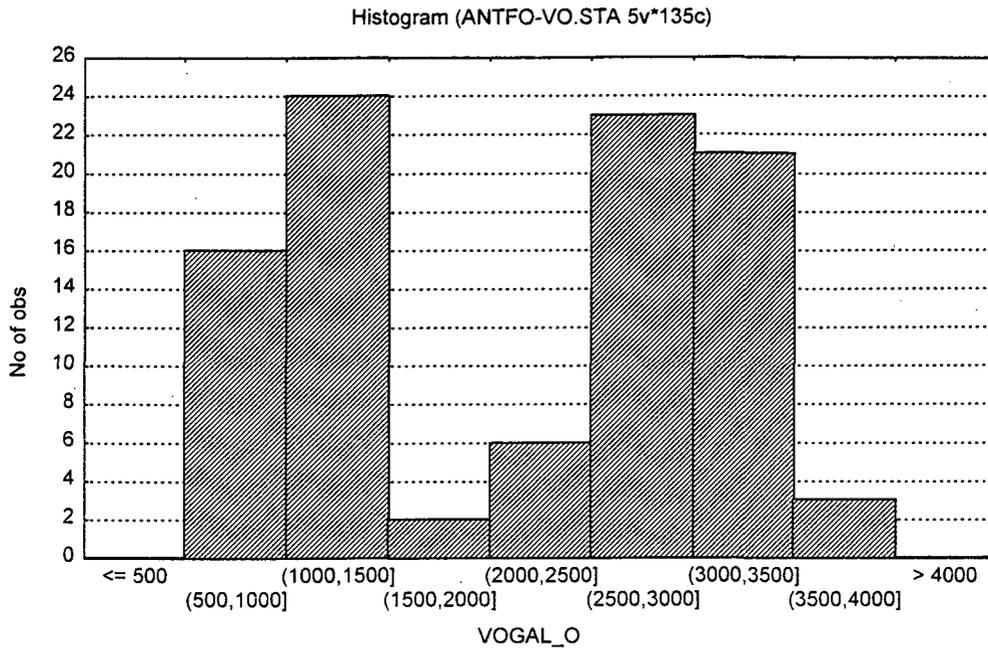


Figura 3.43 Histograma das regiões de frequência de anti-formantes observadas na vogal nasal [õ].

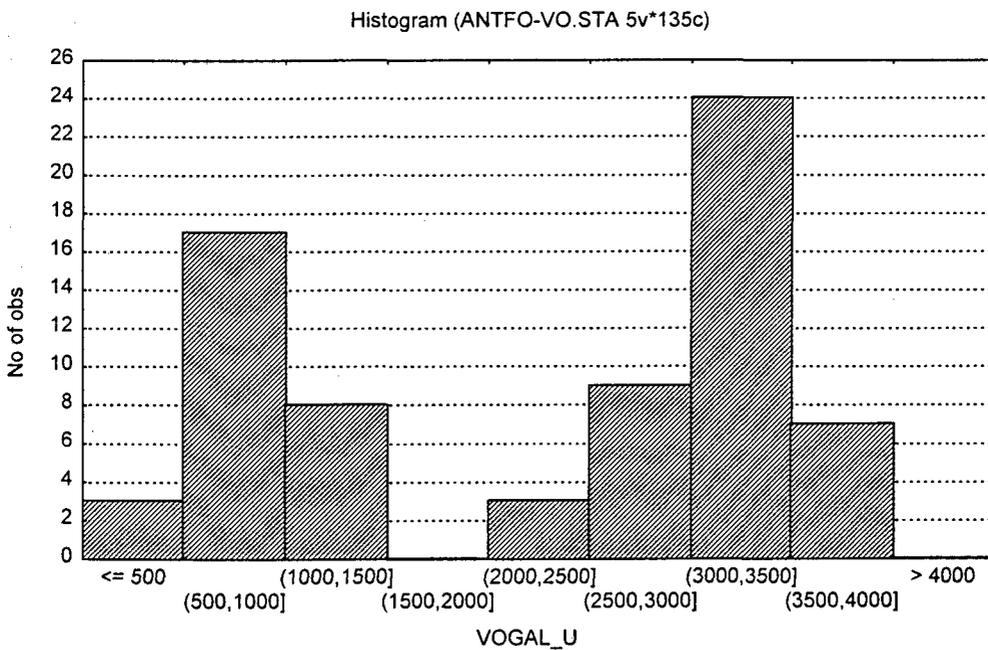


Figura 3.44 Histograma das regiões de frequência de anti-formantes observadas na vogal nasal [ũ].

Estes dados sugerem que os anti-formantes ocorreriam primeiramente entre F'1 e F'2. Para [ẽ], a região de 500 Hz a 1500 Hz fica entre os seus dois

primeiros formantes e para [õ], os anti-formantes podem surgir logo acima de F'2 ou entre F'1 e F'2. Para as vogais altas, as anti-ressonâncias também se situariam entre seus dois primeiros formantes, o mesmo ocorrendo para a média anterior [ẽ].

Uma segunda região de ocorrência de anti-formantes seria entre F'3 e F'4 para todas as vogais, sem exceção, uma vez que esses formantes vocálicos se situam entre 2500 Hz e 3500 Hz, com algumas vogais exibindo F'4 em frequências um pouco mais altas do que 3500 Hz.

Desse modo, seria muito improvável que estas anti-ressonâncias fossem capazes de diferenciar vogais nasais entre si, haja vista a semelhança de regiões em que essas anti-ressonâncias puderam ser extraídas entre as diferentes vogais examinadas.

### 3.10 MURMÚRIO VOCÁLICO

Ao analisarmos as vogais nasais, verificamos também a conformação dos formantes nasais do murmúrio vocálico. Conseguimos identificar no murmúrio de 3 a 5 formantes nasais, dependendo da vogal examinada. Os resultados estão dispostos nas Tabelas 3.58 a 3.62.

A partir destes dados, verificamos se os formantes nasais do murmúrio vocálico apresentavam diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes contextos consonantais seguintes.

**Tabela 3.58**

Frequência média dos formantes nasais do murmúrio nasal da vogal [ẽ] [Hz].

<b>Contexto tônico</b>				
	<b>FN1</b>	<b>FN2</b>	<b>FN3</b>	<b>FN4</b>
<b>Média</b>	224	1033	2462	
<b>Mediana</b>	220	1055	2482	
<b>Variância</b>	683,20	25415,47	39470,98	
<b>DP</b>	26,14	159,42	198,67	
<b>CV</b>	11,67%	15,43%	8,06%	
<b>Contexto átono</b>				
<b>Média</b>	240	962	1783	2461
<b>Mediana</b>	220	904	1536	2471
<b>Variância</b>	2094,4	45873,9	236955,0	55377,3
<b>DP</b>	45,76	214,18	486,78	235,32
<b>CV</b>	19,07%	22,26%	27,30%	9,56%

A vogal baixa [ẽ] apresentou em contexto tônico diferenças significativas entre as frequências dos formantes nasais para FN1 entre [p] e [t]-[k]<sup>6</sup>, para FN2 entre [t] e [p]-[k] e para FN3 entre os três contextos consonantais.

Em contexto átono, FN1 não apresentou diferenças significativas nos valores dos formantes para os diferentes contextos consonantais. Em FN2, foram significativas as diferenças entre [t] e [p]-[k], em FN3 entre [k] e [p]-[t] e em FN4 entre [t] e [p]-[k].

<sup>6</sup> Os contextos separados por hífen não apresentam diferenças significativas entre eles.

Tabela 3.59

Frequência média dos formantes nasais do murmúrio nasal da vogal [ẽ] [Hz].

	Contexto tônico					
	FN1	FN2	FN3	FN4	FN5	FN6
<b>Média</b>	230	829	1225	1906	2532	3587
<b>Mediana</b>	217	808	1191	1913	2500	3529
<b>Variância</b>	1161,29	19259,90	26610,66	47675,13	31044,66	20921,20
<b>DP</b>	34,08	138,78	163,13	218,35	176,19	144,64
<b>CV</b>	14,82%	16,74%	13,32%	11,46%	6,96%	4,03%
	Contexto átono					
	FN1	FN2	FN3	FN4	FN5	FN6
<b>Média</b>	224	862	1604	2188	2571	3365
<b>Mediana</b>	219	837	1481	2098	2498	3406
<b>Variância</b>	837,08	12709,89	88073,07	33887,41	37480,30	27991,81
<b>DP</b>	28,93	112,74	296,77	184,08	193,60	167,31
<b>CV</b>	12,91%	13,08%	18,50%	8,41%	7,53%	4,97%

A vogal anterior [ẽ] não apresentou diferenças significativas entre as frequências mais altas dos formantes nasais do murmúrio (FN2, FN3, FN4, FN5, FN6) que precediam as consoantes oclusivas [p], [t] e [k], nos dois contextos de tonicidade. Apresentou, no entanto, diferenças significativas entre os três contextos seguintes para FN1.

Tabela 3.60

Frequência média dos formantes nasais do murmúrio nasal da vogal [ĩ] [Hz].

	Contexto tônico					
	FN1	FN2	FN3	FN4	FN5	FN6
<b>Média</b>	257	908	2235	2571		
<b>Mediana</b>	248	910	2227	2575		
<b>Variância</b>	2244,13	34293,82	21157,30	28069,12		
<b>DP</b>	47,37	185,19	145,45	134,42		
<b>CV</b>	18,43%	20,39%	6,51%	5,23%		
	Contexto átono					
	FN1	FN2	FN3	FN4	FN5	FN6
<b>Média</b>	248	943	2117	3288	3421	
<b>Mediana</b>	232	910	2151	3379	3405	
<b>Variância</b>	2908,20	35372,50	124869,8	203982,0	8043,8	
<b>DP</b>	53,93	188,08	353,37	451,64	89,69	
<b>CV</b>	21,75%	19,94%	16,69%	13,74%	2,62%	

A vogal anterior [ĩ], em contexto tônico, não apresentou diferenças significativas para FN1 e FN3. Para FN2, apresentou diferenças relevantes entre [t] e

[p]-[k] e, para FN4, somente entre [p] e [t]. Em contexto átono, não apresentou diferenças significativas para FN2. Para FN1 e FN3, somente entre [t] e [k]. Para FN4, entre [t] e [p]-[k].

**Tabela 3.61**

Frequência média dos formantes nasais do murmúrio nasal da vogal [õ] [Hz].

	Contexto tônico					
	FN1	FN2	FN3	FN4	FN5	FN6
<b>Média</b>	200	701	1434	2357	3093	
<b>Mediana</b>	186	713	1350	2374	3134	
<b>Variância</b>	900,60	9966,10	117938,8	23318,20	51141,80	
<b>DP</b>	30,01	99,83	343,42	152,70	226,14	
<b>CV</b>	15%	14,24%	23,94%	6,48%	7,31%	
	Contexto átono					
<b>Média</b>	230	951	1484	2168	2686	3374
<b>Mediana</b>	217	949	1520	2172	2653	3382
<b>Variância</b>	767,38	16827,62	22130,59	26779,69	22824,07	71168,11
<b>DP</b>	27,70	129,72	148,76	163,64	151,08	266,77
<b>CV</b>	12,04%	13,64%	10,02%	7,55%	5,62%	7,91%

Em contexto tônico, a frequência dos formantes nasais do murmúrio da vogal nasal posterior [õ] mostrou diferenças significativas para FN1, FN2 e FN4 entre os contextos [p] e [t]-[k], para FN5 somente entre os contextos [p] e [k] e, para FN3, não foram observadas diferenças significativas entre os formantes do murmúrio que precedem os diferentes contextos consonantais examinados.

Em contexto átono, foram observadas diferenças relevantes para FN1 e FN5 entre [p] e [t]-[k]. Para FN2, verificamos diferenças significativas entre os três contextos consonantais. Para FN4, somente entre [p] e [k] e para FN3 e FN6, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 3.62

Frequência média dos formantes nasais do murmúrio nasal da vogal [ũ] [Hz].

	Contexto tônico					
	FN1	FN2	FN3	FN4	FN5	FN6
<b>Média</b>	237	847	1662	1498	3379	
<b>Mediana</b>	220	855	1396	2504	3517	
<b>Variância</b>	1347,3	18153,60	120532,9	44075,0	242206,2	
<b>DP</b>	36,70	134,73	347,18	209,94	494,37	
<b>CV</b>	15,48%	15,91%	20,89%	14,01%	14,63%	
	Contexto átono					
<b>Média</b>	251	956	2010	2645	3484	
<b>Mediana</b>	263	931	2094	2635	3440	
<b>Variância</b>	1761,8	34009,70	158867,8	42913,20	19912,20	
<b>DP</b>	41,97	184,42	398,58	207,15	141,11	
<b>CV</b>	16,72%	19,29%	19,83%	7,83%	4,05%	

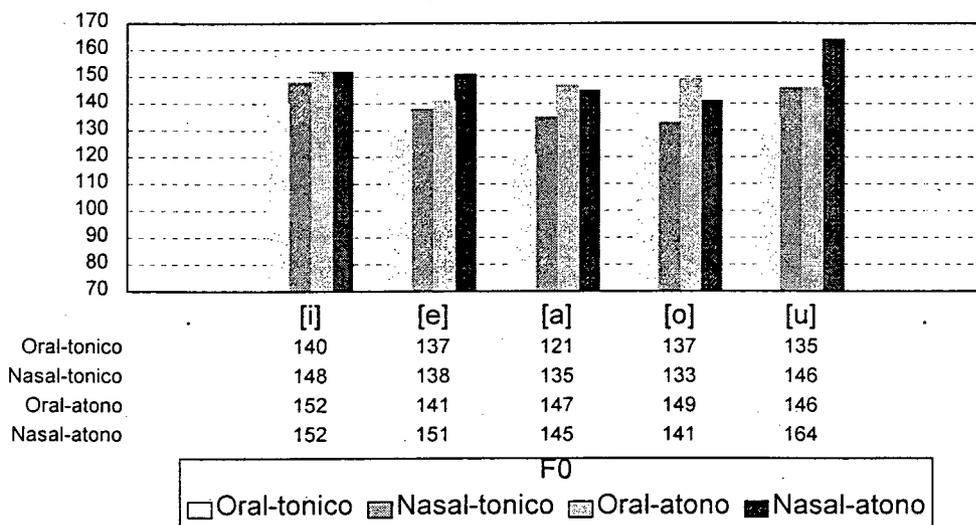
Os formantes nasais presentes no murmúrio da vogal nasal posterior [ũ], em contexto tônico, para FN4, mostraram diferenças significativas entre os três contextos consonantais seguintes, para FN1 entre [p] e [t]-[k], para FN3 entre [p] e [t] e para FN5 entre [t] e [k]. Para FN2, não houve alterações significativas.

Em contexto átono, apresentaram alterações significativas os formantes FN1 somente entre [p] e [t], FN2 entre [p] e [t]-[k]; FN3 apenas entre [t] e [k], FN4 entre [t] e [p]-[k] e FN5 não apresentou alterações significativas.

Vimos então que a única vogal que aparentemente não apresentou diferenças relevantes entre as frequências dos formantes que precediam os diferentes contextos consonantais foi a média anterior [ẽ]. Todas as demais sofreram alterações significativas em alguns de seus formantes.

### 3.11 FREQUÊNCIA FUNDAMENTAL

Apresentaremos a seguir os dados mais significativos concernentes a F0 das vogais orais e nasais. A observação desses dados tinha por objetivo verificar se havia um comportamento sistemático diferenciado para nasais e não-nasais. Como tivemos uma dispersão em torno da média bastante maior inter-falantes do que intra-falantes, resolvemos apresentar, juntamente com as médias gerais para cada vogal, gráficos concernentes a uma determinada vogal entre diferentes falantes (Figuras 3.46 a 3.50). Desse modo, podemos verificar se as observações gerais se confirmaram individualmente.



**Figura 3.45** Relação entre as médias gerais de F0 das vogais orais e nasais em contexto tônico e átono

Comparando a frequência fundamental média (F0) dos segmentos orais e nasais, vemos que, em contexto tônico, a vogal nasal apresentou F0 significativamente mais altos do que a sua contra-parte oral (ver Figura 3.45), exceção feita à vogal [o]. Em contexto átono, teve um comportamento bastante irregular, sendo em ambiente nasal mais baixo do que em ambiente oral para as vogais [ẽ] e [õ], mais alto para [ẽ] e [ũ] e semelhante ao ambiente oral para [ĩ].

Analisando as vogais em separado em função do falante, tivemos em contexto tônico a confirmação da tendência de F0 maior na vogal nasal do que na oral para a maioria dos falantes, à exceção de [e] e [i] para JF e RF, de [o] para RJ e de [u] para AG.

Em contexto átono, também se confirmaram os dados referentes à tendência de F0 mais baixo para [a] (exceção para RF e RJ), de F0 mais alto para [e] (exceção para RF) e [u] (exceção para AG) e de [i] apresentar F0 praticamente similares entre orais e nasais.

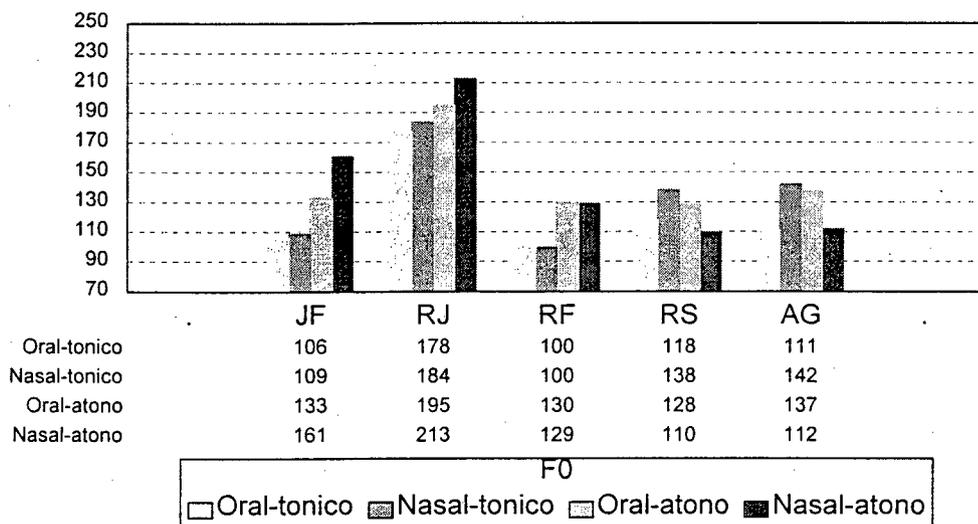


Figura 3.46 Relação entre as médias de F0 por informante referentes à vogal [a] oral e nasal em contexto tônico e átono.

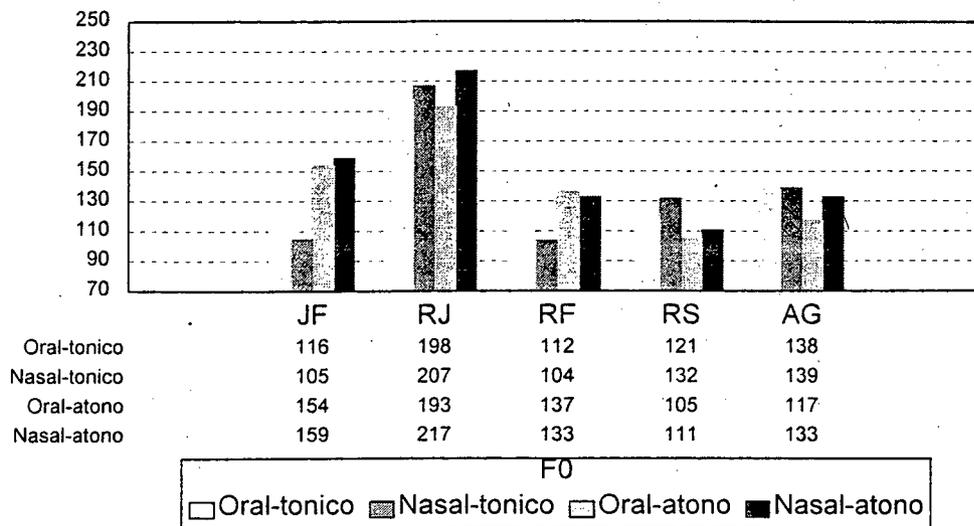


Figura 3.47 Relação entre as médias de F0 por informante referentes à vogal [e] oral e nasal em contexto tônico e átono.

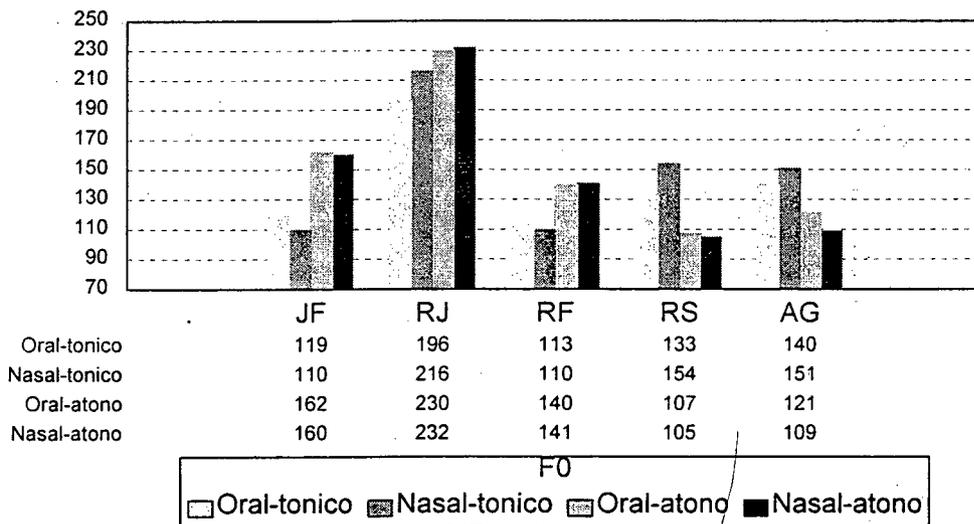


Figura 3.48 Relação entre as médias de F0 por informante referentes à vogal [i] oral e nasal em contexto tônico e átono.

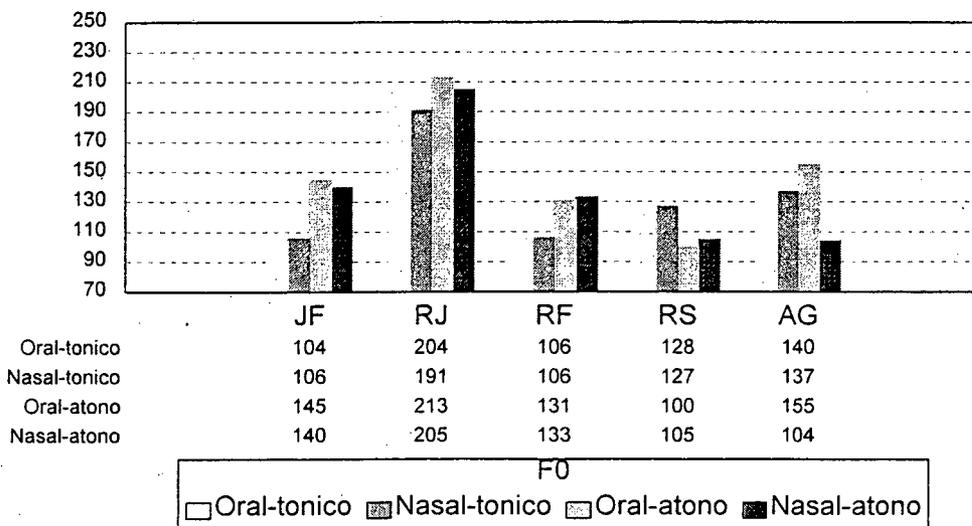


Figura 3.49 Relação entre as médias de F0 por informante referentes à vogal [o] oral e nasal em contexto tônico e átono.

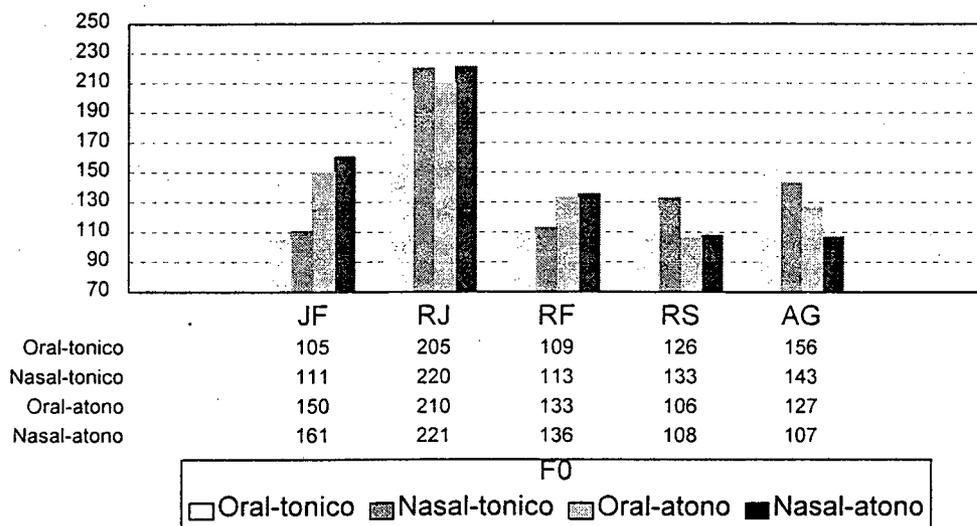


Figura 3.50 Relação entre as médias de F0 por informante referentes à vogal [u] oral e nasal em contexto tônico e átono.

### 3.12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das análises elaboradas nas diferentes vogais, verificamos que a nasalidade opera de forma diferenciada, seu efeito dependendo principalmente da vogal sobre a qual está atuando.

As principais alterações que ocorreram nos formantes foram:

- F'1 das vogais nasais [ẽ] e [õ] ( $p < 0,0006$  e  $p < 0,0237$ , respectivamente) nos dois contextos de tonicidade foi significativamente mais alto em relação às suas respectivas contra-partes orais. Para as vogais [ẽ̃] ( $p < 0,0001$ ) e [ũ̃] (efeito significativo mas marginal com  $p < 0,0427$ ), foi significativamente mais baixo. A vogal [ĩ] não apresentou alterações significativas desse formante em relação à sua contra-parte oral.

- As alterações de F'2 foram bastante irregulares, apresentando efeitos significativos ligados também ao contexto de tonicidade<sup>7</sup>. Em contexto pré-tônico, somente a vogal [ẽ] ( $p < 0,0003$ ) apresentou diferenças significativas, elevando-se quando nasal. Em contexto tônico, mostraram-se com diferenças significativas as vogais altas [ĩ] ( $p < 0,0005$ ) e [ũ̃] (efeito marginal –  $p < 0,0462$ ), apresentando, no entanto, um efeito inverso. Ou seja, enquanto, para a alta anterior, F2 se eleva em ambiente nasal, para a posterior ele diminui. Assim [ĩ] se anterioriza em relação à sua contra-parte oral e [ũ̃] se posterioriza.

Quanto à amplitude relativa dos formantes, tivemos como alterações mais relevantes:

- A amplitude de F'1 (A'1) em relação a F1 (A1) foi maior para as vogais nasais altas [ĩ] e [ũ̃] (medidas na mesma escala) ( $p < 0,0381$  e  $p < 0,0421$ , respectivamente). A explicação para esse fato é que a presença de um formante nasal na

---

<sup>7</sup> F2 apresentou interação significativa entre três variáveis independentes: vogal x nasalidade x tonicidade e vogal x nasalidade x contexto seguinte.

mesma região de F'1 reforça a amplitude naquela banda de frequência. Nas demais vogais, A'1 foi sempre mais baixo do que A1<sup>8</sup>.

•A amplitude relativa de F'2 apresentou interações significativas entre três fatores: vogal x nasalidade x tonicidade. Em contexto pré-tônico, as diferenças só foram significativas entre a nasal e a não-nasal para as vogais altas<sup>9</sup>, havendo uma tendência não-significativa para a vogal baixa ( $p < 0,0618$ ). Nesses três casos, no entanto, houve queda de amplitude de A'2 em relação à A2. Em contexto tônico, as diferenças foram significativas para [ẽ] ( $p < 0,0047$ ), [ĩ] ( $p < 0,0002$ ) e [õ] ( $p < 0,0247$ ). Porém, [õ] apresentou comportamento inverso a [ẽ] e [ĩ], isto é, elevou-se para a média posterior e baixou para a baixa e alta posterior em relação às suas respectivas contra-partes orais.

Com este estudo, pudemos ter uma visão geral do comportamento das vogais nasais em relação às suas contra-partes não-nasais, observando as alterações ocorridas quando acontece a nasalização vocálica. Apresentamos também as modificações sofridas pelos segmentos examinados principais em função de F1 e F2, formantes vocálicos que classificam as vogais segundo sua qualidade vocálica.

Tradicionalmente, F2 é considerado correlato direto do movimento anterior/posterior da língua e F1, um parâmetro correlato ao grau de abertura mandibular. Em FIGUEIREDO (1990), testes de correlação foram realizados com dados do PB, mostrando uma correlação bastante estreita entre esses dois formantes e as dimensões articulatórias: altura e anterioridade.

LILJENCANTS e LINDBLOM (1972, *apud* FIGUEIREDO, 1990), apresentando os melhores contrastes dentro de cada dimensão, comentam que, como a organização articulatória de uma língua provavelmente segue um princípio genérico de menor esforço para produzir oposições dentro de um sistema, se as vogais forem produzidas com a língua mais próxima da configuração “neutra”, isto é, com menor tensão muscular, haverá um encolhimento do espaço acústico, quase não modificando

<sup>8</sup> Apresentou-se significativo ao nível de  $p < 0,0001$  para as médias e a baixa.

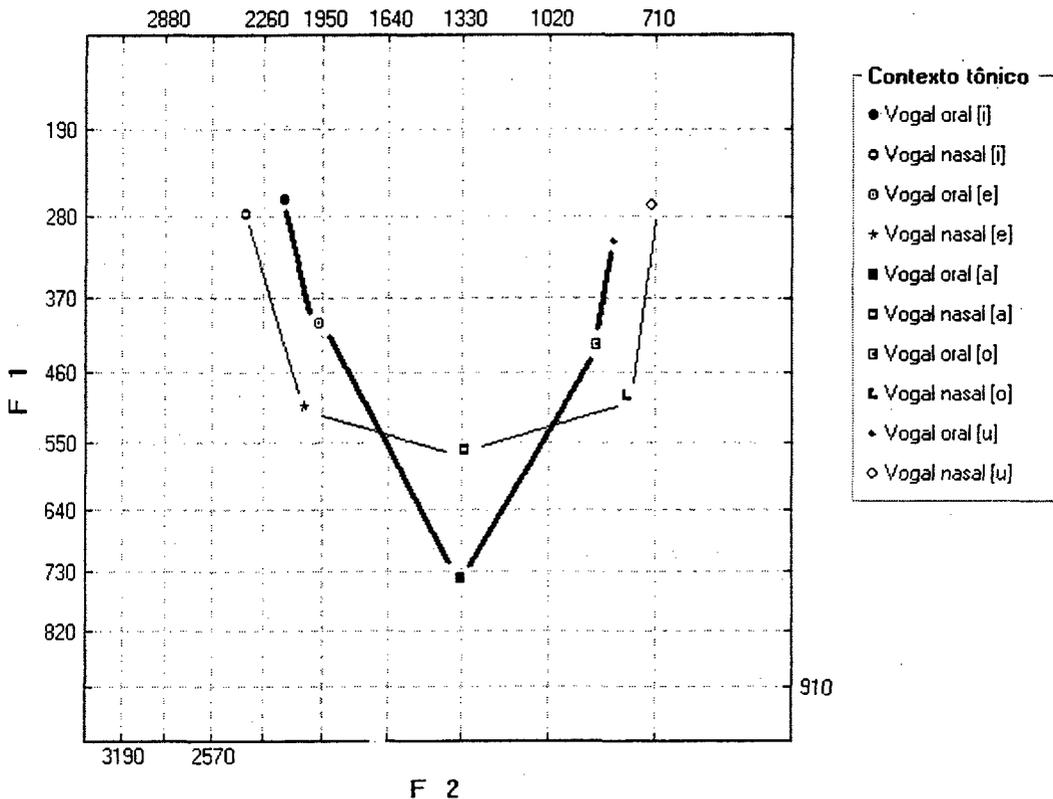
<sup>9</sup> Resultados da análise ANOVA mostram significância ao nível de  $p < 0,0001$  para [ĩ] e de  $p < 0,0001$  para [ũ].

F2, ficando a diferenciação das vogais a cargo principalmente de F1 (grau de abertura). Isto, segundo LINDBLOM (1986, *apud* FIGUEIREDO, 1990), ofereceria vantagens perceptuais já que os sistemas vocálicos desenvolveram margens de segurança que garantem a diferenciação perceptual, mesmo em situações de ruído bastante adversas e, baseando-se em F1, parecem mais resistentes à interferência ambiental, por esse formante ter uma ressonância mais intensa que qualquer outro.

Nossos dados mostraram esta predominante modificação de F1, alterando em muito a qualidade vocálica relacionada à altura das vogais nasais em relação às orais correspondentes, principalmente da vogal baixa e das médias (ver Figura 3.51). Observamos assim um encolhimento do espaço acústico entre a baixa e as médias, diminuindo o contraste entre elas quanto à altura vocálica. Nossos dados também mostraram que o comportamento das médias e das altas foram semelhantes sob o efeito da nasalidade. Isso quer dizer que a alteração ocorrida entre [e] e [ẽ] não é significativamente diferente da alteração ocorrida entre [o] e [õ]. O mesmo ocorrendo entre os pares [i]-[ĩ] e [u]-[ũ].

A partir das médias gerais de cada par oral/nasal, plotamos esses dois formantes para as vogais em conjunto a fim de verificarmos as diferenças mais evidentes na qualidade vocálica desses pares. Para efeito de comparação, plotamos também as médias apresentadas por CAGLIARI (1977) e por SOUSA (1994) em seus estudos acústicos sobre a nasalidade vocálica do PB.

LINDBLOM (1975, *apud* WRIGHT, 1986) tenta estender sua noção de maximização de contraste em sistemas vocálicos para vogais nasais, mostrando que o espectro de vogais nasais é acusticamente menos distinto.



**Figura 3.51** Espaço bidimensional definido pelas médias gerais de F1 x F2 expressos em escala MEL das vogais orais (linha grossa) e nasais (linha fina) em contexto tônico.

Sistematicamente, no entanto, é problemático diferenciar vogais médias e altas (BHAT, 1975 e BEDDOR, 1982, *apud* WRIGHT, 1986). Segundo BEDDOR (1982), as vogais altas são sistematicamente mais baixas, vogais baixas sobem e as médias mostram irregularidades.

Segundo WRIGHT (1986), a maior confusão entre vogais nasais foi devido principalmente à confusão na dimensão correlacionada à altura vocálica. Vogais altas nasalizadas foram mal-interpretadas como vogais baixas, enquanto, para as vogais mais baixas, ocorreu o inverso. Testes constataram que sujeitos foneticamente treinados julgaram vogais altas e médias nasalizadas como mais baixas, mas as baixas como mais altas. WRIGHT (1986) concluiu então que há evidências mostrando que as mudanças espectrais que acompanham a nasalização de vogais comandam um deslocamento principalmente de F1 e uma perda de contraste dentro do conjunto de vogais nasalizadas, enquanto aumenta o contraste dessas vogais em relação às orais. A perda de

contraste ocorre uma vez que a vogal baixa fica menos baixa, a alta fica menos alta e a média, menos alta.

Nossos dados ratificam esta perda de contraste das vogais nasais em relação às orais, apresentando as vogais baixa menos baixas do que suas vogais orais cognatas; as médias, menos altas do que suas respectivas contra-partes orais, no entanto a alta posterior apresentou-se sistematicamente mais alta do que sua oral cognata.

WRIGHT (1986) verifica que vogais nasais parecem acusticamente mais fechadas do que seus pares orais. BOND (1975), elaborando testes perceptuais com vogais retiradas de contexto N\_N e de outros contextos, verificou que o maior número de confusões ou má interpretação na tarefa de identificação da vogal ocorreu com aquelas retiradas de contextos nasais. MOHR & WANG (1968, *apud* WRIGHT, 1986) testaram as vogais [i, a, u, ĩ, ě, ũ] com falantes do inglês americano e perceberam que os estímulos nasalizados eram julgados mais fechados do que os orais. BUTCHER (1976 *apud* WRIGHT, 1986) mostrou que adultos franceses e alemães julgaram vogais nasalizadas mais similares entre si do que as orais.

OHALA (1975) afirma que a nasalização tende a elevar a frequência de F1 de vogais médias e altas. Todavia com vogais baixas, parece que a principal proeminência espectral se deslocaria para uma frequência mais baixa. Como a altura vocálica é inversamente relacionada à frequência de F1, é esperado que a nasalização de vogais leve as vogais altas e médias a mais baixas e as vogais baixas ou a abaixar ou a elevar dependendo do falante e da vogal. Assim se poderia dizer que a qualidade vocálica das vogais nasalizadas muda notadamente em altura. Isso foi constatado em nossos dados. Se observarmos as Figuras 3.51 e 3.52, veremos que as maiores alterações ocorreram em F1.

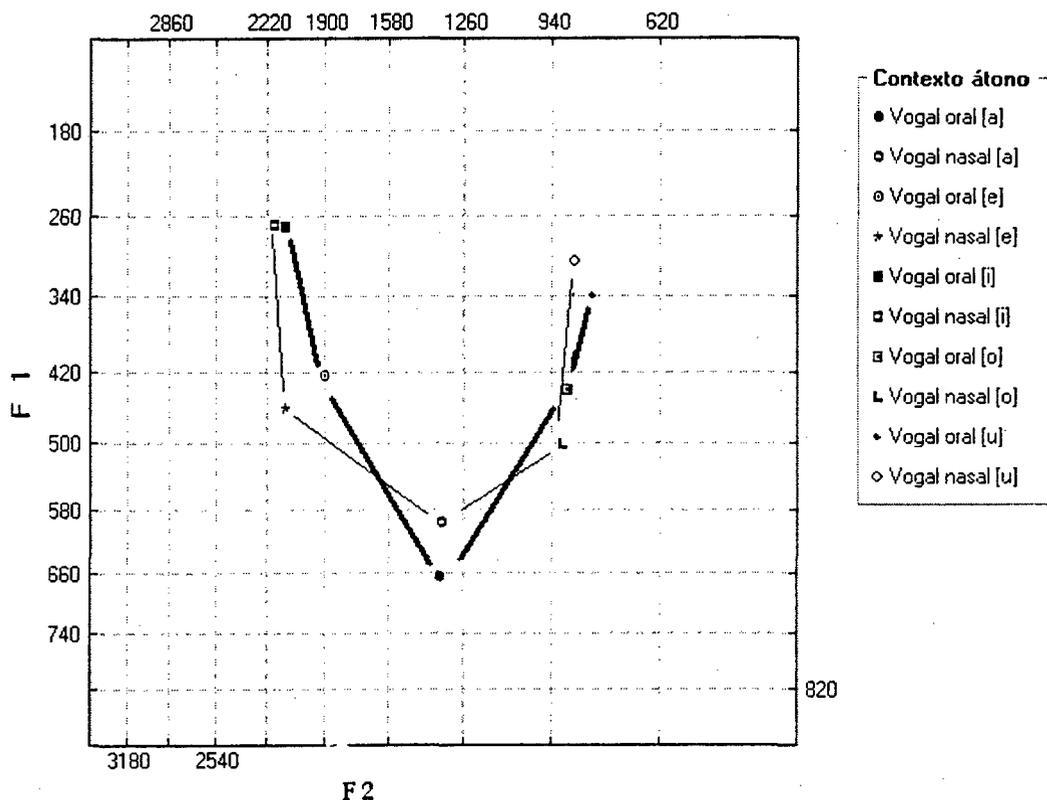


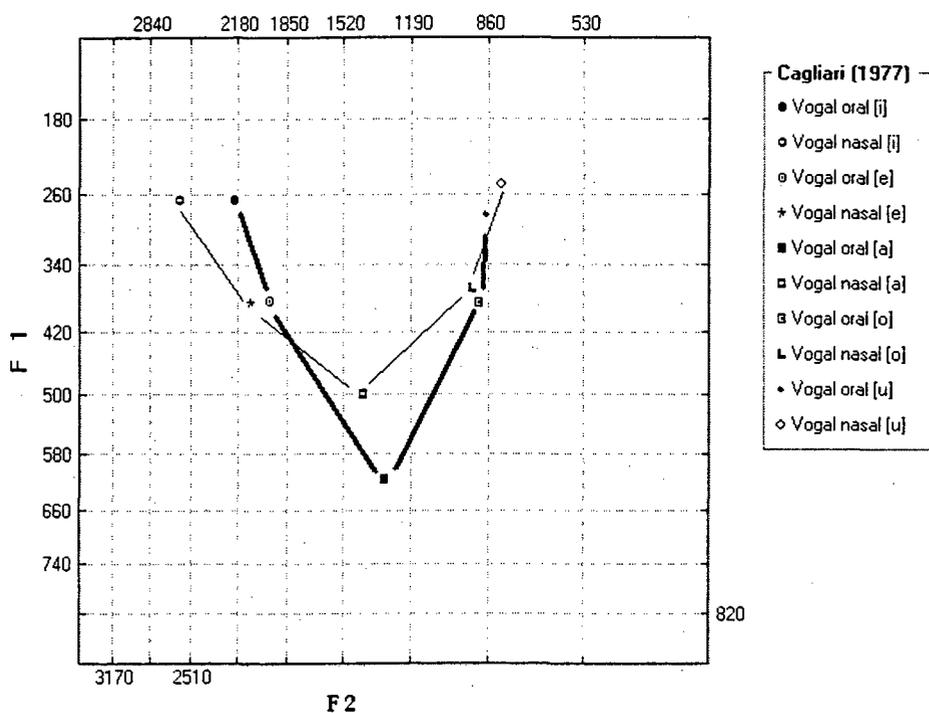
Figura 3.52 Espaço bidimensional definido pelas médias gerais de F1 x F2 expressos em escala MEL das vogais orais (linha grossa) e nasais (linha fina) em contexto átono.

MATTA MACHADO (1993) elaborou uma pesquisa determinando, através da cine-radiografia, a posição de diferentes articuladores envolvidos na produção de vogais nasais do PB, e a conseqüente modificação das cavidades faríngea e bucal. Segundo a autora, a progressão do recuo do dorso da língua em direção à parede da faringe é de [ẽ] → [ũ] → [õ] e não [ẽ] → [õ] → [ũ], sendo [õ] a vogal mais posterior e mais baixa dessa série.

Em contexto átono, nossa análise mostrou que a diferença só foi significativa para a média anterior ( $p < 0,0003$ ) que se torna mais anterior do que sua contra-parte oral. Em contexto tônico, apresentaram-se com diferenças significativas somente as vogais altas, tornando-se a anterior mais anterior, aumentando seu F'2 em relação a F2 ( $p < 0,0005$ ) e a posterior, apesar de apresentar um efeito apenas marginal ( $p < 0,0462$ ), torna-se mais posterior, diminuindo seu F'2.

Independentemente do contexto de tonicidade, vemos a vogal nasal [õ] se tornar a mais posterior das vogais nasais, não só articulatoriamente conforme ressalta

MATTA MACHADO (*op. cit.*), mas também acusticamente, somente diante da consoante oclusiva alveolar (diferenças significativas ao nível de  $p < 0,0003$  pela análise ANOVA). Para a média anterior, ocorreu uma maior anterioridade da vogal em ambiente nasal diante da consoante bilabial e da velar ( $p < 0,0001$  e  $p < 0,0208$ , respectivamente, apresentando tendência não significativa diante da alveolar com  $p < 0,0684$ ). As altas anteriores apresentaram-se ainda mais posteriores em ambiente nasal diante dos três contextos consonantais ( $p < 0,0002$  para a bilabial;  $p < 0,0274$  para a alveolar;  $p < 0,0299$  para a velar). A nasal alta posterior torna-se menos posterior do que a sua respectiva oral diante da consoante bilabial ( $p < 0,0121$ ) e mais posterior diante da alveolar ( $p < 0,0002$ ). Os dados apresentados por CAGLIARI (Figura 3.53) e os de SOUSA (Figura 3.54) mostram a vogal nasal [ũ] como a mais posterior das vogais.



**Figura 3.53** Espaço bidimensional definido pelas médias gerais de F1 x F2, expressos em escala MEL, das vogais orais (linha grossa) e nasais (linha fina). Médias calculadas a partir dos dados apresentados em CAGLIARI (1977).

Nossas análises mostraram que, em contexto tônico, a vogal [ẽ] se eleva aproximando-se bastante das médias [ē] e [ō]. As vogais [õ] e [ũ] apresentaram-se

bem mais posteriorizadas do que suas contra-partes orais, porém [ũ] ainda é a mais posterior das vogais nasais (ver Figura 3.51). Outra tendência, observada na Figura 3.51, é a elevação da vogal alta [ũ] em relação a [u]. Quanto às vogais médias nasais [ẽ] e [õ], percebe-se que elas se tornam menos altas do que as orais correspondentes e a posterior se posterioriza mais do que sua contra-parte oral, enquanto a anterior torna-se ainda mais anterior.

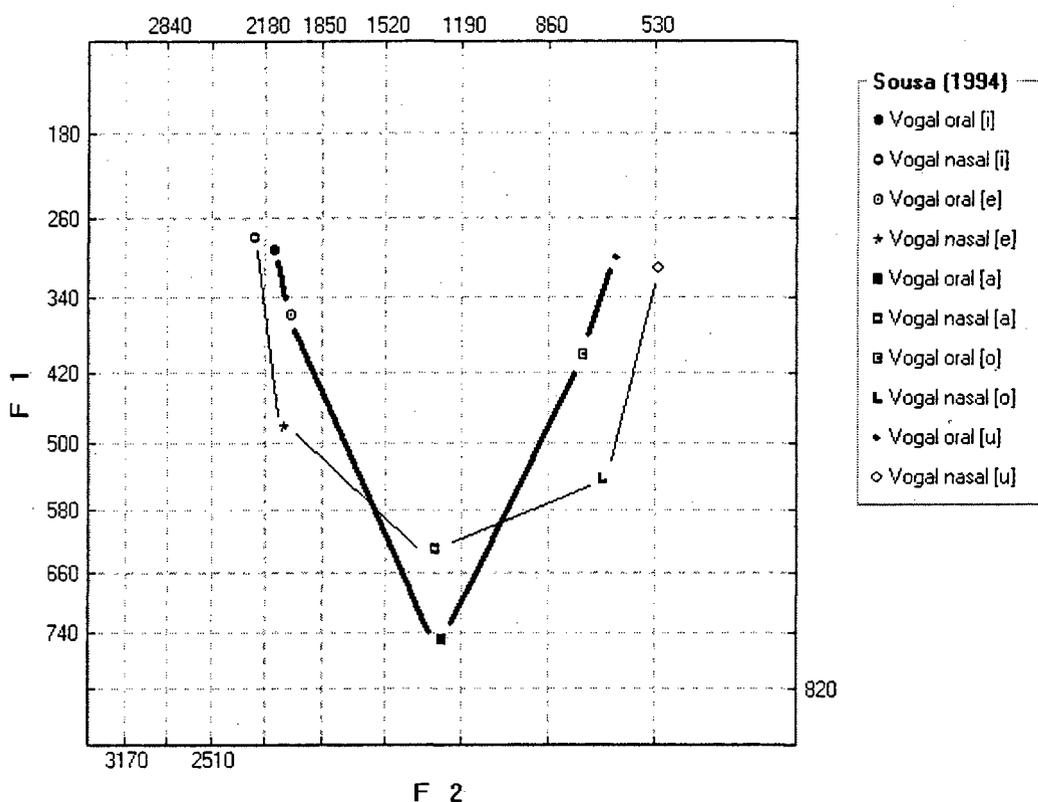


Figura 3.54 Espaço bidimensional definido pelas médias gerais de F1 x F2, expressos em escala MEL, das vogais orais (linha grossa) e nasais (linha fina). Médias calculadas a partir dos dados apresentados em SOUSA (1994).

Com relação à duração média das vogais orais e nasais, a previsão de que as vogais nasais seriam mais longas do que as orais se confirmou, independentemente dos contextos de tonicidade. Dentre as nasais, em contexto tônico, as mais longas foram [õ] e [ẽ], sendo a primeira (148 ms) ligeiramente mais longa do que a segunda

(145 ms). Em contexto átono, a mais longa foi [ẽ] (138 ms). A mais curta, quer em contexto tônico, quer em átono, foi [u] (121 ms (tônico) e 125 ms (átono)).

Dentre as orais, a mais longa foi [a] (110 ms (tônico) e 84 ms (átono)) e a mais curta [i] (75 ms (tônico) e 63 ms (átono)), independentemente do contexto de tonicidade. Em contexto átono, [e] (84 ms) é ligeiramente mais longo do que [o] (83 ms), ocorrendo o mesmo para [i] (63 ms) que é ligeiramente mais curto do que [u] (65 ms).

***ANÁLISE ACÚSTICA DAS CONSOANTES  
NASAIS DO PORTUGUÊS BRASILEIRO***

**4.1. INTRODUÇÃO**

A busca de parâmetros acústicos invariantes para o ponto de articulação de consoantes nasais tem produzido um considerável número de pesquisas, tentando indicar que atributos acústicos e perceptuais das dimensões fonéticas da fala devem ser investigados.

A caracterização acústica do murmúrio nasal, consonantal ou vocálico, é tarefa um tanto complexa, embora o murmúrio consonântico pareça possuir parâmetros acústicos um pouco mais “estáveis” em relação ao murmúrio vocálico. Essa complexidade acústica ocorre principalmente devido à variabilidade da estrutura anatômica das cavidades nasais entre diferentes falantes. Ou seja, o efeito da inclusão da cavidade nasal aumenta significativamente o grau de variação dos parâmetros acústicos inter-falantes. Por esse motivo, é mais dificultoso identificar parâmetros

acústicos consistentes em segmentos nasais que possam ser generalizados entre falantes.

Nosso objetivo, neste capítulo, é determinar primeiramente as propriedades acústicas que caracterizam e diferenciam as consoantes nasais [m] e [n] do PB, observando se essas características permanecem estáveis em diferentes contextos vocálicos e de tonicidade. Em seguida, tentar caracterizar a consoante nasal [ɲ] que apresentou problemas para extração, pois muitos de seus dados se apresentaram como uma vogal [i], bastante nasalizada.

MALECÓT (1956) (*apud* KUROWSKI e BLUMSTEIN, 1993) conduziu um estudo perceptual no qual comprovou que o murmúrio nasal não fornece informações somente do modo de articulação, como se pensava, mas contém também informação sobre o ponto de articulação. Por essa razão, focalizaremos nossa análise no murmúrio consonantal, buscando verificar se, para o PB, é possível diferenciar os pontos de articulação labial e alveolar apenas pelas características acústicas do murmúrio.

KUROWSKI e BLUMSTEIN (1993), FUJIMURA (1962), ABRAMSON, NYE, HENDERSON e MARSHAL (1981) relacionam a variação dos parâmetros acústicos aos efeitos do contexto vocálico. Por exemplo, o grau de acoplamento entre o trato nasal e oral depende da natureza do som que está sendo formado na cavidade supralaríngea. Nosso estudo então observará as alterações formânticas no murmúrio consonantal que possam ser inferidas dos diferentes contextos vocálicos que seguem as consoantes [m n]. Nesse caso, examinamos as alterações ocorridas nos segmentos-alvo diante das vogais [a], [i] e [u] inseridos em dois contextos de tonicidade: tônico e pós-tônico.

Para esta análise, avaliamos um *corpus* de cinco falantes florianopolitanos do sexo masculino composto de palavras inseridas em frases-veículo, contendo as consoantes nasais [m] e [n] diante das vogais [a], [i] e [u] em contexto tônico (103 elocuições dos segmentos-alvo, ex.: *mata, nata*) e átono (103 elocuições dos segmentos-alvo, ex.: *tâmara, cânula*).

Estes dados foram adquiridos diretamente usando-se um microcomputador dispondo de recursos para análise de fala - o CSL - Computer Speech Lab - Versão 4300B da Kay Elemetrics, operando com frequência de amostragem de 10 kHz para aquisição do sinal, em uma sala isolada de ruídos. Os segmentos em análise foram avaliados por suas durações e frequências, intensidades e larguras-de-banda de seus formantes nasais.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DAS CONSOANTES NASAIS [m] [n]

As consoantes nasais [m, n] são articuladas através da combinação de dois movimentos: (a) movimento da língua ou lábios para a oclusão completa do trato oral e (b) abaixamento do *velum*. Apesar da oclusão oral, esta cavidade também contribui para as qualidades de ressonância da consoante nasal, pois age como um acesso secundário. No entanto, essas consoantes não são sempre facilmente distinguíveis em suas produções, embora não sejam sons exatamente semelhantes.

As características acústicas do murmúrio nasal estão ligadas às características articulatorias da abertura velofaríngea acompanhadas da obstrução da cavidade oral. O murmúrio é um segmento acústico associado a uma radiação de energia essencialmente nasal. Embora a nasalização tenha outros efeitos além do murmúrio, o murmúrio por si só já é uma boa pista para se começar a investigar as consoantes nasais. (MORAES, 1997).

A distribuição frequencial do murmúrio de uma consoante nasal é comparável ao de uma vogal devido à alta densidade de seus formantes. Pode-se mesmo verificar que o murmúrio é similar à vogal no número de picos espectrais. Porém, em somente um deles, tem-se uma amplitude comparável à amplitude vocálica, no primeiro formante nasal. No murmúrio, existe uma reduzida amplitude dos picos espectrais nas altas frequências, significando que a consoante nasal terá muito menos energia total do que uma vogal. Assim o murmúrio consonantal tem ressonâncias dominantes em muito baixas frequências, acompanhadas de um número de ressonâncias muito mais fracas em altas frequências.

Segundo DELATTRE (1968), as consoantes oclusivas nasais [m] e [n] são percebidas principalmente por dois tipos de características: (a) as transições do segundo e terceiro formantes que refletem os movimentos de abertura ou fechamento bucal; (b) um murmúrio nasal, correspondendo à fixação da oclusão oral enquanto o *velum* abaixado deixa passar o sopro da fonação pelas narinas, servindo para a distinção entre a oclusiva nasal e a oclusiva oral correspondente (/m/-/b/ e /n/-/d/).

DELATTRE apresentou como resultados da caracterização acústica do murmúrio consonantal, um primeiro formante bastante regular em torno de 250 Hz e 300 Hz, mais ou menos a mesma frequência do primeiro formante da vogal [i], porém com uma intensidade bem menor. Ele considera que esse primeiro formante depende de uma cavidade tão grande quanto a da cavidade faríngea do [i], provavelmente a cavidade total atrás da oclusão oral (cavidade faringo-bucal).

Este autor diz que somente este primeiro formante é bem caracterizado no murmúrio. Nos formantes mais altos, tem-se frequências ligeiramente diferentes, que aparentemente deveriam ter um papel distintivo quanto ao ponto de articulação, porém suas muito baixas intensidades tornam este papel negligenciável. Sendo assim seriam as transições as únicas responsáveis pela distinção entre as classes de consoantes nasais: labiais, dentais, etc.

Vários estudos focalizam também o papel da transição de F2 como pista do ponto de articulação de [m] e [n] (KUROWSKI e BLUMSTEIN, 1987; HARRINGTON, 1994). Resultados de recentes pesquisas mostraram, no entanto, que o ponto de articulação é percebido através da integração das propriedades espectrais nas vizinhanças do relaxamento nasal, incorporando o murmúrio e as transições. KUROWSKI e BLUMSTEIN (1987) enfatizam, porém, que o murmúrio isolado fornece mais informações para a percepção do ponto de articulação do que as transições isoladas.

QI e FOX (1992) verificaram que o ponto de articulação das consoantes nasais [m] e [n] seria melhor identificado pelas anti-ressonâncias que são introduzidas no espectro devido ao acoplamento do tubo nasal. Porém também se referem à grande dificuldade associada às análises de anti-ressonâncias, tais como: a ausência de

proeminência do vale espectral e o significativo amortecimento da energia nas altas frequências do espectro nasal. Esses autores sugerem, no entanto, que se faça uma análise cuidadosa das perturbações espectrais inseridas justamente pelas anti-ressonâncias. Essas observações podem trazer resultados mais convenientes e efetivos.

FANT (1960) realizou um estudo de segmentos nasais vocálicos e consonantais através de medidas das dimensões das cavidades nasais e oral. As medidas foram feitas através de chapas de Raio-X de indivíduos, produzindo as consoantes [m] e [n] não palatizadas e [m,] e [n,] palatizadas. Foram incluídas, para os cálculos das ressonâncias e anti-ressonâncias, diferentes medidas da área de acoplamento nasal. Como a cavidade oral pode funcionar como um acesso secundário, seu efeito, desviando a transmissão do som do sistema faringe-nariz, pode causar alterações nas frequências de ressonância e a introdução de anti-ressonâncias.

FANT (1960) encontrou, para uma consoante nasal [n] hipotética, um primeiro formante em 300 Hz (ressonância fundamental produzida pelo sistema nasal atuando como um tubo ressoador), um segundo em 1000 Hz, um terceiro em 2200 Hz e um quarto formante em 2900 Hz. Para uma consoante [m], a ressonância fundamental é mais baixa do que para [n]: 250 Hz.

Concluindo seu estudo, FANT (*op.cit*) mostrou que os sons nasais possuem formantes fixos, dependendo essencialmente do trato nasal e da faringe. Esses formantes ocorrem em torno de 250 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz e 4000 Hz, sendo o mais baixo deles o de nível de intensidade dominante. O formante em 2000 Hz e os mais altos podem sofrer alterações, segundo FANT (*op. cit.*), somente quando a faringe está contraída como nas nasais coarticuladas com vogais posteriores.

FANT (1960) mostrou ainda que a principal anti-ressonância para [n] está localizada em 1800 Hz e, para [m], em frequência mais baixa, 800 Hz. Um segundo anti-formante está situado aproximadamente em 3500 Hz para [m] e em 5600 Hz para [n].

FUJIMURA (1962 *apud* KUROWSKI e BLUMSTEIN, 1993) mostrou a ocorrência de uma região de anti-formantes entre 750 Hz e 1250 Hz para [m], e entre 1450 Hz e 2200 Hz para [n].

SOUSA (1994) elaborou uma pesquisa experimental, depreendendo as peculiaridades dos segmentos nasais vocálicos e consonantais do PB. A autora observou regularidades bastante marcantes na distribuição de frequências das consoantes nasais [m] e [n]: (a) constância dos valores frequenciais de FN1 para todas as consoantes analisadas; (b) pequena variação nas medidas de FN2; (c) regularidade nas medidas de FN3 para as consoantes em separado, porém, entre as classes de consoantes, essa mesma regularidade não se repetiu, levando a se considerar o FN3 como um possível parâmetro para a diferenciação das consoantes nasais entre si. A presença de um FN4 também foi constatada, porém somente para a consoante nasal [m].

SOUSA (*op.cit.*) constatou ainda que os únicos formantes que ocorreram em todas as elocuições foram FN1 e FN3. O segundo e quarto formantes nasais apresentaram inúmeras irregularidades, sendo que o FN1 foi o que menos alterações apresentou 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 apresenta então como principais características das consoantes nasais estudadas:

- a) remarcada proeminência espectral de FN1 e, com menor intensidade, de FN3;
- b) dispersão de energia nas altas frequências (acima de 1000 Hz), devido às anti-ressonâncias, quando do acoplamento do trato nasal;
- c) tendência ao cancelamento de FN2.

A partir destes diferentes estudos, podemos apresentar como propriedades gerais das consoantes nasais [m] e [n]:

- 1) primeiro formante abaixo de 300 Hz;

- 2) alto amortecimento;
- 3) alta densidade de formantes e existência de anti-formantes (estes últimos característicos de todo som nasal).

Como a duração segmental serve freqüentemente como pista primária perceptual na distinção entre, por exemplo, fricativas vozeadas e não-vozeadas; consoantes pós-vocálicas vozeadas e não-vozeadas; padrão tônico *versus* átono e assumindo que cada segmento fonético tem sua própria duração intrínseca ou inerente, avaliaremos também o parâmetro duracional nas consoantes em estudo, verificando as recorrências que podem nos levar a diferenciar essas consoantes quanto ao ponto de articulação.

KLATT (1976) elaborou um estudo, verificando o padrão das durações individuais de segmentos fonéticos como possível evidência de informação sobre o ponto de articulação desses segmentos. Segundo esse autor, pequenas diferenças na duração inerente aos segmentos são observadas como função do ponto de articulação. Por exemplo: consoantes oclusivas bilábias são tipicamente levemente mais longas em duração do que as alveolares e velares.

Para KLATT, o padrão do acento lexical também seria um outro fator fonético responsável pela modificação das durações segmentais, exercendo influência também sobre o padrão duracional consonantal, ou seja, as consoantes pré-tônicas seriam levemente mais longas do que as outras consoantes. A diferença é de aproximadamente 5 a 20 ms, na maior parte dos contextos fonéticos. Em fala conectada, KLATT observou que uma consoante tinha, em média, 70ms.

### 4.3. ANÁLISE ACÚSTICA DOS SEGMENTOS [m] E [n]

#### 4.3.1 Formantes Nasais

Nossa análise formântica do murmúrio das consoantes nasais [m] e [n] do PB, em contexto tônico, sugere que:

- 1) os dois primeiros formantes nasais (FN1 e FN2), para estas duas consoantes, parecem bastante consistentes, com um coeficiente de variação<sup>1</sup> médio de 10%, apresentando, no entanto, para a vogal [i], uma dispersão um pouco maior, de cerca de 20%. FN1 tem valor médio de 260 Hz; tanto para [m] quanto para [n] e FN2, de 812 Hz para [m] e de 1113 Hz para [n];
- 2) aparece um FN3 médio de 1733 Hz para [m], com um coeficiente de variação de 20% e de 2048 Hz para [n], com um coeficiente de variação de 11%;
- 3) existe um FN4 médio de 2395 Hz para [m] e de 2746 Hz para [n];
- 4) ocorre também um FN5 em torno de 3500 Hz para as duas consoantes;
- 5) os dois últimos formantes nasais (FN4 e FN5) apresentaram-se bastante consistentes, pois seu coeficiente de variação, independentemente da vizinhança vocálica, foi inferior a 10%;
- 6) para a consoante alveolar, o FN3 não apareceu nos espectros dos segmentos-alvo de dois dos informantes, mais precisamente diante das vogais [a] e [u]. O mesmo ocorre com a consoante bilabial, no entanto, neste caso, somente diante da vogal [a];
- 7) as amplitudes dos formantes mais altos caem em relação a FN1, há, porém, um comportamento similar de FN4 para as duas consoantes, ou seja, este pico espectral é mais proeminente do que FN3 e FN5 (ver Figura 4.3). O coeficiente de variação desse parâmetro ficou em torno de 18% para essas consoantes, nos diferentes formantes analisados.

---

<sup>1</sup> O coeficiente de variação é um parâmetro estatístico que representa a dispersão dos dados em torno da média e foi apresentado mais detalhadamente no Capítulo 2 da presente pesquisa.

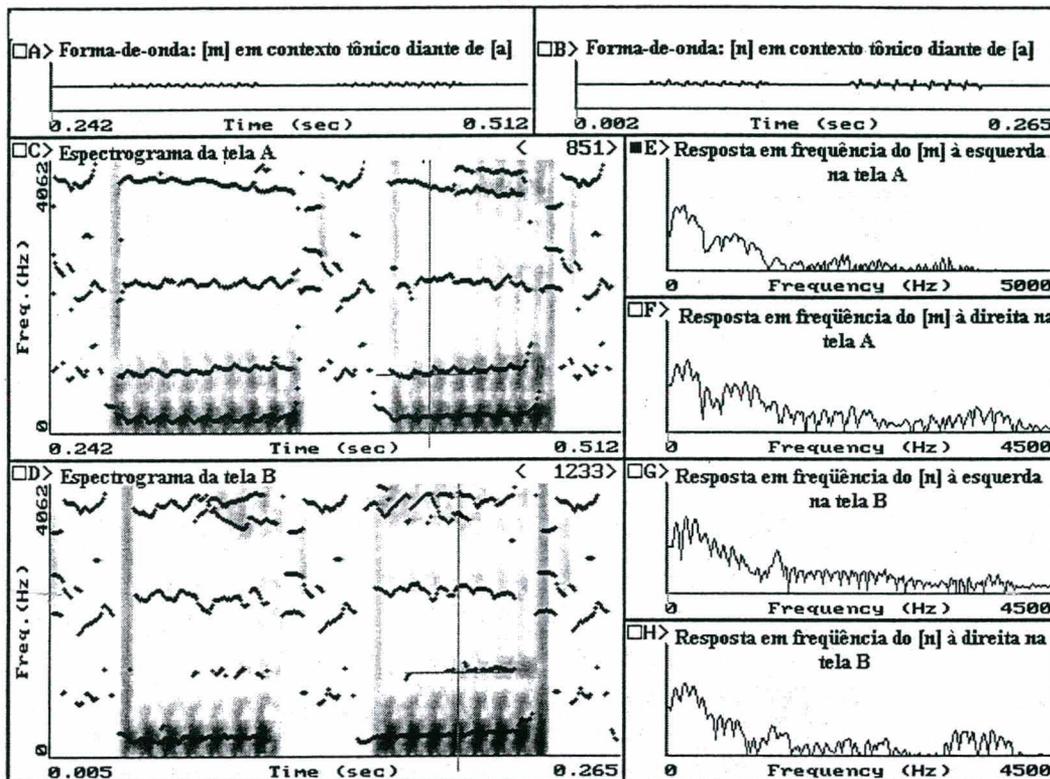
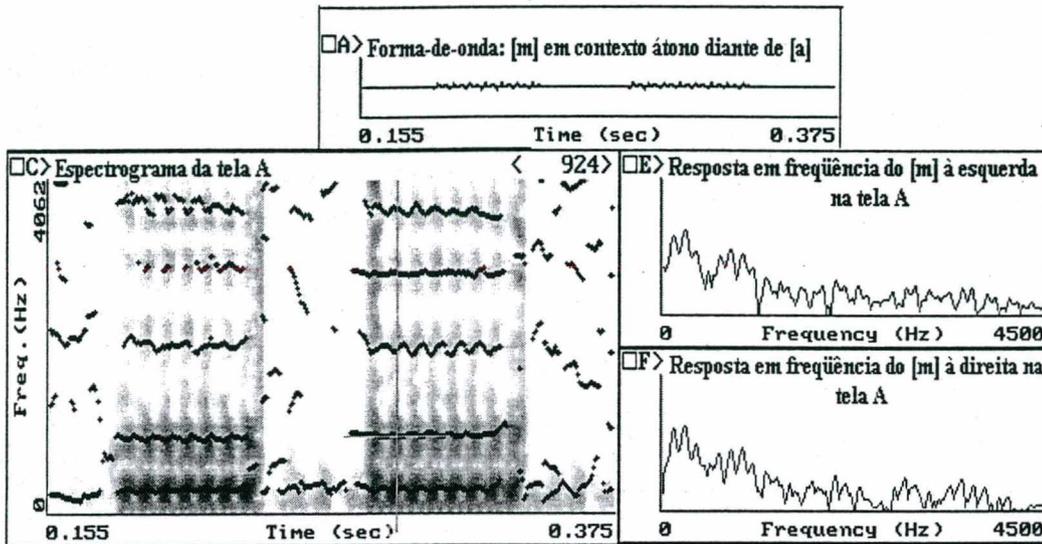


Figura 4.1 - Consoantes nasais [m] e [n] diante de [a] em contexto tônico.

Quanto aos formantes nasais em contexto átono, observamos que:

- 1) FN1, para a consoante nasal bilabial, apresentou um valor médio de 244 Hz, enquanto, para a nasal alveolar, esse valor foi de 262 Hz;
- 2) FN2 e FN3 aparecem em frequências mais baixas do que em contexto tônico no murmúrio consonantal de [m] (com valores médios de 600 Hz (FN2), 1091 Hz (FN3) para [m] contra 918 Hz (FN2), 1927 Hz (FN3) para [n]). No murmúrio de [n], no entanto os formantes surgem sempre em frequências um pouco mais altas do que em contexto tônico. Esses dados mostram uma boa consistência já que seus coeficientes de variação, para a maior parte dos casos, foi inferior a 9%;
- 3) observando as frequências formânticas das consoantes [m n] diante de [u], notamos que os valores médios frequenciais se mantiveram mais baixos para a posição átona em relação à tônica, tanto para a consoante bilabial quanto para a alveolar;

4) obtivemos como valores médios do quarto e quinto formantes nasais: para [m],



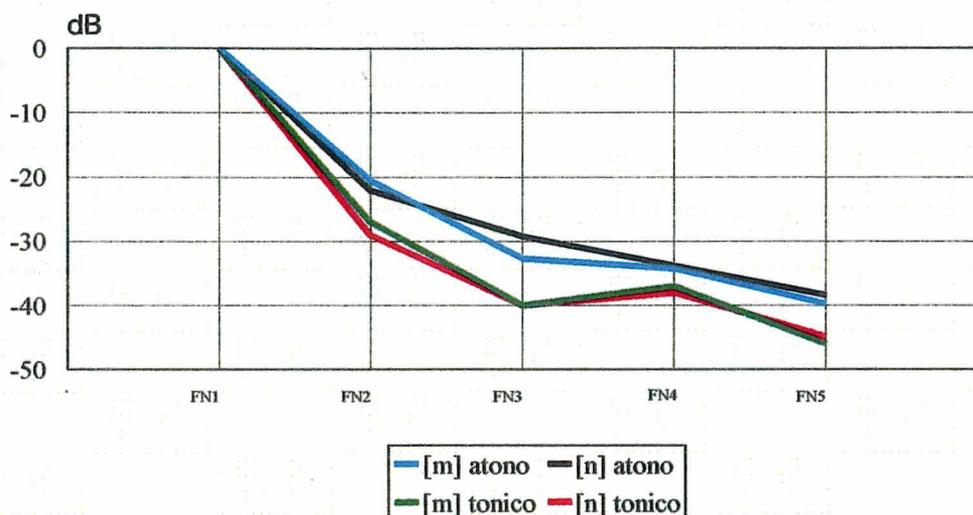
2391 Hz e 3482 Hz e, para [n]: 2645 Hz e 3580 Hz, respectivamente.

**Figura 4.2-** Consoantes nasais [m] diante de [a] em contexto átono.

Todos estes dados parecem bastante consistentes, levando em consideração que o coeficiente de variação ficou próximo de 10%, chegando em torno de 20% somente para: o FN2 da bilabial diante de [a] e [u] e o FN3 da bilabial diante de [u] (ver Tabelas no final do presente capítulo).

### 4.3.2 Amplitude Relativa dos Formantes Nasais

A análise das amplitudes relativas de FN2, FN3, FN4 e FN5 das consoantes nasais [m] e [n] nos diferentes contextos vocálicos mostrou que:



**Figura 4.3.** Amplitude relativa dos formantes nasais das consoantes [m] e [n] em contexto tônico e átono.

- 1) para as vogais [i] e [u], o contexto tônico apresentou maior amortecimento de seus picos espectrais em relação ao contexto átono pré-tônico (ver Tabelas 4.6, 4.8 e 4.14). O coeficiente de variação, nesses casos, ficou entre 10% e 23%, mostrando uma grande dispersão dos dados somente para FN3 da consoante [n] diante de [u], isto é, de 46%;
- 2) para a vogal [a], seguindo a consoante bilabial, porém observamos as maiores diferenças entre os contextos de tonicidade<sup>2</sup>, principalmente para FN2 e FN3 que apresentaram amortecimento em contexto tônico 50% maior do que em contexto pré-tônico (Tabela 4.4);
- 3) somente o FN3 da consoante [m] diante de [i] apresentou um comportamento contrário ao descrito nos itens acima, ou seja, é mais amortecido no contexto átono

<sup>2</sup> O coeficiente de variação nestes contextos ficou entre 14% e 38%.

do que no tônico, 3 dB em média. Este dado parece bastante consistente, pois seu coeficiente de variação foi de 14% para o contexto tônico e de 10% para o átono;

- 4) o segundo formante nasal foi mais amortecido em contexto tônico do que em pré-tônico, porém, como o coeficiente de variação foi bastante alto, chegando mesmo a 87% para os dados da consoante [m] diante da vogal baixa, não podemos considerar este resultado consistente.

### 4.3.3 Largura-de-Banda dos Formantes Nasais

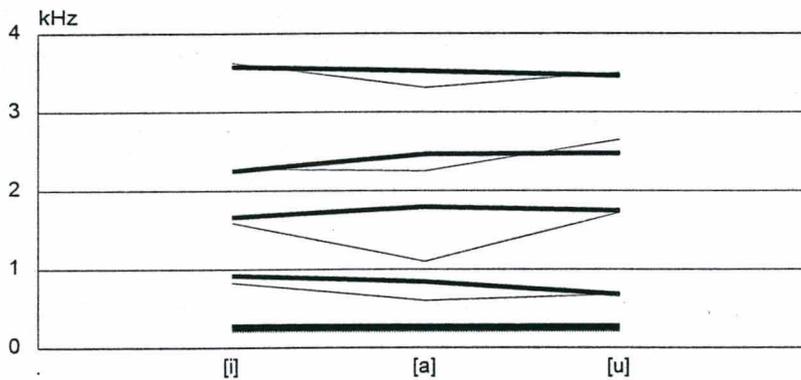
Um outro parâmetro avaliado foi a largura-de-banda dos formantes nasais das consoantes aqui examinadas. Utilizando o software ASL - Analysis Synthesis Laboratory - modelo 4304 da Kay Elemetrics, observamos o comportamento desse parâmetro nos diferentes contextos analisados. Nossos resultados, no entanto, ficaram comprometidos pela alta taxa de dispersão dos dados que ficou em torno de 30% para a maior parte dos casos em contexto tônico.

Sabendo da correspondência entre a largura-de-banda e o amortecimento formântico, ou seja, que o aumento de amortecimento leva a um aumento da largura-de-banda dos formantes, passamos às observações conjuntas desses dois fatores.

Sendo o contexto tônico o de maior amortecimento, esperávamos que, conseqüentemente, houvesse um aumento da largura-de-banda dos formantes nesse contexto. Verificamos que essa relação ocorreu em contexto vocálico [a] em FN2 e nos formantes mais altos, havendo uma grande redução nas larguras-de-banda dos formantes do murmúrio consonantal de [m]. Em contexto [i], essa redução ocorre somente para B2 e B4 no murmúrio de [m]. Nos demais formantes nasais, a largura-de-banda em contexto átono excedeu a do contexto tônico.

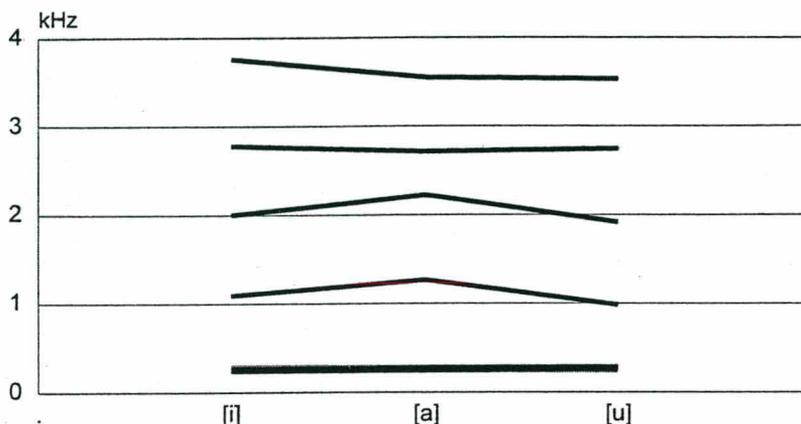
#### 4.3.4 Variação entre Diferentes Contextos Vocálicos

Nossos dados também constataram um forte efeito da vizinhança vocálica sobre os valores freqüenciais dos formantes nasais das consoantes em estudo. Testes estatísticos nos mostraram diferenças significativas em contexto tônico no segundo, terceiro e quarto formantes da consoante bilabial. Para FN2, as diferenças foram significativas entre as três vizinhanças vocálicas. Em contexto vocálico [i], houve elevação de FN2 em relação ao FN2 dessa consoante diante de [a] e houve um abaixamento das freqüências desse formante diante de [u], conforme pode ser observado pela Figura 4.4.



**Figura 4.4** Freqüência dos formantes nasais da consoante bilabial [m] diante de diferentes ambientes vocálicos em contexto tônico (linha cheia) e átono (linha tracejada).

Para a consoante nasal alveolar, o FN2 também se mostrou afetado pelas diferentes vizinhanças vocálicas. Diante da vogal [u], em contexto tônico, esse formante apresentou uma freqüência média mais baixa do que diante de [a] e [i], conforme se esperava, pois o segundo formante da vogal [u] é bem mais baixo do que de [a] e [i] (ver Figura 4.5).



**Figura 4.5** Frequência dos formantes nasais da consoante alveolar [n] seguindo diferentes ambientes vocálicos em contexto tônico.

Ainda em contexto tônico, o terceiro e quarto formantes nasais da consoante bilabial apresentaram diferenças significativas. Nas consoantes alveolares, foram o terceiro e quinto formantes nasais que se apresentaram com diferenças significativamente relevantes.

Em contexto átono, a consoante bilabial apresentou diferenças estatisticamente significativas para todos os formantes nos três contextos vocálicos observados.

#### 4.3.5 Variação Inter-Falantes

Para se verificar quais formantes nasais eram menos afetados pela variabilidade da estrutura anatômica das cavidades nasais inter-falantes, observamos as diferenças significativas dos formantes nasais entre os diferentes falantes. Em contexto tônico, a consoante bilabial apresentou diferenças estatisticamente relevantes para todos os formantes nasais à exceção de FN2. Já a consoante alveolar apresentou diferenças significativas para todos os formantes.

Em contexto átono, a consoante nasal [m] praticamente não apresentou diferenças significativas para FN2 e FN3<sup>3</sup>. Para os demais formantes, as diferenças foram significativas. Assim os formantes nasais que mais consistência apresentaram entre diferentes falantes foram FN2 e FN3, sendo portanto, muito provavelmente os que trariam as maiores pistas para a diferenciação do ponto de articulação entre as nasais labial e alveolar.

#### 4.3.6 Duração dos Segmentos Nasais [m] e [n]

A duração média de [m] em contexto tônico foi significativamente maior de que em contexto átono (94,78ms contra 64,31ms), ocorrendo o mesmo com a duração do murmúrio consonantal de [n] (87,48ms contra 49,64ms). Comparando a duração média das duas consoantes no mesmo contexto de tonicidade, só obtivemos diferenças significativas entre suas durações em contexto átono<sup>4</sup>.

Levando em consideração o contexto vocálico diante do qual se colocava o murmúrio, notamos que esse comportamento se repete, ou seja, a duração média do murmúrio consonantal em sílaba tônica é sempre mais longa do que em sílaba átona, nas diversas vizinhanças vocálicas (ver Tabelas no final do presente capítulo). Ficando as diferenças entre contextos de tonicidade para uma mesma consoante em torno de 25 ms. (ver Figuras 4.6 e 4.7)

O coeficiente de curtose dos contextos átonos e tônicos mostraram curvas de distribuição de frequências diferenciadas. Enquanto no contexto tônico tivemos valores negativos mostrando um achatamento da curva e uma maior dispersão, no contexto átono, os coeficientes foram positivos mostrando uma distribuição em pico, com valores girando em torno da média.

<sup>3</sup> Para esses dois formantes, só houve diferença estatisticamente significativas entre os informantes JF e RS. Para FN5, ocorreram diferenças significativas somente entre os informante JF-RJ; JF-RF e AN-RF.

<sup>4</sup> Para  $p < 0,05$  e  $g/l = 68$ , obtivemos  $t = 6,25$  com um  $t_{\text{critico}} = 1,99$

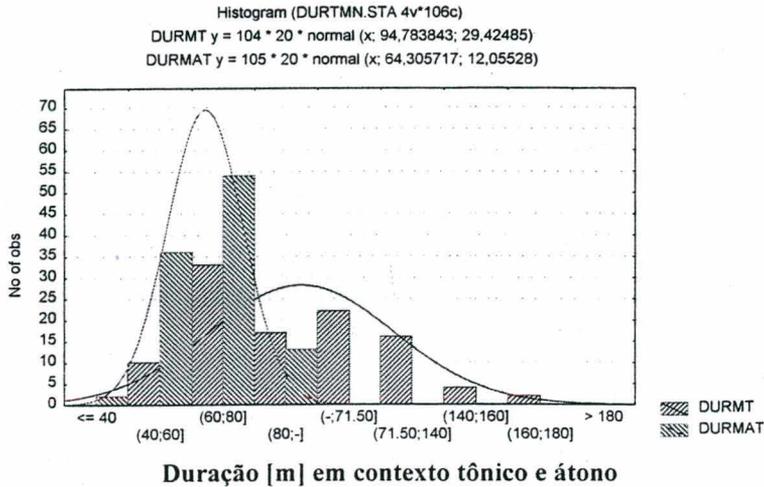


Figura 4.6 - Histograma das durações (em ms) da consoante [m] em contextoônico e átono.

A duração das consoantes bilabiais, em contextoônico, não mostrou diferenças significativas em relação à duração das alveolares. No entanto, suas durações, em contextoátono, convalidam a afirmação de KLATT (1976) de que as bilabiais seriam mais longas do que as alveolares.

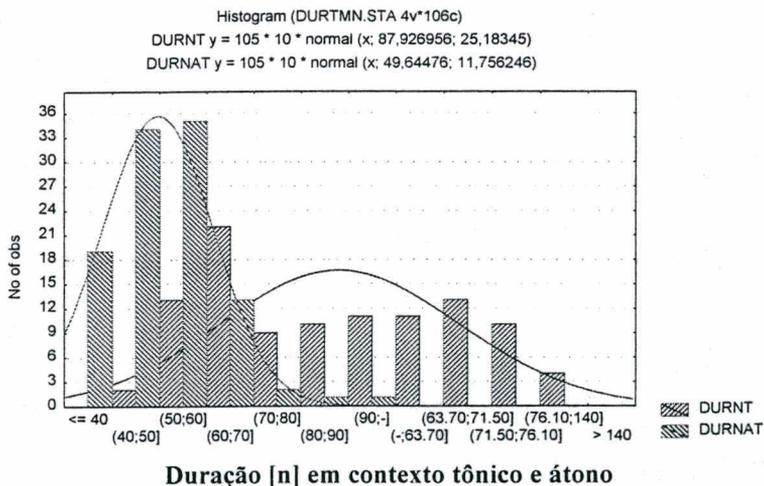


Figura 4.7 - Histograma das durações (em ms) da consoante [n] em contextoônico e átono.

#### 4.4 SÍNTESES E TESTES DE ESCUTA

A partir dos dados apresentados na análise acústica das consoantes nasais [m] e [n], tentamos sintetizar as consoantes bilabial e alveolar. Nossas tentativas obtiveram êxito de duas maneiras:

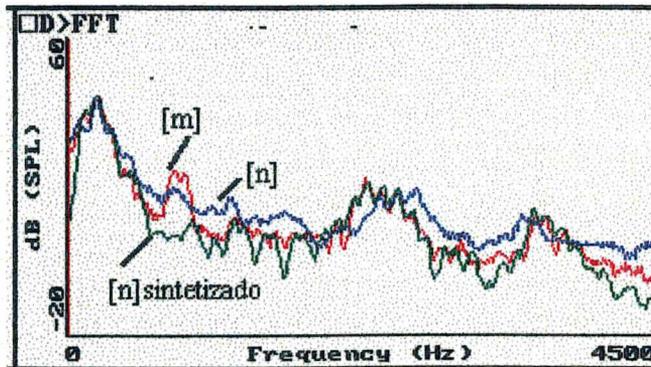
Em contexto tônico:

- 1) sintetizamos um segmento nasal [m] a partir das frequências dos formantes e das suas respectivas larguras-de-banda. Nossa tentativa de sintetizar um segmento nasal [n] a partir desses mesmos parâmetros não obteve sucesso. Acharmos que isto se deve muito provavelmente à correlação entre largura-de-banda e frequência da consoante labial que foi moderada e significativa entre FN3-B3 ( $r=-0,43$ ); FN4-B4 ( $r=0,45$ ) e FN5-B5 ( $r=-0,65$ ), para um  $r_{\text{tabelado}} \geq |0,2050|$ , já que, para a consoante alveolar, houve correlação significativa mas fraca entre FN2-B2 ( $r=0,37$ ) e FN3-B3 ( $r=0,25$ ). Em contexto átono, também não conseguimos sintetizar nenhuma das consoantes a partir de suas frequências de formantes e larguras-de-banda.
- 2) no murmúrio nasal de [n], ocorre uma redução de energia relativamente grande na faixa de frequência entre 700 Hz e 1000 Hz, que não ocorre para [m] (ver Figura 4.8). Desse modo, atenuamos essa faixa de frequência em um segmento nasal [m], através da manipulação direta do seu espectro de fala natural, com uma filtragem tipo rejeita banda com frequências de corte de 700Hz e 1000 Hz (filtro digital FIR<sup>5</sup> obtido usando janela de Hamming<sup>6</sup> de ordem 100). Depois dessa filtragem, verificamos, através da resposta em frequência do segmento sintetizado comparado ao de fala natural (Figura 4.8), que a atenuação dessa faixa de frequência leva à percepção da consoante nasal [n]. Assim o amortecimento da energia na faixa entre 700 Hz e 1000 Hz parece ser uma das pistas na diferenciação do ponto de articulação entre a consoante nasal alveolar e a bilabial.

---

<sup>5</sup> FIR - Finite Impulse Response.

<sup>6</sup> É um tipo de janela que concentra 99,26% da energia espectral no lóbulo principal de sua transformada de Fourier e o restante nos lóbulos laterais. Desta forma, a influência de uma frequência na outra deverá ser mínima.



**Figura 4.8** Síntese de [n] pela manipulação direta do murmúrio consonantal de [m] através de uma filtragem tipo rejeita banda com frequências de corte de 700 e 1100 Hz (filtro digital FIR obtido usando janela Hamming com ordem 100: espectro de curto termo).

Nos testes informais de escuta, adicionamos às consoantes uma vogal sem nenhum indício de transição. Dessa forma, pudemos ver com clareza as pistas dadas somente pelo murmúrio. Esses testes confirmaram que o murmúrio contém informação sobre o ponto de articulação, sendo possível diferenciar a consoante labial da alveolar, e vice-versa, apenas pelas informações nele contidas.

Notamos todavia que as transições em conjunto com o murmúrio trazem muito mais pistas para a diferenciação dessas consoantes, uma vez que ao adicionarmos uma vogal com a transição, diferenciamos com muito mais definição o ponto de articulação. As informações contidas nas transições todavia se sobrepõem àquelas do murmúrio, já que, quando a vogal inserida tinha a transição do outro ponto de articulação, essa informação se evidenciava àquela trazida pelo murmúrio. Melhor dizendo, quando se sintetizava um murmúrio de [n] e se adicionava uma vogal com a transição de [m], percebíamos a consoante bilabial, não mais a alveolar. Nos testes, no entanto, não obtivemos nenhum julgamento equivocado da consoante sintetizada, quando a vogal adicionada não apresentava transições para um ponto consonantal.

## 4.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

DELATTRE (1968) constatou a equivalência em frequência do primeiro formante vocálico de [i] e o primeiro formante nasal do murmúrio consonantal, porém com uma menor intensidade. Nossos dados também mostraram uma equivalência entre esses dois formantes em contexto tônico (em torno de 260 Hz) com uma diferença média de 6 dB entre a amplitude média do primeiro formante da vogal [i] e o primeiro formante nasal do murmúrio consonantal.

Os achados de FANT (1960), quanto à diferença entre os FN1 de [m] e [n], isto é, de ser mais baixo em [m] do que em [n], em parte não se confirmou. Em contexto átono, houve diferença significativa entre seus valores médios<sup>7</sup>. (250 Hz e 262 Hz, respectivamente), porém, a frequência média foi praticamente a mesma (261 Hz e 259 Hz, respectivamente) em contexto tônico. Observamos alterações significativas também nos formantes mais altos em contexto tônico e entre diferentes contextos vocálicos.

SOUSA (1994) havia observado que devido à regularidade de FN3 entre as duas consoantes, [m, n], em separado e à sua falta de regularidade entre as duas classes de consoantes talvez se pudesse considerar esse parâmetro como uma possível pista na diferenciação dessas consoantes. No entanto, nossos dados mostraram que apesar de FN3 não ter regularidade e variar entre seus valores médios, suas respectivas amplitudes relativas se assemelham, enquanto, em FN2, observamos não só uma diferença em frequência mas também em intensidade (cf. Figura 4.3).

SOUSA (*op. cit.*) constatou a presença bastante regular de FN1 e FN3, sendo, FN3 mais saliente no espectro do que FN2 e FN4 (formantes que apresentaram inúmeras irregularidades). Nossos dados mostraram-se mais regulares em FN1 e FN2. As irregularidades surgem a partir de FN3 em contexto tônico. Em contexto átono, FN2 também passa a apresentar certa irregularidade. Quando FN2 não pode ser observado no espectro, FN3 apresenta-se com mais regularidade, ou melhor, quando FN2 desaparece, FN3 tem presença constante.

---

<sup>7</sup> Para  $p > 0,05$ , obtivemos um valor de  $t = 2,03$  com  $gl = 68$  e  $t_{\text{crítico}} = 1,99$

Conseguimos extrair das elocuições analisadas para essas consoantes cinco formantes nasais, SOUSA (*op. cit.*), no entanto, apresentou apenas quatro. Nossas diferenças aparecem nos formantes mais altos, já que encontramos, em contexto tônico, um formante em torno de 2400 Hz para [m] que não foi observado nos espectros analisados por SOUSA (*op. cit.*), aparecendo em 67 de 105 dados analisados. O formante em torno de 3500 Hz (também constatado por SOUSA) aparece em 50% dos nossos dados. Podemos dizer assim que o terceiro formante nasal em SOUSA corresponderia ao nosso quarto formante.

Para a consoante alveolar, foi o formante em torno de 2000 Hz que não pôde ser extraído dos espectros analisados por SOUSA, aparecendo em 81 das 105 elocuições analisadas. Já o formante em torno de 2700 Hz (F4) (também encontrado em SOUSA (*op. cit.*)) foi observado em 93 das 105 elocuições analisadas. Nosso último formante (FN5) aparece com bastante escassez, ou seja, em apenas 20 das 105 elocuições em análise.

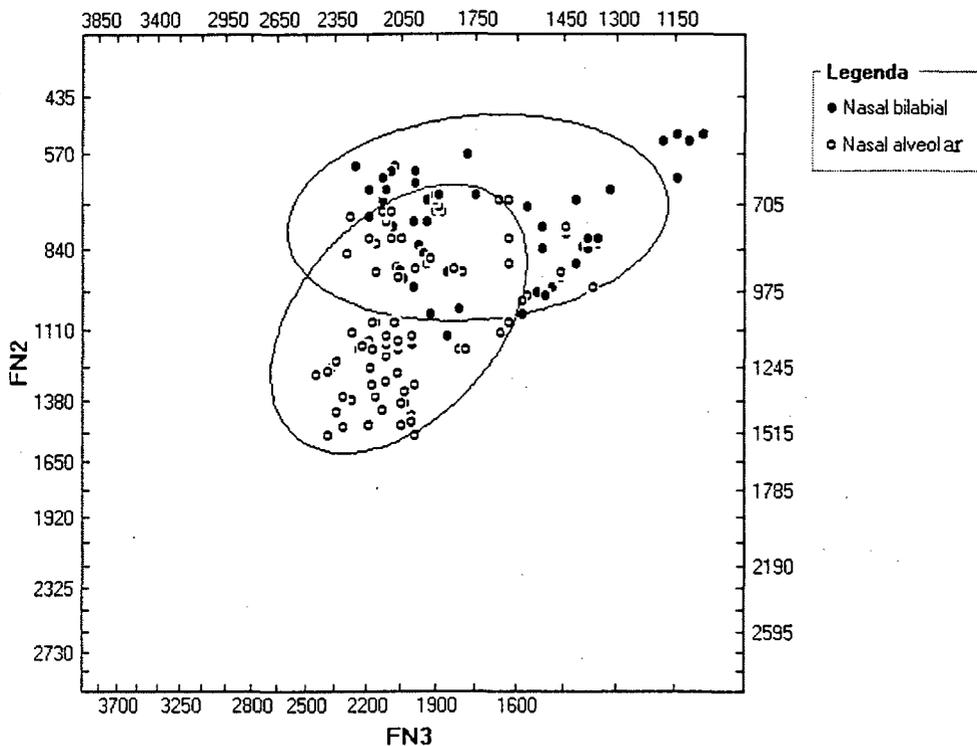
Quanto à amplitude relativa entre os formantes, notamos o mesmo comportamento observado por SOUSA, já que, em nossos dados, FN4 é mais saliente do que FN3 e FN5. Este formante corresponde ao FN3 em SOUSA (*op. cit.*), que é mais saliente do que FN2 e FN4.

Uma grande diferença entre nossas análises e as de SOUSA (*op. cit.*) é com relação ao segundo formante nasal da consoante labial. Enquanto SOUSA (*op. cit.*) apresenta esse formante na região de 1200 Hz, tendo, para ela, a mesma frequência do segundo formante da consoante alveolar. Nossos dados e síntese mostraram que é justamente nesta região de frequências que se encontram as maiores diferenças entre essas duas consoantes, fato já observado por KUROWSKI e BLUMSTEIN (1984 e 1987), dentre outros.

#### 4.6 CONSIDERAÇÕES ACERCA DE [m] E [n]

Analisamos mais detidamente os formantes nasais que mais informações pareciam trazer sobre pistas para a diferenciação das consoantes nasais bilabiais e alveolares, ou seja, FN2 e FN3.

Assim plotamos esses dois formantes (em escala MEL), referentes às nasais labiais e alveolares, nos dois contextos de tonicidade estudados, inserindo apenas os dados referentes às realizações que apresentavam conjuntamente esses dois formantes em seus espectros.



**Figura 4.9** Espaço acústico em escala MEL do segundo e terceiro formantes nasais de [m] e [n] em contexto tônico.

As elipses apresentadas nas Figuras 4.9 e 4.10 sugerem que parece haver uma tendência da nasal bilabial apresentar valores freqüenciais mais baixos para FN2 e FN3 do que a nasal alveolar, embora exista alguma sobreposição entre essas duas categorias de nasais. Esse fato parece mais evidente em contexto tônico do que no

átono, conforme se pode ver pela quantidade de sobreposição apresentada nos gráficos dessas figuras.

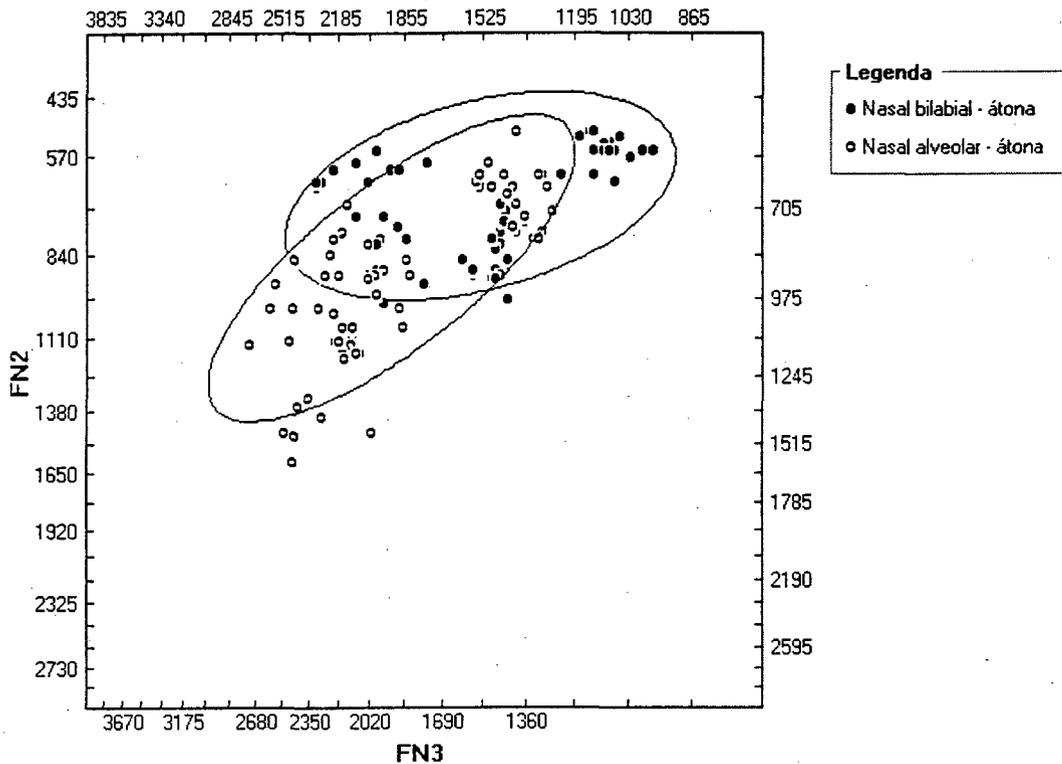


Figura 4.10 Espaço acústico em escala MEL do segundo e terceiro formantes nasais de [m] e [n] em contexto átono.

#### 4.7 CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DA CONSOANTE NASAL [ɲ]

A consoante nasal [ɲ] apresentou-se bastante irregularmente, comportando-se acusticamente, em muito dos dados, como uma vogal [i], fortemente nasalizada. Isto também foi detectado por SOUSA (1994) em sua análise dessa consoante. Desse modo, os dados apresentados nas Tabelas 4.1 e 4.2 são aqueles que puderam ser extraídos sem deixar dúvidas sobre sua realização, ao menos auditivamente, como uma consoante nasal [ɲ].

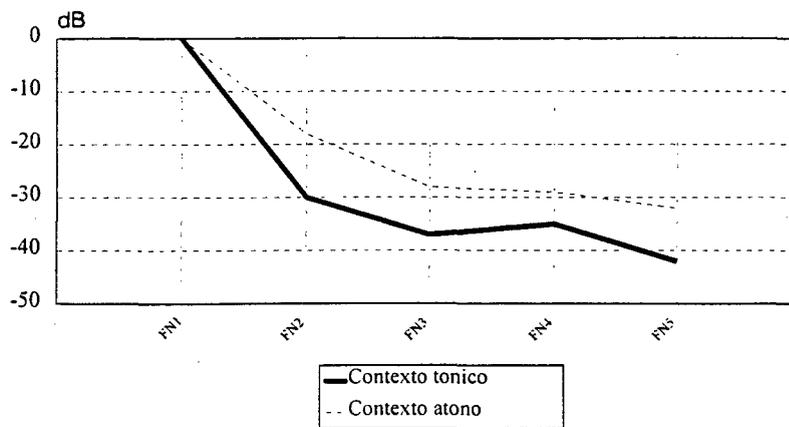
Esta consoante apresentou uma frequência média para FN1 de 252 Hz, próxima à verificada para as outras duas consoantes anteriormente examinadas, não

apresentando portanto diferenças significativas entre as médias desse formante nas diferentes consoantes estudadas. Entre os dois contextos de tonicidade, houve diferenças relevantes somente para FN1 ( $p=0,0068$ ).

**Tabela 4.1**  
Frequência média dos formantes nasais da consoante [ɲ] [Hz]

Contexto tônico						
	Nº Dados	Média	Mediana	Variância	Desvio-Padrão	Coef. Variação
<b>F0</b>	70	140,11	125,00	939,4	30,65	21,87%
<b>FN1</b>	70	252,37	248,00	1217,9	34,90	13,83%
<b>FN2</b>	67	1014,43	977,00	60883,6	246,75	24,32%
<b>FN3</b>	54	2182,28	2288,50	97205,7	311,78	14,29%
<b>FN4</b>	47	2762,87	2544,00	207106,6	455,09	16,47%
<b>FN5</b>	67	3600,57	3553,00	56152,9	236,97	6,58%
<b>Dur</b>	70	77,18	76,65	263,2	16,22	21,01%
Contexto átono						
<b>F0</b>	70	149,91	137,00	1034,1	32,16	21,45%
<b>FN1</b>	70	268,31	263,00	1140,4	33,77	12,59%
<b>FN2</b>	58	1025,81	954,00	75306,3	274,42	26,75%
<b>FN3</b>	59	2248,90	2312,00	103354,0	321,49	14,29%
<b>FN4</b>	54	2836,85	2676,00	211106,7	459,46	16,20%
<b>FN5</b>	55	3541,29	3527,00	58490,9	241,85	6,83%
<b>Dur</b>	42	68,61	66,90	431,7	20,78	30,29%

Analisando comparativamente os formantes mais altos das consoantes nasais aqui examinadas, verificamos que, em contexto tônico, [ɲ] apresenta valores médios frequenciais muito próximos de [n]. Em contexto átono, [ɲ] se diferencia de [m n], principalmente em função de FN3 e FN4. Os dados apresentados por SOUSA (1994) mostram FN1 e FN5 bastante mais baixos do que os extraídos em nossa pesquisa. Enquanto SOUSA coletou quatro formantes nasais e, em alguns casos, apenas três, conseguimos extrair de nossos dados cinco formantes nasais. FN4 em torno de 2700 Hz não foi encontrado por SOUSA, justamente o formante que mais intensidade relativa apresentou quanto aos formantes vizinhos (ver Figura 4.11), principalmente em contexto tônico.



**Figura 4.11** Amplitude relativa dos formantes nasais da consoante nasal [ɲ] em contexto tônico e átono.

Quanto à duração da consoante nasal [ɲ], em contexto tônico, ela se mostrou a de menor duração (ver Tabela 4.1). Ficando em ordem decrescente de duração [m] > [n] > [ɲ], confirmando os dados apresentados por KLATT (1976).

**Tabela 4.2**

Amplitude relativa média dos formantes nasais da consoante velar [ɲ] [Hz]

	Contexto tônico					
	Nº Dados	Média	Mediana	Variância	Desvio-Padrão	Coef. Variação
A1	70	56,64	57,37	22,87	4,78	8,44%
A2	67	-30,19	-32,44	59,75	7,73	25,60%
A3	50	-36,68	-36,72	31,08	5,58	15,21%
A4	60	-34,61	-33,61	94,55	9,72	28,08%
A5	66	-42,08	-43,34	101,43	10,07	23,93%
	Contexto átono					
A1	70	50,17	54,45	209,54	14,47	28,84%
A2	57	-17,63	-25,04	725,81	26,94	-
A3	57	-28,47	-26,39	59,51	7,71	27,08%
A4	52	-28,70	-27,24	88,46	9,41	32,79%
A5	54	-32,17	-34,22	88,26	9,39	29,19%
A6	7	-37,63	-37,48	30,32	5,51	14,64%

Em contexto átono, a nasal [ɲ] é a de maior duração. No entanto, devido à grande dispersão dos dados (superior a 30%), não podemos tirar conclusões acerca da duração nesse contexto.

O coeficiente de variação para os demais formantes nasais ficou em torno de 15%, apresentando, contudo, uma dispersão acima de 20% para FN2. O formante que menos variação apresentou foi FN5.

#### 4.7 TABELAS REFERENTES ÀS CONSOANTES NASAIS [m] e [n]

**Tabela 4.3**

Frequência fundamental e dos formantes nasais de [m] diante de [a] com suas respectivas larguras-de-banda.[Hz]

<b>Contextos tônico e átono</b>											
Estatísticas	F0	FN1	B1	FN2	B2	FN3	B3	FN4	B4	FN5	B5
Média	126,97	261,06	44	840,09	119	1789,86	277	2463,20	303	3526,69	252
	135,94	243,97	81	600,13	99	1091,88	162	2252,00	231	3311,43	185
Desvio-Padrão	15,67	24,49	10,33	81,05	45,29	329,85	39,74	232,56	45,63	244,84	79,42
	22,79	35,43	56,28	109,68	55,54	105,06	72,78	199,25	83,26	128,17	-
Variância	245,60	599,90	106,8	6568,7	2051	108800	1579	54086,2	2082	59948	6307
	519,35	1255,38	3168	12031	3085	11037,6	5297	39701,5	6932	16427,4	-
Coeficiente de Variação	12,3%	9,38%	23,5%	9,65%	35,5%	18,4%	14,3%	9,44%	15%	6,94%	31,5%
	16,76%	14,52%	69,5%	18,28%	56,1%	9,62%	44,9%	8,85%	36%	3,87%	-

**Tabela 4.4**

Amplitude relativa dos formantes nasais de [m] diante de [a] [dB] e duração do segmento-alvo [ms]

<b>Contextos tônico e átono</b>						
Estatísticas	AFN1	AFN2	AFN3	AFN4	AFN5	Duração
Média	(54,99)	-21,16	-39,66	-36,49	-42,80	91,84
	(54,87)	-10,26	-18,04	-32,47	-33,99	62,95
Desvio-Padrão		4,72	5,83	5,76	6,36	29,75
		8,92	6,95	6,62	8,72	12,08
Variância		22,32	34,02	33,14	40,42	885,30
		79,58	48,25	43,83	76,11	146,02
Coeficiente de Variação		22,30%	14,70%	15,78%	14,86%	32,39%
		86,94%	38,52%	20,39%	25,65%	19,19%

**Tabela 4.5**  
 Frequência fundamental e dos formantes nasais de [m] diante de [i] com suas respectivas larguras-de-banda. [Hz]

<b>Contextos tônico e átono</b>											
Estatísticas	F0	FN1	B1	FN2	B2	FN3	B3	FN4	B4	FN5	B5
Média	123,20	257,97	33	918,75	318	1661,41	162	2245,77	388	3578,82	313
	144,00	252,14	54	821,57	66	11585,14	329	2274,77	189	3630,50	375
Desvio-Padrão	10,44	22,53	8,33	160,85	52,29	273,88	70,63	121,62	47,82	273,66	118,53
	24,26	33,85	36,45	117,55	7,15	169,92	40,07	179,52	53,19	241,08	83,13
Variância	109,05	507,50	69,39	25873,8	2733,80	75010	71,17	14791,8	2287,14	74892,5	14050,7
	588,65	1145,89	1528,78	13818,4	51,17	28872,9	1605,48	32228,5	3993,53	58121,4	6910,87
Coef. Variação	8,47%	8,73%	27,77%	17,51%	16,44%	16,48%	43,60%	5,41%	12,32%	7,65%	37,87%
	17,33%	13,42%	67,50%	14,31%	10,83%	10,72%	12,18%	7,89%	28,14%	6,64%	22,17%

**Tabela 4.6**  
 Amplitude relativa dos formantes nasais de [m] diante de [i] [dB] e duração do segmento-alvo [ms].

<b>Contextos tônico e átono</b>						
Estatísticas	AFN1	AFN2	AFN3	AFN4	AFN5	Duração
Média	(53,14)	-36,18	-38,92	-36,40	-47,44	95,48
	(56,52)	-31,72	-41,03	-34,21	-41,21	63,50
Desvio-Padrão		6,23	5,38	8,63	7,63	29,73
		7,98	4,17	6,04	8,04	10,83
Variância		38,88	28,97	74,49	58,25	884,18
		63,70	17,41	36,54	64,57	117,27
Coeficiente de Variação		17,22%	13,82%	23,71%	16,08%	31,14%
		25,16%	10,16%	17,66%	19,51%	17,05%

**Tabela 4.7**  
 Frequência fundamental e dos formantes nasais de [m] diante de [u] com suas respectivas larguras-de-banda. [Hz]

<b>Contextos tônico e átono</b>											
Estatísticas	F0	FN1	B1	FN2	B2	FN3	B3	FN4	B4	FN5	B5
Média	130,43	261,89	60	677,81	302	1746,89	274	2477,33	309	3461,28	303
	144,71	253,48	52	675,69	324	1723,21	279	2646,23	130	3504,48	-
Desvio-Padrão	12,65	30,87	20,43	96,63	112,66	402,90	115,47	146,50	91,09	307,80	90,06
	33,39	29,78	17,04	119,61	53,19	412,24	38,93	140,08	63,95	243,23	-
Variância	160,10	953,20	417,46	9337,60	12692,4	162332	13333,1	21462,1	8296,85	94742,3	8111,61
	1114,80	887,10	290,24	14307,8	2829,45	169942	1515,45	19622,5	4089,23	59158,8	-
Coef. Variação	9,70%	11,79%	34,05%	14,26%	37,31%	23,06%	42,14%	5,91%	29,48%	8,89%	29,72%
	23,07%	11,75%	32,77%	17,70%	16,37%	23,92%	13,95%	5,29%	49,19%	6,94%	-

**Tabela 4.8**

Amplitude relativa dos formantes nasais de [m] diante de [u] [dB] e duração do segmento-alvo [ms].

<b>Contextos tônico e átono</b>						
Estatísticas	AFN1	AFN2	AFN3	AFN4	AFN5	Duração
Média	(54,56)	-22,81	-42,41	-38,65	-48,02	97,09
	(56,93)	-19,32	-38,89	-36,14	-44,01	66,48
Desvio-Padrão		5,07	5,26	6,72	6,11	29,40
		8,80	7,86	7,04	8,70	13,18
Variância		25,68	27,71	45,20	37,37	864,20
		77,52	61,80	49,56	75,63	173,80
Coeficiente de Variação		22,23%	12,40%	17,39%	12,72%	30,28%
		45,55%	20,21%	19,48%	19,77%	19,82%

**Tabela 4.9**

Frequência fundamental e dos formantes nasais de [n] diante de [a] com suas respectivas larguras-de-banda. [Hz]

<b>Contexto tônico</b>											
Estatísticas	F0	FN1	B1	FN2	B2	FN3	B3	FN4	B4	FN5	B5
Média	123,83	259,51	58	1265,03	295	2226,94	362	2711,70	349	3552,74	310
<b>DP</b>	14,92	23,97	30,86	133,02	111,01	144,49	100,2	132,79	73,92	130,98	92,60
Variância	222,66	574,79	952,1	17693,4	12324,2	20878,0	10048,1	17632,5	5464,16	17157,0	8574,60
<b>CV</b>	11,47%	9,24%	53,21%	10,51%	37,63%	6,49%	27,69%	4,90%	21,18%	3,69%	29,87%

**Tabela 4.10**

Amplitude relativa dos formantes nasais de [n] diante de [a] [dB] e duração do segmento-alvo [ms].

<b>Contexto tônico</b>						
Estatísticas	AFN1	AFN2	AFN3	AFN4	AFN5	Duração
Média	(54,40)	-26,43	-37,51	-37,73	-48,13	71,50
Desvio-Padrão		8,01	4,74	6,07	7,58	28,79
Variância		64,15	22,49	36,88	57,53	828,69
Coef. Variação		30,31%	12,64%	16,09%	15,75%	40,27%

Tabela 4.11

Frequência fundamental e dos formantes nasais de [n] diante de [i] com suas respectivas larguras-de-banda. [Hz]

<b>Contexto tônico</b>											
Estatísticas	F0	FN1	B1	FN2	B2	FN3	B3	FN4	B4	FN5	B5
Média	133,86	247,26	67	1094,03	281	2003,71	277	2782,44	241	3759,42	390
DP	25,66	36,94	22,38	252,69	79,23	219,90	55,78	155,32	77,35	139,29	48,85
Variância	658,42	1364,73	500,86	63854,1	6277,65	48355,8	3111,65	24125,3	5983,86	19402,3	2386,33
CV	19,17%	14,94%	33,40	23,10%	28,20%	10,97%	20,14%	5,58%	32,09%	3,70%	12,53%

Tabela 4.12

Amplitude relativa dos formantes nasais de [n] diante de [i] [dB] e duração do segmento-alvo [ms].

<b>Contexto tônico</b>						
Estatísticas	AFN1	AFN2	AFN3	AFN4	AFN5	Duração
Média	(54,47)	-31,08	-39,45	-40,84	-40,81	67,86
Desvio-Padrão		9,71	6,68	6,79	6,83	14,71
Variância		94,23	44,59	46,08	46,60	216,37
Coef. Variação		31,24%	16,93%	16,62%	16,74%	21,68%

Tabela 4.13

Frequência fundamental e dos formantes nasais de [n] diante de [u] com suas respectivas larguras-de-banda. [Hz]

<b>Contextos tônico e átono</b>											
Estatísticas	F0	FN1	B1	FN2	B2	FN3	B3	FN4	B4	FN5	B5
Média	131,80	273,37	57	980,82	81	1912,70	223	2745,15	144	3529,50	-
	149,23	258,71	28	1047,17	218	2204,72	261	2819,65	57	3517,72	-
Desvio-Padrão	14,22	21,99	12,50	141,09	25,87	301,40	21,42	335,62	46,63	277,46	-
	40,60	32,21	4,44	93,15	54,58	217,55	42,07	247,15	20,50	268,99	-
Variância	202,20	483,70	156,36	19906,3	669,46	90841,2	458,69	112643	2174,14	76984,6	-
	1648,71	1037,45	19,68	8676,56	2979,07	47326,6	1769,88	61084,2	420,44	72355,1	-
Coeficiente de Variação	10,79%	8,04%	21,93	14,38%	31,94%	15,76%	9,60%	12,23%	32,38%	7,86%	-
	27,21%	12,45%	15,86%	8,89%	25,04%	9,87%	16,12%	8,76%	35,96%	7,65%	-

Tabela 4.14

Amplitude relativa dos formantes nasais de [n] diante de [u] [dB] e duração do segmento-alvo [ms]

<b>Contextos tônico e átono</b>						
Estatísticas	AFN1	AFN2	AFN3	AFN4	AFN5	Duração
Média	(52,64)	-29,52	-43,10	-36,51	-45,68	78,49
	(57,81)	-24,56	-35,75	-35,76	-41,75	54,43
Desvio-Padrão		6,47	5,18	6,86	5,43	15,00
		4,21	16,58	5,19	5,74	12,71
Variância		41,87	26,85	47,11	29,51	225,00
		17,69	274,92	26,97	32,93	161,49
Coeficiente de Variação		21,92%	12,02%	18,79%	11,89%	19,11%
		17,14%	46,38%	12,43%	13,75%	23,35%

---

*Capítulo*

**5**

---

*ANÁLISE PERCEPTUAL DA  
NASALIDADE DAS VOGAIS*

**5.1. INTRODUÇÃO**

Na percepção de vogais, tanto propriedades intrínsecas de segmento (padrões de formantes, intensidade) quanto aspectos extrínsecos aos segmentos (efeito de contexto precedente, contexto de tonicidade) podem ser levados em conta durante o processamento. O ouvinte, além de informações físicas codificadas no sinal acústico, possui um conhecimento mais detalhado da língua (nível fonológico, lexical, etc.) que é acionado em conjunto com o *input* sensorial para que possa desenvolver uma representação eficiente da mensagem (FIGUEIREDO, p.35). O mecanismo perceptual parece então predisposto a integrar vários tipos de pistas, sejam fatores absolutos ou relacionais.

FIGUEIREDO (1990) mostrou que testes perceptuais, baseados em classificação automática via formantes, utilizando apenas os três primeiros formantes de

vogais nasais não foram suficientes para identificar o traço nasalidade dessas vogais e mesmo para identificar algumas vogais orais. Isso mostra que uma simples especificação em termos de formantes é inadequada, devendo envolver outros parâmetros, como por exemplo, a amplitude relativa dos formantes. Se observarmos os valores das frequências normalizadas, veremos que em alguns casos é bastante difícil a identificação da vogal apenas por esses três formantes devido à grande aproximação de razões entre si (ver Capítulo 3).

O objetivo deste capítulo não é apresentar uma análise perceptual exaustiva das vogais nasais, mas é de apenas apontar algumas direções que podem ser tomadas no momento em que se busca analisar perceptualmente as vogais nasais do PB.

## 5.2 VOGAIS NASAIS *versus* ORAIS

HAWKINS e STEVENS (1985) realizaram experimentos perceptuais com falantes nativos de Gujarati (indianos) que possuíam em seu inventário fonético as vogais nasais [ɪ̃, ẽ̃, õ̃, ũ̃] e para ouvintes americanos. A estratégia era gerar um certo número de possíveis versões de cada uma dessas vogais nasais pela manipulação do primeiro formante (F1), pólos (FNP) e zeros (FNZ) adicionais e questionar os ouvintes sobre o grau de aceitabilidade destes estímulos como vogais nasais. Cuidados foram tomados com relação a fatores que poderiam afetar a identificação dos estímulos como, por exemplo, o efeito do contexto imediato. Por exemplo, uma vogal de nasalidade moderada pode ser classificada como não-nasal quando é imediatamente precedida de uma vogal fortemente nasalizada, porém, classificada como nasal, quando imediatamente precedida de uma vogal fortemente não-nasal. A identificação de vogais anteriores foi mais susceptível ao estímulo imediatamente anterior do que as vogais posteriores.

BRITO (1975) apresenta um estudo perceptual das vogais nasais, tentando resolver a controvérsia sobre o *status* lingüístico das vogais nasais do PB. Independentemente da posição seguida, dois argumentos são bastante consistentes sobre

o conteúdo de vogais nasais:

- 1) quando a vogal nasal está em final de palavra ou é seguida por uma consoante [+contínua] não ocorre nenhum traço da consoante nasal depois da vogal;
- 2) quando a vogal nasal é seguida por uma consoante [-contínua], existe um curto segmento nasal entre a vogal e a consoante seguinte, homorgânico à consoante.

BRITO (1975)<sup>1</sup> elaborou testes perceptuais tentando verificar como os falantes nativos do PB percebiam as chamadas vogais nasais, ou seja, se as vogais nasais são percebidas com ou sem segmentos nasais entre a vogal e a consoante seguinte.

Seus resultados mostraram que as vogais nasalizadas em final de palavra, isto é, vogais nasalizadas por um segmento nasal seguinte, foram geralmente julgadas orais (79%). Já as vogais nasais, aquelas sem um segmento nasal seguindo-as foram julgadas como nasais em 52% das ocorrências. Tiveram, porém, 100% de julgamentos nasais os itens com a vogal [+baixa] ou as palavras que apresentaram um *til* ortográfico.

Quando os falantes leram a primeira sílaba de pseudo-palavras produziram vogais nasais não seguidas por qualquer segmento consonantal como em fũto [ṽ], ãpo [ṽ], com um alto grau de consistência (80-90%). Apenas 17% de locuções foram percebidas como tendo algum segmento consonantal nasal. Isto ocorreu invariavelmente com vogais anteriores e com uma obstruinte vozeada iniciando a sílaba seguinte. Quando os falantes leram sentenças, consideraram o segmento nasal em final de palavra como vogal nasal [ṽ], em vogais acentuadas [+baixa], como em: maçã cozida e rã frita, mas produziram uma vogal nasal seguida de um segmento consonantal nasal [vn] quando a vogal era [-baixa], seguida por uma consoante [-contínua]. Esses dados parecem evidenciar, de certa forma, a tendência de produção das vogais [-baixa] apenas com a fase oral + murmúrio, como ocorreu com as vogais [ẽ] e [ĩ]. Também,

---

<sup>1</sup> Esse autor cita também o caso de vogais nasalizadas (vogais que precedem uma consoante nasal na sílaba seguinte) nas quais há neutralização do contraste oral/nasal. No PB, essa nasalização é mais perceptível em vogais acentuadas e principalmente em vogais baixas.

segundo CAGLIARI (1977), a nasalidade deve ser estudada sobretudo em função de suas características perceptuais.

### 5.3 TESTES PERCEPTUAIS

Para verificarmos melhor as alterações causadas pela nasalização de vogais, aplicamos alguns dos efeitos percebidos que nos pareceram possíveis de sintetizar (havia limitações técnicas para a realização de sínteses mais elaboradas) sobre os segmentos de fala, manipulando seus espectros através de filtragem ou cortes de partes desses segmentos. Esses segmentos sintetizados foram reunidos em conjuntos dependendo da vogal ao qual se referia. E, depois de reunidos, foram ouvidos por cinco ouvintes diferentes e julgados orais ou nasais, segundo uma escala que variava de muito oral a muito nasal [1 a 6]<sup>2</sup>.

Os escores assinalados foram multiplicados pelo número de vezes selecionado e o resultado somado aos demais. Assim, por exemplo, na Tabela 5.1, vemos que a Síntese 1 da vogal [a] obteve três respostas 6, uma 5 e uma 4. Multiplicando-se  $6*3$ ;  $5*1$  e  $4*1$ , somando esses resultados e dividindo pelo número de respostas (cinco no total), temos como resultado 5,4.

Para a análise destes resultados, consideramos os valores acima de 4 como nasais; os valores de 3 a 4 não seriam conclusivos, pois geraram dúvidas no ouvinte, sendo considerados pouco nasais, mas não chegando a serem percebidos como orais. Já os valores abaixo de 3 foram considerados orais. Assim o resultado apresentado acima, relativo à Síntese 1 da vogal [a], mostra essa vogal sendo percebida como nasal.

A fase nasal apresentada nas sínteses para os segmentos nasais [ĩ, ē, õ, ũ] vieram de segmentos que, originalmente, apresentavam as três fases [oral, nasal e murmúrio].

---

<sup>2</sup> Sendo o escore [1] referente a muito oral; [2] mais ou menos oral; [3] pouco oral; [4] pouco nasal; [5] mais ou menos nasal e [6] muito nasal, conforme explicitado no Capítulo 2 da presente Tese.

### 5.3.1 Vogal Baixa Central

Com a vogal [a], foram elaboradas as seguintes sínteses para os testes de escuta:

- 1) [a] com atenuação da região de F1 (400 a 900 Hz);
- 2) [ẽ] sem a fase de murmúrio;
- 3) primeira fase de [ẽ] com o dobro de duração;
- 4) segunda fase de [ẽ];
- 5) [a] + murmúrio de [ẽ] (tivemos de diminuir a duração do [a] para que ele ficasse parecido com um único segmento, já que a parte oral de [ẽ] é bastante reduzida em relação à duração de [a]: redução de 216 ms para 111 ms);
- 6) [a] + murmúrio de [ĩ] ([a] também teve sua duração reduzida para a metade, ou seja, de 216 ms para 111 ms);
- 7) [a] nasalizado em [kẽmatɐ];
- 8) [ɐ] final em [pẽpɐ];
- 9) [ɐ] final em [pẽpɐ] com o dobro de duração;
- 10) [ɐ] final em [pẽpɐ] + murmúrio de [ẽ];
- 11) [ɐ] final em [pẽpɐ] + murmúrio de [ĩ];
- 12) [a] em [pápɐ];
- 13) [ẽ] em [pẽpɐ].

## 5.3.1.1 Resultados dos Testes de Escuta

Vogal [a]		Muito	±	Pouco	Total	Som Natural
Síntese 1	Oral					
	Nasal	3 x 6	1 x 5	1 x 4	5,4	60%
Síntese 2	Oral					
	Nasal	3 x 6	1 x 5	1 x 5	5,4	100%
Síntese 3	Oral					
	Nasal	2 x 6		3 x 4	4,8	40%
Síntese 4	Oral					
	Nasal	2 x 6	1 x 5	2 x 4	5	40%
Síntese 5	Oral	1 x 1				
	Nasal	3 x 6		1 x 4	4,6	20%
Síntese 6	Oral	1 x 1				
	Nasal	4 x 6			3,4	20%
Síntese 7	Oral	2 x 1		2 x 3		
	Nasal	1 x 6			2,8	0%
Síntese 8	Oral		3 x 2			
	Nasal	1 x 6		1 x 4	3,2	80%
Síntese 9	Oral		1 x 2			
	Nasal	2 x 6	1 x 2	1 x 4	4,6	60%
Síntese 10	Oral		1 x 2			
	Nasal	1 x 6	2 x 5	1 x 4	4,4	100%
Síntese 11	Oral		1 x 2			
	Nasal		1 x 5	3 x 4	3,8	60%
Síntese 12	Oral			1 x 3		
	Nasal	1 x 6	1 x 5	2 x 4	4,4	40%
Síntese 13	Oral	1 x 1				
	Nasal	2 x 6	1 x 5	1 x 4	4,4	100%

## 5.3.2 Vogal Média Anterior

Com a vogal [e], foram elaboradas as seguintes sínteses para os testes de escuta:

- 1) [e] com atenuação da região de F1 (350 a 550 Hz);
- 2) [ẽ] sem a fase de murmúrio;
- 3) primeira fase de [ẽ] com o dobro de duração;
- 4) segunda fase de [ẽ];

- 5) [e] + murmúrio de [ẽ];
- 6) [e] + murmúrio de [ẽ̃];
- 7) [e] nasalizado em [kemetɐ];
- 8) [e] com atenuação das regiões anterior e posterior a 1200 Hz para que se pudesse simular um formante nasal (550 e 900 Hz; 1600 e 2100 Hz);
- 9) primeira fase de [ẽ] com o dobro de duração + murmúrio de [ẽ];
- 10) primeira fase de [ẽ] + murmúrio de [ẽ̃];
- 11) [e] em [pɛpɛ];
- 12) [ẽ] em [pẽpɛ].

### 5.3.2.1 Resultados dos Testes de Escuta

Vogal [e]		Muito	±	Pouco	Total	Som Natural
Síntese 1	Oral	1 x 1	2 x 2	1 x 3		80%
	Nasal			1 x 4	2,6	
Síntese 2	Oral			1 x 3		40%
	Nasal	2 x 6		2 x 4	4,6	
Síntese 3	Oral	2 x 2	1 x 2			60%
	Nasal			2 x 4	2,4	
Síntese 4	Oral		1 x 2	1 x 3		40%
	Nasal	1 x 6	1 x 5		4,0	
Síntese 5	Oral					100%
	Nasal	1 x 6	2 x 5	2 x 4	4,8	
Síntese 6	Oral	1 x 1	1 x 2			80%
	Nasal	1 x 6	2 x 5		3,8	
Síntese 7	Oral	2 x 1				80%
	Nasal			3 x 4	2,8	
Síntese 8	Oral	2 x 1	2 x 2	1 x 3		100%
	Nasal				1,8	
Síntese 9	Oral	1 x 1		1 x 3		60%
	Nasal	2 x 6	1 x 5		4,2	
Síntese 10	Oral		1 x 2	1 x 3		40%
	Nasal	2 x 6	1 x 5		4,4	
Síntese 11	Oral			1 x 3		60%
	Nasal		2 x 5	2 x 4	4,2	
Síntese 12	Oral	1 x 1				60%
	Nasal	2 x 6	2 x 5		4,6	

### 5.3.3 Vogal Alta Anterior

Foram realizadas as seguintes sínteses com a vogal [i] para aplicação nos testes de escuta:

- 1) [i] com atenuação da região de F1 (300 a 500 Hz);
- 2) [ĩ] sem a fase de murmúrio;
- 3) primeira fase de [ĩ] com o dobro de duração;
- 4) segunda fase de [ĩ];
- 5) [i] + murmúrio de [ĩ];
- 6) [i] + murmúrio de [ẽ];
- 7) [i] nasalizado em [kimitɐ];
- 8) [i] com atenuação das regiões anterior e posterior a 1200 Hz para que se pudesse simular um formante nasal (550 e 900 Hz; 1600 e 2100 Hz);
- 9) segunda fase de [ĩ] + murmúrio de [ĩ];
- 10) [i] em [p̄ipɐ];
- 11) [ĩ] em [p̄ĩpɐ].

## 5.3.3.1 Resultados dos Testes de Escuta

Vogal [i]		Muito	±	Pouco	Total	Som Natural
Síntese 1	Oral	1 x 1	2 x 2	2 x 3		60%
	Nasal				2,2	
Síntese 2	Oral			2 x 3		80%
	Nasal	1 x 6		2 x 4	4,0	
Síntese 3	Oral		1 x 2	1 x 3		0%
	Nasal		1 x 5	2 x 4	3,6	
Síntese 4	Oral		1 x 2			40%
	Nasal	1 x 6	2 x 5	1 x 4	4,4	
Síntese 5	Oral		1 x 2	1 x 3		60%
	Nasal		1 x 5	1 x 4	3,5	
Síntese 6	Oral			1 x 3		40%
	Nasal		2 x 5	2 x 4	4,2	
Síntese 7	Oral	1 x 1		2 x 3		60%
	Nasal			2 x 4	3,0	
Síntese 8	Oral	1 x 1	2 x 2	2 x 3		60%
	Nasal				2,2	
Síntese 9	Oral			1 x 3		60%
	Nasal		2 x 5	2 x 4	4,2	
Síntese 10	Oral	2 x 1	2 x 2			60%
	Nasal		1 x 5		2,4	
Síntese 11	Oral		2 x 2			100%
	Nasal	1 x 6		2 x 4	3,6	

## 5.3.4 Vogal Média Posterior

Para aplicação nos testes de escuta, foram realizadas as seguintes sínteses com a vogal [o]:

- 1) [o] com atenuação da região de F1 (350 a 475 Hz);
- 2) [õ] sem a fase de murmúrio;
- 3) primeira fase de [õ] com o dobro de duração;
- 4) segunda fase de [õ];
- 5) [o] + murmúrio de [õ];
- 6) [o] + murmúrio de [ĩ];

- 7) [o] nasalizado em [k<sup>h</sup>omotɐ];
- 8) [o] com atenuação da região de F3 (2000 a 2800 Hz);
- 9) [õ] com sobreposição de síntese 3 e síntese 2 (se não for marcado como nasal, escutá-lo em isolamento para ver se, nesse caso, é considerado nasal);
- 10) primeira fase de [õ] + murmúrio de [õ];
- 11) [o] em [p<sup>h</sup>opɐ];
- 12) [õ] em [p<sup>h</sup>õpɐ].

#### 5.3.4.1 Resultados dos Testes de Escuta

Vogal [o]		Muito	±	Pouco	Total	Som Natural
Síntese 1	Oral	3 x 1	2 x 2			60%
	Nasal				1,4	
Síntese 2	Oral					40%
	Nasal	2 x 6		3 x 4	4,8	
Síntese 3	Oral	2 x 1		2 x 3		100%
	Nasal			1 x 4	2,4	
Síntese 4	Oral					80%
	Nasal	2 x 6	1 x 5	2 x 4	5,0	
Síntese 5	Oral	2 x 1	2 x 2			20%
	Nasal		1 x 5		2,2	
Síntese 6	Oral		2 x 2	2 x 3		20%
	Nasal		1 x 5		3,2	
Síntese 7	Oral					60%
	Nasal	2 x 6	2 x 5	1 x 4	4,4	
Síntese 8	Oral	2 x 1	3 x 2			100%
	Nasal				1,6	
Síntese 9	Oral		3 x 2	2 x 3		60%
	Nasal				2,2	
Síntese 10	Oral			2 x 3		20%
	Nasal	1 x 6		2 x 4	4,0	
Síntese 11	Oral	2 x 1	2 x 2	1 x 3		60%
	Nasal				1,8	
Síntese 12	Oral		1 x 2			40%
	Nasal	2 x 6		2 x 4	4,4	

### 5.3.5 Vogal Alta Posterior

Com a vogal [u], foram realizadas as seguintes sínteses para composição dos testes de escuta:

- 1) [u] com atenuação da região de F1 (150 a 350 Hz);
- 2) [ũ] sem a fase de murmúrio;
- 3) primeira fase de [ũ] com o dobro de duração;
- 4) segunda fase de [ũ];
- 5) [u] + murmúrio de [ũ];
- 6) [u] + murmúrio de [ẽ];
- 7) [u] nasalizado em [kumutɐ];
- 8) [u] em [pupɐ];
- 9) [ũ] em [pũpɐ].

#### 5.3.5.1 Resultados dos Testes de Escuta

Vogal [u]		Muito	Médio	Pouco	Total	Som Natural
Síntese 1	Oral					
	Nasal	2 x 6	3 x 5		5,4	40%
Síntese 2	Oral					
	Nasal	2 x 6		3 x 4	4,8	100%
Síntese 3	Oral	2 x 1		2 x 3		
	Nasal		1 x 5		2,6	20%
Síntese 4	Oral					
	Nasal		3 x 5	2 x 4	4,6	80%
Síntese 5	Oral		1 x 2			
	Nasal		2 x 5	2 x 4	4,0	60%
Síntese 6	Oral					
	Nasal	2 x 6	2 x 5	1 x 4	5,2	40%
Síntese 7	Oral			1 x 3		
	Nasal		2 x 5	2 x 4	4,2	20%
Síntese 8	Oral	2 x 1		2 x 3		
	Nasal			1 x 4	2,4	60%
Síntese 9	Oral		1 x 2			
	Nasal	2 x 6	2 x 5		4,8	100%

## 5.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A atenuação da região de F1 (síntese 1) foi suficiente para a percepção da nasalidade na vogal baixa [ẽ] e na alta [ũ]. Para as outras vogais, essa síntese foi considerada predominantemente oral, sendo avaliada como um som com naturalidade na maior parte dos julgamentos.

A ausência da fase de murmúrio (síntese 2) não afetou a percepção da coloração nasal das vogais, exceto para a vogal [ĩ] cujo resultado foi inconclusivo. No quesito naturalidade, as vogais médias parecem as mais afetadas quando o murmúrio não está presente.

A escuta de somente a 1ª fase da vogal nasal com o dobro de duração (síntese 3) (considerando que em alguns casos ela era bastante curta) foi julgada como oral nas vogais médias anterior e posterior e na alta posterior. Na vogal baixa, o julgamento nasal preveleceu, mostrando que novamente o abaixamento em frequência do primeiro formante vocálico já leva à percepção de nasalidade nesse segmento. Esse fato é reforçado pelos resultados da síntese 9 (vogal átona final de palavra), que foi caracterizada como nasal (fator resultante 4,6), principalmente devido ao abaixamento em frequência de F1. A síntese 3 foi considerada com naturalidade em 20% dos casos para [ũ], 40% para [ẽ], 60% para [ẽ], sendo que em [ĩ] apresentou-se sem naturalidade e [õ] obteve 100% de julgamentos com naturalidade.

A segunda fase da vogal nasal (síntese 4) foi considerada predominantemente nasal para as altas, a média posterior e a baixa. A média anterior não apresentou resultados conclusivos. As vogais posteriores foram consideradas em 80% dos casos como tendo naturalidade. Já a vogal baixa e as anteriores, em apenas 40%.

A adição da vogal oral seguida pelo murmúrio da vogal nasal correspondente (síntese 5) apresentou-se como nasal para a vogal baixa e a média anterior. A vogal média posterior e a alta anterior foram julgadas predominantemente

orais. No entanto, as vogais que, nas análises, não apresentaram a vogal composta apenas pela fase oral + murmúrio, ou seja, [ẽ] e [õ], tiveram apenas 20% de julgamentos considerando suas sínteses como segmentos com naturalidade.

A mesma composição anterior, mudando apenas o murmúrio (síntese 6), acrescentando o murmúrio de outra vogal nasal, apresentou com a coloração nasal apenas as vogais altas. Isso parece mostrar o estranhamento do ouvinte em relação a composições a que ele não está habituado em sua língua, como é o caso de aparecimento da fase oral em [ẽ]. Esta e as demais vogais apresentaram resultados não-conclusivos, mostrando também uma queda na consideração dessas sínteses como segmentos com naturalidade. Esse fato parece nos levar a supor que provavelmente o murmúrio seja influenciado pelo contexto vocálico precedente.

A vogal nasalizada em isolamento (síntese 7) foi avaliada como predominantemente nasal somente nas vogais posteriores. A vogal baixa aparece como oral não apresentando naturalidade e a vogal [ũ] obteve somente 20% de julgamentos com naturalidade. Esse fato deveria ser futuramente melhor analisado, já que intuitivamente se tem a impressão auditiva de que a vogal mais nasalizada em sílabas tônicas anteriores a uma consoante nasal em sílaba seguinte seria a baixa. Nessa síntese foram considerados com naturalidade as vogais [õ], [ẽ] e [ĩ] (com 60%, 80% e 60%, respectivamente).

Observando as sínteses elaboradas especificamente para determinadas vogais, verificamos que a vogal baixa foi percebida predominantemente como nasal quando a sintetizamos a partir da vogal [e] átona final de palavra seguida pelo murmúrio correspondente (síntese 10) (fator resultante 4,4). Já, quando o murmúrio que seguia essa átona final pertencia a outra vogal (síntese 11), o resultado foi inconclusivo. Quando seguida pelo murmúrio correspondente obteve 100% de julgamentos com naturalidade.

Como vimos acima, o teste consistindo da vogal [e] átona final de palavra com (síntese 9) e sem aumento de duração (síntese 8) foi julgado como nasal somente quando a vogal apresentava o dobro de duração. Este comportamento pode nos

levar a pensar que o abaixamento em frequência de F1, juntamente com um aumento de duração, talvez mostre, para a vogal nasal [ẽ], pistas bastante consistentes para que já se perceba a cor nasal dessa vogal.

A tentativa de se criar uma ressonância na região próxima a 1000 Hz, para as vogais anteriores (síntese 8) não obteve êxito na percepção da nasalidade, sendo consideradas orais ouvintes. Como a vogal anterior alta apresenta um baixo percentual (5,2 %) de seus dados compostos pela fase nasal + murmúrio (síntese 9), realizamos essa síntese e obtivemos julgamentos nasais (fator resultante 4,2), porém os segmentos sintetizados foram considerados em 60% dos casos com naturalidade.

As sínteses da vogal média posterior apresentando atenuação na região de F3 (síntese 8 e 9) não levaram a julgamentos nasais.

Como citado anteriormente, esta análise perceptual não deve ser considerada como um trabalho terminado, pois houve limitações referentes às sínteses dos segmentos e o número de ouvintes foi bastante pequeno para se levar em conta as conclusões aqui chegadas para todo o PB. No entanto, ela delinea os caminhos que podem ser tomados para que se faça uma análise perceptual bastante consistente com vogais nasais.

---

## CONCLUSÕES

---

A presente pesquisa considerou uma grande quantidade de parâmetros responsáveis pela coloração nasal das vogais do PB. Pelo número excessivo de dados, tememos não ter podido aprofundar como gostaríamos cada parâmetro examinado. Todavia tentamos apresentar de forma bastante clara a constituição das vogais orais e nasais do PB em termos principalmente de seus formantes (orais e nasais).

Nossas análises tentaram esclarecer algumas características pouco exatas acerca dos formantes vocálicos. Por exemplo, a indicação de duplicação de formantes em regiões em que deveria ser identificado o surgimento de um formante nasal que altera as frequências do formante oral, formando, muitas vezes, *clusters* de ressonâncias, como o que ocorre principalmente para as vogais [ẽ] com F'3-FN2-Z2 e [õ] com FN2-F'3-Z2.

A caracterização de dois formantes nasais também pareceu bastante consistente dado que o coeficiente de variação esteve preponderantemente em torno de 2% e 15%, à exceção de [ĩ] que apresentou, para FN2, um coeficiente de variação próximo de

25% nos dois contextos de tonicidade.

A tentativa de identificar regiões de anti-ressonâncias também obteve êxito, pois apresentou regiões consistentemente recorrentes para as diferentes vogais.

As vogais nasais altas confirmaram a presença de seu primeiro formante nasal (FN1) na região de F'1, através da maior amplitude de F'1 face à amplitude de F1 das vogais orais correspondentes. Nas demais vogais, F'1 era sistematicamente mais baixo do que o de sua contra-parte oral (F1). Nas vogais em que se pode identificar FN1 e F'1 separadamente, FN1 apresentou-se regularmente mais alto do que F'1, marcando assim a considerável proeminência desse formante nasal.

A caracterização da vogal nasal como sendo composta somente da fase oral seguida quase imediatamente pelo murmúrio nasal para as vogais anteriores e a alta posterior pôde ser comprovada em alguns dos testes perceptuais. Neles vimos que as vogais que não apresentaram tal composição como [ẽ] e [õ] manifestaram para os ouvintes um baixo percentual de naturalidade (20%), diferentemente daqueles que podiam ser caracterizados com essa composição (100%).

A perda de contraste entre as vogais nasais mostrou-se mais evidente nos dados aqui examinados. Nossas comparações com SOUSA (1994) e CAGLIARI (1977) mostram uma redução bastante grande no espaço acústico entre vogais nasais, principalmente em contexto tônico, em relação às orais. As principais diferenças ocorrem entre as vogais médias e a baixa que, em nossa pesquisa, apresentavam uma aproximação bastante evidente em altura. A vogal baixa torna-se menos baixa e as médias menos altas. SOUSA (*op.cit.*) apresenta essa mudança em altura, porém bem menos evidente. CAGLIARI (*op.cit.*) apresenta as vogais nasais médias com praticamente a mesma altura em relação às médias orais.

As vogais altas apresentaram comportamento inverso ao apresentado em SOUSA (1994), porém corroborado pelos dados em CAGLIARI (1977). A vogal alta posterior torna-se mais alta.

A duração da vogal proporcional à duração total da sílaba mostrou que, independentemente do contexto de tonicidade, as vogais nasais apresentam a mesma proporção do total da sílaba em contexto tônico e átono, apesar de em valores absolutos

mostrarem-se diferenciadas. As vogais orais [i], [o] e [u] apresentam esse mesmo comportamento, diferindo somente para [ɐ] e [e] que continuam sendo mais longas em contexto tônico.

Nossa análise das consoantes nasais [m] e [n] mostrou que o murmúrio consonantal dessas consoantes podem dar pistas para a identificação de seus pontos de articulação, apesar de que, quando associamos ao murmúrio as transições, as pistas melhoram invariavelmente. Os principais formantes nasais que diferenciam estas duas consoantes são FN2 e FN3. A consoante nasal [n] apresenta uma redução de energia relativamente grande na faixa de frequência entre 700 Hz e 1000 Hz o que não ocorre para [m]. Essa parece ser a grande indicação de que possivelmente o FN2 diferenciaria essas duas vogais, já que ele é bem mais baixo para [m] (em torno de 800 Hz) e mais alto para [n] (em torno de 1200 Hz).

Sabemos que, a partir dos dados aqui examinados, muitas pesquisas poderão ser desenvolvidas, buscando detalhar ainda mais os diferentes indícios de nasalidade apresentados ao longo deste estudo.

Muitos deles provavelmente serão empreendidos por nós mesmos, dada a curiosidade de seus resultados que o tempo disponível não nos permitiu desenvolver ou mesmo apresentar. Um deles seria referente às vogais nasalizadas. Nosso *corpus* nos permitiu extrair os dados relacionados a essas vogais, mas o tempo que dispúnhamos para a presente pesquisa não foi suficiente para nos permitir tal análise.

O aprofundamento de nossas análises estatísticas, provavelmente, ainda verterão muitos frutos, à medida que observarmos com cautela a influência das diferentes variáveis consideradas (informantes, contexto de tonicidade e contexto seguinte, número de sílabas da palavra em que o segmento-alvo está inserido, dentre outros).

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMSON, A., NYE, P. HENDERSON, J. & MARSHALL, C. (1981) *Vowel height and the perception of consonantal nasality*. Journal Acoustical Society of America, 70, 329-338.
- ALBANO, E. C. (1998) O português brasileiro e as controvérsias da fonética atual: pelo aperfeiçoamento da fonologia articulatória. *Unpublished*.
- BACK, Eurico. (1973) *São Fonemas as Vogais Nasais do Português?* Construtura, São Paulo, nº 4, p.297-317.
- BATTISTI, E. (1997) A nasalização no português brasileiro e a redução dos ditongos nasais átonos: uma abordagem baseada em restrições. Tese de Doutorado, Porto Alegre: UFRGS
- BEDDOR, P. S. (1982) Phonological and Phonetics Effects of Nasalization on Vowel Height. Ph. D. diss. University of Minnesota.
- \_\_\_\_\_. (1993) *The Perception of Nasal Vowels*. In HUFFMAN e KRAKOW (eds) *Nasals, Nasalization, and the Velum*. São Diego: Academic Press, pp. 171-196.
- BELL-BERTI, F. (1993) *Understanding Velic Motor Control: Studies of Segmental Context*. In HUFFMAN e KRAKOW (eds) *Nasals, Nasalization, and the Velum*. São Diego: Academic Press, pp. 63-85.
- BHAT, D.N.S. (1975) *Two studies on nasalization*. In C.A. FERGUSON, L.M. HYMAN e J.J. OHALA (eds) *NASÁLFEST- Paper from a Symposium on Nasals and Nasalization, Language Universals Project*. Stanford University, Stanford, California, (27-48).

- BOND, Z.S. (1975) *Identification of Vowels excerpted from context*. Journal Acoustical Society of America, 57: S24.
- BRASINGTON (1971) *Noun Pluralization in Brazilian Portuguese*. Journal of Linguistics, v.7, n.2, pp. 151-315.
- BRITO, Gelda. (1975) *The Perception of Nasal Vowels in Brazilian Portuguese: a Pilot Study*. In C.A. FERGUSON, L.M. HYMAN e J.J. OHALA (eds) NASÁLFEST- Paper from a Symposium on Nasals and Nasalization, Stanford University, Stanford, California, (49-66).
- BUTCHER, A. (1976) *The influence of the native language on the perception of vowel quality*. Arbeitsberichte (kiel) 6, pp.1-137.
- CAGLIARI, Luiz Carlos. (1977) *An Experimental Study of Nasality with Particular Reference to Brazilian Portuguese*. Ph.D. Dissertation, University of Edinburgh.
- \_\_\_\_\_. (1981) *Elementos de Fonética do Português Brasileiro*. Tese de Livre Docência. UNICAMP.
- CALLOU, Dinah e LEITE, Yonne. (1990) *Iniciação à Fonética e à Fonologia*. 5 ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- CÂMARA, JR. J. M. (1953) *Para o estudo da fonêmica portuguesa*. Rio de Janeiro: Organização Simões.
- \_\_\_\_\_. (1977) *Estrutura da Língua Portuguesa*. 8 ed. Petrópolis: Vozes.
- \_\_\_\_\_. (1984) *Problemas de lingüística descritiva*. 11 ed. Petrópolis: Vozes.
- CLEMENTS, G. (1992) *Phonological primes: features or gestures?* *Phonetica*, 49, pp. 181-193.

- CLUMECK (1976) Patterns of soft palate movements in six languages. *Journal of Phonetics*, 4, pp. 337-351.
- COHN, A. (1990) Phonetic and Phonological rules of nasalization. Doctoral Dissertation, UCLA.
- COUTO, H.H. do. (1978) *Vowel nasality: case of Portuguese and Guarani*. The Fifth Lacus Forum, Columbia South Carolina.
- DELATTRE, P. (1954) *Les attributs acoustiques de la nasalité vocalique et consonantique*. *Studia Ling.* 8, 103-109.
- \_\_\_\_\_. (1958) *Divergences entre la nasalité vocalique et consonantique en français*. *Word*, 24, 64-72.
- \_\_\_\_\_. (1969) *Two types of nasality: vocalic and consonantal*. The General Phonetic Characteristics of Languages. US depart. of Health, Education and Welfare, Office of Education Institute of International Studies, pp. 81-100.
- DELGADO MARTINS, M.R. (1975) Vogais e consoantes do português: estatística de ocorrência, duração e intensidade. *Boletim de Filologia*, XXIV (1-4) Lisboa: Centro de Estudos Filológicos, pp. 1-11.
- DUARTE, Y. & TEIXEIRA, R. (1979) *O Processo de Nasalização das vogais em Português sob o Enfoque da Fonologia Gerativa*. *Letras de Hoje*, nº 37, setembro.
- FANT, G (1960) *Nasal Sounds and Nasalization* In *Acoustical Theory of Speech Production*. The Hague: Mouton, pp.140-161.
- FIGUEIREDO, R. M. (1990) Identificação de vogais: aspectos acústicos articulatórios e perceptuais. Dissertação de Mestrado. Campinas: UNICAMP.
- FUJIMURA, O. (1960). *Spectra of nasalized vowels*. Res. Lab. Electron. Q. Prog. Rep. nº 62, MIT- 214-218 (july 15)

- \_\_\_\_\_. (1961) *Analysis of nasalized vowels*. Res. Lab. Electron. Q. Prog. Rep. n° 62, MIT-191-192 (july 15).
- \_\_\_\_\_. (1962) *Analysis of Nasal Consonants*. Journal Acoustical Society of America, 34 (12), (dec.)
- HATTORI, S. YAMAMOTO, K e FUJIMURA, O. *Nasalization of vowels in relation to nasals* Journal Acoustical Society of America 30(4) (267-274)
- HAWKINS, S. e STEVENS, K. (1985). *Acoustical and perceptual correlates of the non-nasal - nasal distinction for vowels*. Journal Acoustical Society of America, 77(4), april.
- HEAD, B. F. (1964) *A comparison of the segmental phonology of Lisbon and Rio de Janeiro*. Ph. D. Thesis: University of Texas at Austin.
- HERMANSKY, H. (1986) *Perceptually based processing in automatic speech recognition*. Proc. IEEE, ICASSP-37, pp. 1971-1974.
- HOUSE, A. e STEVENS, K. (1956) *Analog Studies os the Nasalization of Vowels*. Journal of Speech and Hearing Disorders. Vol.21, n° 2.
- \_\_\_\_\_. (1957) *Analog studies of nasal consonants*. Journal of Speech and Hearing Disorders. Vol.22, pp. 190-204.
- JHA, S. K. (1986) *The nasal vowels in Maithili: an acoustic study*. Journal of Phonetics 14 (223-230).
- JOOS, M. (1948) *Acoustic Phonetics*. Language sup. 24, pp. 1-136.
- JOHNSON, K. (1997) *Acoustic and Auditory Phonetics*. Cambridge: Blackwell.

- KLATT, D.H. (1976) *Linguistic uses of segmental duration in English: Acoustic and perceptual evidence*. Journal Acoustical Society of America, 59(5), May.
- KRAKOW, R.A. e HUFFMAN, K.M. *Instruments and techniques for investigating nasalization and velopharyngeal function in the laboratory: an introduction*. In HUFFMAN e KRAKOW (eds) *Nasals, Nasalization, and the Velum*. São Diego: Academic Press, pp. 3-59.
- KUROWSKI, K. e BLUMSTEIN, S.E. (1984) *Perceptual integration of the murmur and formant transitions for place of articulation in nasal consonants* Journal of the Acoustical Society of America 76(2) (383-390).
- \_\_\_\_\_. (1987) *Acoustic properties for place of articulation in nasal consonants*. Journal Acoustical Society of America 81 (6) (1917-1927).
- \_\_\_\_\_. (1993) *Acoustic properties for the perception of nasal consonants*. In HUFFMAN e KRAKOW (eds) *Nasals, Nasalization, and the Velum*. São Diego: Academic Press, pp. 197-222.
- LACERDA, A. e STREVENSON, P.D. (1956) *Some phonetic observations using a speech-stretcher*. Revista do laboratório de Fonética Experimental 3, pp. 5-16.
- LACERDA, A. e ROSSI, N. (1958) *Particularidades fonéticas do comportamento elocucional do falar do Rio de Janeiro*. Revista do Laboratório de Fonética Experimental 4, pp. 5-102.
- LADEFOGED, P. & MADDIESON, I. (1990) *Vowels of the world's languages*. Journal of Phonetics, 18 (93-122).
- LEVIN, J. (1987) *Estatística Aplicada a Ciências Humanas*. 2 ed. São Paulo: Harbra.
- LILJENCRANTS, J. e LINDBLOM, B. (1972) *Numerical simulation of vowel quality systems: the role of perceptual contrast*. Language 48, p. 839-862.

- LINDBLOM, B. (1975) *Experiments in sound structure*. Plenary Adress, 8th International Congress of Phonetic Sciences, Leeds.
- \_\_\_\_\_. (1986) Phonetic universals in vowel systems In: J.J. OHALA e J.J. JAEGER (eds) *Experimental Phonology*, Orlando: Academic Press, pp. 13-44.
- LINDQVIST-GAUFIN, J. e SUNDBERG, J. (1976) *Acoustic properties of the nasal tract*. *Phonetica*, 33, pp. 161-168.
- LIPSKI, J. (1975) *Brazilian Portuguese vowel nasalization: secondary aspects*. *The Canadian Journal of Linguistics*, 20, pp. 59-77.
- LOPEZ, B. (1979) *The sound pattern of Brazilian Portuguese (Cariocan Dialect)*. Tese de Doutorado, Los Angeles: Universidade da Califórnia.
- MAEDA, S. (1982) *Acoustic cues for vowel nasalization: a simulation study*. *Journal Acoustical Society of America*, Suppl. 1, 72, Fall.
- \_\_\_\_\_. (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.
- MALÉCOT, A. (1956) *Acoustic cues for nasal consonants: An experimental study involving tape-splicing technique*. *Language*, 32, pp. 274-284.
- MÁRTONY, J. (1964) *The role of formant amplitudes in synthesis of nasal consonants*. *Royal Institute of Technology, Stockholm, STL-QPSR*, 3, pp. 28-31.
- MATEUS, M.H.M. (1975) *Aspectos da Fonologia Portuguesa*. Lisboa: Centro de Estudos Filológicos.
- MATTA MACHADO, M. T. da. (1993) *Fenômenos de nasalização vocálica em português: estudo cine-radiográfico*. *Cadernos de Estudos Lingüísticos, Campinas*, (25): 113-127, Jul./Dez.

- MOHR, B e WANG, W.S-Y. (1968) *Perceptual distance and the specification of phonological features*. *Phonetica* 18, pp. 31-45.
- MORAES, J.A. de & WETZELS, W.L. (1992) *Sobre a duração dos segmentos vocálicos nasais e nasalizados em português. Um exercício de fonologia experimental*. *Cadernos de Estudos Lingüísticos, Campinas* (23): 153-166, jul./dez.
- MORAES, J. A. (1997). *Vowel nasalization in Brazilian Portuguese: an articulatory investigation*. (Não publicado).
- MORAIS-BARBOSA, J. (1962) *Les voyelles nasales portugais: interprétation phonologique*. In: *Proc. of the Fourth International Congress of Phonetic Sciences* (4-9 setembro) Haia, pp.691-709.
- OHALA, J. (1975) *Phonetic Explanations for Nasal Sound Patterns*. NASÁLFEST- Paper from a Symposium on Nasals and Nasalization, Stanford University, Stanford, California, Nov. (289-316).
- PAGET, R. (1924) *The nature and artificial production of consonants sounds*. *Proc. Royal Society*. A106, 1:50.
- PARKINSON, S. (1983) *Portuguese nasal vowels as phonological diphthongs*. *Lingua* 61, pp.157-177.
- PETERSON G.E. e BARNEY H. L. (1967) *Methods used in a study of vowels*. In LEHISTE L. *Readings in Acoustic Phonetics*. Massachusetts: MIT Press.
- PONTES, E. (1972). *Estrutura do Verbo no Português Coloquial*. Petrópolis: Vozes.
- QI, Y. & FOX, R. A. (1992) *Analysis of nasal consonants using perceptual linear prediction*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 91 (3), march.
- REED, D.W. e LEITE, Y. (1947) *The segmental phonemes of Brazilian Portuguese: Standard Paulista Dialect*. *Phonemics: a technique for reducing language to writing by*

- K.L. Pike. University of Michigan Press: Ann Arbor, pp.194a-202b.
- REETZ, H. (1991) *Extracting nasality from speech signals*. Proc. of the XIIth International Congress of Phonetic Sciences, Aix-en Provence, France, pp. 406-409.
- SCHWARTZ, M. (1968) *The acoustic of normal and nasal vowel production*. Cleft Palate Journal, 5, pp. 125-140.
- SLUIJTER, A.M.C. e van HEUVEN, V.J. (1996) *Spectral balance as an acoustic correlate of linguistic stress*. Journal of the Acoustical Society of America, 100 (4), pp. 2471-2485.
- SOUZA, E. M. G. de. (1994) *Para a caracterização fonético-acústica da nasalidade no Português do Brasil*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Estudos Lingüísticos - Campinas.
- STEVENS, K.N. (1972) The quantal nature of speech: evidence from articulatory-acoustic data. In: E. E. DAVID JR. e P. B. DENES (eds) *Human Communication: A unified view*. New York: MacGraw-Hill.
- TAKEUCHI, S., KASUYA, H., and KIDO, K. (1974) "An active model for extraction of nasality and its percentual evaluation" in *Speech Communication: Vol.3, Speech Perception and Automatic Recognition*, edited by G. Fant, pp. 141-148.
- \_\_\_\_\_. (1975) *On acoustic correlate of nasality*. Journal of Acoustic Society Jpn. 31, 298-309.
- TLÁSKAL, J. (1980) *Remarques sur les Voyelles Nasales en Portugais*. Zeitschrift für Phonetik 33, pp. 562-570.
- WISE, C. M. (1957) *Brazilian portuguese dialect*. Applied Phonetics, Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- WRIGHT, James. (1975) *Effects of Vowel Nasalization on the Perception of Vowel Height*. NASÁLFEST- Paper from a Symposium on Nasals and Nasalization, Stanford University, Stanford, California, Nov. (373-388).

\_\_\_\_\_. (1986) *The Behavior of Nasalized Vowels in the Perceptual Vowel Space*. In J.J. OHALA e J.J. JAEGER (eds) *Experimental Phonology* Orlando: Academic Press.

# ANEXO 1

## Vogal [a]

**Tabela 1**

Frequência dos formantes (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal baixa oral [a] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	114	784	1157	2451	3666	0,21	0,32	0,67	1
RJ	174	669	1191	2122	3329	0,20	0,36	0,64	1
RF	109	736	1306	2165	3553	0,21	0,37	0,61	1
RS	107	762	1214	2086	3727	0,20	0,33	0,56	1
AG	109	762	1215	2163	3551	0,21	0,34	0,61	1
Md	122,54	742,80	1216,66	2197,37	3565,43	0,21	0,34	0,62	1
DP	28,71	44,36	55,25	145,57	151,99				
Var	824,47	1967,62	3053	21189,36	23102,16				
CV	23,43%	5,97%	4,54%	6,62%	4,26%				

**Tabela 2**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal baixa oral [a] diante da consoante oclusiva bilabial surda [t] em contexto tônico [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	101	844	1454	2480	3704	0,23	0,39	0,67	1
RJ	173	711	1312	2250	3371	0,21	0,39	0,67	1
RF	93	680	1383	2149	3465	0,2	0,4	0,62	1
RS	125	755	1542	2509	3770	0,2	0,41	0,66	1
AG	125	671	1261	2318	3626	0,18	0,38	0,64	1
Md	123,49	732,29	1390,29	2341,17	3587,34	0,20	0,39	0,65	1
DP	31,46	70,78	112,01	152,49	166,03				
Var	989,88	5009,64	12547,02	23253,16	27565,6				
CV	25,48%	9,66%	8,06%	6,51%	4,63%				

**Tabela 3**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal baixa oral [a] diante da consoante oclusiva bilabial surda [k] em contexto tônico [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	102	857	1385	2241	3813	0,22	0,36	0,59	1
RJ	186	697	1388	1871	3373	0,21	0,41	0,55	1
RF	98	680	1419	1961	3713	0,18	0,38	0,53	1
RS	122	719	1427	1980	2898	0,25	0,49	0,68	1
AG	98	680	1419	1961	3713	0,18	0,38	0,53	1
Md	120,94	726,83	1407,57	2003	3501	0,21	0,41	0,58	1
DP	37,44	74,73	19,48	139,47	376,43				
Var	1401,9	5585,3	379,4	19451,1	141700,3				
CV	30,96%	10,28%	1,38%	6,96%	10,75%				

**Tabela 4**

Frequência dos formantes (valores frequenciais normalizados) da vogal baixa oral [a] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto átono [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	126	610	1243	2220	3537	0,17	0,35	0,63	1
RJ	160	563	1044	2132	3373	0,17	0,31	0,63	1
RF	103	712	1229	2295	3635	0,20	0,34	0,63	1
RS	131	795	1254	2529	3760	0,21	0,33	0,67	1
AG	178	709	1221	2188	3397	0,21	0,36	0,64	1
Md	139,54	677,83	1198,09	2272,91	3540,26	0,19	0,34	0,64	1
DP	29,64	91,85	87,32	154,74	162,59				
Var	878,83	8436,34	7625,19	23946,06	26436,67				
CV	21,24%	13,55%	7,29%	6,81%	4,59%				

**Tabela 5**

Frequência dos formantes (valores frequenciais normalizados) da vogal baixa oral [a] diante da consoante oclusiva bilabial surda [t] em contexto átono [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	132	652	1507	2374	3052	0,21	0,50	0,78	1
RJ	115	579	1316	2304	3566	0,16	0,37	0,65	1
RF	87	641	1383	2300	3573	0,18	0,39	0,64	1
RS	138	784	1495	2586	3967	0,20	0,38	0,65	1
AG	187	581	1347	2218	3643	0,16	0,37	0,61	1
Md	131,66	647,34	1409,69	2356,43	3560,14	0,18	0,40	0,67	1
DP	36,84	83,47	86,68	139,74	328,30				
Var	1357,3	6967,9	7513,7	19526,2	107783,9				
CV	27,98%	12,89%	6,15%	5,93%	9,22%				

**Tabela 6**

Frequência dos formantes (valores frequenciais normalizados) da vogal baixa oral [a] diante da consoante oclusiva bilabial surda [k] em contexto átono [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	221	658	1357	1930	3527	0,19	0,39	0,55	1
RJ	140	849	1467	2365	3857	0,22	0,38	0,61	1
RF	115	697	1412	2115	3017	0,23	0,47	0,70	1
RS	237	523	1491	2298	3646	0,14	0,41	0,63	1
AG	132	636	1552	2073	3532	0,18	0,44	0,59	1
Md	168,91	672,4	1455,94	2156,29	3515,74	0,19	0,42	0,62	1
DP	55,93	117,81	74,86	175,75	309,35				
Var	3127,99	13879	5603,89	30889,54	95694,9				
CV	33,11%	17,52%	5,14%	8,15%	8,8%				

**Tabela 7**

Amplitude relativa dos formantes da vogal oral baixa [a] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto tônico [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4
JF	53,68	-3,55	-25,93	-26,46
RJ	62,23	-9,79	-22,99	-37,80
RF	55,13	-7,95	-19,80	-31,99
RS	57,02	-3,44	56,01	-18,55
AG	56,57	-2,96	-26,24	-18,45
Md	56,92	-5,54	-24,20	-26,65
DP	4,50	4,37	4,95	8,57
Var	20,24	19,09	24,53	73,78
CV	7,91%	77,62%	20,45%	32,16%

**Tabela 8**

Amplitude relativa dos formantes da vogal oral baixa [a] diante da consoante oclusiva dental-alveolar surda [t] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	47,55	-6,04	-15,95	-27,00
RJ	56,37	-12,89	-28,17	-38,67
RF	54,16	-6,18	-19,82	-32,70
RS	52,08	-5,36	-14,51	-22,50
AG	57,39	-7,95	-22,02	-23,18
Md	53,51	-7,68	-20,09	-28,81
DP	3,91	3,06	5,42	6,84
Var	15,31	9,38	29,35	46,78
CV	7,30%	39,84%	26,98%	23,74%

**Tabela 9**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral baixa [a] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto tônico [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4
JF	31,15	1,27	-14,34	-19,67
RJ	53,00	-6,35	-14,21	-23,67
RF	54,61	-8,58	-17,25	-26,29
RS	51,69	-3,56	-19,79	-14,51
AG	52,55	-3,57	-12,73	-23,13
Md	49,80	-4,21	-15,66	-22,05
DP	7,15	3,78	2,83	4,99
Var	51,12	14,26	8,00	24,93
CV	14,36%	89,79%	18,07%	22,22%

**Tabela 10**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral baixa [a] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4
JF	43,06	-9,66	-24,85	-28,96
RJ	54,75	-3,04	-18,68	-21,23
RF	56,21	-13,54	-29,24	-32,69
RS	52,64	-2,75	-20,00	-26,11
AG	49,57	-9,64	-26,77	-36,91
Md	51,25	-7,73	-23,90	-29,18
DP	5,21	4,69	4,48	6,02
Var	27,18	21,99	20,04	36,19
CV	10,16%	60,67%	18,74%	20,63%

**Tabela 11**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral baixa [a] diante da consoante oclusiva dental alveolar surda [t] em contexto átono [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	35,29	-9,88	-20,62	-25,51
RJ	53,41	-8,57	-25,58	-31,88
RF	54,68	-12,48	-21,17	-31,54
RS	55,16	-9,31	-21,81	-35,23
AG	50,59	-10,86	-22,92	-30,56
Md	49,83	-10,22	-22,42	-30,94
DP	8,32	1,51	1,96	3,51
Var	69,15	2,29	3,85	12,32
CV	16,70%	14,77%	8,74%	11,34%

**Tabela 12**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral baixa [a] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto átono [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	41,68	-3,83	-15,73	-22,76
RJ	49,54	-5,52	-12,28	-28,15
RF	53,87	-12,19	-18,00	-32,17
RS	55,83	-4,32	-13,94	-29,36
AG	40,62	-6,28	-22,85	-25,73
Md	48,31	-6,43	-16,38	-27,64
DP	6,93	3,36	4,09	3,58
Var	48,00	11,31	16,40	12,79
CV	14,34%	52,25%	24,97%	12,95%

**Tabela 13**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	115	638	1130	2130	3899	0,16	0,29	0,55	1
RJ	205	429	1150	2336	3746	0,12	0,31	0,62	1
RF	95	651	1321	2557	3668	0,18	0,36	0,70	1
RS	137	552	1112	1970	3489	0,16	0,32	0,57	1
AG	136	547	975	2004	3426	0,16	0,29	0,59	1
Md	137,43	563,51	1137,71	2199,43	3645,66	0,15	0,31	0,60	1
DP	41,70	88,93	123,46	246,29	191,91				
Var	1738,60	7909,20	15241,5	60656,7	36829,3				
CV	30,34%	15,78%	10,85%	11,20%	5,26%				

**Tabela 14**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto tônico [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF	226	3398	0,06	0,87
RJ		3351		0,89
RF	199	2813	0,05	0,66
RS	278	2458	0,08	0,71
AG	270	2544	0,08	0,74
Md	243,15	2912,89	0,07	0,77
DP	37,41	441,50		
Var	1399,2	194920,4		
CV	15,38%	15,16%		

**Tabela 15**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [t] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	104	643	1432	2076	3699	0,17	0,39	0,56	1
RJ	167	508	1364	2378	3698	0,14	0,37	0,64	1
RF	99	602	1374	2303	3491	0,17	0,39	0,66	1
RS	145	585	1474	2069	3817	0,15	0,39	0,54	1
AG	137	554	1305	2103	3628	0,15	0,36	0,58	1
Md	130,40	578,17	1389,54	2185,91	3666,74	0,16	0,38	0,60	1
DP	28,30	50,70	64,98	144,02	119,45				
Var	800,6	2570,4	4222,7	20742,5	14268,7				
CV	21,70%	8,77%	4,68%	6,59%	3,26%				

**Tabela 16**

Frequência dos formantes s nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [t] em contexto tônico [Hz].

Inform.	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
<b>JF</b>	210	2730	0,06	0,74
<b>RJ</b>	335	3385	0,09	0,91
<b>RF</b>	211	2654	0,06	0,76
<b>RS</b>	285	2529	0,07	0,66
<b>AG</b>	274	2655	0,08	0,73
<b>Md</b>	262,91	2671,49	0,06	0,72
<b>DP</b>	42,54	417,93		
<b>Var</b>	1809,6	174662,7		
<b>CV</b>	16,92	15,64		

**Tabela 17**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [k] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
<b>JF</b>	107	563	1445	2028	3701	0,15	0,39	0,55	1
<b>RJ</b>	181	433	1301	2289	3808	0,11	0,34	0,60	1
<b>RF</b>	105	432	1476	2407	3635	0,12	0,41	0,66	1
<b>RS</b>	132	790	1585	2071	3340	0,24	0,47	0,62	1
<b>AG</b>	154	467	1378	2159	3832	0,12	0,36	0,56	1
<b>Md</b>	135,89	537	1436,97	2190,80	3663,14	0,15	0,39	0,63	1
<b>DP</b>	32,32	151,35	106,51	311,26	197,73				
<b>Var</b>	1046,1	22905,8	11345	219038	39097,8				
<b>CV</b>	23,78	28,18	7,41	14,21	5,40				

**Tabela 18**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [k] em contexto tônico [Hz].

Inform.	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
<b>JF</b>	223	2628	0,06	0,71
<b>RJ</b>	211	3311	0,06	0,87
<b>RF</b>	221	2726	0,06	0,75
<b>RS</b>	267	2497	0,08	0,74
<b>AG</b>	311	2813	0,08	0,73
<b>Md</b>	246,69	2795,91	0,07	0,73
<b>DP</b>	41,87	157,05		
<b>Var</b>	1752,9	24664,7		
<b>CV</b>	16,97%	5,62%		

**Tabela 19**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	161	864	1430	2114	3537	0,24	0,40	0,60	1
RJ	217	671	1194	2431	3378	0,20	0,35	0,72	1
RF	129	598	1156	2378	3569	0,17	0,32	0,67	1
RS	112	491	1150	2233	3682	0,13	0,31	0,61	1
AG	111	541	1064	2112	3422	0,16	0,31	0,62	1
Md	145,88	632,91	1198,83	2209,41	3517,60	0,18	0,34	0,62	1
DP	44,53	145,50	137,59	126,04	121,15				
Var	1983,17	21169,01	18931,04	15887,44	14677,58				
CV	30,52	23	11,48	5,70	3,44				

**Tabela 20**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto átono [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF	319	2820	0,09	0,80
RJ	228		0,07	
RF	257	2856	0,07	0,80
RS	236	3275	0,06	0,89
AG	221	3034	0,07	0,89
Md	252,03	2883,29	0,07	0,82
DP	39,60	310,23		
Var	1568,32	96245,39		
CV	15,71%	10,76%		

**Tabela 21**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [t] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	169	682	1476	2145	3913	0,17	0,38	0,55	1
RJ	202	610	1389	2579	3598	0,17	0,39	0,71	1
RF	122	474	1467	2556	3531	0,13	0,42	0,72	1
RS	101	526	1456	2452	3827	0,14	0,38	0,64	1
AG	114	525	1274	2079	3628	0,14	0,35	0,58	1
Md	141,83	563,54	1412,31	2225,38	2878,21	0,15	0,38	0,59	1
DP	42,29	82,55	84,59	199,18	162,64				
Var	1788,1	6813,9	7156,1	39673,7	26451				
CV	29,82%	14,65%	5,99%	8,95%	5,65%				

**Tabela 22**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [t] em contexto átono [Hz].

Inform,	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF	341	2941	0,09	0,75
RJ	212		0,06	
RF	241		0,07	
RS	220	3381	0,06	0,51
AG	226	2939	0,06	0,81
Md	247,91	2878,21	0,07	0,70
DP	53,04	199,18		
Var	2813,1	39673,7		
CV	21,39	6,92		

**Tabela 23**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [k] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	152	638	1321	2043	3562	0,18	0,37	0,58	1
RJ	220	669	1371	2066	3399	0,20	0,40	0,61	1
RF	137	655	1525	2291	3573	0,18	0,43	0,64	1
RS	117	485	1486	2298	3732	0,13	0,40	0,62	1
AG	111	530	1478	2123	3764	0,14	0,39	0,56	1
Md	147,43	595,17	1436,11	2164,29	3605,89	0,16	0,40	0,60	1
DP	43,56	82,47	86,03	122,52	147,13				
Var	1897,52	6800,89	7400,93	15010,55	21646,78				
CV	29,55%	13,86%	5,99%	5,66%	4,08%				

**Tabela 24**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [k] em contexto átono [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF	301	2588	0,08	0,73
RJ	230	2471	0,07	0,73
RF	267	2704	0,07	0,76
RS	239	3077	0,06	0,82
AG	234	3025	0,06	0,80
Md	254,20	2773,17	0,07	0,77
DP	29,91	267,46		
Var	894,66	71535,63		
CV	11,77%	9,64%		

**Tabela 25**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante bilabial [p] em contexto tônico [dB]

Inform	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	35,60	-2,64	-32,56	-33,83	11,91	-27,23
RJ	59,37	-13,51	-24,24	-25,06		-35,54
RF	44,77	-4,20	-22,34	-31,97	17,56	-19,54
RS	52,48	-8,63	-28,71	-28,73	-8,67	-30,48
AG	50,27	-3,61	-33,75	-24,31	7,28	-27,20
Md	48,50	-6,52	-28,32	-28,78	7,02	-27,60
DP	8,91	4,53	5,00	4,17	11,28	5,22
Var	79,39	20,55	25,02	17,36	127,17	27,22
CV	18,37%	69,48%	17,65%	14,49%	-	18,91%

**Tabela 26**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante bilabial [t] em contexto tônico [dB]

Inform	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	30,00	-5,55	-24,04	-28,06	18,70	-22,33
RJ	54,81	-15,40	-28,58	-25,00	-9,74	-24,25
RF	44,50	-3,90	-19,66	-29,93	16,00	-20,26
RS	53,41	-8,83	-19,27	-36,81	-3,78	-29,48
AG	49,63	-11,33	-34,04	-31,03	5,37	-24,41
Md	46,47	-9,00	-25,12	-30,17	5,31	-24,15
DP	10,04	4,59	6,26	4,36	12,28	3,43
Var	100,76	21,11	39,20	19,00	150,70	11,74
CV	21,60%	51,00%	24,92%	14,45%	-	14,20%

**Tabela 27**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante bilabial [k] em contexto tônico [dB]

Inform	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	37,38	-6,77	-24,98	-28,18	14,92	-27,62
RJ	48,25	-16,95	-31,93	-28,90	-0,75	-28,49
RF	50,26	-22,28	-24,58	-40,90	6,76	-27,03
RS	45,97	-16,77	-22,97	-30,39	10,39	-23,71
AG	57,44	-19,93	-40,34	-36,37	-3,66	-30,25
Md	47,86	-16,54	-28,96	-32,95	5,53	-27,42
DP	7,26	5,92	7,23	5,49	7,70	2,40
Var	52,75	35,02	52,30	30,13	59,32	5,78
CV	15,16%	35,79%	24,96%	16,66%	-	8,75%

**Tabela 28**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante bilabial [p] em contexto átono [dB]

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	34,13	-13,27	24,06	-22,14	15,83	-18,45
RJ	50,25	-7,86	-26,13	-28,16	4,42	
RF	37,96	-7,50	-15,96	-29,40	15,03	
RS	52,60	-10,43	-42,94	-36,59	1,11	-18,69
AG	46,73	-6,11	-27,71	-30,45	6,39	-29,72
Md	44,33	-9,04	-27,36	-29,35	8,56	-22,29
DP	7,96	2,84	9,81	5,17	6,56	6,44
Var	63,43	8,04	96,35	26,75	43,01	41,51
CV	17,96%	31,42%	35,85%	17,61%	76,63%	28,89%

**Tabela 29**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante bilabial [t] em contexto átono [dB]

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	32,47	-9,40	-24,79	-24,26	16,84	-22,46
RJ	40,40	-10,61	-25,55	-17,27	4,85	
RF	42,66	-14,20	-20,97	-36,34	10,54	-23,14
RS	50,73	-16,58	-44,06	-43,43	0,78	-25,13
AG	42,88	-10,68	-30,38	-36,33	9,51	-33,23
Md	41,83	-12,29	-29,15	-31,52	8,50	-25,99
DP	6,53	2,99	8,98	10,53	6,07	4,96
Var	42,66	8,95	80,63	110,96	36,90	24,58
CV	15,61%	24,33%	30,81%	33,41%	71,41%	19,08%

**Tabela 30**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal baixa [ẽ] diante da consoante bilabial [k] em contexto átono [dB]

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	42,52	-11,15	-25,54	-30,26	10,24	-26,17
RJ	43,75	-13,87	-26,89	-27,48	8,09	-20,37
RF	37,12	-7,07	-15,91	-20,80	17,61	-17,34
RS	50,83	-14,00	-41,05	-29,28	1,49	-17,59
AG	44,88	-13,90	-20,67	-29,60	8,43	-42,98
Md	43,82	-12,00	-26,01	-27,48	9,17	-24,89
DP	4,92	3,01	9,46	3,88	5,77	10,72
Var	24,24	9,04	89,44	15,03	33,25	114,91
CV	11,23%	25,08%	36,37%	14,12%	62,92%	43,07%

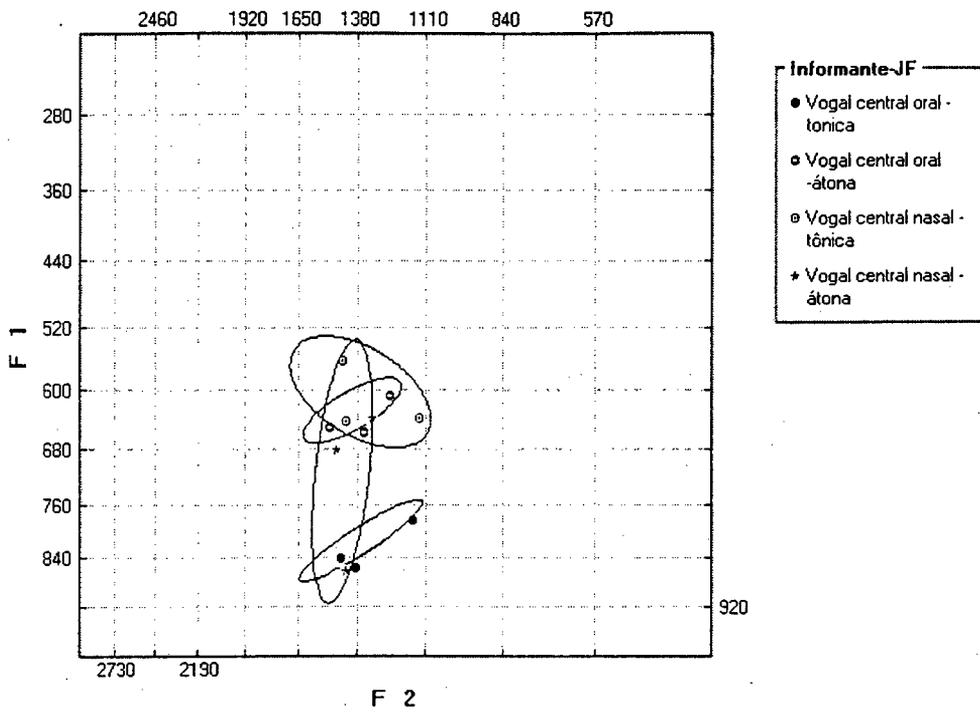


Figura 1 Média das frequências dos formantes da vogal central oral e nasal em contexto tônico e átono do informante JF.

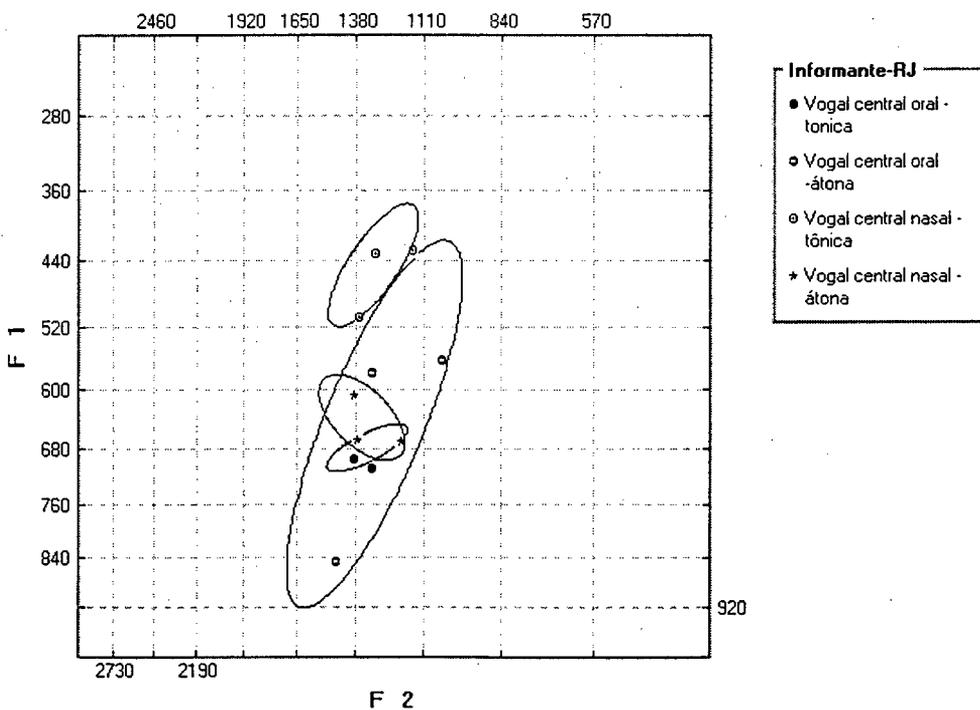


Figura 2 Média das frequências dos formantes da vogal central oral e nasal em contexto tônico e átono do informante RJ.

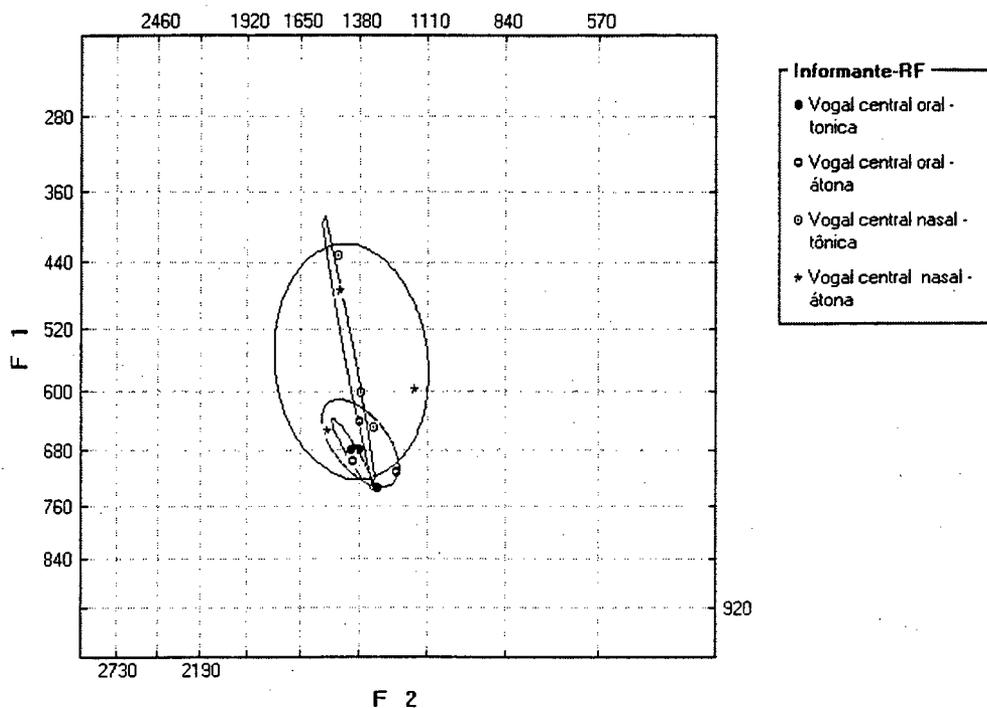


Figura 3 Média das frequências dos formantes da vogal central oral e nasal em contexto tônico e átono do informante RF.

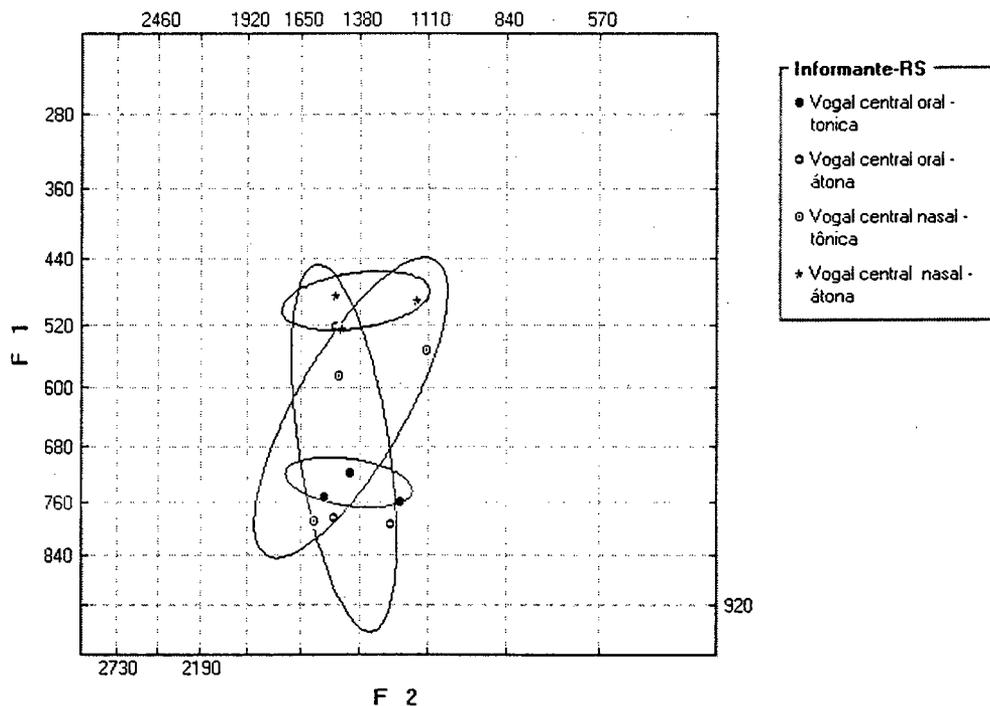


Figura 4 Média das frequências dos formantes da vogal central oral e nasal em contexto tônico e átono do informante RS.

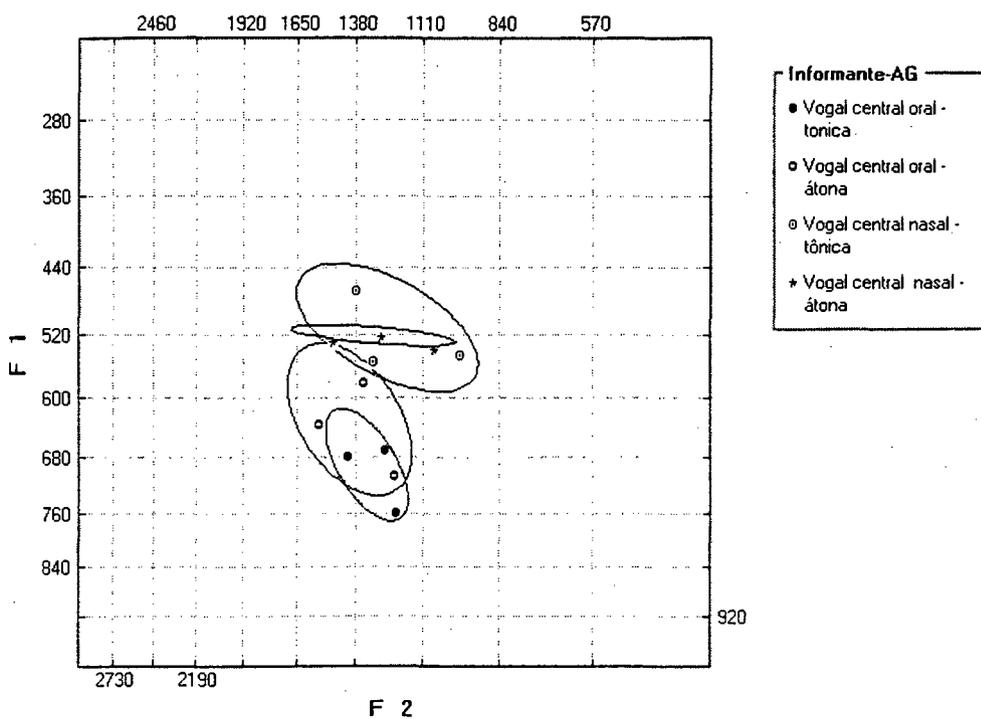


Figura 5 Média das freqüências dos formantes da vogal central oral e nasal em contexto tônico e átono do informante AG

## ANEXO 2

### Vogal [e]

**Tabela 1**

Frequência dos formantes (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal média oral [e] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	121	430	1930	2465	3393	0,13	0,57	0,73	1
RJ	197	400	1664	2165	3161	0,13	0,53	0,68	1
RF	114	367	2057	2606	3724	0,10	0,55	0,70	1
RS	117	412	1946	2454	3560	0,12	0,55	0,69	1
AG	126	365	1917	2367	3287	0,11	0,58	0,72	1
Md	134,91	394,80	1902,86	2411,34	3424,86	0,12	0,56	0,70	1
DP	34,85	28,10	144,32	162,16	222,03				
Var	1214,44	789,65	20829,45	26296,83	49297,37				
CV	25,83%	7,12%	7,58%	6,72%	6,48%				

**Tabela 2**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal média oral [e] diante da consoante oclusiva bilabial surda [t] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	122	416	2015	2571	3535	0,12	0,57	0,73	1
RJ	190	391	1735	2550	3648	0,11	0,48	0,70	1
RF	109	361	2041	2624	3635	0,10	0,56	0,72	1
RS	108	427	2003	2640	3711	0,11	0,54	0,71	1
AG	129	394	1878	2507	3263	0,12	0,57	0,77	1
Md	131,66	397,89	1934,49	2578,26	3558,46	0,11	0,54	0,73	1
DP	34	25,71	127,92	54,36	176,94				
Var	1155,85	660,92	16363,67	2954,97	31307,60				
CV	25,82%	6,46%	6,61%	2,11%	4,97%				

**Tabela 3**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal média oral [e] diante da consoante oclusiva bilabial surda [k] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	106	405	2096	2524	3449	0,12	0,61	0,73	1
RJ	206	420	1851	2270	3529	0,12	0,52	0,64	1
RF	112	378	2147	2589	3755	0,10	0,57	0,69	1
RS	137	409	2058	2493	3627	0,11	0,57	0,69	1
AG	158	432	2125	2392	3702	0,12	0,57	0,65	1
Md	143,97	409,09	2055,49	2453,43	3612	0,11	0,57	0,68	1
DP	40,49	20,06	119,36	124,92	124,78				
Var	1639,8	402,31	14246,41	15620,61	15569,09				
CV	28,12%	4,90%	5,81%	5,09%	3,45%				

**Tabela 4**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal média oral [e] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	158	485	1899	2531	3555	0,14	0,53	0,71	1
RJ	184	378	1711	2321	3184	0,12	0,54	0,73	1
RF	129	383	1875	2451	3409	0,11	0,55	0,72	1
RS	99	403	1893	2438	3418	0,12	0,55	0,71	1
AG	110	452	1558	2163	3444	0,13	0,45	0,63	1
Md	136,31	420,20	1787,11	2380,71	3402	0,12	0,53	0,70	1
DP	35	46,62	149,84	143	135,28				
Var	1225,05	2173,53	22454,13	20450,35	18300,01				
CV	25,68%	11,09%	8,38%	6,01%	3,98%				

**Tabela 5**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal média oral [e] diante da consoante oclusiva bilabial surda [t] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	142	427	2003	2744	3695	0,12	0,54	0,74	1
RJ	192	387	1777	2504	3608	0,11	0,49	0,69	1
RF	145	405	1902	2587	3615	0,11	0,53	0,72	1
RS	99	403	1893	2438	3418	0,12	0,55	0,71	1
AG	114	474	1662	2476	3774	0,13	0,44	0,66	1
Md	138,57	419,23	1847,37	2549,69	3622,14	0,12	0,51	0,70	1
DP	35,39	33,76	130,97	121,53	132,71				
Var	1252,76	1139,52	17153,25	14769,48	17612,01				
CV	5,07%	8,05%	7,09%	4,77%	3,66%				

**Tabela 6**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal média oral [e] diante da consoante oclusiva bilabial surda [k] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	163	472	2207	2680	3586	0,13	0,62	0,75	1
RJ	202	414	1910	2403	3603	0,11	0,53	0,67	1
RF	138	405	2147	2622	3509	0,11	0,61	0,75	1
RS	116	416	2143	2498	3575	0,12	0,60	0,70	1
AG	126	454	1903	2908	3799	0,12	0,50	0,77	1
Md	148,77	432,17	2062,37	2621,91	3614,40	0,12	0,57	0,72	1
DP	34,65	29,01	144,06	192,76	109,18				
Var	1200,51	841,73	20752,92	37156,15	11921,03				
CV	23,29%	6,71%	6,98%	7,35%	3,02%				

**Tabela 7**

Amplitude relativa dos formantes da vogal oral média [e] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	50,55	-21,31	-23,62	-33,79
RJ	61,19	-23,44	-26,83	-40,17
RF	57,17	-19,45	-22,89	-31,68
RS	55,49	-23,41	-26,74	-34,09
AG	54,54	-20,42	-26,02	-32,76
Md	55,79	-21,61	-25,22	-34,50
DP	3,88	1,78	1,84	3,31
Var	15,04	3,18	3,37	10,96
CV	6,95%	8,24%	7,29%	9,59%

**Tabela 8**

Amplitude relativa dos formantes da vogal oral média [e] diante da consoante oclusiva dental-alveolar surda [t] em contexto tônico [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4
JF	58,19	-18,47	-19,94	-25,44
RJ	63,88	-20,87	-25	-22,87
RF	56,13	-16,67	-21,49	-32,96
RS	59,68	-24,38	-21,25	-22,87
AG	57,54	-21,57	-28,69	-31,65
Md	59,08	-20,39	-23,27	-27,16
DP	2,97	2,96	3,56	4,83
Var	8,82	8,77	12,66	23,38
CV	5,03%	14,52%	15,3%	17,78%

**Tabela 9**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral média [e] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	47,86	-15,75	-19,28	-11,86
RJ	63,66	-20,31	-27,34	-16,07
RF	58,35	-16,93	-24,58	-9,40
RS	62,45	-17,58	-25,78	-6,34
AG	53,26	-14,62	-13,93	-6,40
Md	57,12	-17,04	-22,18	-10,01
DP	6,58	2,15	5,52	4,10
Var	43,34	4,63	30,45	16,78
CV	11,52%	12,62%	24,89%	40,96%

**Tabela 10**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral média [e] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4
JF	50,55	-21,31	-23,62	-33,79
RJ	57,40	-17,24	-23,33	-25,94
RF	60,98	-26,58	-28,55	-34,17
RS	53,38	-21,38	-24,04	-33,92
AG	43,32	-16,91	-22,01	-36,11
Md	53,13	-20,68	-24,31	-32,79
DP	6,76	3,93	2,49	3,94
Var	45,70	15,45	6,18	15,54
CV	12,61%	19%	10,24%	12,02%

**Tabela 11**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral média [e] diante da consoante oclusiva dental alveolar surda [t] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4
JF	53,22	-25,59	-25,77	-39,06
RJ	57,36	-18,67	-23,29	-27,73
RF	56,75	-21,63	-25,52	-35,32
RS	56,23	-20,15	-23,08	-30,46
AG	48,01	-19,62	-29,79	-32,87
Md	54,31	-21,13	-25,49	-33,09
DP	3,86	2,71	2,70	4,37
Var	14,94	7,36	7,30	19,08
CV	7,11%	12,82%	10,59%	13,21%

**Tabela 12**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral média [e] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto átono [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	49,88	-18,62	-21,96	-36,00
RJ	58,40	-15,67	-25,10	-32,70
RF	57,38	-17,85	-25,22	-28,44
RS	53,68	-14,34	-16,35	-22,77
AG	44,31	-12,93	-24,46	-27,83
Md	52,73	-15,88	-22,61	-29,55
DP	5,78	2,37	3,74	5,04
Var	33,45	5,62	14	25,41
CV	10,96%	14,92%	16,54%	17,05%

**Tabela 13**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto tônico [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
<b>JF</b>	107	560	2110	2655	3466	0,16	0,61	0,77	1
<b>RJ</b>	203	420	1835	2256	3333	0,13	0,55	0,68	1
<b>RF</b>	109	441	2015	2484	3515	0,12	0,57	0,71	1
<b>RS</b>	115	468	1959	2469	3369	0,14	0,58	0,73	1
<b>AG</b>	139	443	1746	2243	3484	0,13	0,50	0,64	1
<b>Md</b>	134,83	466,43	1933,06	2421,13	3433,51	0,14	0,56	0,71	1
<b>DP</b>	40,13	55,07	144,02	173,27	78,19				
<b>Var</b>	1610,82	30,32,32	20743,19	30023,27	6114,26				
<b>CV</b>	29,76%	11,81%	7,45%	7,16%	2,28%				

**Tabela 14**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto tônico [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1 norm,	FN2 norm
<b>JF</b>	221	1293	0,06	0,37
<b>RJ</b>				
<b>RF</b>	221	1245	0,06	0,35
<b>RS</b>	232	1195	0,05	0,15
<b>AG</b>	263	1018	0,03	0,21
<b>Md</b>	234,45	1187,89	0,04	0,22
<b>DP</b>	19,94	120,53		
<b>Var</b>	397,82	14528,11		
<b>CV</b>	8,50%	10,15%		

**Tabela 15**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [t] em contexto tônico [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
<b>JF</b>	105	603	2108	2744	3624	0,17	0,58	0,76	1
<b>RJ</b>	200	381	1939	2549	3473	0,11	0,56	0,74	1
<b>RF</b>	97	452	1959	2438	3593	0,13	0,55	0,68	1
<b>RS</b>	149	472	2001	2642	3908	0,12	0,51	0,68	1
<b>AG</b>	138	541	1815	2538	3753	0,14	0,48	0,68	1
<b>Md</b>	137,97	489,46	1964,49	2581,91	3670,11	0,11	0,48	0,68	1
<b>DP</b>	41,23	85,14	105,82	115,83	165,82				
<b>Var</b>	1700,07	7249,47	11198,66	13415,92	27496,64				
<b>CV</b>	29,88%	17,39%	5,39%	4,49%	4,52%				

**Tabela 16**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [t] em contexto tônico [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
<b>JF</b>	212	1264	0,06	0,30
<b>RJ</b>		1101		0,32
<b>RF</b>	199	1234	0,05	0,34
<b>RS</b>	294	1241	0,07	0,32
<b>AG</b>	281	1110	0,07	0,30
<b>Md</b>	246,61	1190,12	0,06	0,32
<b>DP</b>	47,91	78,10		
<b>Var</b>	2295,68	6099,13		
<b>CV</b>	19,43%	6,56%		

**Tabela 17**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [k] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
<b>JF</b>	104	723	2261	2728	3584	0,17	0,63	0,76	1
<b>RJ</b>	218	434	1992	2455	3438	0,13	0,58	0,71	1
<b>RF</b>	106 <sup>1</sup>	434 <sup>2</sup>	2336	2675	3570	0,12	0,62	0,74	1
<b>RS</b>	(132)	(274) <sup>3</sup>	(2057)	(2580)	(3841)	(0,07)	(0,53)	(0,67)	1
<b>AG</b>	140	615	2275	2702	3848	0,16	0,58	0,70	1
<b>Md</b>	142	551,50	2216	2640	3610	0,14	0,60	0,73	1
<b>DP</b>	53,29	142,66	152,84	125,22	171,76				
<b>Var</b>	2840	20359,33	23360,67	15679,33	29501,33				
<b>CV</b>	37,53%	25,87%	6,90%	4,74%	4,76%				

<sup>1</sup> As emissões constituídas pelo ditongo [eĩ], apresentando como fase nasal a semivogal nasal [ĩ], obtiveram F0 médio de 96 Hz.

<sup>2</sup> Apenas duas das sete emissões deste informante foram da vogal nasal [ẽ], as cinco restantes foram do ditongo [eĩ], assim só foram considerados os dois dados referentes à vogal [e].

<sup>3</sup> Todas as emissões da vogal nasal [ẽ] deste informante foram ditongadas [eĩ], assim não foram levadas em conta, já que a fase nasal não é composta pela vogal [e].

**Tabela 18**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [k] em contexto tônico [Hz].

Inform.	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
<b>JF</b>	215	1295	0,06	0,36
<b>RJ</b>	232	1132	0,07	0,33
<b>RF</b>	217	1236	0,06	0,35
<b>RS</b>	(799)	(1567)	(0,21)	(0,41)
<b>AG</b>	320	1406	0,08	0,36
<b>Md</b>	246	1267,25	0,07	0,35
<b>DP</b>	49,91	114,44		
<b>Var</b>	2491,33	13096,92		
<b>CV</b>	20,29%	9,03%		

**Tabela 19**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
<b>JF</b>	160	321	2334	2671	3912	0,08	0,60	0,68	1
<b>RJ</b>	229	434	1968	2343	3431	0,13	0,57	0,68	1
<b>RF</b>	131	583	2108	2535	3526	0,16	0,60	0,71	1
<b>RS</b>	111	454	2140	2397	3395	0,13	0,63	0,71	1
<b>AG</b>	158	325	2482	2952	3883	0,08	0,64	0,76	1
<b>Md</b>	157,89	423,40	2203,34	2579,63	3629,37	0,12	0,61	0,71	1
<b>DP</b>	44,56	107,87	202,07	244,36	249,63				
<b>Var</b>	1985,87	11634,38	40830,93	59714,40	62317,36				
<b>CV</b>	28,22%	25,48%	9,17%	9,47%	6,79%				

**Tabela 20**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto átono [Hz].

Inform.	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
<b>JF</b>	186	1411	0,05	0,36
<b>RJ</b>	240	884	0,06	0,26
<b>RF</b>	263	1282	0,06	0,31
<b>RS</b>	228	853	0,07	0,22
<b>AG</b>		1347		0,35
<b>Md</b>	229,33	1155,63	0,06	0,30
<b>DP</b>	32,36	266,45		
<b>Var</b>	1047,20	70994,18		
<b>CV</b>	14,11%	23,06%		

**Tabela 21**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [t] em contexto átono [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
<b>JF</b>	147	474	2421	2827	3553	0,13	0,68	0,80	1
<b>RJ</b>	199	614	2091	2553	3504	0,17	0,60	0,73	1
<b>RF</b>	140	658	1706	2567	3591	0,18	0,47	0,71	1
<b>RS</b>	113	419	2082	2498	3563	0,12	0,58	0,70	1
<b>AG</b>	130	538	1691	2454	3744	0,14	0,45	0,66	1
<b>Md</b>	145,97	540,66	1998,29	2579,74	3590,86	0,15	0,56	0,72	1
<b>DP</b>	32,51	97,81	305,90	145,40	90,97				
<b>Var</b>	1056,77	9566,37	93576,70	21141,01	8275,44				
<b>CV</b>	22,27%	18,09%	15,31%	5,64%	2,53%				

**Tabela 22**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [t] em contexto átono [Hz].

Inform.	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
<b>JF</b>	296	1221	0,05	0,34
<b>RJ</b>	210	1004	0,06	0,29
<b>RF</b>	277	1077	0,08	0,30
<b>RS</b>	195	762	0,05	0,21
<b>AG</b>	215	873	0,06	0,23
<b>Md</b>	238,40	987,34	0,05	0,28
<b>DP</b>	44,85	178,05		
<b>Var</b>	2011,29	31700,68		
<b>CV</b>	18,81%	18,03%		

**Tabela 23**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [k] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
<b>JF</b>	171	346	2185	2660	3328	0,10	0,66	0,80	1
<b>RJ</b>	224	554	2167	2628	3555	0,16	0,61	0,74	1
<b>RF</b>	128	254	2396	2737	3664	0,07	0,65	0,75	1
<b>RS</b>	110	413	2088	2630	3389	0,12	0,61	0,78	1
<b>AG</b>	111	518	2031	2859	3579	0,15	0,57	0,80	1
<b>Md</b>	148,83	417,14	2173,40	2702,74	3502,82	0,12	0,62	0,77	1
<b>DP</b>	48,84	122,74	138,96	97,65	139,85				
<b>Var</b>	2385,37	15064,15	19310,77	9535,95	19557,11				
<b>CV</b>	32,82%	29,42%	6,39%	3,61%	3,99%				

**Tabela 24**

Frequência dos formantes nasais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante oclusiva bilabial [k] em contexto átono [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF		1345		0,40
RJ	235	1210	0,06	0,34
RF		1285		0,35
RS	218	1028	0,05	0,30
AG	234	1503	0,06	0,42
Md	228,78	1274,30	0,06	0,36
DP	9,63	174,82		
Var	92,70	30563,61		
CV	4,21%	13,72%		

**Tabela 25**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante bilabial [p] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	39,26	-9,10	-8,70	-15,55	17,18	-22,01
RJ	54,47	-15,66	-23,37	-35,07		
RF	48,36	-16,08	-17,85	-26,05	9,47	-21,65
RS	54,11	-18,66	-22,16	-22,61	-4,49	-35,80
AG	55,49	-19,60	-24,58	-21,44	7,29	-30,56
Md	50,34	-15,82	-19,33	-24,14	7,36	-27,50
DP	6,79	4,11	6,46	7,18	8,97	6,89
Var	46,14	16,92	41,76	51,63	80,44	47,51
CV	13,49%	25,98%	33,42%	29,74%	-	25,05%

**Tabela 26**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante bilabial [t] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	34,66	-7,38	-8,90	-20,71	16,06	-23,01
RJ	60,55	-18,76	-23,51	-32,27		-41,77
RF	47,66	-17,49	-18,68	-32,35	11,80	-23,09
RS	54,54	-14,96	-16,10	-26,43	12,35	-52,78
AG	53,20	-16,06	-25,73	-20,03	6,36	-15,02
Md	50,12	-14,93	-18,58	-26,36	11,64	-31,13
DP	9,78	4,46	6,62	5,97	4,0	15,59
Var	95,68	19,86	43,84	35,70	15,98	243,02
CV	19,51%	29,87%	35,63%	22,65%	34,36%	50,08%

**Tabela 27**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante bilabial [k] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
<b>JF</b>	52,36	-29,96	-25,86	-36,30	-27,10	-40,25
<b>RJ</b>	61,29	-22,05	-30,88	-40,55	2,72	-37,82
<b>RF</b>	52,36	-23,35	-26,47	-36,90	7,58	-32,23
<b>RS</b>	50,05	-34,24	-31,06	-38,77	28,59	-15,54
<b>AG</b>	43,51	-16,59	-22	-21,40		-19,27
<b>Md</b>	51,91	-25,24	-27,25	-34,78	2,95	-29,02
<b>DP</b>	6,37	6,92	3,80	7,66	22,96	11,07
<b>Var</b>	40,61	47,96	14,43	58,75	527,30	122,64
<b>CV</b>	12,27%	27,42%	13,94%	22,02%	-	38,15%

**Tabela 28**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante bilabial [p] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
<b>JF</b>	47,58	-31,72	-25,57	-38,90	9,52	-36,20
<b>RJ</b>	49,23	-11,78	-16,97	-27,82	5,79	-27,76
<b>RF</b>	40,57	-10,73	-13,45	-14,46	18,60	-10,83
<b>RS</b>	43,26	-11,69	-11,93	-22,88	11,45	-15,60
<b>AG</b>	49,21	-28,81	-32,63	-41,24		-37,52
<b>Md</b>	45,97	-18,94	-20,11	-29,06	11,34	-25,58
<b>DP</b>	3,88	10,39	8,77	11,16	5,38	12,01
<b>Var</b>	15,07	107,98	76,93	124,52	28,94	144,25
<b>CV</b>	8,44%	54,85%	43,61%	38,40%	47,44%	46095%

**Tabela 29**

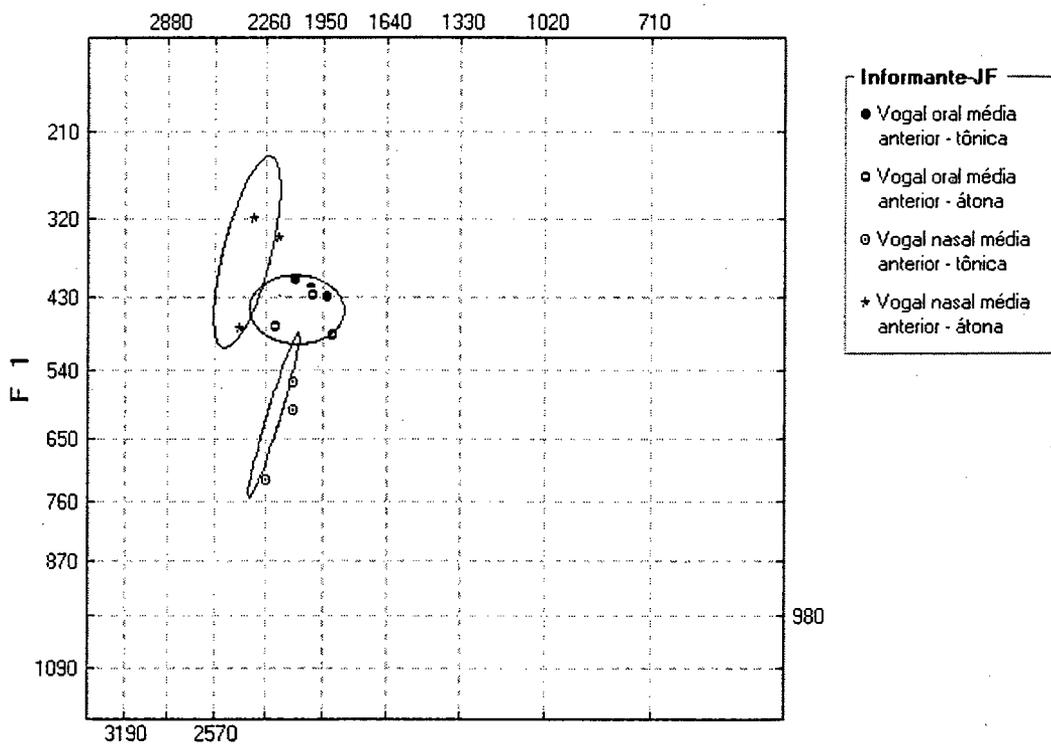
Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante bilabial [t] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
<b>JF</b>	51,74	-32,29	-22,47	-38,23	-23,27	-34,86
<b>RJ</b>	45,20	-7,68	-13,28	-16,50	10,05	-17,45
<b>RF</b>	37,89	-7,12	-12,80	-30,00	16,91	-12,25
<b>RS</b>	55,79	-19,56	-21,51	-34,74	5,68	-21,03
<b>AG</b>	38,52	-14,75	-25,23	-25,91	12,76	-19,39
<b>Md</b>	45,83	-16,28	-19,06	-29,07	4,43	-20,99
<b>DP</b>	7,92	10,33	5,66	8,44	16,01	8,42
<b>Var</b>	62,75	106,81	32,09	71,19	256,38	70,95
<b>CV</b>	17,28%	63,57%	29,69%	29,03%	-	40,11%

Tabela 30

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média [ẽ] diante da consoante bilabial [k] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	46,02	-34,64	-24,58	-31,24		-38,04
RJ	44,75	-11,55	-15,20	-22,49	9,77	-26,91
RF	53,55	-31,48	-31,63	-44,16		-31,80
RS	42,89	-21,09	-22,60	-30,19	10,81	-23,13
AG	39,29	-17,91	-24,41	-33,20	23,97	
Md	45,30	-23,33	-23,68	-32,26	14,85	-29,97
DP	5,26	9,58	5,86	7,80	7,91	6,45
Var	27,71	91,87	34,39	60,86	62,65	41,56
CV	11,61%	41,06%	27,74%	24,18%	53,26%	21,52%



F 2

Figura 1 Média das frequências dos formantes da vogal média anterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante JF

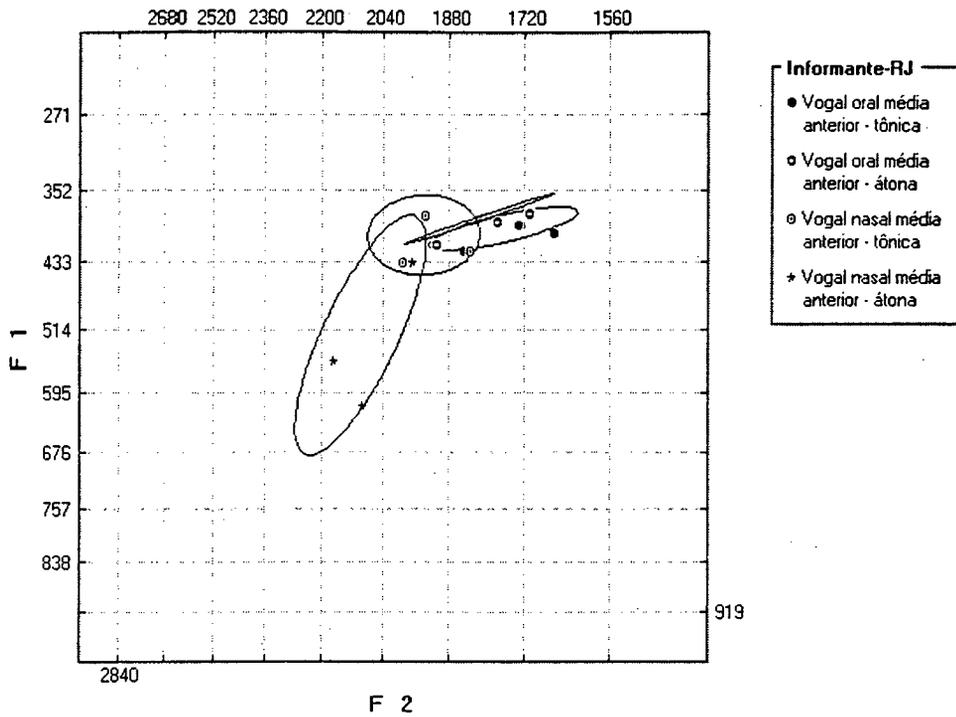


Figura 2 Média das freqüências dos formantes da vogal média anterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante RJ

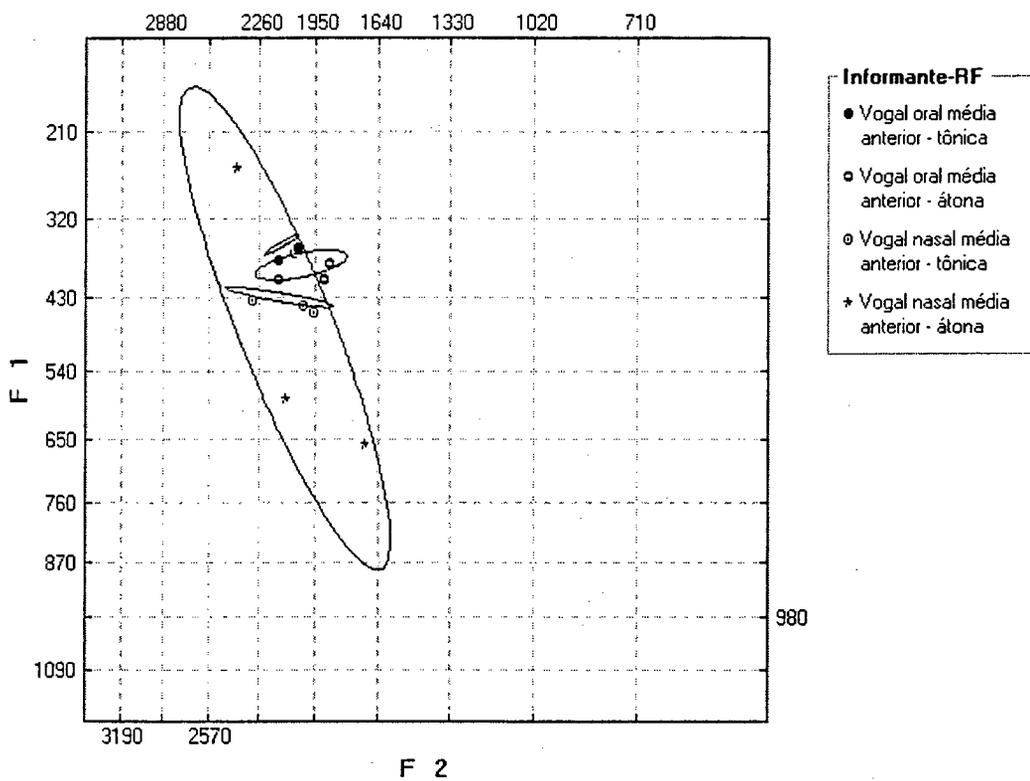


Figura 3 Média das freqüências dos formantes da vogal média anterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante RF

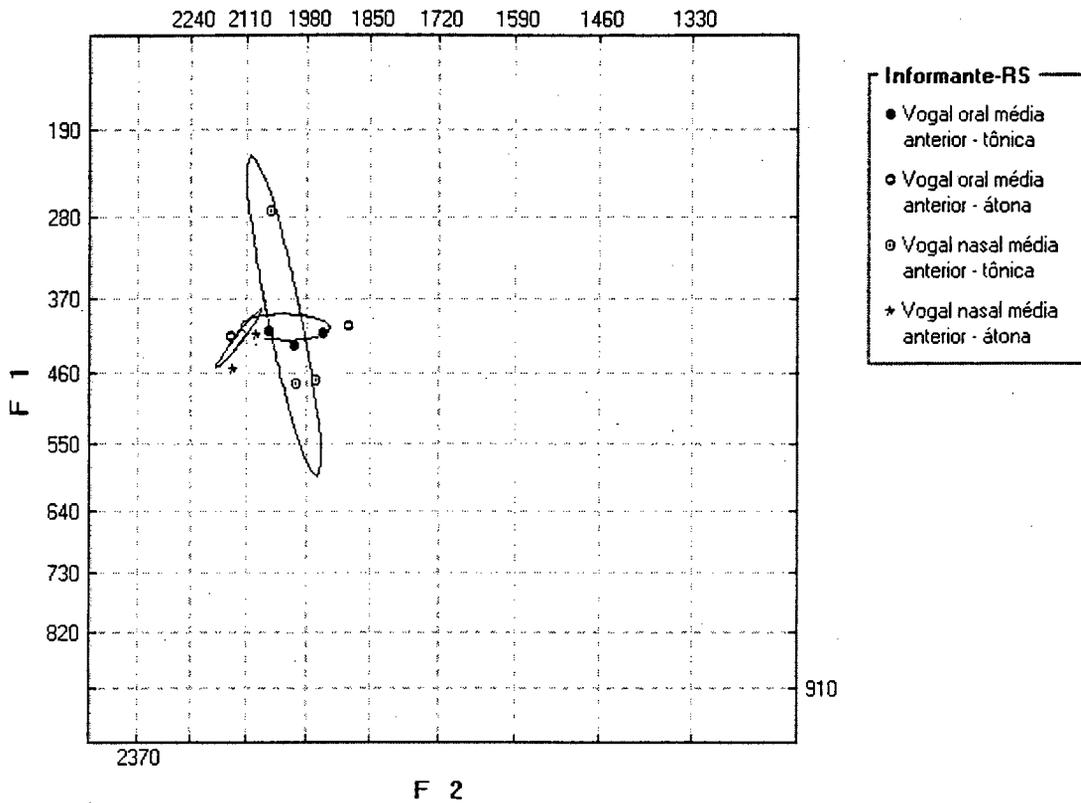


Figura 4 Média das freqüências dos formantes da vogal média anterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante RS

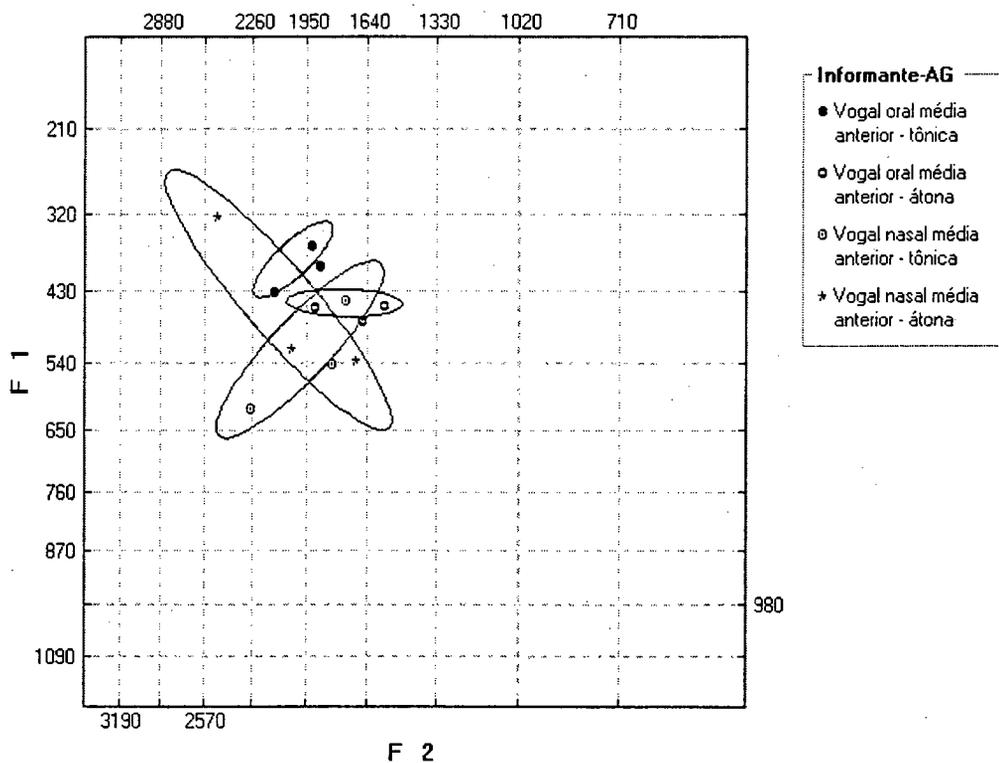


Figura 5 Média das freqüências dos formantes da vogal média anterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante AG.

# ANEXO 3

## Vogal [i]

**Tabela 1**

Frequência dos formantes (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal alta oral [i] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	142	288	2212	2613	3278	0,09	0,67	0,80	1
RJ	169	224	1703	2525	3447	0,07	0,49	0,73	1
RF	121	250	2248	2796	3506	0,07	0,64	0,80	1
RS	121	285	1970	2352	3448	0,08	0,57	0,68	1
AG	119	292	2101	2697	3741	0,08	0,56	0,72	1
Md	134,20	267,77	2046,66	2596,49	3484,20	0,08	0,59	0,74	1
DP	21,47	29,41	220,60	169,31	167,18				
Var	461,05	864,91	48664,24	28667,21	27949,30				
CV	15,99%	10,98%	10,78%	6,52%	4,80%				

**Tabela 2**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais e normalizados) da vogal alta oral [i] diante da consoante oclusiva dental-alveolar surda [t] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	108	221	2323	2805	3464	0,06	0,67	0,81	1
RJ	221	248	1859	2614	3448	0,07	0,54	0,76	1
RF	112	239	2265	2926	3863	0,06	0,59	0,76	1
RS	142	286	2150	2724	3404	0,08	0,63	0,80	1
AG	154	319	2249	2640	3459	0,09	0,65	0,76	1
Md	147,46	262,49	2169,14	2741,86	3527,74	0,06	0,54	0,76	1
DP	45,70	39,24	184,02	127,30	188,96				
Var	2088,63	1540,05	33862,17	16204,53	35707,71				
CV	30,99%	14,95%	8,48%	4,64%	5,36%				

**Tabela 3**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal alta oral [i] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	108	225	2223	2786	3457	0,06	0,64	0,81	1
RJ	199	224	1944	2851	3477	0,06	0,56	0,82	1
RF	106	268	2370	2965	3670	0,07	0,65	0,81	1
RS	135	272	2289	2608	3386	0,08	0,68	0,77	1
AG	146	305	2316	3303	4049	0,07	0,57	0,82	1
Md	138,77	259	2228,54	2902,60	3608,11	0,07	0,62	0,80	1
DP	37,75	34,43	167,50	258,29	268,22				
Var	1425,32	1185,37	28056,53	66712,92	71943,10				
CV	27,20	13,29%	7,52%	8,90%	7,43%				

**Tabela 4**

Frequência dos formantes (valores frequenciais normalizados) da vogal alta oral [i] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	165	341	2261	3134	3883	0,09	0,58	0,81	1
RJ	240	252	1877	2535	3739	0,07	0,50	0,68	1
RF	132	270	2185	2613	3380	0,08	0,65	0,77	1
RS	102	217	1899	2343	3365	0,06	0,56	0,70	1
AG	120	295	1830	2331	3552	0,08	0,52	0,66	1
Md	152	275	2010,46	2591,20	3583,80	0,08	0,60	0,76	1
DP	54,42	46,49	197,33	327,13	226,02				
Var	2961,30	2161,40	38937,60	107012,80	51086,90				
CV	35,80%	16,90%	9,81%	12,62%	6,31%				

**Tabela 5**

Frequência dos formantes (valores frequenciais normalizados) da vogal alta oral [i] diante da consoante oclusiva dental-alveolar surda [t] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	151	290	2332	2894	3424	0,08	0,68	0,85	1
RJ	213	230	1975	2849	3615	0,06	0,55	0,79	1
RF	138	283	2238	2917	3369	0,08	0,67	0,87	1
RS	107	226	2104	2721	3597	0,06	0,58	0,76	1
AG	113	294	1893	2518	3841	0,08	0,49	0,66	1
Md	144,21	264,57	2108,29	2779,60	3569,40	0,07	0,59	0,78	1
DP	42,38	33,71	180,98	165,00	185,75				
Var	1795,92	1136,38	32753,06	27226,51	34502,72				
CV	29,39%	12,74%	8,58%	5,94%	5,20%				

**Tabela 6**

Frequência dos formantes (valores frequenciais normalizados) da vogal alta oral [i] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	171	336	2404	2837	3458	0,10	0,70	0,82	1
RJ	238	265	2017	2959	3626	0,07	0,56	0,82	1
RF	150	310	2380	2985	3333	0,09	0,72	0,90	1
RS	112	222	2238	2664	3487	0,06	0,64	0,76	1
AG	129	241	2063	2449	3826	0,06	0,54	0,64	1
Md	159,95	274,89	2220,43	2778,80	3545,83	0,07	0,63	0,79	1
DP	49,22	47,51	177,35	223,98	188,02				
Var	2422,48	2257,57	31451,60	50169,11	35350,41				
CV	30,77%	17,28%	7,99%	8,06%	5,30%				

**Tabela 7**

Amplitude relativa dos formantes da vogal oral alta [i] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4
<b>JF</b>	68,38	-24,86	-27,21	-35,21
<b>RJ</b>	47,18	-28,05	-37,14	-44,60
<b>RF</b>	62,05	-26,29	-30,08	-36,16
<b>RS</b>	48,70	-18,87	-22,51	-23,49
<b>AG</b>	52,91	-19,52	-24,47	-25,57
<b>Md</b>	55,84	-23,52	-28,28	-33,01
<b>DP</b>	9,09	4,11	5,72	8,59
<b>Var</b>	82,60	16,91	32,68	73,72
<b>CV</b>	16,27%	17,47%	20,23%	26,02%

**Tabela 8**

Amplitude relativa dos formantes da vogal oral alta [i] diante da consoante oclusiva dental-alveolar surda [t] em contexto tônico [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4
<b>JF</b>	60,46	-30,90	-31,26	-32,03
<b>RJ</b>	52,05	-20,76	-26,20	-23,67
<b>RF</b>	53,47	-27,44	-30,81	-39,55
<b>RS</b>	53,80	-26,41	-29,37	-21,42
<b>AG</b>	55,20	-29,82	-32,72	-29,96
<b>Md</b>	56,99	-27,07	-30,07	-29,33
<b>DP</b>	4,79	3,96	2,47	7,19
<b>Var</b>	22,97	15,66	6,11	51,70
<b>CV</b>	8,40%	14,63%	8,21%	24,51%

**Tabela 9**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral alta [i] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto tônico [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4
<b>JF</b>	61,50	-26,40	-30,78	-5,86
<b>RJ</b>	50,54	-25,42	29,44	-6,00
<b>RF</b>	56,15	-24,46	-26,77	-8,05
<b>RS</b>	48,38	-20,19	-26,17	-6,57
<b>AG</b>	51,90	-23,56	-30,34	-8,95
<b>Md</b>	53,69	-24,01	-28,70	-7,08
<b>DP</b>	5,20	2,38	2,10	1,36
<b>Var</b>	27,09	5,68	4,42	1,84
<b>CV</b>	9,68%	9,91%	7,32%	19,21%

**Tabela 10**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral alta [i] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto átono [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4
<b>JF</b>	46,05	-17,50	-31,73	-30,89
<b>RJ</b>	59,47	-21,66	-33,37	-41,09
<b>RF</b>	57,96	-31,55	-36,53	-37,07
<b>RS</b>	50,62	-30,46	-29,06	-39,09
<b>AG</b>	39,97	-21,92	-25,77	-35,15
<b>Md</b>	50,81	-24,62	-31,29	-36,66
<b>DP</b>	8,16	6,10	4,11	3,91
<b>Var</b>	66,54	37,26	16,86	15,32
<b>CV</b>	16,06%	24,78%	13,13%	10,67%

**Tabela 11**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral alta [i] diante da consoante oclusiva dental alveolar surda [t] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4
<b>JF</b>	49,90	-26,43	-27,42	-30,89
<b>RJ</b>	53,41	-24,24	-28,30	-25,18
<b>RF</b>	53,26	-29,10	-29,81	-36,72
<b>RS</b>	47,98	-20,94	-24,27	-27,69
<b>AG</b>	42,57	-28,72	-30,67	-29,46
<b>Md</b>	49,42	-25,89	-28,09	-29,99
<b>DP</b>	4,47	3,39	2,48	4,32
<b>Var</b>	19,97	11,47	6,17	18,70
<b>CV</b>	9,04%	13,09%	8,86%	14,40%

**Tabela 12**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral alta [i] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4
<b>JF</b>	48,25	-19,43	-21,21	-28,29
<b>RJ</b>	54,73	-24,61	-31,50	-34,24
<b>RF</b>	49,73	-26,36	-29,62	-30,80
<b>RS</b>	50,05	-20,03	-25,69	-33,30
<b>AG</b>	47,63	-21,49	-24,45	-27,15
<b>Md</b>	50,07	-22,38	-26,49	-30,76
<b>DP</b>	2,79	2,99	4,11	3,07
<b>Var</b>	7,77	8,96	16,88	9,42
<b>CV</b>	5,57%	13,36%	15,51%	9,98%

**Tabela 13**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta [ĩ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto tônico [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	108	228	2487	3094	3823	0,06	0,65	0,81	1
RJ	188	358	2139	3107	3751	0,10	0,57	0,83	1
RF	115	240	2555	2833	3353	0,07	0,76	0,85	1
RS	144	293	2251	2758	3597	0,08	0,63	0,77	1
AG	146	303	2153	2476	3680	0,08	0,59	0,67	1
Md	139,91	284,37	2317,17	2853,69	3640,97	0,08	0,64	0,78	1
DP	31,55	52,63	192,38	261,76	181,39				
Var	995,36	2769,97	37011,32	68520,13	32902,44				
CV	22,55%	18,51%	8,30%	9,17%	4,98%				

**Tabela 14**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta [ĩ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto tônico [Hz].

Inform.	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF		1294		0.34
RJ		810		0.22
RF		1251		0.37
RS		760		0.21
AG		890		0.24
Md		1001,03		0.28
DP		252,54		
Var		63775,27		
CV		25,23%		

**Tabela 15**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta [ĩ] diante da consoante oclusiva dental-alveolar [t] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	109	232	2562	3125	3841	0,06	0,67	0,81	1
RJ	240	254	2193	2782	3479	0,07	0,63	0,80	1
RF	106	266	2583	2928	3356	0,08	0,77	0,87	1
RS	160	316	2284	2796	3909	0,08	0,58	0,72	1
AG	153	315	2068	2532	3731	0,08	0,55	0,68	1
Md	153,37	276,57	2338,11	2832,60	3663,43	0,08	0,64	0,78	1
DP	54,29	37,50	227,59	217,48	237,31				
Var	2947,27	1406,60	51795,82	47295,97	56316,61				
CV	35,39%	13,56%	9,73%	7,68%	6,48%				

**Tabela 16**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta [ɪ] diante da consoante oclusiva dental-alveolar [t] em contexto tônico [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF		1250		0,32
RJ		733		0,21
RF		1132		0,34
RS		793		0,20
AG		679		0,18
Md		917,34		0,25
DP		256,34		
Var		65712,27		
CV		27,94%		

**Tabela 17**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta [ɪ] diante da consoante oclusiva velar [k] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	114	237	2613	3312	3834	0,06	0,68	0,86	1
RJ	219	230	2193	2656	3308	0,07	0,66	0,80	1
RF	109	241	2630	2901	3473	0,07	0,76	0,84	1
RS	159	329	2478	2922	3554	0,09	0,70	0,82	1
AG	154	320	2246	2544	3600	0,09	0,62	0,60	1
Md	150,97	271,31	2431,97	2866,97	3553,83	0,08	0,68	0,79	1
DP	44,20	48,69	203,90	296,40	192,30				
Var	1953,39	2370,48	41573,12	87850,89	36981,10				
CV	29,28%	17,94%	8,38%	10,34%	5,41%				

**Tabela 18**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta [ɪ] diante da consoante oclusiva velar [k] em contexto tônico [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF		1250		0,33
RJ		664		0,20
RF		1245		0,36
RS		927		0,26
AG		703		0,19
Md		957,80		0,27
DP		282,90		
Var		80030,75		
CV		29,54%		

**Tabela 19**

Frequência dos formantes orais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal alta [ɨ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto átono [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	178	356	2070	2813	3790	0,09	0,55	0,74	1
RJ	243	258	2195	2682	3492	0,07	0,63	0,77	1
RF	140	292	2489	2821	3300	0,09	0,75	0,85	1
RS	108	222	2168	2853	3408	0,06	0,64	0,71	1
AG		281	1828	2759	3554	0,08	0,51	0,78	1
Md	167,18	281,97	2149,86	2785,60	3508,89	0,08	0,62	0,77	1
DP	58,27	49,52	238,35	67,22	183,73				
Var	3395,75	2452,17	56809,05	4519,00	33755,13				
CV	34,85%	17,56%	11,09%	2,41%	5,24%				

**Tabela 20**

Frequência dos formantes nasais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal alta [ɨ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto átono [Hz].

Inform.	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF		1430		0,26
RJ		747		0,21
RF		1109		0,34
RS		910		0,27
AG		991		0,28
Md		1037,41		0,26
DP		256,12		
Var		65597,11		
CV		26,69		

**Tabela 21**

Frequência dos formantes orais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal alta [ɨ] diante da consoante oclusiva dental-alveolar [t] em contexto átono [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	155	294	2171	2711	3484	0,08	0,62	0,78	1
RJ	222	237	2204	3150	3734	0,06	0,59	0,84	1
RF	148	310	2507	2930	3298	0,09	0,76	0,89	1
RS	97	212	2014	2504	3699	0,06	0,55	0,68	1
AG	110	229	1908	2450	3883	0,06	0,49	0,63	1
Md	146,40	256,37	2161,03	2749	3619,74	0,07	0,60	0,76	1
DP	48,93	42,97	227,39	293,20	229,39				
Var	2394,40	1846,54	51704,54	85963,78	52620,06				
CV	33,42%	16,76%	10,52%	10,67%	6,34%				

**Tabela 22**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais e normalizados) da vogal nasal alta [ĩ] diante da consoante oclusiva dental-alveolar [t] em contexto átono [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF		907		0,23
RJ		745		0,20
RF		1145		0,30
RS		797		0,22
AG		933		0,24
Md		905,59		0,24
DP		154,57		
Var		23892,70		
CV		17,07%		

**Tabela 23**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta [ĩ] diante da consoante oclusiva velar [k] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	148	336	2179	2637	3682	0,09	0,59	0,72	1
RJ	229	234	2117	2345	3655	0,06	0,58	0,64	1
RF	136	290	2560	2970	3398	0,09	0,75	0,87	1
RS	111	230	2236	2948	3418	0,07	0,65	0,86	1
AG	108	236	2086	2698	3826	0,06	0,55	0,70	1
Md	146,34	265,31	2234,94	2719,66	3595,68	0,07	0,63	0,76	1
DP	49,05	46,71	190,56	256,06	183,64				
Var	2406,30	2181,80	36312,40	65568,50	33722,60				
CV	33,52%	17,61%	8,53%	9,41%	5,11%				

**Tabela 24**

Formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta [ĩ] diante da consoante oclusiva velar [k] em contexto átono [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF		1577		0,18
RJ		806		0,22
RF		1108		0,34
RS				
AG		875		0,23
Md		1091,57		0,24
DP		348,38		
Var		121371,90		
CV		31,19%		

**Tabela 25**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta [ɨ] diante da consoante bilabial [p] em contexto tônico [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	62,07	-32,77	-36,03	-45,77		-43,26
RJ	37,66	-18,36	-23,40	-25,42		-18,98
RF	58,10	-34,07	-31,47	-38,02		-38,40
RS	60,34	-21,43	-26,07	-25,65		-25,34
AG	53,23	-34,78	-34,89	-34,93		-28,61
Md	54,28	-28,28	-30,37	-33,96		-30,92
DP	9,87	7,77	5,50	8,64		9,84
Var	97,35	60,32	30,21	74,91		96,83
CV	18,18%	27,47%	18,11%	25,44%		31,82%

**Tabela 26**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta [ɨ] diante da consoante dental-alveolar [t] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	57,34	-32,66	-38,12	-46,04		-39,19
RJ	62,90	-41,11	-49,65	-52,81		-19,54
RF	54,38	-31,16	-30,51	-33,96		-35,45
RS	49,38	-28,01	-31,30	-40,16		-20,72
AG	54,71	-38,33	-39,13	-41,04		-17,43
Md	55,74	-34,25	-37,74	-42,80		-26,47
DP	4,93	5,36	7,71	7,05		10,07
Var	24,29	28,68	59,39	49,73		101,33
CV	8,84%	15,65%	20,43%	16,47%		38,04%

**Tabela 27**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta [ɨ] diante da consoante velar [k] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	59,59	-34,95	-36,65	-43,53		-37,70
RJ	60,59	-34,25	-45,44	-47,42		-17,16
RF	56,76	-38,26	-32,29	-35,58		-37,90
RS	58,91	-29,64	-34,97	-39,08		-22,27
AG	52,17	-32,06	-36,63	-44,38		-16,10
Md	57,60	-33,83	-37,20	-42,00		-26,23
DP	3,35	3,23	4,94	4,67		10,82
Var	11,21	10,43	24,42	21,77		117,06
CV	5,82%	9,55%	13,28%	11,12%		41,25%

**Tabela 28**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta [ɪ] diante da consoante bilabial [p] em contexto átono [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	45,38	-39,94	-35,20	-36,79		-40,21
RJ	58,53	-29,60	-44,81	-42,40		-18,94
RF	51,04	-24,45	-32,74	-32,34		-30,26
RS	55,97	-31,28	-43,05	-41,42		-29,45
AG	48,75	-35,47	-38,71	-42,95		-26,86
Md	51,93	-32,15	-38,90	-39,18		-29,14
DP	5,33	5,88	5,09	4,53		7,63
Var	28,42	34,57	25,95	20,51		58,26
CV	10,27%	18,29%	13,08%	11,56%		26,18%

**Tabela 29**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta [ɪ] diante da consoante dental-alveolar [t] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	49,91	-32,07	-32,87	-40,55		-27,61
RJ	65,02	-31,42	-44,24	-41,24		-25,93
RF	52,32	-33,24	-30,80	-35,40		-35,53
RS	54,94	-36,41	-33,98	-41,33		-31,04
AG	57,61	-39,24	-42,13	-41,25		-39,01
Md	55,96	-34,48	-36,80	-39,95		-31,83
DP	5,82	3,28	5,99	2,57		5,44
Var	33,92	10,77	35,82	6,59		29,61
CV	10,40%	9,51%	16,28%	6,43%		17,09%

**Tabela 30**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta [ɪ] diante da consoante velar [k] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	54,12	-36,85	-34,73	-41,39		-39,10
RJ	55,78	-33,20	-33,76	-48,12		-23,71
RF	50,41	-28,43	-33,18	-41,17		-31,94
RS	48,88	-30,46	-32,31	-31,90		
AG	53,09	-32,96	-38,74	-42,21		-29,79
Md	52,46	-32,38	-34,54	-40,95		-31,13
DP	2,79	3,18	2,51	5,81		6,35
Var	7,79	10,09	6,28	33,79		40,32
CV	5,32%	9,82%	7,27%	14,19%		20,40%

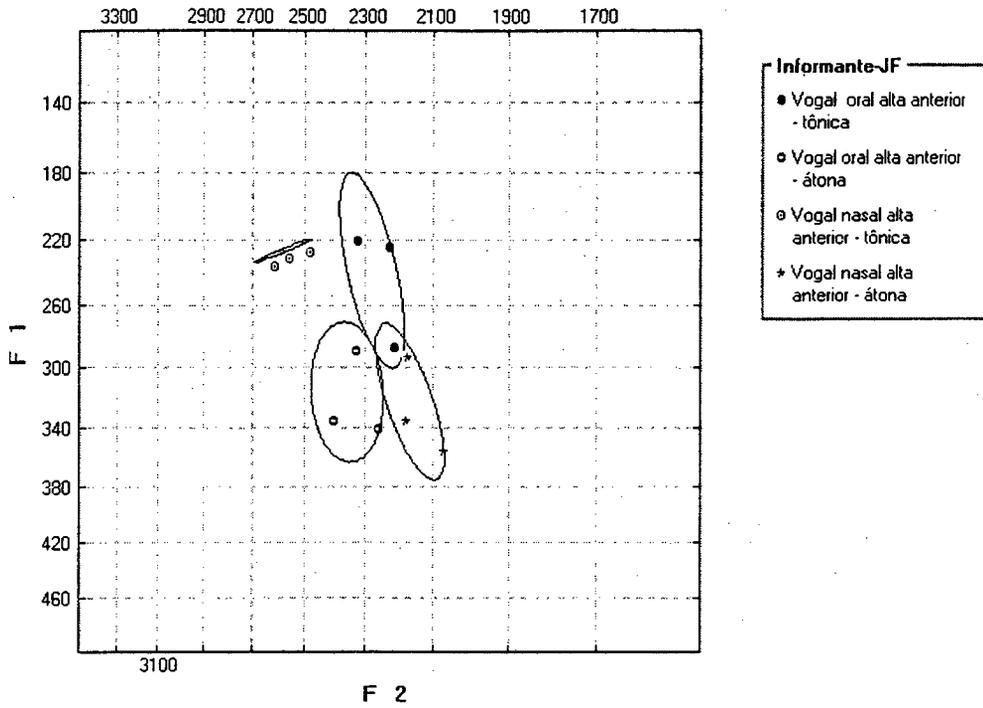


Figura 1 Média das freqüências dos formantes da vogal alta anterior oral e nasal em contextoônico e átono do informante JF.

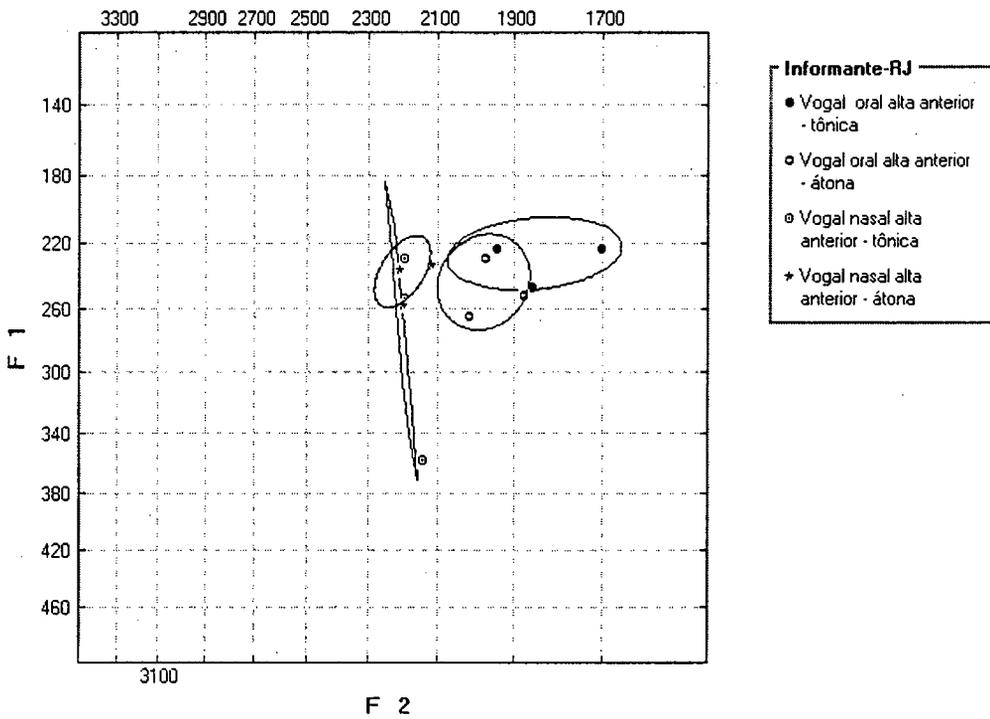


Figura 2 Média das freqüências dos formantes da vogal alta anterior oral e nasal em contextoônico e átono do informante RJ.

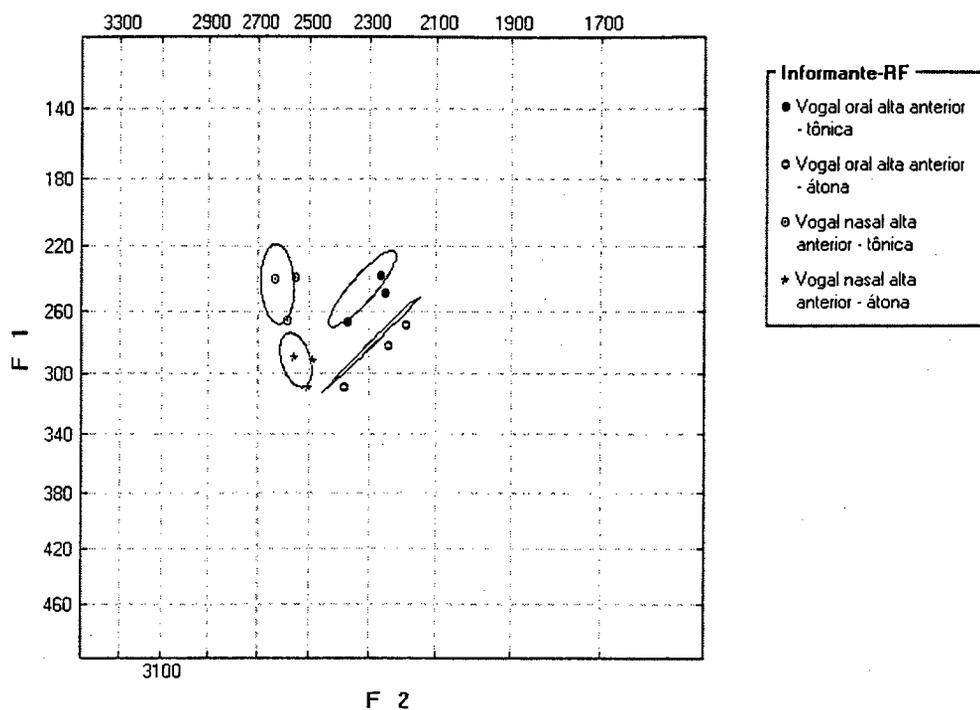


Figura 3 Média das freqüências dos formantes da vogal alta anterior oral e nasal em contextoônico e átono do informante RF.

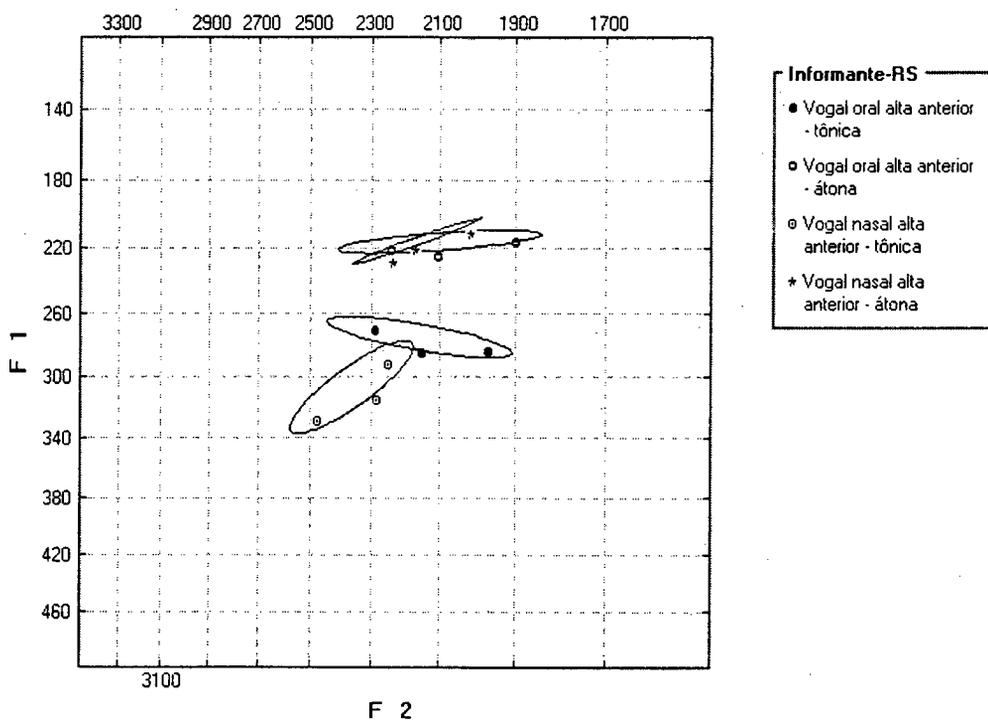


Figura 4 Média das freqüências dos formantes da vogal alta anterior oral e nasal em contextoônico e átono do informante RS.

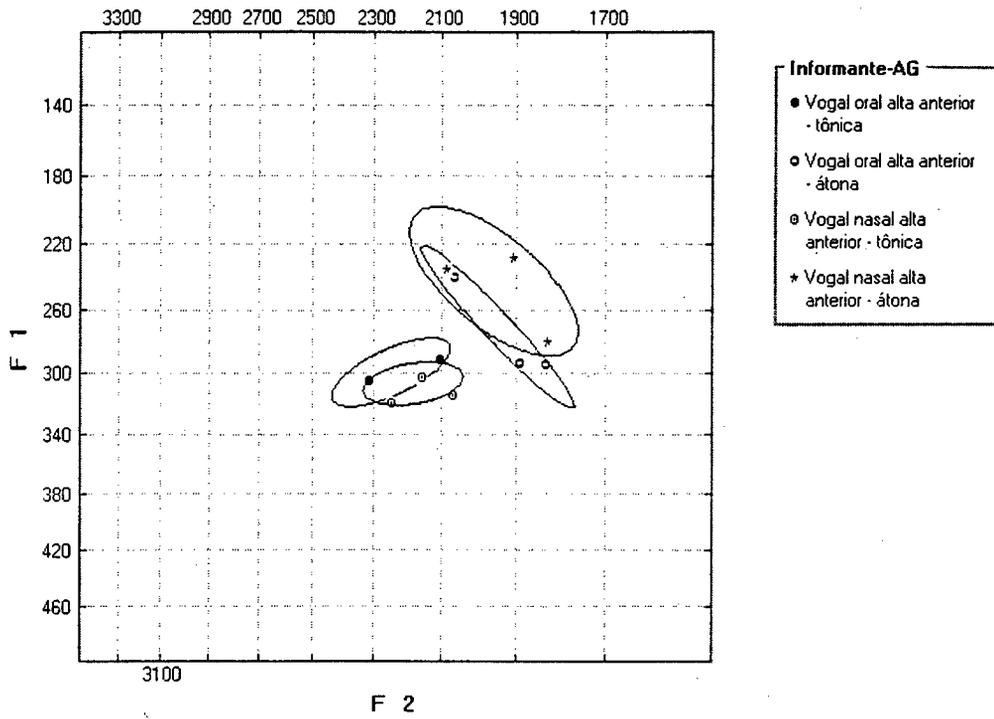


Figura 5 Média das freqüências dos formantes da vogal alta anterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante AG.

# ANEXO 4

## Vogal [o]

**Tabela 1**

Frequência dos formantes (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal oral média posterior [o] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto tônico [Hz]

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	105	425	804	2425	3003	0,14	0,27	0,81	1
RJ	188	387	817	2309	3083	0,13	0,26	0,75	1
RF	110	436	746	2540	3464	0,13	0,22	0,73	1
RS	129	441	804	2502	3360	0,13	0,24	0,74	1
AG	137	421	775	2229	3251	0,13	0,24	0,69	1
Md	133,65	421,91	789,46	2401,06	3232,34	0,13	0,24	0,74	1
DP	33,34	21,06	28,52	130,22	190,61				
Var	1111,85	443,75	813,41	16956,77	36332,44				
CV	24,95%	4,99%	3,61%	5,42%	5,90%				

**Tabela 2**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal oral média posterior [o] diante da consoante oclusiva dental-alveolar surda [t] em contexto tônico [Hz]

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	106	409	946	2538	3174	0,13	0,30	0,80	1
RJ	202	418	1219	2403	3566	0,12	0,34	0,67	1
RF	105	427	917	2604	3486	0,12	0,26	0,75	1
RS	131	485	1050	2500	3495	0,14	0,30	0,71	1
AG	140	407	1098	2314	3580	0,11	0,31	0,65	1
Md	136,80	429,46	1046	2471,69	3460,34	0,12	0,30	0,72	1
DP	39,77	31,12	121,54	114,40	165,37				
Var	1581,31	1031,59	14772,58	13086,98	27346,86				
CV	29,07%	7,25%	11,62%	4,63%	4,78%				

**Tabela 3**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal oral média posterior [o] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto tônico [Hz]

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	102	398	782	2438	3216	0,12	0,24	0,76	1
RJ	223	452	871	2216	3526	0,13	0,25	0,63	1
RF	103	414	720	2476	3613	0,11	0,20	0,69	1
RS	124	445	834	2431	3312	0,13	0,25	0,74	1
AG	144	438	769	2229	3553	0,12	0,22	0,63	1
Md	139,23	429,54	795,03	2358,14	3443,97	0,12	0,23	0,69	1
DP	49,91	22,55	58,64	124,74	170,68				
Var	2490,61	508,60	3438,33	15559,76	29131,17				
CV	35,85%	5,25%	7,38%	5,29%	4,96%				

**Tabela 4**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais e normalizados) da vogal oral média posterior [o] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto átono [Hz]

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	154	474	762	2582	3194	0,15	0,24	0,81	1
RJ	242	425	857	2238	3589	0,12	0,24	0,62	1
RF	116	438	817	2423	3511	0,12	0,23	0,69	1
RS	99	372	740	2401	3347	0,11	0,22	0,72	1
AG	111	478	824	2134	3336	0,14	0,25	0,64	1
Md	144,40	437,54	800,20	2355,60	3395,09	0,13	0,24	0,70	1
DP	58,30	43,22	47,84	173,63	155,91				
Var	3399,51	1868,07	288,84	30146,83	24307,07				
CV	40,37%	9,88%	5,98%	7,37%	4,59%				

**Tabela 5**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais e normalizados) da vogal oral média posterior [o] diante da consoante oclusiva dental-alveolar surda [t] em contexto átono [Hz]

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	140	445	1053	2551	3289	0,13	0,32	0,78	1
RJ	208	418	948	2409	3464	0,12	0,27	0,70	1
RF	141	418	1081	2651	3562	0,12	0,30	0,74	1
RS	103	437	947	2405	3290	0,13	0,29	0,73	1
AG	192	421	1097	2243	3283	0,16	0,33	0,68	1
Md	157,04	447,80	1025,20	2451,69	3377,71	0,13	0,30	0,73	1
DP	42,79	42,32	72,41	155,66	128,29				
Var	1831,16	1791,36	5243,78	24231,34	16457,				
CV	27,25%	9,45%	7,06%	6,35%	3,80%				

**Tabela 6**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais e normalizados) da vogal oral média posterior [o] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto átono [Hz]

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	141	459	908	2509	3232	0,14	0,28	0,78	1
RJ	188	387	842	2225	3451	0,11	0,24	0,64	1
RF	137	409	793	2405	3528	0,12	0,22	0,68	1
RS	99	430	791	2312	3636	0,12	0,22	0,64	1
AG	163	509	926	1981	3167	0,16	0,29	0,63	1
Md	145,69	438,89	852,09	2286,34	3402,77	0,13	0,25	0,67	1
DP	33,09	47,40	63,32	200,61	168,27				
Var	1094,80	2246,63	4009,86	40243,35	39309,76				
CV	22,71%	10,80%	7,43%	8,77%	4,94%				

**Tabela 7**

Amplitude relativa dos formantes da vogal oral média posterior [o] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto tônico [.dB]

Inform	A1	A2	A3	A4
JF	49,06	-11,49	-36,06	-38,18
RJ	59,20	-10,54	-36,06	-37,11
RF	60,88	-9,36	-40,22	-34,35
RS	58,54	-11,52	-41,06	-42,65
AG	53,30	-8,83	-40,89	-40,58
Md	56,19	-10,35	-38,86	-38,57
DP	4,89	1,22	2,57	3,19
Var	23,95	1,49	6,62	10,18
CV	8,70%	11,79%	6,61%	8,27%

**Tabela 8**

Amplitude relativa dos formantes da vogal oral média posterior [o] diante da consoante oclusiva dental-alveolar surda [t] em contexto tônico [.dB]

Inform	A1	A2	A3	A4
JF	53,48	-13,80	-33,58	-33,06
RJ	61,01	-17,52	-37,28	-32,65
RF	61,94	-15,37	-36,64	-30,09
RS	54,09	-6,80	-22,05	-21,49
AG	52,63	-12,61	-31,99	-27,44
Md	56,63	-13,22	-32,30	-28,95
DP	4,46	4,03	6,13	4,74
Var	19,94	16,26	37,60	22,43
CV	7,88%	30,48%	18,98%	16,37%

**Tabela 9**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral média posterior [o] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto tônico [.dB]

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	45,38	-4,86	-35,04	-31,21
RJ	62,79	-6,70	-38,70	-31,87
RF	63,96	-13,52	-46,11	-28,70
RS	56,97	-5,66	-36,05	-28,95
AG	48,30	-8,49	-42,36	-31,25
Md	55,48	-7,85	-39,65	-30,39
DP	8,38	3,45	4,59	1,46
Var	70,24	11,91	21,03	2,13
CV	15,10%	43,95%	11,58%	4,80%

**Tabela 10**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral média posterior [o] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto átono [.dB]

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	48,98	-10,78	-40,95	-43,20
RJ	64,84	-6,59	-39,55	-40,27
RF	53,88	-11,64	-38,69	-39,53
RS	48,19	-13,28	-40,93	-43,55
AG	44,39	-8,48	34,06	-40,43
Md	52,06	-10,25	-38,82	-41,40
DP	7,90	2,64	2,86	1,84
Var	62,49	6,97	8,17	3,38
CV	15,17%	25,76%	7,37%	4,44%

**Tabela 11**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral média posterior [o] diante da consoante oclusiva dental alveolar surda [t] em contexto átono [.dB]

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	53,05	-12,51	-31,51	-41,15
RJ	54,79	-14,24	-32,99	-35,02
RF	63,62	-18,37	-33,75	-29,95
RS	57,71	-15,47	-33,30	-39,45
AG	41,70	-14,70	-32,98	-38,34
Md	54,17	-15,06	-32,91	-36,78
DP	8,04	2,14	0,84	4,43
Var	64,72	4,60	0,71	19,60
CV	14,84%	14,21%	2,55%	12,04%

**Tabela 12**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral média posterior [o] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto átono [.dB]

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	46,85	-7,88	-33,80	-37,66
RJ	56,81	-11,20	-32,57	-32,79
RF	60,22	-13,55	-45,03	-43,64
RS	50,47	-8,20	-38,22	-43,37
AG	43,97	-5,90	-28,09	-38,25
Md	51,67	-9,34	-35,54	-39,14
DP	6,77	3,02	6,41	4,51
Var	45,86	9,10	41,15	20,37
CV	13,10%	32,33%	18,04%	11,52%

**Tabela 13**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto tônico [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	108	541	740	2533	3305	0,16	0,22	0,77	1
RJ	169	438	786	2682	3506	0,13	0,23	0,77	1
RF	114	478	877	2580	3309	0,14	0,27	0,78	1
RS	123	492	817	2686	3438	0,14	0,24	0,78	1
AG	132	543	804	2535	3294	0,16	0,24	0,77	1
Md	129,11	498,34	804,97	2603,31	3370,31	0,15	0,24	0,77	1
DP	24,33	44,16	49,97	76,05	96,18				
Var	592,20	1949,90	2497,30	5783,80	9250,90				
CV	18,84%	8,86%	6,21%	2,92%	2,85%				

**Tabela 14**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto tônico [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF	214	1358	0,06	0,41
RJ	186	2001	0,05	0,57
RF	234	1387	0,07	0,42
RS	248	2068	0,07	0,60
AG	265	2181	0,08	0,66
Md	229,57	1799,06	0,07	0,53
DP	30,71	394,45		
Var	943,40	155591,90		
CV	13,38%	21,92%		

**Tabela 15**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante oclusiva dental-alveolar [t] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	108	565	760	2655	3553	0,16	0,21	0,75	1
RJ	216	450	855	2673	3289	0,14	0,26	0,81	1
RF	96	410	671	3085	3664	0,11	0,18	0,84	1
RS	129	516	909	2852	3500	0,15	0,26	0,82	1
AG	139	534	844	2518	3334	0,16	0,25	0,76	1
Md	137,37	494,83	807,79	2756,69	3467,83	0,14	0,23	0,79	1
DP	46,95	63,65	93,09	218,76	155,46				
Var	2204,60	4051,20	8665,10	47857	24168,60				
CV	34,18%	12,86%	11,52%	7,94%	4,48%				

**Tabela 16**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante oclusiva dental-alveolar [t] em contexto tônico [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF	219	1279	0,06	0,36
RJ	230	1877	0,07	0,57
RF	201	1303	0,05	0,36
RS	257	2110	0,07	0,60
AG	272	2094	0,08	0,63
Md	235,77	1732,60	0,07	0,50
DP	28,59	413,68		
Var	817,30	171133,50		
CV	12,13%	26,88%		

**Tabela 17**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante oclusiva velar [k] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	101	510	771	2580	3367	0,15	0,23	0,77	1
RJ	188	423	751	2659	3387	0,12	0,22	0,79	1
RF	107	445	662	2784	3506	0,13	0,19	0,80	1
RS	128	519	825	2775	3365	0,15	0,25	0,82	1
AG	140	465	720	2526	3511	0,13	0,21	0,72	1
Md	132,66	472,26	745,91	2664,91	3427,26	0,14	0,22	0,78	1
DP	34,45	41,18	60,39	114,79	74,77				
Var	1187	1695,70	3647,30	13178	5590,50				
CV	25,97%	8,72%	8,10%	4,31%	2,18%				

**Tabela 18**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante oclusiva velar [k] em contexto tônico [Hz].

Inform	FNI	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF	208	1992	0,06	0,60
RJ	237	1948	0,07	0,57
RF	228	1327	0,07	0,38
RS	261	2125	0,08	0,63
AG	283	2088	0,08	0,59
Md	243,26	1896,14	0,07	0,56
DP	29,32	325,86		
Var	859,50	106188		
CV	12,05%	17,18%		

Tabela 19

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto átono [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	(161) <sup>1</sup>	(334)	(653)	(2611)	(3471)	(0,10)	(0,19)	(0,75)	(1)
RJ	190	552	943	2487	3371	0,16	0,28	0,74	1
RF	129	565	1026	2897	3422	0,17	0,30	0,85	1
RS	104	427	849	2536	3387	0,13	0,25	0,75	1
AG	104	514	859	2366	3239	0,16	0,27	0,73	1
Md	131,75	514,50	919,25	2571,50	3354,75	0,15	0,27	0,77	1
DP	40,58	62,22	82,71	228,16	80,05				
Var	1646,92	3871	3841,58	52193,67	6408,25				
CV	30,80%	12,09%	8,99%	8,87%	2,39%				

Tabela 20

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto átono [Hz].

Inform.	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF		1299	0,05	0,38
RJ	201	2048	0,06	0,61
RF	252	2125	0,07	0,44
RS	223	2130	0,07	0,63
AG	214	1995	0,07	0,62
Md	222,50	1919,42	0,06	0,53
DP	21,64	351,58		
Var	468,33	123609,50		
CV	9,73%	18,32%		

Tabela 21

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante oclusiva dental-alveolar [t] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	140	505	789	2673	3662	0,14	0,22	0,73	1
RJ	211	558	964	2875	3331	0,17	0,29	0,86	1
RF	(135) <sup>2</sup>	(272)	(735)	(2367)	(3564)	(0,08)	(0,21)	(0,66)	(1)
RS	110	492	882	2604	3393	0,14	0,26	0,77	1
AG	100	511	980	2732	3532	0,14	0,28	0,77	1
Md	140,25	516,50	903,75	2721	3479,50	0,15	0,26	0,78	1
DP	50,14	28,78	87,72	115,22	147,87				
Var	2513,58	828,33	7694,92	13276,67	21865,67				
CV	35,75%	5,57%	9,70%	4,23%	4,25%				

<sup>1</sup> Esta vogal foi ditongada nas sete emissões desse falante como [oĩ]

<sup>2</sup> Vogal ditongada conforme nota acima.

**Tabela 22**

Frequência dos formantes nasais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante oclusiva dental-alveolar [t] em contexto átono [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF	274	1378	0,07	0,38
RJ	223	1979	0,07	0,59
RF		1389		0,39
RS	226	2343	0,07	0,69
AG	231	2163	0,07	0,61
Md	238,46	1850,54	0,07	0,53
DP	23,98	445,03		
Var	575,10	198048,80		
CV	10,06%	24,05%		

**Tabela 23**

Frequência dos formantes orais (valores médios frequenciais normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante oclusiva velar [k] em contexto átono [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	(168) <sup>3</sup>	(334)	(662)	(2669)	(3411)	(0,10)	(0,19)	(0,67)	(1)
RJ	214	653	1158	2516	3637	0,18	0,27	0,60	1
RF	137 <sup>4</sup>	410	822	2792	3498	0,12	0,23	0,80	1
RS	102	419	792	2632	3275	0,13	0,24	0,70	1
AG	107	432	793	2380	3531	0,12	0,22	0,55	1
Md	140	478,50	891,25	2580	3485,25	0,13	0,23	0,66	1
DP	51,70	116,68	178,38	174,87	152,19				
Var	2672,67	13615	31818,25	30581,33	23162,92				
CV	36,92%	24,38%	20%	6,78%	4,37%				

**Tabela 24**

Frequência dos formantes nasais (valores médios frequenciais e normalizados) da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante oclusiva velar [k] em contexto átono [Hz].

Inform.	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF		2045		0,42
RJ	221	1997	0,06	0,55
RF	212	2119	0,06	0,61
RS	206	2342	0,06	0,72
AG	211	1979	0,06	0,56
Md	212,50	2096,33	0,06	0,57
DP	7,72	147,74		
Var	59,63	21826,70		
CV	3,63%	7,05%		

<sup>3</sup> Vogal ditongada conforme apresentada na nota anterior.

<sup>4</sup> Esta vogal ditongou ([õw]) em cinco das sete emissões desse falante, assim só foram computados os dados referentes à vogal não ditongada.

**Tabela 25**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante bilabial [p] em contexto tônico [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	44,85	-2,41	-37,31	-41,68	8,91	-30,57
RJ	55,79	-12,03	-30,91	-34,09	-2,07	-39,79
RF	54,83	-19,76	-34,13	-32,32	6,16	-34,15
RS	53,77	-7,83	-34,37	-31,71	0,50	-32,10
AG	50,27	-8,36	-32,02	-33,68	4,39	-27,07
Md	51,90	-10,08	-33,75	-34,70	3,58	-32,73
DP	4,46	6,41	2,46	4,02	4,39	4,72
Var	19,89	41,11	6,06	16,20	19,27	22,24
CV	8,59%	63,59%	7,29%	11,58%	-	14,42%

**Tabela 26**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante dental-alveolar [t] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	36,48	-11,02	-35,35	-36,53	9,12	-24,31
RJ	56,25	-8,65	-43,02	-43,25	-0,79	-42,35
RF	52,21	-3,44	-31,04	-35,96	6,90	-29,55
RS	49,80	-2,98	-29,49	-31,61	1,67	-27,13
AG	45,91	-1,14	-32,64	-30,28	1,76	-25,37
Md	48,13	-5,45	-34,31	-35,52	3,73	-29,74
DP	7,52	4,18	5,33	5,09	4,11	7,32
Var	56,49	17,48	28,42	25,93	16,90	53,62
CV	15,62%	76,70%	15,53%	14,33%	-	24,61%

**Tabela 27**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante velar [k] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	41,22	-7,62	-32,64	-41,72	13,79	-34,21
RJ	58,16	-9,88	-32,47	-36,02	-4,88	-40,23
RF	51,72	-0,92	-27,59	-32,60	4,16	-30,70
RS	53,88	-1,42	-35,67	-34,34	0,87	-26,32
AG	48,29	-4,36	-33,53	-39,39	4,06	-31,65
Md	48,13	-5,45	-34,31	-35,52	3,73	-29,74
DP	7,52	4,18	5,33	5,09	4,11	7,32
Var	56,49	17,48	28,42	25,92	16,90	53,62
CV	15,62%	76,70%	15,53%	14,33%	-	24,61%

**Tabela 28**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante bilabial [p] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	48,80	-5,80	-40,77	-45,28	3,53	-33,35
RJ	41,98	-13,42	-28,10	-32,54	10,21	-28,93
RF	42,24	-15,41	-22,84	-31,01	11,68	-34,66
RS	38,74	-10,08	-21,93	-31,71	11,79	-25,68
AG	42,89	-5,95	-39,08	-36,70	6,56	-34,26
Md	42,93	-10,13	-30,54	-35,45	8,75	-31,38
DP	3,65	4,33	8,90	5,92	3,61	3,92
Var	13,34	18,74	79,21	35,08	13,01	15,38
CV	8,50%	42,74%	29,14%	16,70%	41,26%	12,49%

**Tabela 29**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante dental-alveolar [t] em contexto átono [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	45,13	-14,20	-28,69	-39,36	4,06	-29,14
RJ	51,41	-8,81	-46,40	-34,48	4,23	-32,53
RF	56,35	-10,48	-39,68	-37,85		-32,31
RS	42,76	-4,75	919,64	-30,50	10,78	-21,29
AG	44,77	-10,55	-40,66	-36,59	6,30	-32,35
Md	48,08	-9,76	-35,01	-35,78	6,34	-30,42
DP	5,64	3,42	10,72	3,40	3,13	5,78
Var	31,84	11,72	114,92	11,58	9,78	33,45
CV	11,73%	35,04%	30,62%	9,50%	49,37%	19%

**Tabela 30**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal média posterior [õ] diante da consoante velar [k] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	47,33	-2,86	-36,43	-49,22		-40,70
RJ	44,68	-26,25	-26,76	-36,65	10,11	-26,93
RF	51,39	-11,42	-35,03	-42,32		-41,55
RS	31,11	-5,18	-20,68	-29,76	13,85	-19,46
AG	39,27	-5,90	-35,08	-35,83	-5,01	-31,72
Md	43,96	-10,32	-30,80	-38,75	6,32	-32,07
DP	5,83	9,44	6,83	7,35	9,98	9,35
Var	34,02	89,13	46,66	54,04	99,70	87,45
CV	13,26%	91,47%	22,17%	18,97%		29,15%

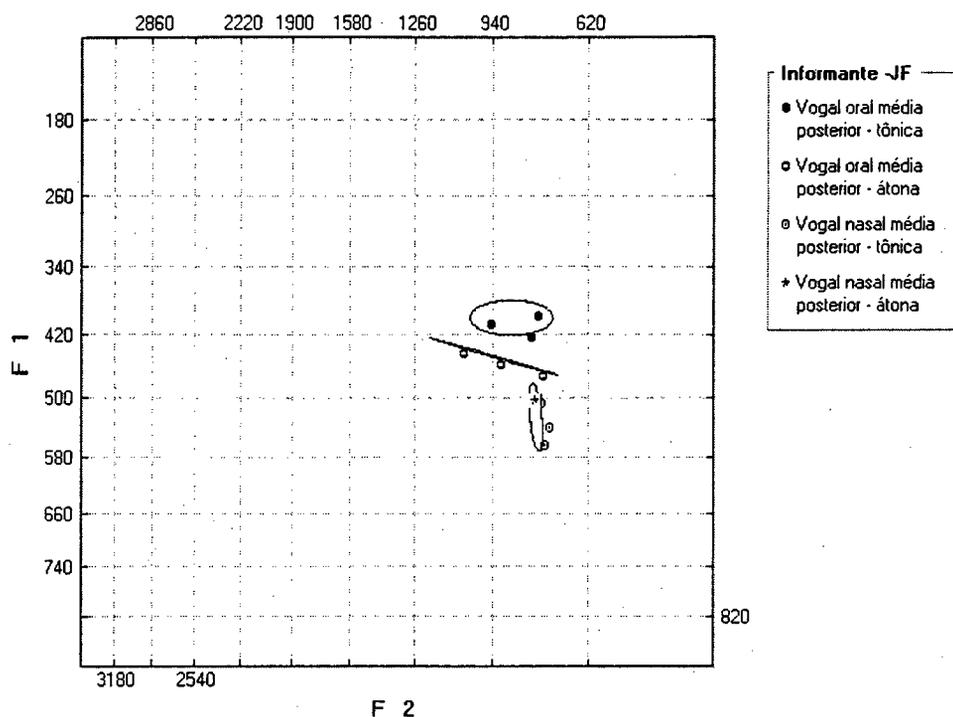


Figura 1 Média das frequências dos formantes da vogal média posterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante JF

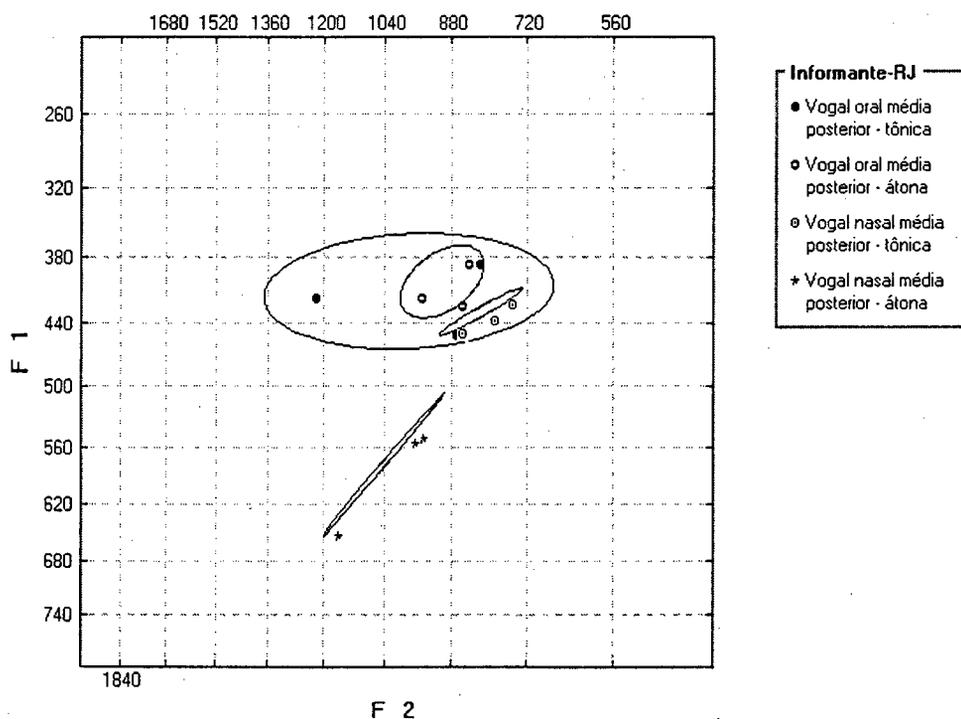


Figura 2 Média das frequências dos formantes da vogal média posterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante RJ

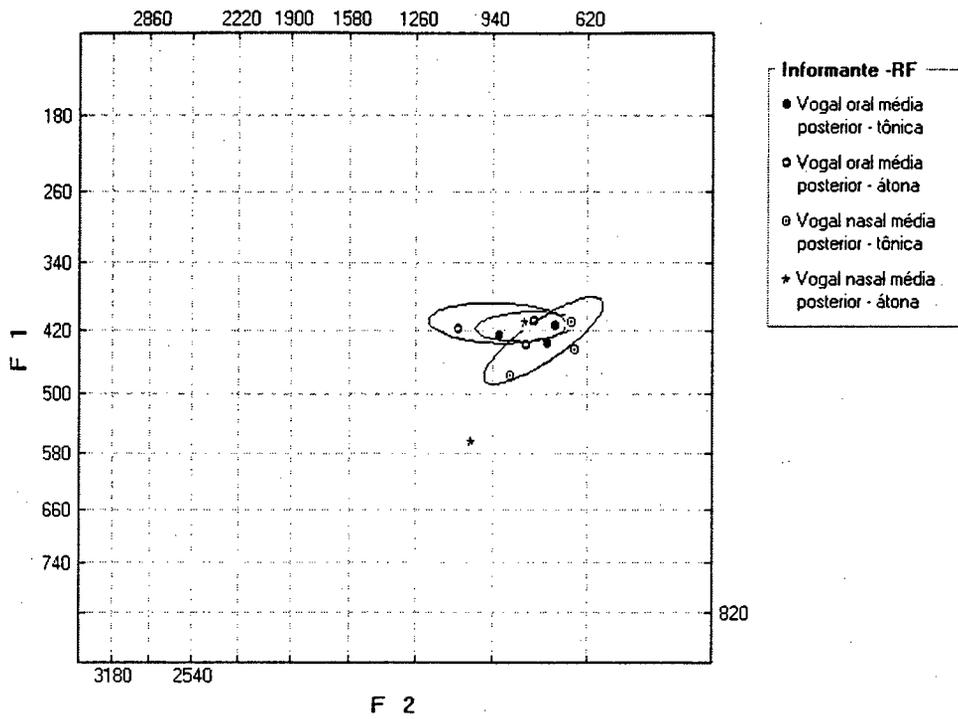


Figura 3 Média das freqüências dos formantes da vogal média posterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante RF

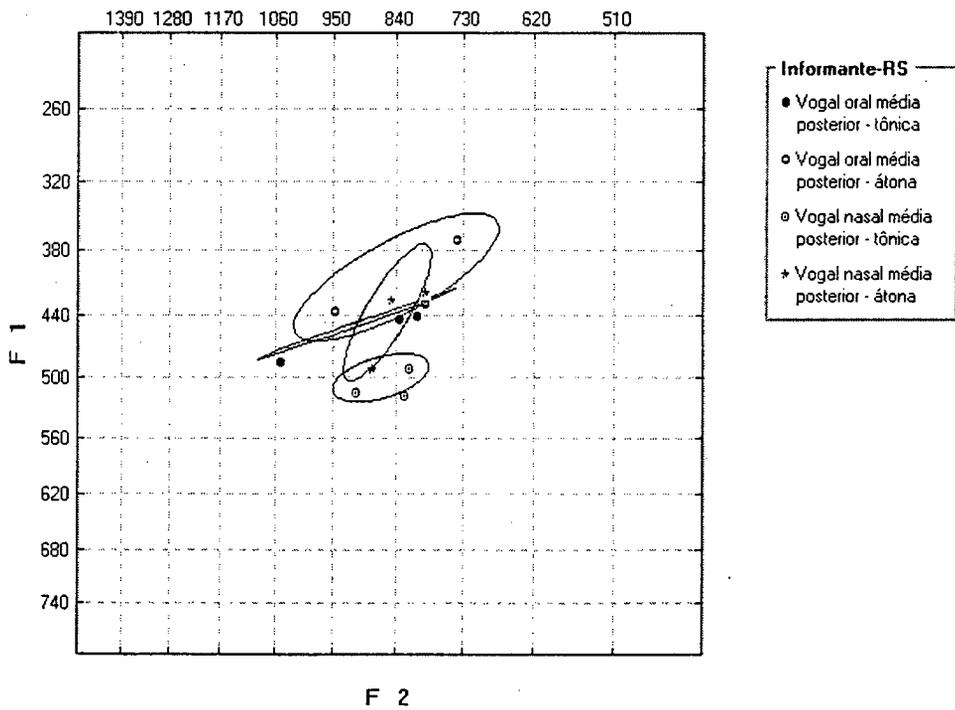


Figura 4 Média das freqüências dos formantes da vogal média posterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante RS

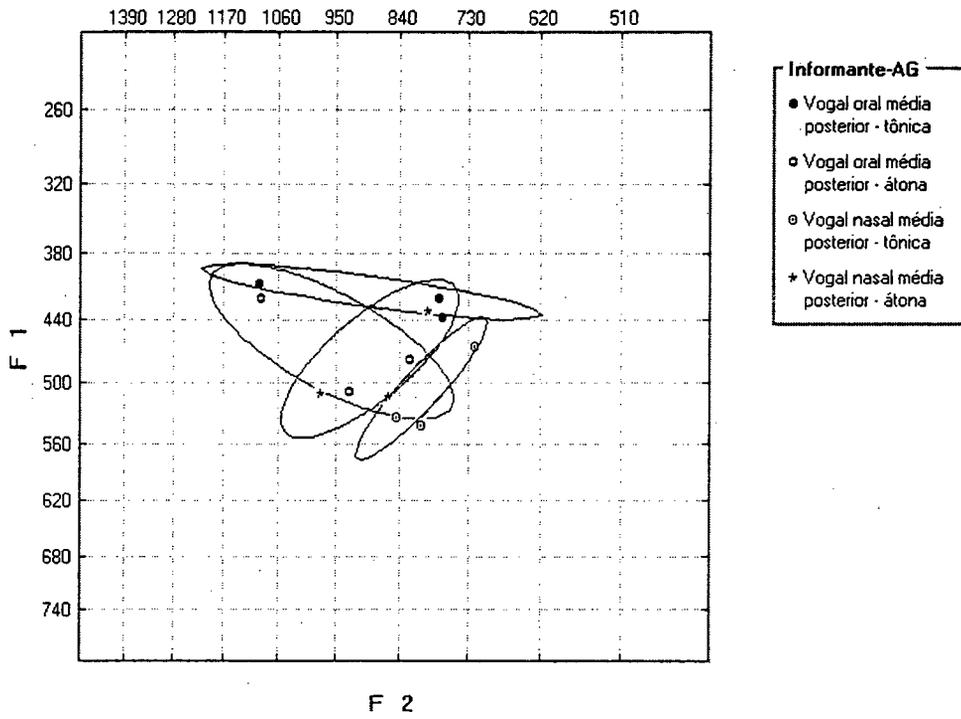


Figura 5 Média das freqüências dos formantes da vogal média posterior oral e nasal em contextoônico e átono do informante AG

# ANEXO 5

## Vogal [u]

**Tabela 1**

Frequência dos formantes (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal oral alta posterior [u] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto tônico [Hz]

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	108	217	731	2425	3894	0,06	0,19	0,62	1
RJ	196	283	699	2269	2910	0,10	0,24	0,78	1
RF	110	301	707	2569	3339	0,09	0,21	0,77	1
RS	128	285	754	2435	3404	0,08	0,22	0,72	1
AG	166	384	750	2307	3213	0,12	0,23	0,72	1
Md	141,70	294,06	728,31	2400,97	3352,23	0,09	0,22	0,72	1
DP	38,16	59,68	24,92	118,39	357,57				
Var	1455,90	3561,60	621	14017,10	127854				
CV	26,93%	20,30%	34,22%	4,93%	10,67%				

**Tabela 2**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal oral alta posterior [u] diante da consoante oclusiva dental-alveolar surda [t] em contexto tônico [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	103	206	886	2407	3362	0,06	0,26	0,72	1
RJ		277	957	2307	3184	0,09	0,30	0,73	1
RF	112	260	928	2638	3381	0,08	0,27	0,78	1
RS	119	361	1119	2586	3571	0,10	0,31	0,72	1
AG	156	417	1075	2399	3479	0,12	0,31	0,69	1
Md	122,54	304,14	993,09	2467,51	3395,29	0,09	0,29	0,73	1
DP	23,27	84,26	99,50	138,97	144,78				
Var	541,34	7100,12	9901,20	19313,50	20962,27				
CV	18,99%	27,70%	10,02%	5,63%	4,26%				

**Tabela 3**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal oral alta posterior [u] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	104	288	698	2349	3069	0,09	0,23	0,77	1
RJ	214	344	750	2212	3058	0,11	0,24	0,72	1
RF	106	290	746	2562	3371	0,09	0,22	0,76	1
RS	130	291	735	2415	3469	0,08	0,21	0,70	1
AG	145	407	809	2327	3493	0,12	0,23	0,67	1
Md	139.71	323.91	747.69	2373.09	3292.09	0,10	0,23	0,72	1
DP	44.69	52.19	40.26	128.39	213.55				
Var	1996.86	2724.29	1621.30	16484.35	45602.64				
CV	31.99%	16.11%	5.38%	5.41%	6.49%				

**Tabela 4**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal oral alta posterior [u] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	158	340	656	2425	3753	0,09	0,17	0,65	1
RJ	232	248	752	2222	3460	0,07	0,22	0,64	1
RF	126	290	723	2576	3382	0,09	0,21	0,76	1
RS	91	331	703	2392	3375	0,10	0,21	0,71	1
AG		370	827	2271	3426	0,11	0,24	0,66	1
Md	151,91	313,57	732,17	2377,20	3479,06	0,09	0,21	0,68	1
DP	60,05	46,30	63,51	138,90	156,72				
Var	3605,77	2143,77	4034,18	19292,90	24559,92				
CV	39,53%	14,76%	8,67%	5,84%	4,50%				

**Tabela 5**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal oral alta posterior [u] diante da consoante oclusiva dental-alveolar surda [t] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	142	308	1010	2334	3236	0,09	0,31	0,72	1
RJ	187	414	1066	2312	3506	0,12	0,30	0,66	1
RF	132	308	1010	2762	3296	0,09	0,31	0,84	1
RS	91	331	703	2392	3375	0,10	0,21	0,71	1
AG	117	443	1070	2298	3682	0,12	0,29	0,63	1
Md	134,01	360,51	971,91	2419,46	3418,97	0,10	0,28	0,71	1
DP	35,40	63,54	153,02	194,70	178,36				
Var	1253,23	4037,96	23415,82	37907,49	31811,81				
CV	26,40%	17,62%	15,74%	8,05%	5,22%				

**Tabela 6**

Frequência dos formantes (valores freqüenciais normalizados) da vogal oral alta posterior [u] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF		352	722	2367	3433	0,10	0,21	0,69	1
RJ	211	411	656	2338	3336	0,12	0,20	0,70	1
RF	140	277	710	2697	3299	0,08	0,21	0,82	1
RS	137	295	655	2347	3519	0,08	0,19	0,67	1
AG	138	381	869	2181	3679	0,10	0,24	0,60	1
Md	156,61	343	722,43	2386,09	3453,06	0,10	0,21	0,69	1
DP	36,18	56,69	87,29	189,21	152,93				
Var	1309,39	3214,01	7620,03	35799,40	23388,88				
CV	23,10%	16,53%	12,08%	7,93%	4,43%				

**Tabela 7**

Amplitude relativa dos formantes da vogal oral alta posterior [u] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	47,65	-17,73	-51,88	-51,53
RJ	55,48	-13,34	-37,66	-41,02
RF	56,01	-16,35	-46,56	-47,93
RS	50,10	-17,43	-40,14	-45,16
AG	43,19	-9,76	-41,45	-40,41
Md	50,49	-14,92	-43,54	-45,21
DP	5,40	3,37	5,68	4,69
Var	29,21	11,33	32,31	22,00
CV	10,69%	22,59%	13,04%	10,37%

**Tabela 8**

Amplitude relativa dos formantes da vogal oral alta posterior [u] diante da consoante oclusiva dental-alveolar surda [t] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	55,38	-26,78	-45,26	-46,68
RJ	59,55	-11,28	-35,03	-36,38
RF	57,71	-22,92	-34,63	-34,13
RS	54,16	-22,69	-32,97	-29,46
AG	52,38	-17,28	-32,77	-32,26
Md	55,84	-20,19	-36,13	-35,78
DP	2,84	6,02	5,20	6,60
Var	8,06	36,25	27,04	45,54
CV	5,09%	29,82%	14,39%	18,45%

**Tabela 9**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral alta posterior [u] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	45,42	-13,93	-45,80	-47,50
RJ	53,13	-11,80	-37,27	-33,21
RF	57,59	-16,88	-48,08	-43,64
RS	53,10	-10,62	-41,81	-41,15
AG	48,78	-5,75	-37,59	-30,88
Md	51,60	-11,79	-42,11	-39,28
DP	4,65	4,13	4,82	7,03
Var	21,64	17,08	23,28	49,37
CV	9,01%	35,03%	11,45%	17,90%

**Tabela 10**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral alta posterior [u] diante da consoante oclusiva bilabial surda [p] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4
JF	48,08	-15,51	-43,36	-44,64
RJ	58,66	-9,72	-39,91	-42,80
RF	51,72	-16,30	-45,86	-43,88
RS	42,42	-11,23	-41,65	-43,60
AG	53,69	-11,11	-34,97	-40,81
Md	50,91	-12,77	-41,15	-43,15
DP	6,09	2,93	4,09	1,46
Var	37,10	8,60	16,75	2,13
CV	11,96%	22,94%	9,94%	3,38%

**Tabela 11**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral alta posterior [u] diante da consoante oclusiva dental alveolar surda [t] em contexto átono [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	49,68	-23,06	-33,51	-33,82
RJ	50,12	-16,72	-33,09	-34,89
RF	50,46	-21,25	-30,27	-32,70
RS	48,07	-16,72	-31,90	-35,58
AG	39,67	-16,34	-29,92	-30,98
Md	47,60	-18,82	-31,74	-33,19
DP	4,53	3,12	1,62	1,46
Var	20,49	9,72	2,62	2,14
CV	9,52%	16,58%	5,10%	4,40%

**Tabela 12**

Amplitude relativa dos formante da vogal oral alta posterior [u] diante da consoante oclusiva velar surda [k] em contexto átono [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4
JF	51,80	-5,93	-42,63	-43,48
RJ	44,87	-3,98	-41,26	-40,37
RF	47,94	-11,75	-53,46	-52,71
RS	42,58	-14,06	-41,33	-45,14
AG	41,07	-4,10	-33,92	-33,53
Md	45,65	-7,96	-42,52	-43,05
DP	4,31	4,65	7,01	6,99
Var	18,58	21,60	49,15	48,92
CV	9,44%	58,42%	16,49%	16,24%

**Tabela 13**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	113	226	622	2564	3514	0,06	0,19	0,73	1
RJ	223	232	667	2607	3548	0,06	0,19	0,73	1
RF	113	287	1228	2429	3795	0,08	0,32	0,64	1
RS	116	230	741	2725	3853	0,06	0,19	0,71	1
AG	136	274	657	2596	3628	0,07	0,18	0,72	1
Md	140,20	249,74	783	2583,97	3667,62	0,07	0,22	0,71	1
DP	47,21	28,52	252,46	105,87	149,91				
Var	2228,50	813,40	63737,30	11208,00	22472,00				
CV	33,67%	11,42%	32,24%	4,10%	4,09%				

**Tabela 14**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto tônico [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF		2194		0,63
RJ		2057		0,58
RF		2920		0,77
RS		2263		0,59
AG		2220		0,61
Md		2330,71		0,63
DP		338,22		
Var		114393,90		
CV		14,51%		

**Tabela 15**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante oclusiva dental-alveolar [t] em contexto tônico [Hz].

Inform.	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	109	219	618	2254	3555	0,06	0,17	0,64	1
RJ		275	768	2591	3381	0,08	0,23	0,77	1
RF	107	233	578	2916					1
RS	149	376	802	2784	3591	0,10	0,22	0,77	1
AG	154	347	926	2594	3787	0,09	0,24	0,69	1
Md	151,86	290,26	738,49	2627,80	3578,50	0,08	0,22	0,72	1
DP	54,27	69,29	141,74	249,95	166,75				
Var	2945	4801,20	20090,70	62477,40	27805,10				
CV	35,74%	23,87%	19,19%	9,51%	4,66%				

**Tabela 16**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante oclusiva dental-alveolar [t] em contexto tônico [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF				
RJ		1952		0,58
RF		2481		
RS		1988		0,55
AG		2147		0,57
Md		2142		0,57
DP		241,12		
Var		58140,10		
CV		11,26%		

**Tabela 17**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante oclusiva velar [k] em contexto tônico [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	112	223	558	2628					1
RJ	217	242	662	2721	3558	0,07	0,19	0,76	1
RF	120	254	572	2830					1
RS	135	283	701	2608	3645	0,08	0,19	0,72	1
AG	140	328	665	2580	3860	0,08	0,17	0,67	1
Md	144,80	266,17	631,43	2673,43	3687,67	0,08	0,18	0,72	1
DP	42,03	41,02	62,91	102,34	155,61				
Var	1766,90	1682,70	3957,60	10472,60	24215,50				
CV	29,03%	15,41%	9,96%	3,83%	4,22%				

**Tabela 18**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante oclusiva velar [k] em contexto tônico [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF		2136		
RJ		2041		0,57
RF		2431		
RS		2140		0,59
AG		2144		0,56
Md		2178,51		0,57
DP		147,80		
Var		21843,60		
CV		6,78%		

**Tabela 19**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	178	359	1021	2431	3160	0,06	0,19	0,73	1
RJ	218	315	750	2679	3609	0,06	0,19	0,73	1
RF	141	365	1350	2821	3280	0,08	0,32	0,64	1
RS	105	214	831	2376	3461	0,06	0,19	0,71	1
AG		254	756	2342	3570	0,07	0,18	0,72	1
Md	160,64	301,29	932,80	2529,86	3416,23	0,06	0,21	0,71	1
DP	48,82	65,92	235,25	209,43	191,58				
Var	2383,70	4345,80	55344,20	43864,80	36702,30				
CV	30,39%	21,88%	25,22%	8,28%	5,61%				

**Tabela 20**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante oclusiva bilabial [p] em contexto átono [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF		1533,57		0,48
RJ		2149,29		0,60
RF		2364,57		0,72
RS		1729,57		0,48
AG		1633,83		0,41
Md		2101,31		0,54
DP		420,44		
Var		176772,60		
CV		20,01%		

**Tabela 21**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante oclusiva dental-alveolar [t] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF	145	299	871	2537	3631	0,08	0,24	0,70	1
RJ	224	250	735	2757	3528	0,07	0,21	0,78	1
RF	137	283	687	2399	2985	0,09	0,23	0,80	1
RS	112	474	815	2589	3602	0,13	0,23	0,72	1
AG	108	481	966	2513	3932	0,12	0,24	0,64	1
Md	145,40	357,31	814,80	2559,09	3535,60	0,09	0,23	0,72	1
DP	46,84	111,14	110,39	130,66	344,00				
Var	2193,80	12352,7	12186,0	17072,5	118333,7				
CV	32,21%	31,10%	13,55%	5,10%	9,73%				

**Tabela 22**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante oclusiva dental-alveolar [t] em contexto átono [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF		2202		0,61
RJ		2116		0,60
RF		1330		0,44
RS	239	2121	0,06	0,59
AG	221	2099	0,06	0,53
Md	230,07	1973,37	0,06	0,55
DP	12,63	362,10		
Var	159,40	131118,80		
CV	5,49%	18,35%		

**Tabela 23**

Frequência dos formantes orais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante oclusiva velar [k] em contexto átono [Hz].

Inform	F0	F1	F2	F3	F4	F1n	F2 no	F3 n	F4 n
JF		352	831	2518	3296	0,11	0,23	0,75	1
RJ		230	691	2626	3588	0,06	0,19	0,63	1
RF	129	238	1192	2918	3389	0,07	0,35	0,74	1
RS	108	223	837	2394	3950	0,06	0,21	0,52	1
AG	107	220	707	2788	3578	0,06	0,20	0,69	1
Md	114,52	252,71	851,60	2648,43	3560,11	0,07	0,23	0,66	1
DP	12,30	55,84	202,08	208,72	251,03				
Var	151,35	3119,03	40836,77	43565,15	63017,91				
CV	10,74%	22,10%	23,73%	7,88%	7,05%				

**Tabela 24**

Frequência dos formantes nasais (valores médios freqüenciais normalizados) da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante oclusiva velar [k] em contexto átono [Hz].

Inform	FN1	FN2	FN1norm,	FN2 norm
JF		2250		0,68
RJ		2141		0,60
RF		2453		0,72
RS		1782		0,45
AG		2081		0,58
Md		2141,41		0,61
DP		246,01		
Var		60522,76		
CV		11,49%		

**Tabela 25**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante bilabial [p] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
<b>JF</b>	50,20	-23,32	-41,99	-51,94		-43,15
<b>RJ</b>	60,40	-16,62	-39,66	-44,99		-48,14
<b>RF</b>	52,22	-39,94	-30,80	-44,77		-33,33
<b>RS</b>	47,41	-16,40	-38,28	-32,40		-32,96
<b>AG</b>	52,64	-13,90	-52,64	-51,94		-37,10
<b>Md</b>	53,58	-22,03	-40,67	-45,21		-38,93
<b>DP</b>	4,74	10,60	7,89	7,98		6,57
<b>Var</b>	22,49	112,32	62,31	63,70		43,21
<b>CV</b>	8,85%	48,12%	19,40%	17,65%		16,88%

**Tabela 26**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante dental-alveolar [t] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
<b>JF</b>	49,15	-23,23	-45,97	-56,37		-38,14
<b>RJ</b>	54,14	-7,22	-35,83	-40,90		-37,84
<b>RF</b>	52,62	-15,39	-38,67	-28,97		-35,83
<b>RS</b>	49,15	-12,54	-32,21	-45,43		-36,33
<b>AG</b>	54,36	-15,19	-54,36	-41,86		-32,21
<b>Md</b>	51,88	-14,71	-41,41	-42,71		-36,07
<b>DP</b>	2,58	5,79	8,83	9,83		2,37
<b>Var</b>	6,68	33,52	77,94	96,67		5,61
<b>CV</b>	4,97%	39,36%	21,32%	23,02%		6,57%

**Tabela 27**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante velar [k] em contexto tônico [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
<b>JF</b>	52,43	-12,43	-44,37	-45,37		-36,54
<b>RJ</b>	57,22	-7,25	-30,73	-30,73		-39,15
<b>RF</b>	56,06	-15,68	-38,82	-38,82		-37,07
<b>RS</b>	57,87	-17,22	-36,95	-36,95		-37,55
<b>AG</b>	53,09	-13,30	-53,09	-53,09		-43,73
<b>Md</b>	55,33	-13,18	-40,79	-42,01		-38,81
<b>DP</b>	2,45	3,82	8,43	6,94		2,92
<b>Var</b>	5,99	14,59	71,03	48,13		8,51
<b>CV</b>	4,43%	28,98%	20,67%	16,52%		7,52%

**Tabela 28**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante bilabial [p] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	46,66	-28,76	-34,35	-47,81		-40,67
RJ	51,18	-16,11	-30,24	-36,57		-33,83
RF	44,64	-32,94	-25,39	-38,04		-28,43
RS	53,76	-27,93	-35,33	-55,93		-50,21
AG	55,85	-22,76	-55,85	-50,65		-45,28
Md	50,42	-25,70	-36,23	-45,80		-39,68
DP	4,71	6,47	11,65	8,30		8,72
Var	22,18	41,85	135,62	68,94		76,00
CV	9,34%	25,17%	32,16%	18,12%		21,98%

**Tabela 29**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante dental-alveolar [t] em contexto átono [dB].

Inform.	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	48,95	-32,40	-33,24	-48,55		-39,99
RJ	53,79	-11,15	-38,42	-39,79		-35,85
RF	57,37	-21,55	-38,69	-32,31		-33,30
RS	50,36	-8,90	-22,40	-42,84	8,97	-33,35
AG	37,85	-11,44	-37,85	-29,92	13,10	-29,27
Md	49,66	-17,09	-34,12	-38,08	11,03	-34,35
DP	7,36	9,85	6,92	8,56	2,92	3,93
Var	54,21	97,13	47,87	73,27	8,54	15,47
CV	14,82%	57,64%	20,28%	22,48%	26,47%	11,44%

**Tabela 30**

Amplitude relativa dos formantes orais e nasais da vogal nasal alta posterior [ũ] diante da consoante velar [k] em contexto átono [dB].

Inform	A1	A2	A3	A4	AN1	AN2
JF	52,01	-24,37	-38,55	45,28		-38,59
RJ	55,89	-15,80	-42,21	-45,24		-45,47
RF	48,64	-31,51	-29,22	-40,71		-37,35
RS	50,73	-28,33	-31,12	-50,45		-48,23
AG	53,17	-20,56	-49,63	-50,23		-43,71
Md	52,09	-24,11	-38,15	-46,38		-46,67
DP	2,71	6,21	8,33	4,06		4,61
Var	7,33	38,54	69,38	16,52		21,21
CV	5,20%	25,76%	21,83%	8,75%		9,88%

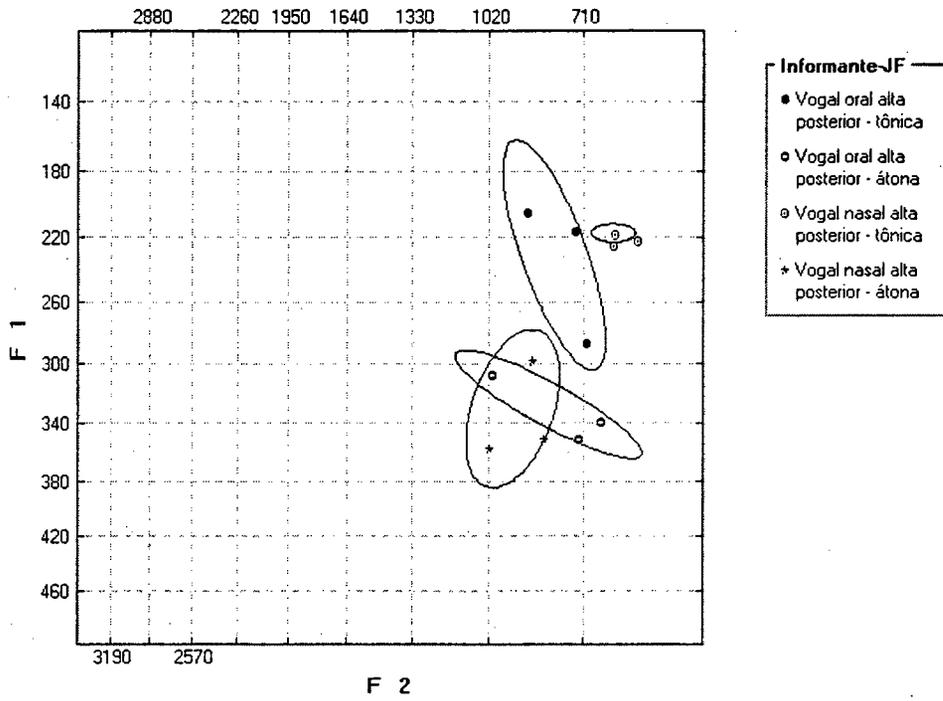


Figura 1 Média das freqüências dos formantes da vogal alta posterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante JF.

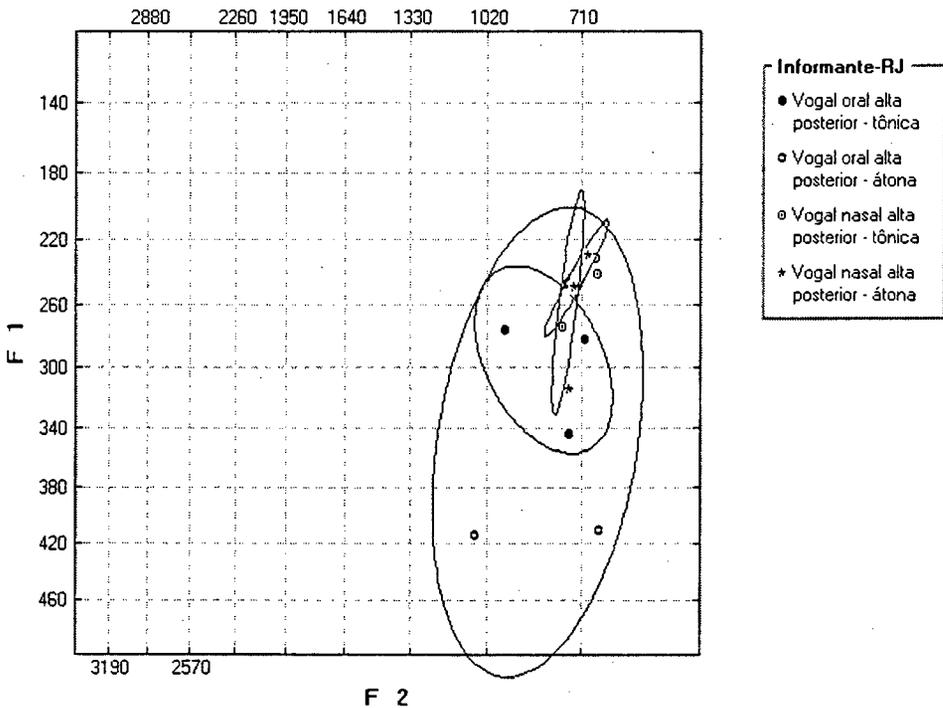


Figura 2 Média das freqüências dos formantes da vogal alta posterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante RJ.

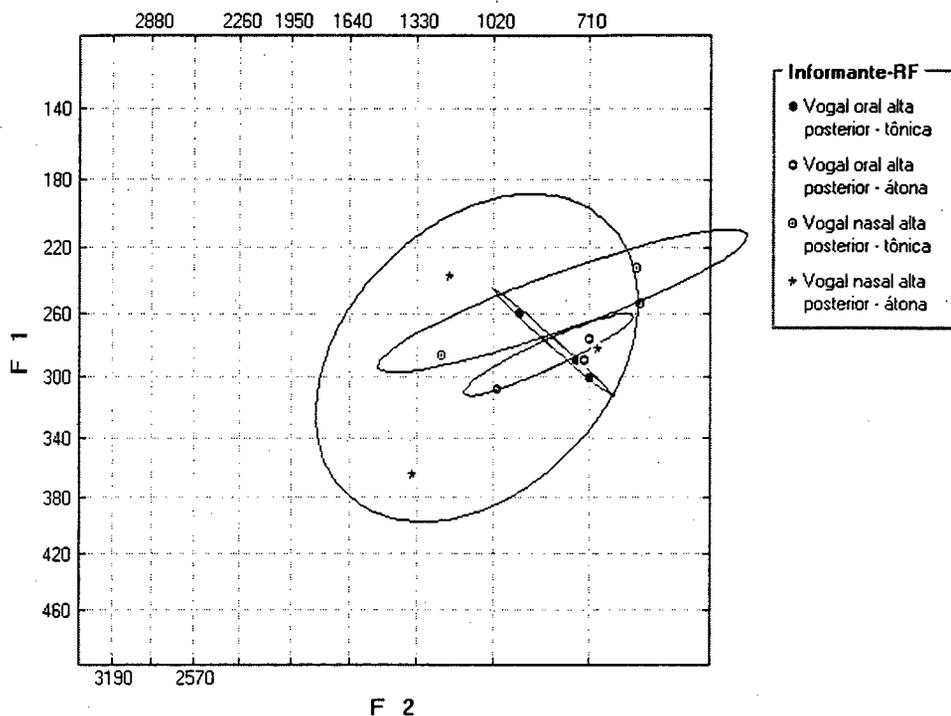


Figura 3 Média das freqüências dos formantes da vogal alta posterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante RF.

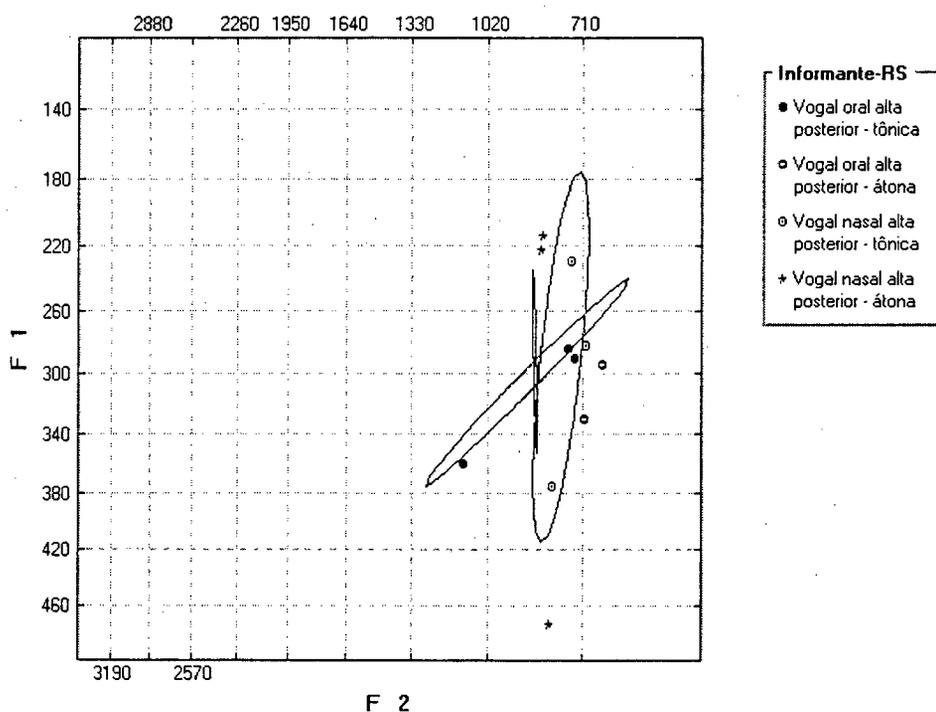


Figura 4 Média das freqüências dos formantes da vogal alta posterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante RS.

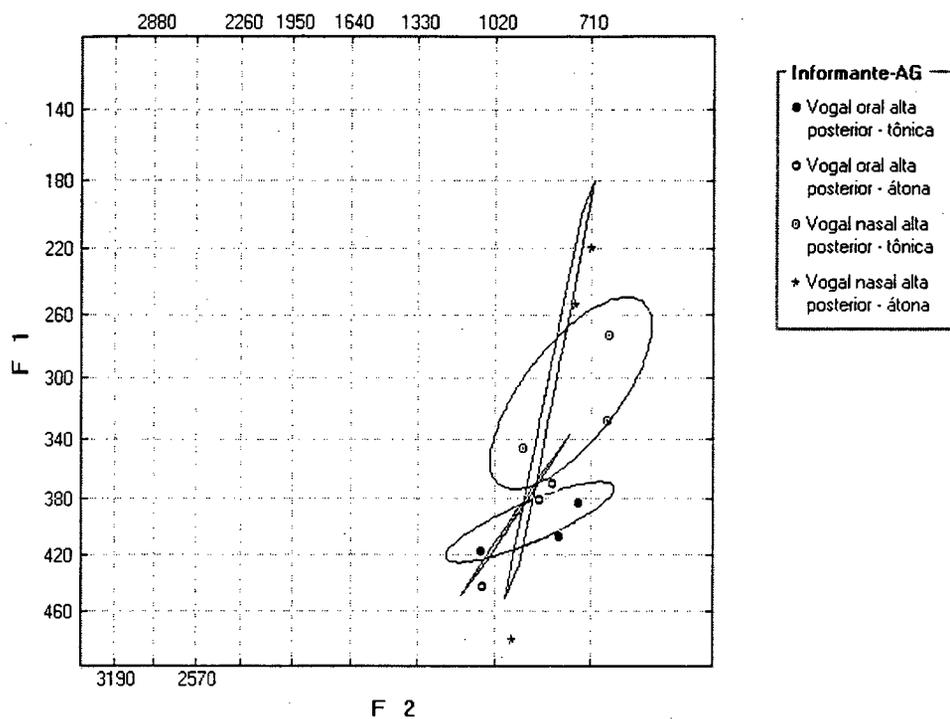


Figura 5 Média das frequências dos formantes da vogal alta posterior oral e nasal em contexto tônico e átono do informante AG.

## ANEXO 6

### Duração das vogais orais e nasais

**Tabela 1**

Duração média da vogal [e] oral e nasal em contexto tônico [ms]

	Vogal oral		Vogal nasal				
	CV	Vogal	CV	Vogal	1ª fase	2ª fase	Murmúrio
Média	132,15	109,65	167,56	144,89	46,84	75,64	54,14
Mediana	130,54	103,36	159,59	136,86	47,03	70,14	52,51
DP	23,47	21,61	43,07	39,86	8,19	25,01	13,20
Var.	550,67	466,85	1854,90	1588,90	67,10	625,30	174,10
CV	17,60%	19,71%	25,70%	27,51%	17,48%	33,06%	24,38%

**Tabela 2**

Duração média da vogal [e] oral e nasal em contexto átono [ms]

	Vogal oral		Vogal nasal				
	CV	Vogal	CV	Vogal	1ª fase	2ª fase	Murmúrio
Média	108,76	83,94	156,56	133,22	32,47	61,04	59,60
Mediana	109,51	83,67	159,84	134,27	35,10	59,73	57,36
DP	19,59	16,93	20,36	18,01	5,03	14,10	11,18
Var.	383,69	286,79	414,41	324,28	25,29	198,77	124,91
CV	18,01%	20,17%	13,00%	13,52%	15,49%	23,10%	18,76%

**Tabela 3**

Duração média da vogal [e] oral e nasal em contexto tônico [ms]

	Vogal oral		Vogal nasal				
	CV	Vogal	CV	Vogal	1ª fase	2ª fase	Murmúrio
Média	106,32	82,76	157,10	134,51	64,17	62,71	52,82
Mediana	103,96	80,40	156,04	134,19	64,84	55,75	48,63
DP	18,43	16,50	29,92	30,87	15,01	26,30	12,71
Var.	339,57	272,25	895,38	952,99	225,34	691,72	161,58
CV	17,33%	19,94%	19,04%	22,95%	23,39%	41,94%	24,06%

**Tabela 4**

Duração média da vogal [e] oral e nasal em contexto átono [ms]

	Vogal oral		Vogal nasal				
	CV	Vogal	CV	Vogal	1ª fase	2ª fase	Murmúrio
Média	94,85	72,32	160,12	138,55	43,94	52,61	60,14
Mediana	96,89	71,53	160,90	142,24	42,23	47,77	62,00
DP	15,96	17,24	20,01	18,79	8,96	15,43	10,05
Var.	254,89	297,43	353,11	400,31	80,37	238,17	101,05
CV	16,83%	23,84%	12,50%	13,56%	20,39%	29,33%	16,71%

**Tabela 5**

Duração média da vogal [i] oral e nasal em contexto tônico [ms]

	Vogal oral		Vogal nasal				
	CV	Vogal	CV	Vogal	1ª fase	2ª fase	Murmúrio
Média	102,63	75,54	156,38	131,60	38,68	42,36	54,52
Mediana	96,20	66,37	147,47	121,57	37,40	39,44	52,51
DP	24,99	25,27	34,23	34,19	15,56	17,65	14,37
Var.	624,59	638,73	1171,66	1169,21	242,04	311,39	206,65
CV	24,35%	33,45%	21,89%	25,98%	40,23%	41,67%	26,36%

**Tabela 6**

Duração média (em ms) da vogal [i] oral e nasal em contexto átono [ms]

	Vogal oral		Vogal nasal				
	CV	Vogal	CV	Vogal	1ª fase	2ª fase	Murmúrio
Média	84,30	62,82	148,78	128,11	42,45	42,23	67,88
Mediana	86,04	63,46	146,13	123,99	42,05	41,30	63,24
DP	11,72	10,55	24,11	18,21	11,83	9,97	18,49
Var.	137,38	111,23	581,26	331,49	139,86	99,47	341,84
CV	13,90%	16,79%	16,20%	14,21%	27,87%	23,61%	27,24%

**Tabela 7**

Duração média da vogal [o] oral e nasal em contexto tônico [ms]

	Vogal oral		Vogal nasal				
	CV	Vogal	CV	Vogal	1ª fase	2ª fase	Murmúrio
Média	118,06	92,64	169,86	148,31	42,39	66,60	53,11
Mediana	115,46	92,13	171,43	146,97	42,80	62,80	48,03
DP	26,11	22,92	24,86	26,15	5,59	14,66	13,81
Var.	681,93	525,38	618,20	683,70	31,30	214,90	190,60
CV	22,12%	24,74%	14,63%	17,63%	13,19%	22,01%	26,00%

**Tabela 8**

Duração média da vogal [o] oral e nasal em contexto átono [ms]

	Vogal oral		Vogal nasal				
	CV	Vogal	CV	Vogal	1ª fase	2ª fase	Murmúrio
Média	109,93	85,53	152,90	134,32	39,07	54,88	55,10
Mediana	102,57	77,29	155,40	133,52	39,47	52,64	51,63
DP	24,89	20,57	23,30	23,47	6,46	15,67	14,93
Var.	619,26	136,53	543,00	550,80	41,70	245,40	223,00
CV	22,64%	24,05%	15,24%	17,47%	16,53%	28,55%	27,10%

**Tabela 9**

Duração média da vogal [u] oral e nasal em contexto tônico [ms]

	Vogal oral		Vogal nasal				
	CV	Vogal	CV	Vogal	1ª fase	2ª fase	Murmúrio
Média	118,95	81,46	149,76	120,90	33,14	62,08	38,78
Mediana	111,26	97,89	146,52	116,94	31,20	62,07	37,40
DP	28,45	29,67	28,82	28,14	7,78	16,15	8,60
Var.	809,49	880,17	830,40	791,90	60,60	260,90	74,00
CV	23,92%	36,42%	19,24%	23,27%	23,48%	26,01%	22,18%

**Tabela 10**

Duração média da vogal [u] oral e nasal em contexto átono [ms]

	Vogal oral		Vogal nasal				
	CV	Vogal	CV	Vogal	1ª fase	2ª fase	Murmúrio
Média	94,42	64,97	152,88	124,75	37,23	59,28	48,33
Mediana	92,94	62,40	150,90	127,77	38,27	56,70	46,63
DP	11,35	11,17	17,16	14,50	7,64	14,05	16,29
Var.	128,89	124,86	294,60	210,20	58,40	197,30	265,50
CV	12,02%	17,19%	11,22%	11,62%	20,52%	23,70%	33,71%

# ANEXO 7

## Duração do silêncio de oclusivas

Tabela 1

Duração do silêncio de oclusiva bilabial surda [p] diante de vogal tônica [ms].

Duração Silêncio das Oclusivas	[p] átono - diante de [a] tônico	[p] átono - diante de [ẽ] tônico	[p] átono - diante de [i] tônico	[p] átono - diante de [ĩ] tônico	[p] átono - diante de [u] tônico	[p] átono - diante de [ũ]tônico
Inf. AN	69,20	41,30	81,10	42,60	62,20	29,00
	75,80	45,80	45,20	30,00	47,30	25,50
	56,30	34,60	72,60	36,70	38,60	38,50
	54,00	45,90	64,20	39,40	30,10	24,50
	71,20	41,50	87,50	40,30	40,00	17,10
	61,50	27,80	79,30	47,40	52,80	37,90
	70,70	26,50	66,20	46,60	65,90	30,80
Inf. RFG	99,30	74,10	82,50	62,90	55,60	36,70
	95,50	89,00	77,50	49,00	72,00	54,00
	109,30	75,50	89,20	63,70	56,50	55,20
	114,80	83,30	89,20	62,10	72,90	41,30
	97,80	91,20	95,40	79,20	89,80	64,40
	107,90	69,30	84,00	53,60	95,70	77,00
	94,80	86,50	93,90	67,80	113,60	65,90
Inf. RSJ	66,00	45,80	59,10	28,80	19,70	25,10
	41,60	47,70	55,90	27,30	56,50	22,50
	44,20	35,70	49,80	29,30	42,70	12,00
	61,90	29,40	35,20	42,20	26,00	18,20
	67,10	23,20	47,10	38,90	35,70	5,60
	40,10	21,00	-	54,10	69,10	19,2
	51,20	40,60	-	-	-	27,40
Inf. RS	67,30	30,70	46,50	14,20	16,10	21,70
	75,30	28,60	31,10	32,00	32,20	30,70
	56,50	29,10	51,90	32,10	40,20	28,30
	54,20	25,60	60,00	23,70	32,50	27,20
	65,70	25,40	39,10	19,50	21,10	39,70
	58,60	11,90	39,20	20,90	38,40	33,10
	69,20	36,80	48,70	32,60	28,20	20,60
Média	71,32	45,14	64,28	41,37	50,05	33,18
DP	20,92	23,14	20,01	16,20	24,27	16,85
Var	115,68	70,65	91,65	151,93	258,79	42,66
CV	29,33	51,27	31,13	39,15	48,49	50,79

Tabela 2

Duração do silêncio de oclusiva alveolar surda [t] diante de vogal tônica [ms].

Duração Silêncio das Oclusivas	[t] átono - diante de [a] tônico	[t] átono - diante de [ẽ] tônico	[t] átono - diante de [i] tônico	[t] átono - diante de [ɨ] tônico	[t] átono - diante de [u] tônico	[t] átono - diante de [ũ] tônico
Inf. AN	78,90	43,50	81,10	42,60	62,20	29,00
	85,00	53,00	45,20	30,00	47,30	25,50
	72,70	47,40	72,60	36,70	38,60	38,50
	69,30	31,10	64,20	39,40	30,10	24,50
	66,90	45,20	87,50	40,30	40,00	17,10
	63,80	42,50	79,30	47,40	52,80	37,90
	51,80	52,60	66,20	46,60	65,90	30,80
Inf. RFG	110,80	62,90	84,50	54,90	82,40	51,80
	127,70	56,70	102,50	58,00	94,20	44,00
	113,10	75,20	75,30	64,90	88,50	65,50
	128,40	76,10	82,50	30,60	97,20	42,60
	108,30	69,20	92,50	59,00	94,80	27,00
	111,90	62,00	87,90	59,30	76,00	46,10
	89,90	76,30	102,10	45,20	77,90	43,50
Inf. RSJ	55,60	47,90	75,60	47,10	93,00	29,90
	36,90	36,40	53,20	49,10	79,20	33,90
	53,80	53,60	61,80	38,20	81,10	32,20
	57,20	57,00	59,30	31,50	68,90	33,90
	54,60	58,80	66,10	45,70	91,40	32,80
	41,30	77,20	59,20	69,60	96,40	33,30
	58,50	69,50	42,50	57,10	81,40	30,90
Inf. RS	64,90	40,40	54,80	24,00	54,20	31,10
	64,00	31,00	45,80	30,60	52,10	25,40
	49,70	24,00	70,40	31,20	42,90	36,70
	51,60	26,90	56,00	34,30	38,60	34,10
	46,80	16,80	57,40	30,80	40,70	39,00
	53,50	22,20	47,40	21,60	39,70	26,50
	54,80	17,50	34,90	21,20	44,20	30,50
<b>Média</b>	72,20	49,03	68,14	42,39	66,13	34,79
<b>DP</b>	26,68	18,51	17,94	13,21	22,14	9,59
<b>Var</b>	711,57	342,59	322,01	174,53	490,31	92,04
<b>CV</b>	36,94	37,75	26,34	31,17	33,48	27,58

Tabela 3

Duração do silêncio de oclusiva velar surda [k] diante de vogal tônica [ms].

Duração Silêncio das Oclusivas	[k] átono - diante de [a] tônico	[k] átono - diante de [ẽ] tônico	[k] átono - diante de [i] tônico	[k] átono - diante de [ĩ] tônico	[k] átono - diante de [u] tônico	[k] átono - diante de [ũ] tônico
Inf. AG	65,60	28,00	24,80	28,40	36,80	24,90
	52,40	27,50	31,60	31,00	37,90	22,90
	42,10	39,60	41,00	29,80	40,20	35,00
	50,50	35,40	23,10	25,40	31,20	32,60
	56,50	35,50	60,60	12,60	52,40	21,80
	39,90	28,50	33,20	15,30	23,10	31,50
	36,70	22,50	27,50	21,20	57,30	20,70
Inf. RF	73,70	22,50	59,70	45,40	75,80	20,20
	67,90	31,00	67,30	46,10	79,10	13,50
	73,60	33,70	73,80	51,80	79,60	19,20
	76,30	44,20	87,80	41,00	65,10	34,30
	81,60	29,50	73,90	50,20	51,30	22,80
	71,10	35,80	60,30	37,70	90,90	66,20
	77,70	38,10	62,10	43,60	76,10	22,80
Inf. RJ	42,80	41,70	55,90	29,20	44,60	20,50
	26,40	23,60	62,80	2,0	47,10	8,90
	30,80	24,60	64,50	12,30	48,10	16,60
	22,10	35,00	69,10	14,00	57,00	9,0
	40,50	32,00	71,70	10,50	44,50	40,80
	52,90	20,00	38,90	22,10	52,10	18,20
	20,80	24,50	52,50	15,90	37,70	15,60
Inf. RS	64,50	22,20	56,30	25,70	42,40	32,10
	62,00	13,30	55,20	24,60	45,10	17,50
	63,70	10,40	45,70	29,40	49,60	25,20
	57,30	22,40	55,70	19,00	58,70	20,90
	62,50	14,70	52,50	26,20	53,20	28,00
	56,40	14,30	43,30	37,40	49,60	25,90
	58,70	23,70	43,20	29,10	54,90	35,80
<b>Média</b>	54,54	27,65	53,36	27,75	52,91	25,12
<b>DP</b>	17,19	8,83	16,29	12,85	15,82	11,31
<b>Var</b>	295,33	78,00	265,37	165,12	250,25	127,98
<b>CV</b>	31,51	31,94	30,53	46,31	29,90	45,03