

# VOWELS IN UNSTRESSED FINAL POSITION: PERCEPTION AND PRODUCTION (IN SOUTH OF BRAZIL)

## VOGAIS EM POSIÇÃO POSTÔNICA FINAL: PERCEPÇÃO E PRODUÇÃO (NO SUL DO BRASIL)

Carmen Lúcia Barreto MATZENAUER\*

Aline NEUSCHRANK\*

Miriam Cristina CARNIATO\*

Roberta Quintanilha AZEVEDO\*

\*Programa de Pós-graduação em Letras, Universidade Católica de Pelotas  
(PUC/Pelotas)

### RESUMO

*A neutralização da oposição entre as vogais médias altas (/e, o/) e altas (/i, u/), em posição átona final, que acontece no Português Brasileiro resulta em um sistema fonológico composto de três vogais (/i, u, a/). Contudo, manifesta-se em um sistema fonético caracterizado pelas vogais com posicionamento mais central ([ɪ, ʊ, ɐ]), consideradas frouxas (Hammond, 1999) em comparação às vogais periféricas. A produção e a percepção dessas vogais, à luz de um modelo fonológico com três níveis de representação (fonológico subjacente, fonológico de superfície e fonético), que opera sob a noção de restrições, são formalizadas em paralelo, ou seja, as cinco vogais em posição átona passam para três vogais em posição postônica final em uma única operação. Neste trabalho, a redução vocálica no português do sul do Brasil é vista sob a noção fonética de Crosswhite (2001ab), dada por aumento de contraste, sendo representada no modelo BiPhon (Boersma, 2007). Tal formalização sugeriu a explicação do fenômeno no PB, na produção e na percepção, com o mesmo conjunto de restrições motivadas foneticamente, operando de forma articulada com outras restrições em uma mesma hierarquia, isto é, em uma mesma gramática.*

## ABSTRACT

*The neutralization of the opposition between mid high vowels (/ e, o /) and high ones (/ i, u /) in unstressed final position, found in Brazilian Portuguese, results in a phonological system composed of three vowels (/ i, u, a /). However, it manifests itself in a phonetic system characterized by vowels in more central position ([ɪ, ʊ, ɐ]), considered relaxed vowels (Hammond, 1999) by comparison with peripheral ones. The production and the perception of these vowels, in the light of a phonological model – with three levels of representation (underlying, surface and phonetic forms) – which operates with the notion of constraints, are formalized in parallel, that is, the five vowels in unstressed position become three in final postonic position in a single operation. In this investigation, the analysis of vowel reduction in Portuguese spoken in southern Brazil is based on Crosswhite's phonetic notion (2001ab), with contrast enhancement, and represented in the BiPhon model (Boersma, 2007). Such formalization suggests that the phenomenon in BP, in both production and perception, should be explained by the same set of phonetically motivated constraints which articulate with others in the same hierarchy, namely, in the same grammar.*

## PALAVRAS-CHAVE

*Modelo BIPHON. Percepção. Produção. Vogais átonas finais.*

## KEYWORDS

*BIPHON Model. Perception. Production. Unstressed final vowels.*

## Introdução

A pauta postônica do sistema vocálico do português do Brasil (PB) é o foco do presente artigo. O objetivo é discutir e formalizar o fenômeno da neutralização vocálica na posição átona final, do qual resultam apenas três vogais. O estudo analisa dados de percepção e de produção desses segmentos vocálicos sob os enfoques fonético e fonológico, articulando-os com base no Modelo Bidirecional de Fonologia e Fonética (BiPhon),

proposto por Boersma (1998, 2000, 2007, 2011) e Boersma E Hamann (2009), o qual, segundo o autor, é um modelo de gramática que, operando por meio de restrições como o faz a Teoria da Otimidade (*Optimality Theory* – OT), pretende dar conta da fonologia, incluindo as relações estabelecidas com outros componentes da língua. Neste artigo, está privilegiada a relação entre a fonologia e a fonética, presente no comportamento das vogais átonas finais do PB.

Destaca-se, de início, que o sistema vocálico do PB conta com sete segmentos na pauta tônica: /i, u, e, o, ε, ɔ, a/. Explica Câmara Jr. (1970), seguindo preceito da Escola de Praga, que a função contrastiva das vogais, sensível à tonicidade da sílaba, se apresenta diminuída em posições átonas pelo processo de neutralização, reduzindo-se o inventário a cinco vogais na pauta pretônica /i, u, e, o, a/ (com a perda do contraste entre e/ε e entre o/ɔ), a quatro vogais na postônica não final /i, u, e, a/ (com a perda do contraste entre o/ɔ) e a três vogais na átona final /i, u, a/ (com a perda do contraste entre i/e e entre u/o). A redução do sistema afeta, portanto, a força distintiva das vogais médias baixas /ε, ɔ/ e das vogais médias altas /e, o/.

Arguindo a tendência ao comportamento simétrico do sistema fonológico do PB, Bisol (2002, 2003) postula o funcionamento de apenas dois subsistemas em posições átonas, motivados por duas regras de neutralização de que resultam o subsistema de cinco vogais na pauta pretônica /i, u, e, o, a/ e o subsistema de três vogais na pauta postônica /i, u, a/, sendo que a passagem de um subsistema para outro é identificada pela elevação gradual das vogais médias: ε > e, ɔ > o; e > i, o > u. A formalização em (1) representa o sistema de vogais do PB para Bisol (2002, 2003).

(1)

Sistema tônico		Sistema pretônico		Sistema postônico	
i	u	i	u	i	u
e	o	e	o		
ɛ	ɔ				
a		a		a	

Em estudo de variedades do PB dos três Estados do sul do país, Bisol (2003) traz análises reveladoras de que, embora na posição átona final o contraste fonológico fique restrito a três vogais, as formas fonéticas apresentam variação entre as vogais altas e as médias altas, como em *verd[i] ~ verd[e]*, *sol[u] ~ sol[o]*, por exemplo.

Considerando essa realidade, o presente estudo discute a percepção e a produção que falantes de PB do sul do Brasil apresentam das formas fonéticas que representam as três vogais periféricas /i, u, a/. Pelos estudos de Bisol, portanto, essas formas fonéticas podem incluir vogais altas e vogais médias. A análise do comportamento das vogais átonas finais no PB falado no sul do Brasil, por incluir percepção e produção linguística, busca responder questão considerada relevante no processamento da língua: há assimetria entre a compreensão e a produção das vogais médias do PB em posição átona final?

## 1. Suporte Teórico

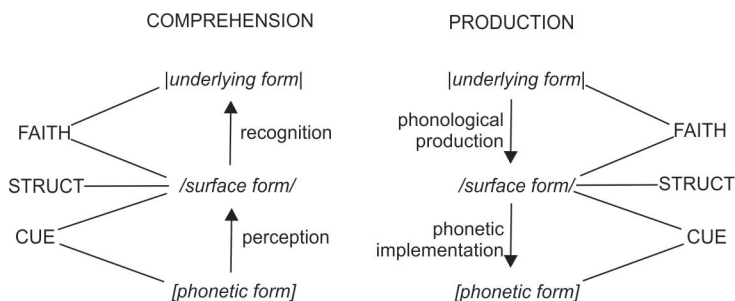
O presente estudo segue os preceitos do modelo Bidirecional de Boersma (1998, 2000, 2007ab) - BiPhon, que propõe um mapeamento entre fonologia e fonética via pistas acústicas. Identifica-se o modelo como bidirecional, porque responde pelo comportamento do ouvinte, incluindo a percepção e o reconhecimento dos dados linguísticos, e do falante, representando a produção linguística; esses comportamentos encontram-se formalizados, respectivamente, no lado esquerdo e no lado direito da Figura 1.

São três os níveis de representação no modelo, sendo dois níveis fonológicos – |forma subjacente|, que associa as estruturas fonológicas discretas a morfemas no léxico, e /forma fonológica de superfície/, que se configura em uma estrutura fonológica que contém as informações segmentais, traços, sílabas e pés – e um nível de representação fonética: [forma fonética], a qual inclui uma representação auditiva (ruído, duração, silêncio, transição) e uma articulatória (língua, lábios).

Os níveis de representação são articulados por meio de restrições, que operam tanto quando o falante ouve a língua (módulo da Compreensão, à esquerda da Figura 1), como quando a produz (módulo da Produção, à direita da Figura 1). As restrições que integram o modelo são de três tipos: restrições de pista, restrições de estrutura e restrições de fidelidade.

A Figura 1 formaliza, de forma simplificada, o funcionamento do modelo proposto.

FIGURA 1: Modelo de processamento de L1 e de gramática (*BiPhon Model*)



Fonte: Boersma; Hamman (2009)

A inclusão de restrições de pista (*cue constraints*) e a sua articulação com as outras restrições, além dos três níveis de representação, são características que afastam o modelo descrito (*BiPhon*) do modelo

clássico da OT, apesar de a sua representação da gramática da língua também utilizar restrições e a sua formalização dar-se por meio de *tableaux*.

Uma noção crucial para o modelo é que as propriedades contrastivas que retratam a informação dos sons das línguas derivam de pistas acústicas, o que implica que os falantes das línguas devem aprender quais aspectos fonéticos funcionam como pistas e como usar essas pistas, a fim de mapeá-las para o nível fonológico. Nesse mapeamento está, pois, necessariamente incluída a relação entre fonologia e fonética. Na Figura 1, tal relação mostra-se estar operando como processo de percepção, que integra o módulo do lado esquerdo do modelo, representativo da compreensão que o falante tem da língua.

No modelo bidirecional, cada pista fonética terá um peso relativo para a língua, que estará representado nas restrições, as quais são formalizadas com a utilização do Algoritmo de Aprendizagem Gradual – GLA (Boersma; Hayes, 2001). O GLA, que vai garantir a probabilidade de ocorrência de cada estrutura, será importante para limitar o poder das restrições de pista, as quais abrem a possibilidade, a cada segmento, de uma variedade de *tokens*. Todos os três tipos de restrições terão papel no módulo da produção e no módulo da compreensão.

Merece destaque a afirmação de Boersma (2007) de que as restrições estruturais também ditam o processo de percepção, do que decorre que a percepção tem natureza fonológica. Assim, o modelo BiPhon oferece a possibilidade de realização de uma análise fonética e fonológica via restrições de estrutura, de fidelidade e de pista. Destaca-se que as restrições de pista em sua essência são puramente fonéticas. No processo de percepção, essa família de restrições une a forma auditiva com a forma fonológica de superfície, permitindo que se possa responder à questão que norteia este trabalho, relativa à existência ou não de assimetria entre a compreensão e a produção das vogais médias em posição átona final.

## 2. Metodologia

Participaram do estudo 4 informantes, 2 homens e 2 mulheres, monolíngues, falantes nativos de PB, com idade entre 25 e 37 anos, nascidos e estabelecidos em Pelotas - RS, com escolaridade universitária.

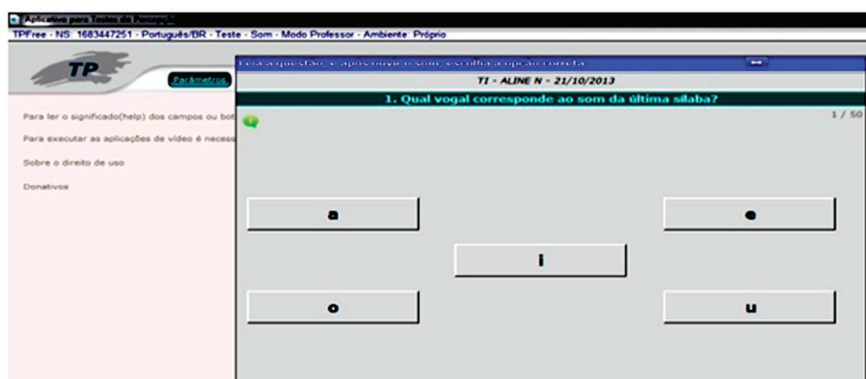
O *corpus* do estudo foi formado por dois tipos de dados: de percepção e de produção linguísticas, o que implicou sua coleta em duas etapas distintas.

O *corpus* de produção foi obtido pela leitura de frases de um instrumento criado a partir de uma proposição de Rauber (2008), referente ao estudo das vogais do Português em posição tônica. Os dados da presente investigação foram coletados a partir da leitura de frases contendo logatomas com as vogais-alvo em sílaba átona final. Utilizaram-se 10 logatomas para cada vogal (ortograficamente apresentadas como a, e, i, o, u) com cinco estruturas fonológicas (pVpV / tVkV / kVkV / fVfV / sVsV), somando 100 *tokens* para cada sujeito; todos os logatomas eram, portanto, dissílabos e paroxítonos. As gravações foram realizadas em estúdio da Rádio Universidade da UCPel. Após a coleta, os dados foram segmentados por meio do software Praat (Boersma; Weenink, 2012). Cada frase, de cada um dos informantes, deu origem a um arquivo de áudio, tendo sido segmentados os logatomas e, subsequentemente, cada uma de suas vogais. Por fim, as vogais postônicas finais foram submetidas a uma análise acústica no Praat, tendo sido descritas suas características com foco nos dois primeiros formantes (F1 – altura da língua e F2 – recuo da língua), suficientes para a definição das vogais do PB.

Para a investigação da percepção das vogais estudadas, foi proposto um teste de identificação, a partir do instrumento anteriormente aplicado para avaliar a produção das mesmas vogais. Os arquivos de áudio (estímulos) foram editados e normalizados no *software* Praat (Boersma; Weenink, 2012) e apresentados aos informantes no *software* TP (Rauber et al., 2012), sem contexto frasal. Os estímulos consistiram em pares

de palavras iguais, uma delas produzida por um homem e a outra por uma mulher. Os sujeitos submetidos ao teste respondiam à seguinte pergunta: Qual vogal corresponde ao som da última sílaba? Além de fazer a identificação do som correspondente, os informantes, após cada audição, faziam uma avaliação da qualidade do estímulo: ruim – regular – bom. Cada estímulo podia ser ouvido até duas vezes e, caso o sujeito percebesse que havia marcado uma opção de maneira equivocada, tinha ainda a oportunidade de refazer a marcação, uma única vez. A figura a seguir é um exemplo de como o informante visualiza o teste de percepção realizado.

FIGURA 2: Teste de Percepção (TP)



Após o término de cada teste de identificação, o próprio *software* gerou uma planilha de resultados com a estatística de erros e acertos, especificando quais foram as vogais identificadas de maneira equivocada e, ainda, que outra vogal foi atribuída pelo ouvinte no contexto em que houve erro de identificação.

A análise estatística dos resultados, realizada com o uso do *software* IBM SPSS versão 20.0, teve a finalidade de verificar a acurácia da percepção e da produção das vogais médias altas, altas e baixa em posição postônica



final. Os resultados foram tratados com o suporte teórico do Modelo Bidirecional de Processamento e de Gramática – BiPhon, de Boersma (2007, 2011) e, pela interação entre diferentes tipos de restrições previstas no BiPhon – estas nos moldes da Teoria da Otimidade Estocástica –, a análise dos resultados possibilitou o tratamento conjunto dos dados relativos à percepção e à produção das vogais estudadas.

### 3. Dados

#### 3.1 Resultados de produção

A escolha das variáveis que compuseram a caracterização acústica das vogais se deu a partir da constatação de autores, como Lieberman e Blumstein (1988, p. 221) e Boersma (2011), que assumem que as frequências dos três primeiros formantes são suficientes para a identificação de vogais e, de modo geral, a maior parte das vogais pode ser identificada com os dois primeiros formantes, como é o caso do PB. Assim, a partir do resultado dos parâmetros acústicos (F1, F2) analisados para as vogais /a, e, i, o, u/, em sua realização fonética em posição postônica final, foi possível estabelecer as relações entre as vogais médias altas e altas e o espaço ocupado pela vogal baixa, que revela o contraste que apresenta com relação às demais vogais do PB.

Importante mencionar que, em razão de o cálculo da média das vogais ter considerado sujeitos com sexo diferente, uma normalização dos dados fez-se necessária, para diminuir as diferenças fisiológicas entre as produções. Para a normalização dos dados de produção das vogais, o método Lobanov<sup>1</sup> foi utilizado. De acordo com Adank *et al.* (2004), o método de normalização Lobanov preserva a melhor variação fonêmica,

<sup>1</sup> A fórmula da normalização é  $F_n[V]N = ([V] - \text{média})/DP$ , onde  $F_n[V]N$  é o valor normalizado para  $F_n[V]$  (frequência formântica da vogal (V)); média é o valor médio para o formante  $n$  do falante que produziu o *token*; e DP é o desvio padrão do formante  $n$ . Este procedimento é de fácil execução através do site <http://ncslaap.lib.ncsu.edu/tools/norm/norm1.php>.

reduz a variação anatômica de forma mais eficaz, ao mesmo tempo em que preserva a variação sociolinguística nas medições acústicas.

Na Tabela 1 mostram-se os dados de produção das vogais obtidos em posição tônica<sup>2</sup>, discriminando-se os valores de F1 e F2, com o registro do desvio padrão (DP).

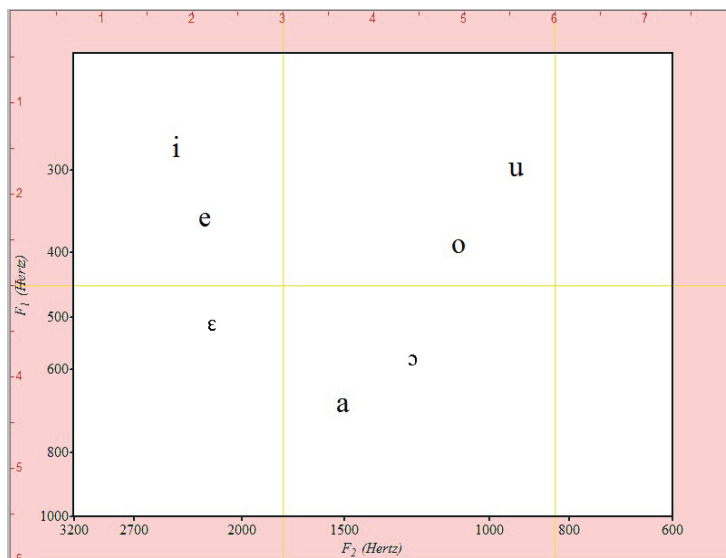
TABELA 1 - Dados de produção em posição tônica

CONTEXTO	VOGAL	F1	DP	F2	DP
Tônica	[a]	673 Hz	39	1505 Hz	64
Tônica	[e]	354 Hz	31	2219 Hz	105
Tônica	[ɛ]	509 Hz	30	2173 Hz	115
Tônica	[i]	281 Hz	17	2400 Hz	96
Tônica	[o]	392 Hz	50	1090 Hz	222
Tônica	[ɔ]	581 Hz	61	1238 Hz	70
Tônica	[u]	300 Hz	24	928 Hz	200

Dos valores registrados na Tabela 1 resultou a plotagem das vogais conforme é mostrado na Figura 3.

<sup>2</sup> Os dados de produção das vogais em posição tônica foram registrados neste artigo a fim de oferecerem subsídios para a comparação com os dados das vogais átonas finais, que são o foco do estudo.

FIGURA 3: Plotagem das vogais em posição tônica

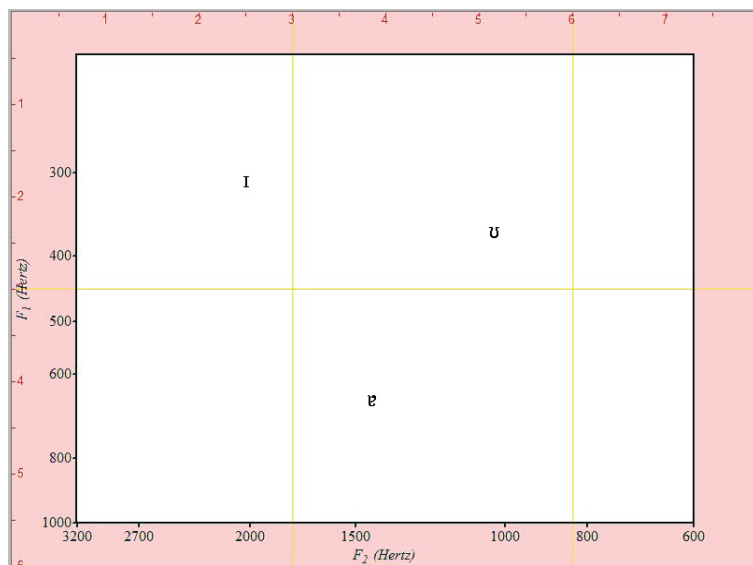


Na Tabela 2, a exemplo da tabela anterior, trazem-se os valores referentes aos dados de produção das vogais obtidos em posição postônica final e, na Figura 4, apresenta-se a plotagem das três vogais foneticamente realizadas nessa posição.

TABELA 2: Dados de produção das vogais em posição átona final

CONTEXTO	VOGAL INPUT	VOGAL OUTPUT	F1	DP	F2	DP
Átona final	/a/	[ə]	648 Hz	49	1432 Hz	64
Átona final	/e/	[ɪ]	320 Hz	31	2018 Hz	105
Átona final	/i/	[ɪ]	306 Hz	17	2020 Hz	96
Átona final	/o/	[ʊ]	360 Hz	50	1036 Hz	222
Átona final	u/	[ʊ]	363 Hz	24	1027 Hz	200

FIGURA 4: Plotagem das vogais em posição átona final



Para saber-se o “status” das vogais átonas finais no espaço acústico dos sujeitos, foram feitos testes estatísticos capazes de revelar se os resultados obtidos têm significância de acordo com limites pré-estabelecidos<sup>3</sup>. Dessa forma, foi possível estabelecer-se que:

- O [a]ônico e postônico final são diferentes para um  $p < 0,05$ .

Em posição tônica, na produção, tem-se que /a/ → [a]. Em posição postônica final, tem-se que /a/ → [ɐ].

- O [o] e o [u] postônicos finais são iguais para um  $p > 0,05$ , tanto no que se refere à altura da língua (F1), quanto no que se refere à anterioridade da língua (F2). Além disso, a partir da comparação dos resultados dessas vogais em posição átona final com relação às mesmas vogais em posição tônica, foi possível estabelecer o caráter diferencial

<sup>3</sup> Será aceito o nível de 5%, ou seja, níveis para  $p = 0,05$ . Assim, valores iguais ou menores que 0,05 querem dizer que o estudo assumiu uma probabilidade de apenas 5% de que diferenças entre grupos sejam encontradas. Portanto, quanto menor o p, maior a evidência de que diferenças ocorram.

que os segmentos apresentam dependendo do contexto em que são produzidos.

Os dados de produção mostraram que o /i/ e o /e/, em posição tônica, mostram diferentes manifestações fonéticas, enquanto em posição postônica final aparecem foneticamente como [ɪ]. E o /o/ e o /u/ que, em posição tônica, mostram também diferentes manifestações fonéticas, em posição postônica final manifestam-se como [ʊ]. Tem-se, com clareza, não apenas a evidência do processo de neutralização, que ocorre no plano fonológico, bem como a expressão do processo de redução vocálica que, no nível fonético, sofrem as vogais em posição átona final.

### 3.2 Resultados de percepção

Os resultados obtidos, apresentados na Tabela 3, referem-se ao total de informantes, já que, ao tratar-se de percepção, é dispensável a normalização dos dados produzidos por homens e por mulheres, pois é processo que independe do fator sexo. Os dados mostram a acuidade da percepção dos informantes deste estudo ao se considerarem a vogal baixa e os pares de vogais coronais (média e alta) e dorsais (média e alta).

TABELA 3: Resumo dos dados de percepção das vogais em posição átona final

VOGAIS	ERROS (%)
a	0
e/i	14
o/u	38
Total	52

Total de 100 estímulos: 50 pares (ex.: fêfa – fêfa)

Os resultados do teste de percepção mostraram maior quantidade de erros ocorridos com o par das vogais dorsais [o, u] (38%), seguido pelo par das vogais coronais [e, i] (14%). A vogal [a] não foi alvo de erro em qualquer dos 4 testes (0%), o que confirma o maior grau de contraste estabelecido por esta vogal, com relação às demais.

Os resultados apontados na Tabela 4 discriminam os percentuais de mapeamento entre os estímulos ouvidos e a vogal identificada.

TABELA 4: Dados de percepção das vogais em posição átona final

Estímulos	[i]	[u]	[ə]
/a/			100%
/e/	1%		
/i/	99%		
/o/		26%	
/u/		74%	
	100%	100%	100%

Os dados da Tabela 4 revelam a possibilidade de alternância de percepção no par de vogais [i,e] e no par de vogais [u,o] átonos finais, verificando-se uma escala na acurácia da percepção: [i] > [e] > [o] > [u]; o par [u,o] sofre maior alternância, sendo a vogal [u] o alvo de menor acurácia perceptual na posição átona em final de palavra.

### 3.3 Restrições utilizadas na análise segundo o Modelo BiPhon

O fenômeno analisado é o processo de neutralização – anulação de oposição entre traços – que ocorre com as vogais em posição átona final no PB e que será formalizado nos níveis mais baixos do modelo BiPhon (ver Figura 1), tanto ao considerar-se a percepção, como a produção. Seguindo-se Katherine Crosswhite (2000), o PB encontra na ideia de

contraste a explicação para esse processo: a preferência pelas vogais periféricas /i, u, a/ em posição átona final decorre de seu maior teor de contraste, ou seja, pela mínima ambiguidade acústica que as formas fonéticas dessas vogais apresentam.

No modelo de restrições clássico, tem-se a formalização de um fenômeno expressa pela disputa entre restrições de marcação e de fidelidade; já no modelo BiPhon, dependendo do nível com o qual se está lidando, tem-se a explicação formal dada pelas restrições que o compõem. Como se optou por demonstrar o fenômeno da neutralização das vogais no PB nos níveis mais baixos do modelo: nível da percepção e da implementação fonética (ver Figura 1 – Modelo de processamento de L1 e de gramática), utilizam-se restrições de estrutura e de pista. Assim, as famílias de restrições que serão utilizadas para lidar com o fenômeno da neutralização vocálica no PB são dadas a seguir, divididas em “restrições de estrutura” (restrições (1) e (2)), as quais agem sobre a estrutura, e “restrições de pista” (restrições (3) a (13)), as quais fazem a interface entre a fonética e a fonologia, que reside na conexão entre a forma auditiva e a forma fonológica de superfície.

#### (1) Restrições de Licenciamento e Aumento de Contraste

\*LicenceNoncorner

Steriad (1994) propõe a não implementação de traços em posições em que as pistas acústicas estão ausentes ou diminuídas. Assim, certa qualidade vocálica não deve ser licenciada em determinado contexto. A exigência é a de que o contexto átono final amplie a percepção acurada quanto mais periféricas forem as vogais.

(2) \*[+tense] - Para a representação das vogais do PB no *output* da produção em posição átona final, considerou-se que a proibição ao traço [+tenso] seria fundamental para a formalização das vogais neutralizadas,

no nível fonético. Militar a favor do “*lax*” iria ao encontro da teoria da marcação de Chomsky; Halle (1968) e das regras propostas por Henderson (1975) como condições universais para as vogais em posição átona. Assim, o traço [+tenso] cumpre papel distintivo fundamental entre as vogais neutralizadas nos níveis fonológico de superfície e fonético.

As restrições de pista já apareceram em trabalhos como Boersma (1998, 2000), Escudero; Boersma (2003, 2004), e Pater (2004), sobre vogais em línguas diferentes do português. O asterisco que apresenta a restrição não exerce uma função de proibição, tal como acontece com as restrições de estrutura, mas como uma negação, para que possam ser lidas e utilizadas na produção e na percepção ao mesmo tempo. A leitura da restrição obedece à seguinte estrutura: não produza /x/ fonológico como [y] fonético e, ao mesmo tempo, não perceba [y] fonético como /x/ fonológico.

As restrições de pista utilizadas no presente estudo foram:

- (3) \*/+baixo, dorsal - a/ [F1 - 648hz / F2 - 1432hz - ʊ],
- (4) \*/+baixo, dorsal - a/ [F1 - 673hz / F2 - 1505hz - a],
- (5) \*/-alto, coronal - e/ [F1 - 320hz / F2 - 2018hz - i],
- (6) \*/-alto, coronal - e/ [F1 - 354hz / F2 - 2219hz - e],
- (7) \*/+alto, coronal - i/ [F1 - 281hz / F2 - 2400hz - i],
- (8) \*/+alto, coronal - i/ [F1 - 306hz / F2 - 2020hz - i],
- (9) \*/-baixo, dorsal - o/ [F1 - 360hz / F2 - 1036hz - ʊ],
- (10) \*/-baixo, dorsal - o/ [F1 - 392hz / F2 - 1090hz - o],
- (11) \*/-baixo, dorsal - o/ [F1 - 648hz / F2 - 1432hz - ʊ],
- (12) \*/+alto, dorsal - u/ [F1 - 300hz / F2 - 928hz - u],
- (13) \*/+alto, dorsal - u/ [F1 - 363hz / F2 - 1027hz - ʊ].



Dado que as restrições de pista representam a interface do contínuo para o discreto, todas as possibilidades de resultados fonéticos obtidos no levantamento de dados devem estar contempladas nas restrições, o que justifica a presença de cada uma das restrições de pista listadas acima.

### 3.4 Discussão dos Resultados no Modelo BiPhon

O *tableau* 1 a seguir demonstra de uma vez só, ou seja, de forma paralela, o fenômeno estudado: na produção, um sistema de cinco vogais em posição átona /a, e, i, o, u/, no nível fonológico, é neutralizado em três vogais fonéticas na produção [ɐ, ɪ, ʊ], e, na percepção, as três vogais fonéticas são categorizadas em cinco vogais fonológicas.

O *tableau* 1 apresenta, portanto, os resultados obtidos na disputa entre as restrições de estrutura e de pista escolhidas para a formalização do fenômeno aqui objeto de estudo.

TABLEAU 1: Produção e Percepção das vogais do PB em posição

átona final	ranking value	disharmony	plasticity
*+tense	112.417	115.864	1.000000
*/a/[a]	110.308	111.146	1.000000
*/e/[e]	106.878	107.984	1.000000
*/o/[o]	103.653	106.674	1.000000
*/u/[u]	100.916	102.865	1.000000
*/i/[i]	100.970	102.073	1.000000
*/o/[ɐ]	100.000	100.857	1.000000
*/e/[ɪ]	99.040	99.593	1.000000
*/o/[ʊ]	98.460	98.871	1.000000
LNONCORNER	95.837	97.516	1.000000
*/u/[ʊ]	96.837	94.880	1.000000
*/a/[ɐ]	89.692	91.788	1.000000
*/i/[ɪ]	93.112	90.795	1.000000

	112.417	110.308	106.878	103.653	100.916	100.970	100.000	99.040	98.460	95.837	96.971	89.692	93.112
	*tense	*/a/[a]	*/e/[e]	*/o/[o]	*/u/[u]	*/i/[i]	*/o/[ɐ]	*/e/[ɛ]	*/a/[ʊ]	*Licence Noncorner	*/u/[ʊ]	*/a/[ɐ]	*/i/[ɪ]
pep/a/													
/a/ pep[a]		*!											
* /a/ pep[ɐ]										*		*	
pep/e/													
/e/ pep[e]	*!		*							*			
* /e/ pep[ɛ]								*		*			
pup/i/													
* /i/ pup[ɪ]										*			*
/i/ pup[i]	*!					*							
pup/o/													
/o/ pup[o]	*!			*						*			
* /o/ pup[ʊ]									*	*			
pop/u/													
* /u/ pop[ʊ]										*	*		
/u/ pop[u]	*!				*								
pep[ɐ]													
* [ɐ] pep/a/												*	
[ɐ] pep/o/	*!						*			*			
pup[ɪ]													
[ɪ] pup /e/	*							*!		*			
* [ɪ] pup /i/	*											*	
pop[ʊ]													
[ʊ] pup /o/	*								*!	*			
* [ʊ] pup /u/	*										*		

Ao considerar-se a produção, o *Tableau* 1 mostra que, diferentemente das demais vogais, o /a/ não sofre neutralização fonológica, porém, no *output* da produção, também reflete uma forma acústica com posicionamento mais central, o que justifica a presença do [ɐ] em posição átona; a produção de [ɐ] tem motivação fonética. Assim, a explicação para esta vogal, no nível da implementação fonética, deve ser dada por uma restrição de natureza fonética, ou seja, por uma restrição de pista: veja-se, no *Tableau* 1, que é uma restrição de pista que se mostra decisiva na escolha do *output* para o *input* “pep/a/”).

Para as demais vogais e candidatos a *output*, além da motivação fonética, que faz com que o mapeamento seja: /i/ e /e/ → [ɪ] e /o/, /u/ → [ʊ], tem-se a neutralização de que as vogais foram alvo, o que faz com que militem restrições de pista com restrições de estrutura: veja-se, no *Tableau* 1, que é uma restrição de estrutura que se mostra decisiva na escolha do *output* escolhido para os *inputs* “pep/e/”, “pup/i/”, “pup/o/” e “pop/u/”).

Ao considerar-se a percepção, o que ocorre no módulo da compreensão, conforme previsto no modelo, o comportamento das restrições é o mesmo do módulo da produção: aí se tem o mapeamento do fonético no fonológico. A diferença encontrada foi no comportamento do par de candidatos a *output* referente ao *input* [ɐ]. Considerando-se que, fonologicamente, o [ɐ] não é uma opção no PB, deve-se optar por outro candidato que possa fazer parte da disputa pelo candidato ótimo junto com o /a/, quando o *input* fonético (da percepção) é um [ɐ]. Isso faz com que o par de *outputs* da produção ([a], [ɐ]) seja diferente do da percepção, que conta com as vogais dorsais (/a/, /o/). Para a percepção da forma [ɐ] como o segmento fonológico /a/, veja-se, no *Tableau* 1, que foi decisiva uma restrição de estrutura; para a categorização das unidades fonológica /i/ e /u/, diferentemente, foram decisivas restrições de pista. No caso da escolha de /i/ e /u/ como *outputs* da percepção, observa-se também que a violação às restrições de estrutura \*[+tense] e \*Licence Noncorner reflete a realidade do conflito entre “pista” e “estrutura” para a articulação entre o *continuum* do plano fonético e o categórico do plano fonológico.

Um modelo de restrições com o uso de um algoritmo de aprendizagem permitiu ainda evidenciar dois fatos relevantes: (a) os casos em que os resultados foram categóricos e (b) para aqueles variáveis, estabelecer quais eram os resultados mais frequentes, através dos pesos das restrições.

Tem-se um exemplo de resultado categórico com o *input* /a/ → [ɐ], sendo representado por uma restrição de pista /a/[a] (valor central = 110.308) dominando uma restrição de estrutura \*LicenceNoncorner (valor central = 95.837) (veja-se o quadro que introduz o *Tableau* 1). O valor central da restrição de pista, demonstrando um valor maior do que 10 unidades<sup>4</sup> com relação à restrição de estrutura, está indicando

<sup>4</sup> No GLA, a diferença superior a 10 pontos nos valores centrais de duas restrições evidencia relação de dominância categórica entre elas; diferença inferior a 10 pontos evidencia a possibilidade de alternância, no *ranking*, entre as restrições, o que indica a possibilidade de

que essas restrições nunca inverterão a sua hierarquia no *ranking*, independentemente do número de produções linguísticas. Essa situação pode ser presenciada também nos outros pares de candidatos a *output* da produção ( $/e/ \rightarrow [ɪ]$ ,  $/i/ \rightarrow [ɪ]$ ,  $/o/ \rightarrow [ʊ]$ ,  $/u/ \rightarrow [ʊ]$ ) e nos candidatos referentes à percepção do  $[ɐ] \rightarrow /a/$ .

Já os casos com variação, que estão previstos na percepção com os pares em que os *inputs* eram formados por  $[ɪ]$  ou  $[ʊ]$ , podem ser confirmados também pelos valores centrais (*ranking value*) das restrições que estão relacionadas à disputa do candidato ótimo. Tomando-se como exemplo o candidato  $[ʊ] \rightarrow /u/$  (74%) e  $[ʊ] \rightarrow /o/$  (26%), vê-se que o peso central da restrição que elimina o candidato  $/o/$  ( $*/o/[ʊ]$  (98.460)) é superior ao peso da restrição  $*/u/[ʊ]$  (96.971), mas com uma diferença inferior a 10 pontos, indicando que a frequência de aparecimento do candidato a *output* ótimo  $/u/$  é superior à do candidato  $/o/$ , mas os dois resultados são uma possibilidade de ocorrência.

Além disso, ainda se pode considerar o fato de a diferença entre o valor central das restrições que se referem à disputa dos candidatos ótimos para o *input*  $[ʊ]$  ( $98,46 - 96,97 = 1,5$ ), na percepção, ser menor que a diferença encontrada para aquelas restrições que fazem parte da disputa entre os candidatos  $/i, e/$  para o *input*  $[ɪ]$  ( $99,04 - 93,11 = 5,9$ ); esse resultado é indicativo da maior variação encontrada entre os *outputs*  $/o, u/$ , na percepção, conforme levantamento de dados (Tabela 4).

A seguir, na Figura 5 apresenta-se a distribuição probabilística dos *outputs*, que comprova se a gramática em questão está resultando nos índices percentuais esperados.

---

variação na determinação dos *outputs*.

FIGURA 5: Output Distributions

row	1	2
	rowLabel	?
1	pep/a/ → /a/ pep	0
2	pep/a/ → /a/ pep	100000
3	pep/e/ → /e/ pep	0
4	pep/e/ → /e/ pep	100000
5	pup/i/ → /i/ pup	100000
6	pup/i/ → /i/ pup	0
7	pup/o/ → /o/ pup	0
8	pup/o/ → /o/ pup	100000
9	pop/u/ → /u/ pop	100000
10	pop/u/ → /u/ pop	0
11	pep [ɐ] → [ɐ] pep/a/	100000
12	pep [ɐ] → [ɐ] pep/o/	0
13	pup [ɪ] → [ɪ] pup/e/	1103
14	pup [ɪ] → [ɪ] pup/i/	98897
15	pop [ʊ] → [ʊ] pop/o/	26100
16	pop [ʊ] → [ʊ] pop/u/	73900

Para comprovar se a gramática em questão está resultando nos índices percentuais desejados, de acordo com Boersma; Hayes (2001), é fundamental a submissão dos candidatos a 100.000 avaliações. Pelos resultados representados na Figura 5, pode-se confirmar que os valores fornecidos pelo algoritmo confirmam exatamente o índice de 100% da produção das vogais [ɪ, ʊ, ɐ] esperado para todas as simulações. Também confirmam os índices de 100% para /a/, 99% para /i/, 1% para /e/, 74% para /u/ e 26% para /o/, esperados na percepção. Tais evidências demonstram a acuidade dos valores que o algoritmo forneceu.

Destaca-se, por fim, que o *Tableau 1* foi capaz de formalizar, em uma única gramática, a percepção e a produção das vogais átonas do PB falado no sul do país, ou seja, o mapeamento, na percepção, de três formas fonéticas para cinco fonológicas e, na produção, o mapeamento de cinco segmentos fonológicos em três formas fonéticas.

## Conclusões

Conforme relatado na metodologia, a análise lidou com a média obtida no total das produções, para cada vogal em posição átona final. Dessa forma, consideraram-se apenas três vogais em posição final na produção [ɪ, ʊ, ʌ], mas foram referidas as ocorrências do [e] e do [o] variavelmente, confirmando as previsões de Bisol (2003). Mantendo essa condição metodológica que resultou em três vogais finais na produção, foram mantidos três *inputs* na percepção, que resultaram em cinco possibilidades de *output* fonológico /a, e, i, o, u/.

A análise dos resultados possibilitou o tratamento conjunto dos dados relativos à percepção e à produção das vogais estudadas, observando-se diferente comportamento dos segmentos vocálicos na produção e na percepção:

- (a) na Produção, houve simetria categórica (100% para cada *output*) entre os níveis fonético e fonológico, com cinco mapeamentos:

$$\begin{array}{ll} /e/ \rightarrow [\text{I}], & /o/ \rightarrow [\text{ʊ}], \\ /i/ \rightarrow [\text{I}], & /u/ \rightarrow [\text{ʊ}], \\ /a/ \rightarrow [\text{ʌ}]. \end{array}$$

- (b) na Percepção, houve assimetria variável entre os níveis fonético e fonológico, com três mapeamentos:

$$\begin{array}{l} [\text{ʌ}] \rightarrow /a/, \\ [\text{I}] \rightarrow /i/ \sim /e/, \\ [\text{ʊ}] \rightarrow /u/ \sim /o/. \end{array}$$

É relevante constatar quais restrições foram decisivas para a escolha dos *outputs* ótimos, explicando-se e formalizando-se esse comportamento das vogais no PB do sul do país. Os resultados são, a seguir, sumarizados.

Para a Produção, em que os dados evidenciaram simetria categórica, mostram-se os ranqueamentos de restrições que foram responsáveis pelos mapeamentos referentes às diferentes vogais:

- a) Input /a/ Output [ɐ]  $\rightarrow$  \*/a/[a] >> \*LicenceNoncorner – esse *ranking* determinou a escolha da vogal central em lugar da baixa.
- b) Input /e/ Output [ɪ]  $\rightarrow$  \*+tense, \*/e/[e] >> \*/e/[ɪ] – esse *ranking* determinou a escolha da vogal alta [-tensa] em lugar da média alta (neutralização).
- c) Input /i/ Output [ɪ]  $\rightarrow$  \*+tense, /i/[i] >> \*/i/[ɪ], \*LicenceNoncorner – esse *ranking* determinou a escolha da alta [-tensa] [ɪ] em lugar da alta.
- d) Input /o/ Output [ʊ]  $\rightarrow$  \*+tense, /o/[o] >> \*/o/[ʊ], \*LicenceNoncorner – esse *ranking* determinou a escolha da vogal alta [-tensa] em lugar da média alta (neutralização).
- e) Input /u/ Output [ʊ]  $\rightarrow$  \*+tense >> \*/u/[ʊ], \*LicenceNoncorner – esse *ranking* determinou a escolha da alta [-tensa] em lugar da alta [u].

A distância entre os pesos centrais está acima de 10 pontos em todos os *rankings* listados.

Para a Percepção, em que os dados evidenciaram assimetria variável, mostram-se os ranqueamentos de restrições que foram responsáveis pelos mapeamentos referentes às diferentes vogais:

- a) Input [ɐ] Output /a/  $\rightarrow$  \*+tense >> \*/a/[ɐ] – os valores centrais das restrições foram, respectivamente, 112.417 e 89.692; esse *ranking* determinou a escolha do *output* /a/.

- b) Input [ɪ] Output /i/~/e/ → **\*LicenceNoncorner**, **\*/e/[ɪ] ~ \*/i/[ɪ]** – os valores centrais das restrições foram, respectivamente, 95.837, 99.040 e 93.112; a possibilidade de alteração de posição entre essas restrições no *ranking* determinou a escolha variável dos *outputs* /i/ e /e/.
- c) Input [ʊ] Output /u/~/o/ → **\*LicenceNoncorner**, **/o/[ʊ] ~ /u/[ʊ]** – os valores centrais das restrições foram, respectivamente, 95.837, 98.460 e 96.971; a possibilidade de alteração de posição entre essas restrições no *ranking* determinou a escolha variável dos *outputs* /u/ e /o/.

As restrições de pista, alimentadas pela análise acústica promovida no estudo, cumpriram papel relevante na representação do fenômeno da neutralização que o sistema vocálico do PB evidencia entre vogais médias altas e altas na sílaba átona final, respondendo, juntamente com as restrições de marcação **\*[+tense]** e **LicenceNoncorner**, pelas especificidades que o sistema vocálico da língua apresenta na posição postônica final.

O tratamento dado pelo estudo foi ao encontro dos pressupostos do Modelo Biphon, uma vez que o mesmo conjunto de restrições, com a mesma hierarquia, foi capaz de explicar tanto a produção, como a percepção, isto é, tem-se que a mesma gramática explica a produção e a percepção em sílaba postônica final e, ainda, identifica o nível de representação em que o fenômeno está acontecendo.

## Referências

ADANK, P.; SMITS, R.; van HOUT, R. **A comparison of vowel normalization procedures for language variation research.** J Acoust Soc Am. 116 (5), p. 3099-3107, 2004.



BISOL, L. Epílogo. In: BISOL, L.; BRESCANCINI, C. **Fonologia e variação: recortes do português brasileiro**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002.

BISOL, L. **A neutralização das átonas**. Revista Letras, Curitiba, n. 61, especial, p. 273-283, 2003.

BOERSMA, P. **Functional phonology**: Formalizing the interactions between articulatory and perceptual drives. Ph.D. Dissertation, University of Amsterdam, 504 pages. 1998.

\_\_\_\_\_. **Phonetically-driven acquisition of phonology**. Manuscript, 44 pages. 2000. Disponível em <http://www.fon.hum.uva.nl/paul/chrono.html>. Último acesso em 31/03/2015.

\_\_\_\_\_. **Some listener-oriented accounts of h-aspiré in French**. Lingua 117: p. 1989-2054. 2007a.

\_\_\_\_\_. **The evolution of phonotactic distributions in the lexicon**. Talk presented at the Workshop on Variation, Gradience and Frequency in Phonology, Stanford, July 8, 2007. 2007b.

\_\_\_\_\_. **A programme for bidirectional phonology and phonetics and their acquisition and evolution**. In: Anton BENZ, A.; MATTAUSCH, J. (eds), Bidirectional Optimality Theory. Amsterdam: John Benjamins, p. 33-72. 2011.

BOERSMA, P.; HAMANN, S. **Loanword adaptation as first-language phonological perception**. In: ANDREA CALABRESE, W.; WETZELS, L. (eds.), Loanword phonology, p. 11-58. Amsterdam: John Benjamins, 2009.

BOERSMA, P.; HAYES, B. **Empirical Tests of the Gradual Learning Algorithm**. Linguistic Inquiry 32, p. 45-86, 2001.

BOERSMA, P.; WEENINK, D. **PRAAT**: doing phonetics by computer [computer program], 2012. Disponível em <http://www.praat.org/>.

CÂMARA Jr., J.M. **Estrutura da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Padrão, 1970.

CHOMSKY, N.; HALLE, M. **The sound pattern of English**. New York: Harper & Row, 1968.

CROSSWHITE, K. **Vowel Reduction in Optimality Theory**. New York & London: Routledge. 2001a.

CROSSWHITE, K. **Vowel Reduction**. In: HAYES, B.; KIRCHNER, R.; STERÍADE, D. (eds.), *Phonetically Based Phonology*, p. 191 – 232. Cambridge: Cambridge University Press. 2001b.

ESCUADERO, P.; BOERSMA, P. **Modelling the perceptual development of phonological contrasts with Optimality Theory and the Gradual Learning Algorithm**. In.: ARUNACHALAM, S.; KAISER, E.; WILLIAMS, A. (eds.): *Proceedings of the 25th Annual Penn Linguistics Colloquium*. Penn Working Papers in Linguistics. 2003. ——— **Bridging the gap between L2 speech perception research and phonological theory**. 2004. Disponível em: <http://www.fon.hum.uva.nl/paul/chrono.html>. Acesso em 31/03/2015.

HAMMOND, M. **The Phonology of English: A prosodic-optimality theoretic approach**. Oxford University Press, 1999.

HENDERSON, M. **Diglossia in Kabul Persian Phonology**. *Journal of the American Oriental Society*. Vol. 95 No. 4 (Oct-Dec), p. 651-654. 1975.

LIBERMAN, P.; BLUMENSTEIN, S. E. **Speech physiology, speech perception and acoustic phonetics**. Cambridge Studies in Speech Science and Communication. Cambridge, USA: Cambridge University Press, 1988.

PATER, J. **Bridging the gap between receptive and productive development with minimally violable constraints.** In: KAGER, R.; Pater, J.; Zonneveld, W. (eds.), *Constraints in Phonological Acquisition*. Cambridge: Cambridge University Press. p. 219–244. 2004.

RAUBER, A. **An acoustic description of Brazilian Portuguese oral vowels [spoken in the South of Brazil].** *Revista Diacrítica*, No 22 (1), p. 229-238. 2008.

RAUBER, A. et al. **TP: perception tests and perceptual training with immediate feedback**, versão 3.1. 2012. Disponível em: [http://www.worken.com.br/tp\\_regfree.php](http://www.worken.com.br/tp_regfree.php), último acesso em 28 fev. 2014.

STERIADE, D. **Complex Onsets as Single Segments: The Mazateco pattern.** *Perspectives in Phonology*, ed. by J. Cole and C. Kisseberth, Stanford: CSLI. p. 203–291. 1994.

Recebido em 20/02/2015 e Aceito em 10/05/2015.