

8.00.00.00-2 LINGÜÍSTICA, LETRAS E ARTES

8.01.00.00 – 7 - LINGÜÍSTICA

CORRELATOS ACÚSTICOS DOS AJUSTES SUPRALARÍNGEOS E DE TENSÃO DA QUALIDADE VOCAL: MEDIDAS FORMÂNTICAS

PERPÉTUA COUTINHO GOMES

Curso de Fonoaudiologia- Faculdade de Ciências Humanas e da Saúde (FACHS)

ZULEICA CAMARGO

Departamento de Lingüística - Faculdade de Filosofia, Comunicação, Letras e

RESUMO: O ESTUDO DA QUALIDADE VOCAL REVESTE-SE DE IMPORTÂNCIA DEVIDO À DESCRIÇÃO DE DISTÚRBIOS QUE PODEM AFETÁ-LA. O OBJETIVO DA PRESENTE PESQUISA FOI INVESTIGAR OS CORRELATOS ACÚSTICOS DOS AJUSTES DE QUALIDADE VOCAL (AQV) SUPRALARÍNGEOS E DE TENSÃO. PARA TANTO, AMOSTRAS DE FALA DE 40 FALANTES (17 MASCULINO E 23 FEMININO) FORAM ANALISADAS POR MEIO DO ROTEIRO *VOCAL PROFILE ANALYSIS SCHEME*- VERSÃO ADAPTADA PARA O PORTUGUÊS BRASILEIRO (*VPAS- PB*). AS SETE VOGAIS ORAIS EM POSIÇÃO TÔNICA, CONSTANTES EM TRÊS SENTENÇAS, DE CADA FALANTE, FORAM ANALISADAS COM AUXÍLIO DO *PLUGIN AKUSTYK- PRAAT*- PARA EXTRAÇÃO DE FREQUÊNCIA (F1, F2 E F3) E INTENSIDADE (I1, I2 E I3) FORMÂNTICAS. OS ACHADOS FORAM SUBMETIDOS À ANÁLISE ESTATÍSTICA. A PESQUISA FOI APROVADA PELO COMITÊ DE ÉTICA (101/11). A ANÁLISE DE *CLUSTER* REVELOU AGRUPAMENTO DE AQV EM SETE CLASSES. AQV NEUTROS AGRUPARAM SE ÀS FREQUÊNCIAS DE F1 E F2 E NÃO-NEUTROS À F3, I1, I2 E I3. PARA O GRUPO MASCULINO, F1 (99,3%) E F2 (95,3%) FORAM RELEVANTES NA PREDIÇÃO DE VOGAIS. PARA O FEMININO, F1 (99,5%) E F3 (48,7%). A ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA PARA O GRUPO MASCULINO MOSTROU CORRELAÇÃO ENTRE AQV DE HIPOFUNÇÃO DO TRATO VOCAL (32,1%), CONSTRIÇÃO FARÍNGEA (27,2%), MANDÍBULA FECHADA (27,2%), CORPO DE LÍNGUA ABAIXADO (27,2%) À F3, ALÉM DE EXTENSÃO DIMINUÍDA DE MANDÍBULA (31,4%) E DE CORPO DE LÍNGUA RECUADO (28,4%) À I3. PARA O FEMININO, F3 CORRELACIONOU-SE COM CORPO DE LÍNGUA ELEVADO (25%) E I2 COM CORPO DE LÍNGUA AVANÇADO (24,7%) E LARINGE ELEVADA (23,6%). OS ACHADOS REFORÇAM A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DOS AJUSTES SUPRALARÍNGEOS E DE TENSÃO MUSCULAR.

PIBIC-CNPq

Descritores: Voz; Fala; Acústica.

Introdução

A qualidade vocal tem sido alvo de interesse de várias áreas do conhecimento: Medicina, Linguística, engenharia, Fonoaudiologia e ciências da computação. Os estudos envolvendo a qualidade vocal ocupam-se em compreender suas particularidades, bem como suas funções lingüísticas. Além disso, há vários trabalhos que procuram descrever os distúrbios da comunicação e suas implicações na qualidade vocal. Aqui, podem ser citadas as pesquisas realizadas por CAMARGO (2002) e OLIVEIRA (2011). Estes diferentes estudos podem ser congregados pela abordagem fonética da qualidade vocal.

A descrição da qualidade vocal com motivação fonética faz-se importante pelo fato de ser um sistema classificatório de natureza analítica. Além disso, possibilita uma avaliação ampla, visto que agrega informações acústica, articulatória e perceptivo-auditiva. O modelo fonético de descrição da qualidade vocal enfoca a qualidade vocal como característica idiossincrática de cada falante, que transparece informações físicas, psíquicas e sociais, além de destacar sua função lingüística (LAVER, 1980). Como resultado do referido modelo, foi desenvolvido o roteiro *Vocal Profile Analysis Scheme – VPAS* (LAVER et al., 1981).

Um princípio teórico básico no modelo fonético refere-se à relação entre segmentos vocálicos e consonantais e ajustes de qualidade vocal, sendo conhecido como susceptibilidade dos segmentos aos efeitos recorrentes de ajustes de qualidade vocal (LAVER, 1980). Para tanto, o material instrutivo para uso do VPAS prevê o uso de estímulos (sentenças), contendo segmentos-chave para identificação dos ajustes de qualidade vocal, com adaptação recente para o português brasileiro-PB (CAMARGO, MADUREIRA, 2008)

Até o momento, elementos que influenciam a qualidade vocal não foram detalhadamente enfocados em estudos voltados à exploração de correlatos acústicos e perceptivos, quando se trata de ajustes supralaríngeos (do trato vocal) e de tensão, apesar de sua importância para estudos dos distúrbios da

voz, da expressividade e de caracterizações de línguas (MADUREIRA, 2008; BARBOSA, 2009). Assim, destaca-se a importância da presente pesquisa.

Objetivo

Apresentar dados acústicos do padrão de formantes (frequência e intensidade dos três primeiros formantes – F1, F2 e F3) das sete vogais orais de amostras de fala representativas de ajustes supralaríngeos e de tensão de qualidade vocal, considerando-se as influências de variáveis como idade, gênero e vogal estudada.

Métodos

O *corpus* da pesquisa foi constituído de gravações de 40 falantes (17 falantes do gênero masculino e 23 do gênero feminino), com idades entre 20 e 58 anos, em formato de áudio, constantes do banco de dados de qualidade vocal do LIAAC (Laboratório Integrado de Análise Acústica e Cognição) – PUC/SP. Tais estímulos foram selecionados quanto ao julgamento perceptivo de ajustes supralaríngeos e de tensão de qualidade vocal (referentes a lábios, língua, mandíbula, faringe e altura de laringe).

As gravações constantes no banco de dados foram constituídas por um trecho de fala semi-espontânea, no qual cada sujeito foi solicitado a falar sobre a cidade em que nasceu e a realizar a leitura de 10 sentenças-veículos elaboradas especialmente para estudos versando a qualidade vocal (Camargo; Madureira, 2008) e, portanto, levando em consideração o princípio de susceptibilidade do segmento aos efeitos de ajustes de qualidade vocal (LAVIER, 1980). Destas 10 sentenças, foram utilizadas aquelas que continham enunciados com segmentos vocálicos (vogais orais) do português brasileiro em posição tônica e, preferencialmente, em contexto fonético semelhante. Além disso, também não utilizamos a fala semi-espontânea. Assim, foram utilizadas as sentenças, palavras e **vogais** destacadas abaixo:

- O objeto de estudo da fonética é essa complexa, variável e poderosa face sonora da linguagem: a fala.
- Soube que a casa dos bispos é visitada por turistas todos os dias e que o roteiro de visitas dura cerca de duas horas para ser percorrido.
- Detesto ir a casa dele, pois fica do outro lado da cidade e o acesso é difícil.

As amostras de fala foram editadas e analisadas do ponto de vista perceptivo por 02 juízes experientes no roteiro VPAS-PB, a fim de compor o perfil de qualidade vocal em termos de combinações de ajustes supralaríngeos (subcategorias longitudinais, transversais e velofaríngeos) e de tensão muscular. Os ajustes também foram classificados em dois grupos: neutros e não-neutros para as duas categorias estudadas (supralaríngeos e de tensão muscular), segundo diretrizes de aplicação do roteiro VPAS-PB (Camargo, Madureira, 2008).

Para descrição dos correlatos acústicos dos ajustes detectados na esfera perceptiva, optou-se pela exploração dos valores de frequência- Hz (F1, F2 e F3) e intensidade-dB (I1, I2 e I3) dos três primeiros formantes das vogais orais acima destacadas. Tais medidas foram extraídas com auxílio do *plug-in Akustyk* (disponível em http://bartus.org/akustyk/akustyk_features.html) no *software* de livre acesso *Praat*.

Os dados perceptivos e acústicos foram submetidos à análise estatística multivariada com o auxílio do *software XLSTAT* da *Addinsoft*, a fim de se investigar a validade de cada parâmetro acústico em predizer os grupos de ajustes de qualidade vocal supralaríngeos (longitudinais, transversais e velofaríngeos) e de tensão nas categorias neutro e não neutro (LAVÉ, 1980; LAVÉ et al., 1981; CAMARGO; MADUREIRA, 2008).

Resultados e discussão

Com relação aos dados perceptivos, a análise aglomerativa hierárquica de *Cluster* revelou o agrupamento de ajustes em sete classes distintas:

- Classe 1 (46,4% do total de ajustes)- Agrupamento de ajustes supralaríngeos transversais (lábios arredondados, extensão diminuída de lábios, mandíbula aberta e com extensão diminuída, ponta e corpo de língua retraídos, expansão faríngea e denasal) e tensão muscular (hipofunção de trato vocal e hipofunção da laringe);
- Classe 2 (21,4% de ocorrência) - Aglomeração de ajustes supralaríngeos transversais (lábios estirados, mandíbula fechada, ponta da língua avançada e constrição faríngea), longitudinais (laringe elevada) e de tensão muscular (hiperfunção de trato vocal);

- Classe 3 (7,1%) - Agrupamento de ajustes supralaríngeos transversais (extensão aumentada de lábios e mandíbula);
- Classe 4 (7,1%) – Ajustes supralaríngeos transversais (mandíbula protraída e ponta de língua avançada);
- Classe 5 (7,1%) - Agrupamentos dos ajustes supralaríngeos de natureza velofaríngea (escape de ar audível e nasal);
- Classe 6 (7,1%) - Agrupamento de ajuste supralaríngeo transversal (corpo de língua abaixado) e longitudinal (laringe abaixada);
- Classe 7 (3,5%) – Agrupamento de ajustes de tensão muscular (hiperfunção laríngea).

Tais julgamentos revelaram agrupamentos de grupos opostos de ajustes de qualidade vocal, como aqueles de natureza transversal ou latitudinal, relacionados a alguma expansão (a maioria dos ajustes foram agrupados nas classes 1, 3 e 6) ou constrição (classes 2 a 4) nas cavidades ressoadoras. Houve também classes agrupadas por mecanismos velofaríngeos (classe 5) e por tensão muscular- hiperfunção (classes 2 e 7) e hipofunção (classe 1). Tais achados reforçam o princípio de compatibilidade entre os ajustes, esboçado no modelo fonético de descrição da qualidade vocal (LAVIER, 1980) e mostram correspondência a alguns trabalhos sobre correlações entre percepção e acústica de qualidade vocal (CAMARGO, MADUREIRA, 2010; CAMARGO, *et al*, 2012). Com relação a algumas tendências de expansão de cavidades ressoadoras ou de constrição de suas dimensões, foram relacionados, respectivamente, a alguns ajustes longitudinais responsáveis pelo alongamento ou encurtamento do trato vocal. Muitos deles também estão relacionados aos ajustes de tensão muscular, incluindo hipofunção e hiperfunção de laringe.

A análise discriminante mostrou que os ajustes neutros e não-neutros de tensão muscular foram importantes para distinguir o gênero dos falantes (86,1% de influência). No caso do grupo supralaríngeo, aqueles de natureza velofaríngea, como nasal (36,9%), além dos transversais: labiodentalização (30,3%) e extensão aumentada de lábios (29,8%) foram relevantes para tal distinção.

A análise de regressão linear dos julgamentos perceptivos de qualidade de voz e idade dos falantes mostrou que os ajustes de labiodentalização,

extensão diminuída de lábios, expansão faríngea, hipofunção de trato vocal e de laringe, escape de ar nasal audível e laringe baixa foram os mais determinantes (Fator de correlação: R^2 : 53,1%). A maioria desses ajustes pode estar relacionada a efeitos do envelhecimento do trato vocal (MACKENZIE BECK, 1999; KREIMAN; SIDTS, 2011). Assim, temos uma correlação entre o alongamento do trato e a expansão das cavidades ressoadoras em decorrência da retração fisiológica de corpo e de ponta de língua e do abaixamento da laringe. Estas mudanças das estruturas do trato vocal são tidas como uma tentativa de adaptação de ossos, cartilagens, músculos e de tecidos membranosos ao avanço da idade (MACKENZIE-BECK, 1999; KREIMAN, SIDTS, 2011). Destaca-se ainda que quanto mais baixa é a posição da laringe, menos tenso é contato entre as pregas vogais durante o mecanismo de fechamento, o que afeta diretamente os ajustes de tensão muscular. Esses achados reforçam o princípio de interdependência entre os ajustes (LAVÉR, 1980).

Com relação à análise discriminante dos ajustes supralaríngeos e de tensão, a idade dos falantes revelou poder segregatório para os ajustes neutros e não neutros (99,5%). Houve uma tendência, no caso do grupo feminino, de apresentar constrição de cavidades, o que pode estar relacionado à hiperfunção laríngea (CAMARGO *et al*, 2012). Além disso, a análise discriminante revelou o poder segregatório das medidas formânticas, especialmente, F3, I1 e I3, em predizer os grupos de ajustes neutros e não neutros (figura 19). As medidas mais importantes para identificação dos ajustes supralaríngeos foram: I1 (72,9% de influência), F3 (63,7%), I3 (36,2%) e I2 (35,3%) e para os ajustes de tensão foram F1 (49,7% de influência), I2 (41,6%) e I3 (35,2%).

Quando se consideraram os ajustes de qualidade vocal supralaríngeos e de tensão e as medidas formânticas (F1, F2, F3, I1, I2, I3), os ajustes neutros agruparam-se as medidas de F1 e F2 e os não-neutros às de F3, I1, I2 e I3 (Figura 1). As variáveis relevantes para esta distribuição foram: F1 (49,1%), I2 (41,3%), I1 (32,5%) e F2 (28,5%).

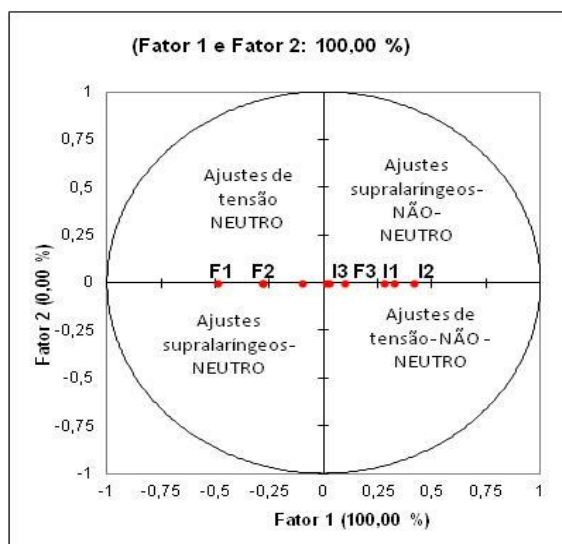


Figura 1: Diagrama da análise discriminante dos dados acústicos (medidas formânticas-F1, F2 e F3) para estimação dos grupos de ajustes de qualidade vocal neutros e não neutros para as esferas supralaríngea e de tensão.

A análise de regressão linear aplicada às medidas formânticas de frequência e intensidade aos ajustes apresentou menor correlação. O nível de correlação aumentou quando levamos em consideração apenas as frequências formânticas (R^2 : 19,3%). Em termos de intensidade dos formantes, os maiores valores de correlação foram encontrados para I2 e I3 (R^2 : 15,5% para ambos). Dados da regressão logística encontram-se na tabela 1. Para as amostras do gênero feminino, o poder segregatório foi 94,4% e para o gênero masculino foi de 93,28%.

Tabela 1: Matriz de confusão para dados de estimação da análise de regressão logística das medidas formânticas em relação ao gênero.

	Feminino	Masculino	Total-amostras	%
Feminino	152	9	161	94,41%
Masculino	8	111	119	93,28%
Total	160	120	280	93,93%

A análise de correlação canônica, para o grupo masculino, mostrou correlação entre a medida acústica de F3 e os ajustes de: hipofunção do trato vocal (32,1% de correlação), constrição faríngea (27,2%), mandíbula fechada (27,2%), corpo de língua abaixado (27,2%), mandíbula avançada (26,2%), além de ajuste de extensão diminuída de mandíbula (31,4%) e de corpo de língua recuado (28,4%) à medida de I3. Para os falantes do gênero feminino, revelou

que a medida de F3 correlacionou-se com ajuste de corpo de língua elevado (25%) e a medida de I2 com ajustes de corpo de língua avançado (24,7%) e de laringe elevada (23,6%).

No caso da análise de correlação canônica, os achados encontram respaldo no princípio de compatibilidade entre os ajustes, em que alguns mecanismos associam-se a tensão muscular à redução da dimensão das cavidades supralaríngeas. Para o sexo feminino, a laringe elevada está relacionada à elevação e anteriorização da língua, correlação essa que pode ser explicada pela movimentação da musculatura extrínseca da laringe. Pelos achados, há uma tendência dos ajustes longitudinais influenciarem o abaixamento da laringe e as dimensões das cavidades ressoadoras (LINDBLOM; SUNDBERG, 1971) e, em consequência, influenciar na ocorrência dos ajustes supralaríngeos transversais.

A análise de regressão linear envolvendo as medidas formânticas e a idade dos falantes mostrou baixa correlação (R^2 : 3,9%), porém, quando os dados perceptivos foram integrados, a correlação alcançou nível mais elevado (R^2 : 33,5%), com as influências dos ajustes de lábios, ponta de língua e expansão faríngea. Tais achados também podem estar relacionados ao processo de envelhecimento do trato vocal, em que a relação entre os ajustes longitudinais e transversais/latitudinais é possível, especialmente, devido ao abaixamento fisiológico da laringe (MACKENZIE-BECK, 1999)

As frequências dos formantes-F1, F2 e F3 (92,86%) e intensidades-I1, I2 e I3 (94,64%) apresentaram alto poder discriminatório para os 21 anos. Outras idades não foram ressaltadas. As medidas de F1 e F2 foram importantes na identificação fonética das vogais, mais precisamente com as características segmentares de vogal, em que F1 e F2 estão relacionados com a sua identidade e que as ressonâncias superiores estão relacionadas a algum ajuste de qualidade vocal do indivíduo, durante o discurso (KREIMAN; SIDTS, 2011). Estes achados também reforçam que o procedimento metodológico diferenciou eventos relacionados ao plano segmental (vogais enquanto segmentos-chave) e prosódico (ajustes de qualidade vocal) (MADUREIRA, 2008; CAMARGO et al, 2012).

O poder segregatório das vogais por meio das medidas de F1, F2 e F3 para os falantes do gênero masculino variou de 70,5% para a vogal [e] a

88,24% para as vogais [i], [u] e [i]. As variáveis mais importantes foram F1 (99,3%) e F2 (95,3%). Já para o grupo do gênero feminino variou de 43,4% para [e] a 91,3% para [i]. As variáveis influentes foram F1 (99,5%) e F3 (48,7%)- figuras 2 e 3.

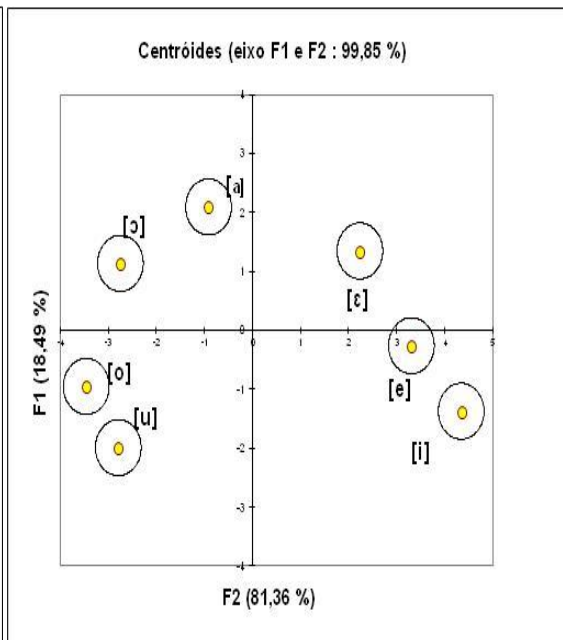
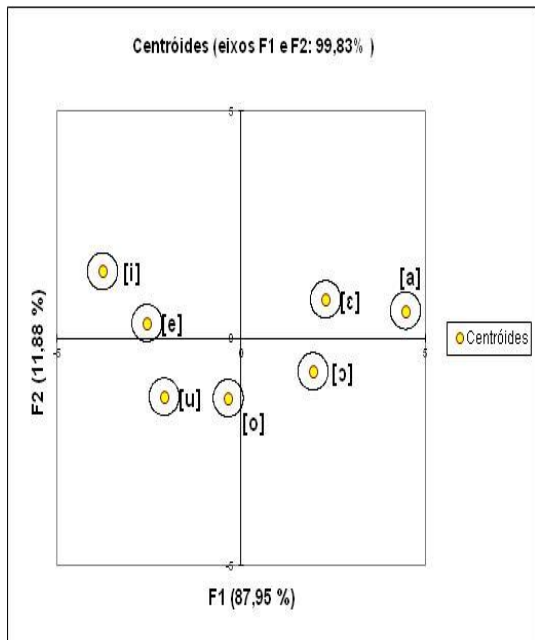


Figura 2. Distribuição de centróides para as vogais da análise discriminante de dados acústicos (frequências formânticas) para o grupo feminino

Figura 3. Distribuição de centróides para as vogais da análise discriminante de dados acústicos (frequências formânticas) para o grupo masculino

Para as medidas de intensidade formânticas, os resultados da análise discriminante foram inferiores tanto para o gênero feminino quanto masculino (figuras 20 e 21). Para o primeiro o poder segregatório variou de 17,65% para [e] a 76,46% para [i]. Para as mulheres, variou de 26,09% para [i] a 69,57% para [i].

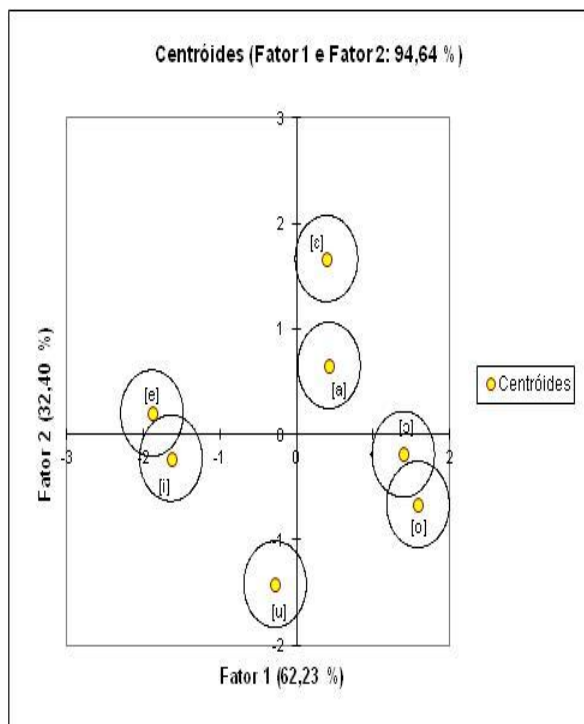


Figura 4. Distribuição de centróides para as vogais da análise discriminante de dados acústicos (intensidades formânticas) para o gênero feminino. Fator 1 refere-se à influência de I2 e fator 2 à influência de I3.

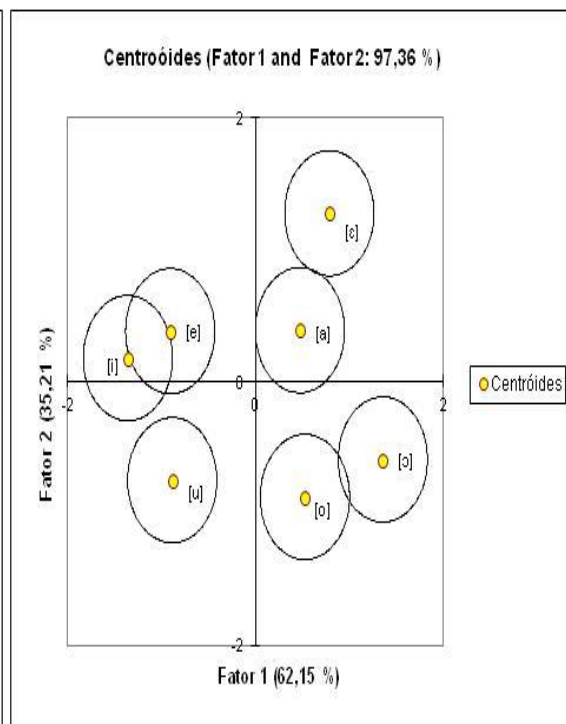


Figura 5. Distribuição de centróides para as vogais da análise discriminante de dados acústicos (intensidades formânticas) para o gênero masculino. Fator 1 refere-se à influência de I2 e fator 2 à influência de I3.

A análise de regressão logística aplicada para cada uma das sete vogais orais do PB mostrou a relevância destes segmentos na detecção dos ajustes supralaríngeos e de tensão neutros e não-neutros. Para o grupo de ajustes supralaríngeos não foi encontrado poder segregatório para neutro. Em contrapartida, a vogal [e] revelou poder segregatório de 97,3% e as demais de 100% para os não-neutros, ou seja, todas as vogais foram capazes de detectar ajustes não-neutros de qualidade vocal. Quando os ajustes de tensão muscular foram considerados, o poder segregatório para não-neutro variou de 100% para [o], 96% para [e], 91,67% para [i], 84% para [j], 83,33% para [u] e 80% para [i] e [a]. Novamente, para o grupo de natureza neutra, os valores obtidos foram mais baixos: 0% para [o], de 2% para [j], 18,75% para [i], 20% para [e] e [a] e 25% para [u].

Em resumo, as vogais foram susceptíveis aos ajustes não neutros de qualidade vocal. Para a detecção de tais ajustes as medidas mais relevantes foram de F3, I2 e I1 (LAVIER, 1980; MACKENZIE-BACK, 2005). Tais achados encontram respaldos em alguns estudos perceptivos que mostraram que

mudanças de frequências formânticas numa escala de 4 a 8% são audíveis (KREIMAN; SIDTS, 2011). Além disso, as frequências formânticas são responsáveis por apresentarem importantes informações sobre os falantes, principalmente, quando se leva em consideração as características particulares de cada sujeito (SUNDEMBERG, 1997; MACKENZIE-BECK, 1999, 2005; HEWLETT; BECK, 2006; KREIMAN; SIDTS, 2011). O enfoque das ressonâncias do trato vocal com intuito de caracterizar a qualidade vocal é de interesse para o campo prosódico. Futuras explorações em termos da graduação da manifestação dos ajustes detectados e das ressonâncias superiores a F3 devem ser estimuladas.

Conclusão

Os achados reforçam a importância da análise de ajustes supralaríngeos e de tensão muscular da qualidade vocal. Idade e gênero foram consideradas variáveis influentes no agrupamento de tais grupos de ajustes. Dados das vogais estudadas indicaram que foi possível enfocar algumas correspondências entre ajustes de longo termo da qualidade vocal, especialmente para o grupo de tensão muscular, e medidas de ressonâncias do trato vocal (formantes), em curto termo, reforçando o princípio de susceptibilidade dos segmentos aos efeitos recorrentes dos ajustes de qualidade vocal.

REFERÊNCIAS

CAMARGO, Z . **Análise da qualidade vocal de um grupo de indivíduos disfônicos: uma abordagem interpretativa e integrada de dados de natureza acústica, perceptiva e eletroglotográfica.** [tese]. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; 2002.

CAMARGO, Z. MADUREIRA, S. **Voice quality analysis from a phonetic perspective: Voice Profile Analysis Scheme Profile for Brazilian Portuguese (BPVPAS).** In: SPEECH PROSODY, 4, 2008, Campinas. Fourth Conference on Speech Prosody - Abstract Book and CD-Rom Proceedings, 2008. v. 1. p.57–60.

KREIMAN, J; SIDTS, D. **Foundations of voice studies: an interdisciplinary approach to voice production and perception.** Malden: Wiley-Blackwell, 2011.

LAVÉ, J. **The phonetic description of voice quality.** Cambridge: Cambridge University Press, 1980. p186.

MACKENZIE-BECK, J. **“Perceptual analysis of voice quality: the place of vocal profile analysis”.** In *A figure of speech: a festschrift for John Laver*, W.J. Hardcastle and J. Mackenzie-Beck, Eds, Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2005, pp.285-322.