



SEÇÃO: FONOLOGIA E INTERFACES

A interface fonética-fonologia através da pesquisa experimental

*The phonetics-phonology interface through experimental research***Plínio A. Barbosa¹**

orcid.org/0000-0001-6317-3548
pabarbosa.unicampbr@gmail.com
[com](http://www.com)

Recebido em: 10 dez. 2021.**Aprovado em:** 11 mar. 2022.**Publicado em:** 4 nov. 2022.

Resumo: Este trabalho propõe quatro princípios norteadores para um trabalho de interface entre fonética e fonologia que se fundamentam na pesquisa experimental. Fundamentam-se em práticas nas áreas de fonética Experimental e Sociolinguística que visam a permitir que as teorias de ambas as disciplinas se desenvolvam ancoradas em quatro regras: o paradoxo do observador, o vínculo entre produção e percepção da fala, um detalhamento maior dos resultados estatísticos inferenciais e a correlação entre variáveis linguísticas e grandezas fonéticas. Esses princípios são exemplificados a partir de três temas: a harmonia vocálica, o encontro acentual e a construção do sistema fonológico de uma língua.

Palavras-chave: Interface. Fonética. Fonologia. Experimentação.

Abstract: This work proposes four guiding principles for the investigation of the interface between Phonetics and Phonology. These principles are based on experimental research and couched in practices from the areas of Experimental Phonetics and Sociolinguistics. The theoretical development of these two areas is thought to be anchored in four rules: the observer's paradox, the link between speech production and perception, a greater detailing of inferential statistic results and the correlation between linguistic variables and phonetic quantities. These principles are exemplified by considering three themes: vowel harmony, stress clash and the building of a language's phonological system.

Keywords: Interface. Phonetics. Phonology. Experimentation.

Introdução

Neste trabalho, nosso intento é o de apontar, a partir de exemplos oriundos da pesquisa fonética, que não há avanço em teorias de natureza fonológica (ou de natureza fonética) sem um diálogo frutuoso que gere hipóteses que possam ser efetivamente testadas a partir da análise experimental de corpora de fala. O leitor potencial deste trabalho é alguém que se interessa por um trabalho efetivo de interface entre fonética e fonologia que possa fazer avançar a pesquisa nas duas faces a partir de um trabalho que alia conhecimento de relações abstratas e investigação de fatos sonoros.

Ao discorrer sobre as questões relacionadas ao trabalho de interface entre fonética e fonologia, Kingston (2007) sugere três grandes linhas de investigação que tocam 1) a questão da definição de traços distintivos



Artigo está licenciado sob forma de uma licença
[Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

¹ Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, SP, Brasil.

que propõe ser considerada a partir da fonética para a fonologia; 2) a explicação dos processos fonológicos a partir de uma competição entre restrições de natureza fonética e fonológica; e 3) a questão da implementação fonética de representações fonológicas que, segundo o autor, devem também considerar restrições de natureza fonética.

Kingston (2007) reavalia várias questões de interface pela ótica da investigação fonética experimental para mostrar como algumas delas não foram respondidas a contento a partir de um trabalho isolado no campo da fonologia. A necessidade de uma pesquisa integrada das duas disciplinas emana claramente de sua apresentação que se coaduna com a proposta de integração entre as duas disciplinas defendida por Ohala (1990) há mais de 30 anos. Na contracorrente de autores como Hale e Reiss (2000, p. 18-19) que propõem que "o foco da teoria fonológica deva ser a da arquitetura cognitiva do sistema de computação", partilhamos a visão do necessário trabalho comum, da divisão integrada de tarefas, entre as duas disciplinas.

Assumindo as posições tanto de Ohala (1990) quanto de Kingston (2007), optamos por considerar questões específicas da pesquisa sobre os fatos sonoros sob a ótica da pesquisa experimental para mostrar por exemplos e argumentos o ganho de um trabalho integrado de interface entre fonética e fonologia. Para nortear as questões aqui levantadas, propomos os seguintes princípios: a) Paradoxo do observador: não se pode fazer pesquisa experimental em fonética para responder questões oriundas de teorias fonológicas com dados de produção ou com testes de percepção respectivamente de falantes e ouvintes especialistas na área; b) Vínculo entre produção e percepção: toda diferença significativa entre descritores estatísticos (média, desvio-padrão, entre outros) de parâmetros fonéticos deve ser avaliada por testes de percepção que confirmem que é audível, de outra forma não pode ter validade fonológica; c) Revisão do uso da estatística inferencial: o uso comum de resultados da estatística inferencial deve ser

expandido para relativizar a importância dos valores da probabilidade p (p -value) por meio das medidas de intervalo de confiança, tamanho do efeito (*effect size*) e grau das diferenças significativas observadas; d) Fundamentação da relação entre variáveis fonológicas e fonéticas: processos fonológicos só podem ser considerados a partir de correlatos acústicos e articulatórios fundamentados em pesquisa prévia.

Esses princípios serão primeiramente detalhados para em seguida serem assinalados em exemplos de pesquisa na interface entre fonética e fonologia a partir de trabalhos sobre a harmonia vocálica, o encontro acentual e a construção do sistema fonológico de uma língua.

1 Princípios norteadores da pesquisa de interface entre fonética e fonologia

1.1 O paradoxo do observador

Examinemos o primeiro princípio, o paradoxo do observador. Aplicado às áreas de pesquisa em ciências da linguagem, esse princípio se refere originalmente, conforme cunhado por Labov (1972), ao fato de que os dados que se obtêm para análise são influenciados pela presença do experimentador. Por vezes isso é incontornável, sendo empregados alguns procedimentos originados da pesquisa sociolinguística, como a entrevista dirigida com o intuito de deixar o participante da pesquisa mais à vontade. No entanto, o paradoxo assume um caráter que põe a pesquisa em risco quando o participante infere os objetivos da pesquisa e tem uma produção alterada por essa inferência. Essa situação pode se dar não apenas quando o participante é um estudioso da linguagem, como também quando é leigo em aspectos científicos relativos à linguagem. Para evitar que haja modificação da produção por conta de inferência seguem uma forte recomendação e algumas orientações.

Quanto à recomendação, um estudioso da linguagem não deve, em nenhum caso, ser participante de uma pesquisa na mesma área. O fundamento dessa restrição séria é simples: tanto no caso de uma produção de fala, quanto no caso

de desempenho em teste de percepção, ambos serão afetados pelo fato de o especialista poder inferir, mesmo a partir de instruções vagas, o que está sendo estudado, o que alteraria necessariamente sua produção ou seu desempenho em um experimento de percepção.

As orientações para o caso de participantes leigos dizem respeito ao desenho experimental que deve ser pensado para distrair cada participante a respeito do que está sendo estudado. Como qualquer inferência nesse sentido prejudicará sua produção de fala ou seu desempenho em experimento de percepção de fala, um conjunto de estímulos chamado de "distrator" deve ser inserido ao solicitar uma enunciação a partir de determinada instrução. Por exemplo, em pesquisa com frases lidas isoladas é comum o acréscimo de uma quantidade de frases até duas vezes superior às frases experimentais. Isso pode ser feito com um texto que contém segmentos ou eventualmente organização sintática e/ou aspectos semânticos distintos dos que serão analisados para que nenhuma inferência seja possível.

Suponhamos que se deseje estudar as modificações acústicas na vogal que precede um /R/ de coda de dialeto caipira e o pesquisador queira avaliar essa produção em palavras em que o /R/ é precedido por diferentes vogais em níveis de tonicidade distintos. Considerando também que, para a estatística inferencial² sejam necessárias repetições da mesma frase, o número de frases de interesse para a pesquisa contendo esses sons seria grande. Se só houvesse essas frases a serem lidas, rapidamente o participante iria muito provavelmente, por questões relativas à estigmatização da pronúncia dita caipira, evitar esse tipo de realização, mesmo que em sua fala fosse a forma comum. O acréscimo de um número suficiente de frases não contendo /R/ na coda resolveria o problema. No caso de frases em um texto sobre determinado assunto, esse princípio também deve ser considerado, incluindo grande quantidade de palavras sem /R/ na coda. Embora

esse material adicional represente mais tempo para a produção das frases, não há ônus para uma fase de mensuração, pois nada seria medido em palavras que não contêm /R/ na coda. Mesmo em instruções em que a produção é eliciada por cenários lidos, ditos ou por figuras, inclusão do elemento distrator deve ser necessariamente considerada.

A necessidade do cumprimento desse princípio em um trabalho de interface entre fonética e fonologia vai garantir um material a ser medido ou um conjunto de respostas de um experimento de percepção que não terão sido afetados por um comportamento de participante provocado por um desenho experimental mal concebido.

1.2 Vínculo entre produção e percepção

Esse princípio não é, muitas vezes, cumprido em trabalhos de fonética experimental que avaliam dados de produção da fala, mas é fundamental em uma investigação de interface entre fonética e fonologia. É muito provável que a razão disso seja um cuidado excessivo em apontar as muito buscadas "diferenças significativas". Embora em testes inferenciais fundamentados em testes de hipóteses, em uma perspectiva dita "frequentista", essas diferenças sejam importantes e avaliadas com base em um limiar probabilístico dito "nível de significância" (α), é preciso considerar outros aspectos que serão detalhados na próxima seção. Aqui é preciso ter em mente a necessidade de avaliar a audibilidade de uma diferença média entre duas condições de um parâmetro acústico.

Suponhamos que o resultado de um teste estatístico mostre que a diferença média entre durações de sílabas pretônicas e postônicas seja significativa ao nível de 5% e que essa diferença seja de 20 ms. Como vários autores já mostraram, a duração silábica é o parâmetro mais determinante para assinalar a tonicidade (FERNANDES, 1976; MASSINI, 1991; BARBOSA, 1996). No entanto, para que se confirme que a diferença

² Diferentemente da estatística descritiva que calcula descritores como médias, desvio-padrão e assimetria para dar a conhecer a amostra de dados como um todo, a estatística inferencial se serve da probabilidade para estimar esses mesmos descritores em uma população de dados da qual se extraiu a amostra de dados. Serve-se assim do princípio científico da reprodutibilidade, apontando intervalos de variação para dados não medidos, mas que podem se encontrar probabilisticamente em determinadas faixas.

duracional tenha um papel para distinguir dois níveis de atonicidade, o pretônico e o postônico, é preciso realizar testes de percepção de discriminação que mostrem que os ouvintes da língua percebem a distinção em sílabas que só difiram quanto à diferença duracional assinalada acima, de 20 ms. De outra forma, não sendo audível, não teria nenhuma função na língua. Isso não significa que, não sendo audível, esse contraste duracional seja falho em algum sentido, ou que o experimento tenha sido mal desenhado, mas tão somente que essa distinção não é audível, embora aponte para algo que esteja "encoberto" para a audição. Esse tipo de contraste é chamado de "contraste encoberto" e pode indicar um processo de mudança em curso.

Como se percebe, estabelecer um vínculo entre diferenças na produção da fala e distinção ou discriminação na percepção da fala, é uma maneira elegante e necessária para investigar o vínculo necessário entre um correlato fonético de um contraste linguístico e a variável linguística sendo investigada.

1.3 Revisão do uso da estatística inferencial

Na área de fonética experimental ainda existe uma cultura, que começa apenas a declinar, de pautar a avaliação das hipóteses científicas tão somente a partir do resultado da significância de testes que comparam uma hipótese nula (H_0) com uma hipótese alternativa (H_a), estatística dita "frequentista". Muitos usuários de estatística inferencial terminam sua análise comparando o valor de p , a probabilidade de uma distinção entre duas ou mais médias. Quando o valor de p é muito baixo (digamos 0,01%) ainda se costuma usar expressões como "altamente significativo" como se o valor de p determinasse a probabilidade do erro do tipo I, isto é, a probabilidade de rejeitar uma hipótese nula sendo ela verdadeira. Essa concepção é equivocada, pois não considera as replicações do experimento, algo que é pressuposto pelo esquema de hipóteses do tipo nula vs. alternativa. A probabilidade do erro do tipo I não depende de p , mas é sempre dada

exatamente pelo nível de significância (α), pois é essa probabilidade o limiar aquém da qual se rejeita uma hipótese nula. Além dessa necessária mudança de entendimento da estatística frequentista, outro aspecto fundamental é apontar de quanto é a diferença, pois determina justamente a possibilidade de vínculo com a percepção como visto na seção anterior.

Há ainda outras grandezas estatísticas pouco usadas: o intervalo de confiança da variável sendo analisada dentro de uma certa porcentagem (95% é típico) e o tamanho do efeito que mede o quanto a variância de uma variável medida é explicada por diferentes níveis ou grupos de um fator ou variável independente.

A primeira grandeza, o intervalo de confiança, revela que a diferença significativa média encontrada não é determinada de forma definitiva pela diferença entre as médias dos grupos contrastados (e.g., duração em pretônicas vs. duração em postônicas), mas que essa diferença tem limites inferior e superior com uma probabilidade de ocorrência associada. Por exemplo, para usar o mesmo valor do exemplo dado na seção anterior, significa que, apesar de a diferença de médias de duração nos grupos de pretônicas e postônicas seja de 20 ms, 95% dessas diferenças se encontram, por exemplo, entre 10 e 37 ms, pois a estatística considera a repetição *ad infinitum* do experimento único. Trabalhar com o intervalo de confiança tem um maior valor científico, pois permite avaliar os limites dessa diferença em uma repetição eventual do experimento, o que pode ser importante quando o pesquisador se interessa em avaliar a audibilidade dessas diferenças.

A segunda grandeza, o tamanho do efeito, pode ser mais bem entendida com um exemplo. Suponha uma Análise de Variância (ANOVA) de um fator, o fator atonicidade com dois níveis de atonicidade, o pretônico e o postônico, e que o pesquisador tenha medido a duração silábica por saber que é o parâmetro acústico determinante para assinalar o grau de tonicidade de uma sílaba. Suponha ainda que o valor de p tenha sido 0,001 (0,1%) para um nível de significância de 5%, e, portanto, rejeita-se a hipótese nula: há uma diferença

significativa a esse nível e a diferença média é de 20 ms. Apesar desse resultado, ainda não se sabe o quanto mudar o grau de atonicidade de uma sílaba provoca diretamente uma mudança de valor de duração e, portanto, uma variação independente de outros fatores que afetam a duração silábica. É justamente essa conta que faz o tamanho do efeito, que revela quanto da variância da variável dependente (aqui, a duração silábica) é explicada pela mudança de pertença a um grupo do fator atonicidade em relação a toda a variação que essa duração sofre por outros fatores não considerados. Um valor de *p* pode ser muito baixo com o acima, mas estar associado a um valor baixo de tamanho do efeito, por exemplo, 20%. Isso significaria que, embora a duração silábica dependa da atonicidade, sua variação é determinada apenas 20% por ela e 80% por fatores que não foram considerados. Esse tipo de resultado pode mudar o rumo de uma pesquisa ao convidar o pesquisador a rever suas hipóteses de trabalho.

1.4 Fundamentação da relação entre variáveis fonológicas e fonéticas

Em um trabalho de interface entre fonética e fonologia é preciso que se tenha uma clara ideia de como determinadas grandezas abstratas são realizadas na fala dos indivíduos da língua estudada. Sem essa fundamentação os achados podem não corresponder àquilo que se deseja responder. Informamos no exemplo das duas categorias de atonicidade que, com base na literatura fonética com dados do português brasileiro, a duração de uma unidade silábica é o parâmetro acústico mais relevante para assinalar o grau de acento inclusive para os dois tipos de sílabas átonas. De fato, essa mesma literatura revela que a sílaba postônica é a mais curta, desde que não diante de uma pausa silenciosa, onde se alongaria para assinalar a posição de uma fronteira na cadeia de fala. Ter medido, por exemplo, a frequência fundamental durante a sílaba não revelaria diferenças em nível de tonicidade, mas de outra natureza. Sendo assim, o conhecimento de quais são os correlatos fonéticos das variáveis linguísticas é

fundamental para um trabalho de interface entre fonética e fonologia.

2 A interface fonética-fonologia na investigação sobre a harmonia vocálica

No campo da fonologia, a harmonia vocálica é o fenômeno de alteração na qualidade de uma vogal de forma a se aproximar em algum aspecto da qualidade de outra vogal dentro de um determinado domínio. Em português brasileiro, a harmonia vocálica se dá no domínio da palavra nas vogais médias /e, o/ quando essas, em posição pretônica, se alçam e se realizam respectivamente como [i, u] (e.g., "mlilnino", "plulido"), ou abaixam e se realizam respectivamente como [ɛ, ɔ] (e.g., "mldalha", "clloca"). Estudos no quadro da fonologia (BISOL, 1989, 2013) e da interface fonética-fonologia (BARBOSA *et al.*, 2019, SOUZA; BARBOSA, 2019) atestam a variação interdialetoal do fenômeno que requer a escuta clara da mudança de qualidade a partir de alterações acústicas associadas, especialmente a mudança no correlato da altura da vogal pretônica, a frequência de seu primeiro formante (F1). Baseando-nos nos princípios elencados na seção anterior, vejamos agora aspectos importantes de um trabalho de interface com esse fenômeno.

Por conta da praticidade em encontrá-los no ambiente de pesquisa, é comum a escolha de alunos universitários como participantes. Por isso, os *corpora* usados em dois trabalhos precedentes (BARBOSA *et al.*, 2019; SOUZA; BARBOSA, 2019) sobre harmonia vocálica foram compostos de falantes com esse nível de instrução, mas sem formação na área da linguagem. Os dois trabalhos consideram trissílabos paroxítonos inseridos em frases isoladas nas falas de campineiros e recifenses (BARBOSA *et al.*, 2019) e nas falas de belenenses (SOUZA; BARBOSA, 2019) e contrastaram palavras-controle e palavras experimentais. As palavras-controle são palavras em que o fenômeno de harmonia não se dá, pois, a qualidade da vogal na tônica é a mesma (e.g., "beleza") da pretônica; ou porque não há /e, o/ na pretônica (e.g., "sinuca"). Elas servem o triplo propósito de: 1) permitir a montagem de um qua-

drilátero vocálico com todas as vogais; 2) permitir a determinação das alterações de média dos parâmetros acústicos pertinentes na comparação com as médias dos mesmos parâmetros nas palavras experimentais (e.g., "medalha", "bexiga") e; 3) distraírem os participantes dos objetivos do experimento, seguindo assim o primeiro princípio em se evitar a influência do observador.

Em português brasileiro, a harmonia vocálica é uma harmonia de altura (e.g., "plilrigo", "plilruca") e, seguindo o quarto princípio, a literatura fonética, desde muito cedo apontou a correlação entre altura de vogal e valor da frequência de primeiro formante (F1): quanto maior seu valor, mais baixa é a vogal e vice-versa (FANT, 1970). Seguindo criteriosamente o quarto princípio enunciado acima, o da fundamentação da relação entre variáveis fonológicas e fonéticas, a literatura fonética também aponta que, no caso das vogais altas, o valor de F1, por provir de um fenômeno físico específico, a ressonância de Helmholtz (RAYLEIGH, 1916), depende do volume da cavidade posterior à região de maior aproximação entre corpo da língua e palato: quanto menor esse volume, como no caso de [u] em relação a [i], maior o valor de F1. Assim, ao comparar [i] e [u] no mesmo contexto fonético em cada participante, [u] sempre terá F1 maior que [i], sem que isso implique que [u] seja mais alto que [i]. Pode-se comparar as posteriores entre si ou as anteriores entre si quanto à altura, mas não uma série com a outra para resolver questões sobre diferença de altura. Assim, em um experimento que investigue a harmonia vocálica, habitualmente se comparam os valores médios de F1 das vogais de mesma qualidade nas pretônicas entre palavras-controle e palavras experimentais (e.g., "beleza" vs. "descida") a partir de um teste estatístico inferencial que compare médias (teste de Student, ANOVA ou seus equivalentes não paramétricos).

Seguindo o terceiro princípio, esses estudos apontaram não apenas a significância de certas diferenças médias de valores de F1, como também de quanto foram essas diferenças: de até 50 Hz (/e/) e 120 Hz (/o/) a mais diante de vogais baixas e médio-baixas nos campineiros e de até

200 Hz (/e/) e 150 Hz (/o/) a mais nos recifenses também diante de baixas e médio-baixas, no estudo de Barbosa *et al.* (2019). O mesmo cuidado foi tomado no estudo de Souza e Barbosa (2019), porém, como seu corpus foi formado por número superior de participantes (12, em vez de quatro, como no primeiro estudo), um procedimento de normalização foi usado para avaliá-los em seu conjunto, ao invés de separadamente como no primeiro estudo. As medidas normalizadas por z-score de F1 (vide seção 4) também mostraram valores médios significativamente mais baixos diante de baixas e médio-baixas para os belenenses com os graus das diferenças evidenciados.

A razão de o estudo com os falantes belenenses não ter integrado um teste de percepção para confirmar o abaixamento das vogais pretônicas foi porque esse abaixamento foi claramente audível e porque a posição das vogais pretônicas se encontrava no mesmo espaço das tônicas médio-baixas [i] e [u]. O teste de percepção não revelaria nenhuma surpresa, pois o grau de abertura era evidente. Tal não foi o caso do estudo com os falantes campineiros e recifenses para os quais três testes de percepção foram realizados que confirmaram que há percepção de harmonia de abaixamento conforme reportam os autores para ouvintes paulistas: "e a tônica era aberta ou médio-aberta (/ / a / /), 28% dos /e/ foram percebidos como [i] se o locutor era paulista e 78% dos /e/ foram percebidos como [i] se o locutor era do Recife". Por outro lado, "50% dos /o/ pretônicos diante de / / a / / foram percebidos como [u]" (BARBOSA *et al.*, 2019) independentemente do dialeto do locutor. Já quando os ouvintes eram recifenses, observou-se uma diferença na percepção da pretônica posterior: "50% deles foram percebidos como [i] se a sílaba era de locutor paulista e 83% como [i] se a sílaba era de locutora do Recife" (BARBOSA *et al.*, 2019).

Observe que o teste de percepção não apenas apontou o potencial de uso fonológico por conta da percepção de harmonia, mas também que as diferenças médias de maior grau condicionam um maior percentual de percepção de abaixamento (a diferença média de F1 nos

dois locutores paulistas foi de no máximo 50 Hz a mais no caso de /e/ contra 200 Hz para ricifenses). Esse resultado ilustra a necessidade de se cumprir o segundo princípio, o do vínculo entre produção e percepção da fala, avançando assim no conhecimento das condições em que se dá a harmonia vocálica e da assimetria dessa harmonia com relação a /e/ vs. /o/, um tema que exploramos em projeto temático da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) "Fronteiras e Assimetrias em fonologia e Morfologia" liderado, entre 2013 e 2018, pela colega Filomena S. Sandalo que reunia o trabalho entre foneticistas e fonólogos.

3 A interface fonética-fonologia em investigação sobre o encontro acentual

Há alguns anos investigamos as consequências fonéticas para o português brasileiro do chamado "choque acentual" (*stress clash*) definido por Liberman e Prince (1977) como a adjacência de dois níveis de prominência de duas sílabas dispostas em uma grade métrica sem que haja a presença de uma sílaba de um nível de prominência imediatamente inferior entre elas. Assim, sequências de proeminências como as das sílabas "-fé" e "quen-" estariam em choque acentual em "café quente", mas também as sílabas "-be-" e "quen-" em "cabeça quente", uma vez que a sílaba "-ça" tem um nível de prominência que não é imediatamente inferior ao das tônicas, por ser postônica. Nessa ocasião, argumentamos, com base em estudo experimental, que não há nenhum indício de que essa adjacência incorra em mecanismo de desfazimento acentual (BARBOSA, 2002), isto é, em uma inversão do padrão iâmbico das proeminências silábicas de "café" para um padrão trocaico, desfazendo assim o acento em posição oxitona.

O curioso é que, dentro do próprio arcabouço teórico da fonologia, esse não indício de desfazimento acentual se confirmou através dos trabalhos de Grabe e Warren (1995) e Vogel, Bunnell e Hoskins (1995). De fato, os últimos autores mostraram que o fenômeno se relaciona a algum mecanismo *top down* da percepção pois

encontraram grande número de primeiras sílabas da primeira palavra de uma sequência de duas percebidas como proeminentes mesmo quando não havia choque acentual algum. Seguindo a mesma orientação, Shattuck-Hufnagel (1995) propõe que seja um fenômeno ligado à realização de proeminências iniciais desmotivado de qualquer relação com choque acentual. Por conta disso, propusemos que se fale de "encontro acentual", mostrando que, quando se dá alguma marcação de proeminência inicial, essa marcação é um fenômeno geral do ritmo da língua não relacionado ao encontro acentual (BARBOSA, 2006). Para que isso pudesse ser mostrado, houve necessidade desse diálogo entre teoria fonológica e teoria fonética em um trabalho de interface que obedeceu aos princípios colocados na seção 1.

Particularmente em casos como este, em que se avalia algo tão delicado quanto um possível deslocamento acentual para a primeira sílaba de palavras como "café" em "café quente", o primeiro princípio deve ser rigorosamente seguido, evitando-se que linguistas ou foneticistas participem da produção de enunciados experimentais ou de testes de percepção com esses enunciados. Seria como se perguntássemos a alguém que realiza uma tarefa rotineiramente como, de fato, a faz. Imediatamente a questão perturbaria as próximas realizações da tarefa, justamente por ser o observador de seus próprios atos. Se o participante sabe, minimamente, que as leituras que fará ou as respostas que dará para um teste de percepção se referem a uma possível prominência inicial na palavra experimental (no exemplo daqui, "café"), esse conhecimento alterará sua produção ou seu desempenho no teste. Embora o experimento que realizamos para avaliar o grau de proeminência das sílabas das palavras em situação de encontro acentual tenha se circunscrito à produção da fala, pudemos mostrar claramente que não havia nenhuma marca acústica de proeminência inicial na palavra experimental.

Essa conclusão foi possível por uma comparação muito feliz entre teorias que previam exatamente um padrão acentual oposto. A fonologia Métrica de Liberman previa um deslocamento

de grau de acento para a sílaba inicial da palavra experimental, enquanto o Modelo Dinâmico do Ritmo que propusemos (BARBOSA; MADUREIRA, 1999; BARBOSA, 2007) previa que a realização do acento frasal na palavra que seguia a palavra experimental (no exemplo daqui, "quente"), reforçava as marcas acústicas na tônica nessa palavra. Dito de outra forma, como a duração é a marca acústica mais importante do acento lexical em português brasileiro, a duração seria maior na tônica da palavra experimental seguida de uma palavra como "quente" do que se seguida de uma palavra como "Pilão" simplesmente porque a sílaba que traz o acento frasal em "quente" está mais próxima da palavra precedente. Dois experimentos com quatro falantes paulistas consideraram diferentes estruturas sintáticas de frases isoladas organizadas por pares, em que uma continha uma sequência-controle (sem encontro acentual) e outra continha a sequência experimental (com encontro acentual), com o fim de investigar as marcas acentuais na palavra dissílaba oxitona sobre a qual incidiria uma possível proeminência inicial em caso de encontro acentual. Os resultados apontaram que o Modelo Dinâmico do Ritmo prevê as realizações em todos os casos, apenas com diferença de alinhamento tonal da curva melódica por conta da posição da tônica na palavra que segue a palavra experimental, como investigou Madureira (2002) em um estudo paralelo.

Por outro lado, Arantes (2010) apontou, através de um experimento engenhoso, que a realização de proeminência inicial é um fenômeno presente em português brasileiro que independe de encontro acentual. Seu experimento evitou o paradoxo do observador por não incluir instruções aos participantes sobre proeminência silábica. Utilizou um desenho experimental avaliando tempo de reação como resposta à presença de tons puros integrados nas transições C-V das sílabas. Da literatura sobre atenção e memória (COWAN, 1998), sabe-se que respondemos mais rapidamente para eventos localizados em sílabas proeminentes do que os localizados em sílabas não proeminentes. Assim, Arantes pôde mostrar

menores tempos de reação para sílabas átonas iniciais à tarefa de apertar uma tecla quando o participante ouve o tom puro nesse tipo de sílaba.

Além do cuidado para se evitar o paradoxo do observador, os estudos resenhados aqui utilizaram técnicas estatísticas inferenciais que tiveram a preocupação de mostrar o grau das diferenças médias encontradas, revelando maior média duracional da tônicas das oxítonas em situação de encontro acentual, embora com valor adicional de pequena monta, pouco acima de 15 ms. Esse resultado certamente aponta para um contraste encoberto para o qual qualquer teste de percepção nada revelaria, de acordo com o princípio do vínculo entre produção e percepção da fala. O uso de parâmetros correlatos do acento lexical e do acento frasal, a duração de unidade da extensão da sílaba, seguem o quarto princípio proposto acima.

A conclusão a que se chegou nesses trabalhos de interface foi a de que o conceito de "choque acentual" de nada serve, pois os acentos lexicais podem ser realizados independentemente de seu contexto imediato, servindo de âncora para a realização de acentos frasais em que tanto a duração quanto a frequência fundamental têm seu maior papel (BARBOSA; ERIKSSON; ÅKES-SON, 2013; MADUREIRA, 2002). Essa conclusão segue a literatura com os dados de língua inglesa publicados em 1995 conforme apontamos acima.

4 A interface fonética-fonologia na construção do sistema fonológico de uma língua

Os trabalhos que procuram descobrir os sistemas fonológicos das línguas requerem uma colaboração integrada entre fonética e fonologia para a qual a obediência aos princípios elencados aqui proporciona um elegante processo de descoberta científica. Esse trabalho de descoberta traz um aspecto humano crucial, qual seja, a colaboração estreita com falantes nativos da língua sendo estudada, obedecendo ao princípio do necessário vínculo entre produção e percepção da fala, bem como aquele entre teorias fonológicas e fonéticas.

A investigação em torno de um sistema fonológico requer a descoberta de contrastes sonoros que sigam o princípio fonêmico. Mas para que duas palavras em um par mínimo sejam distintas dos pontos de vista semântico e sonoro é preciso que a distinção seja audível, condição que requer um ouvinte nativo, uma vez que as distinções são operacionais apenas no sistema cognitivo do falante da língua. Esse princípio se coaduna com o necessário vínculo com a produção, pois as distinções percebidas são o reflexo de diferenças acústicas consistentes passíveis de investigação experimental. Um teste estatístico inferencial pode apontar distinções médias significativas e o grau dessa distinção, mas não se a distinção é audível: para tanto é necessário um teste de discriminação. Um contraexemplo nos ajudará a entender. Embora haja diferenças médias na frequência do primeiro formante (F1) entre vogais médias no espanhol que podem ser significativas a depender do contexto e que, aos ouvidos de brasileiros e portugueses, soariam como um contraste entre [e] e [l] ou entre [o] e [l], aos ouvidos de um falante nativo monolíngue do espanhol soariam como um único som correspondente a /e/ ou a /o/, respectivamente.

Outro aspecto importante desse trabalho de interface diz respeito ao fato de que os parâmetros acústicos de altura (F1) e ponto de articulação (F2), no caso do sistema vocálico, também depende de aspectos fisiológicos relacionados às dimensões dos tratos dos diferentes falantes, requerendo o conhecimento fonético da necessidade de normalização desses valores a partir de suas médias e desvios-padrão por um procedimento muito usado e conhecido como normalização de Lobanov (LOBANOV, 1971; ADANK *et al.*, 2004). Esse método de normalização, usado no trabalho de Souza e Barbosa (2019) apresentado na seção 2, atenua as diferenças individuais e mantém aspectos relacionais ligados à posição de valores de F1 e F2 medidos para cada vogal em um espaço acústico F1x2 que relia de modo elegante o necessário fundamento relacional tanto do princípio fonêmico quanto das distinções acústicas entre as vogais. O fundamento acústico relacional diz

respeito ao fato de que uma vogal é mais alta do que outra tão somente relativamente às demais vogais do mesmo falante.

O conhecimento das restrições e dos graus de liberdade dos movimentos dos articuladores da fala, por si só, podem explicar os sistemas vocálicos possíveis nas línguas, como mostrou um eixo de investigação que levou em conta os limites do espaço vocálico, uma propriedade de máxima dispersão entre vogais (LILJENCRANTZ; LINDBLÖM, 1972; LINDBLÖM, 1986), bem como uma tendência contrária de focalização relacionada à concentração de energia formântica em certas regiões (STEVENS, 1989; SCHWARTZ *et al.*, 1997) para prever as preferências de vogais orais e nasalizadas das línguas existentes a partir da investigação das línguas presentes na base UPSID (MADDIESON, 1984).

Quanto às consoantes, a investigação das distinções fonéticas aliadas às fonológicas fornece uma via de grande interesse teórico para avançar nas relações entre realização fonética e representação fonológica. Vejamos um exemplo através do paralelo entre assimilação na fonologia e coarticulação na fonética já visto primeiramente para as vogais na seção 2.

A coarticulação decorre da coprodução de segmentos sonoros e se dá em variado grau a depender de qual segmento é o alvo do processo coarticulatório e com que segmentos é coproduzido. O segmento-alvo exibe, por conta desse processo, uma ou mais propriedades advindas do contexto fonético. Quando essa alteração de suas propriedades intrínsecas é audível pode-se para falar de um processo fonológico de assimilação. Observa-se aí o princípio do necessário vínculo entre produção e percepção da fala. Somente considerando essa relação o estudo de processos fonológicos de assimilação pode ter sucesso. Vejamos agora um exemplo de processo de assimilação do traço de arredondamento [+lab] a partir de um processo de coarticulação entre uma fricativa coronal e uma vogal arredondada.

Na sílaba, o arredondamento labial das vogais posteriores afeta as fricativas /s/ e // em grau diferente a depender tanto da fricativa quanto

da vogal. Quanto mais arredondada a vogal, mas arredondada é a articulação secundária labial das duas fricativas, independentemente se em ataque ou em coda.

Por outro lado, a alveolar /s/ é mais afetada do que a pós-alveolar //, pois, intrinsecamente, a pós-alveolar já tem algum grau de aproximação dos lábios, mesmo que nada se registre com traço [+lab]. Do ponto de vista fonético, o arredondamento afeta as duas fricativas, seja por um fenômeno de coarticulação antecipatória (e.g. em /su/ [sul] e em /u/ [lu]), seja por coarticulação perseveratória (e.g. no artigo definido masculino plural /os/ [us], [u], nos dialetos com [l] na coda). Esse efeito de arredondamento pode ser medido nas duas fricativas comparando as frequências de seu primeiro formante (F1) em uma condição controle, em que não há arredondamento (e.g., /sa/, /a/), com uma condição experimental, com arredondamento (e.g., /su/, /u/). O conhecimento de que F1 da fricativa é o correlato acústico do arredondamento nas consoantes obedece ao quarto princípio, enquanto a realização de testes para se determinar se esse arredondamento tem consequências para a audição obedece ao segundo princípio: mesmo leigos são sensíveis a esse efeito quando se isolam as fricativas em cada condição e se pergunta qual é mais grave. Como o caráter "grave" está relacionado a menores valores de F1, se tem aí um meio de avaliar a audibilidade do arredondamento labial nas fricativas em questão. Obedece-se assim ao primeiro princípio, pois leigos seriam usados nesse tipo de experimento. Um desenho experimental para avaliar, para um número determinado de falantes, diferenças significativas entre média de F1 nas duas condições aliado ao relato do grau das diferenças revelará que a queda bruta e relativa de F1 por arredondamento labial é maior em /s/ do que em //. Se for audível apenas em /s/, tem-se aberto o caminho para se falar de assimilação do traço [+lab] devido à vogal posterior, mas não para //.

O leitor pode ver, assim, como conhecimento fonético experimental e teoria fonológica podem caminhar juntos para o avanço sobre o modo

como se dá, os fatores e as restrições de natureza fonética e fonológica que determinam os processos fonológicos.

5 A interface entre fonética, fonologia em outros domínios linguísticos

A relação entre fonologia, morfologia e correlatos fonéticos foi recentemente explorada por Ulrich (2021) ao investigar os estatutos morfológico e prosódico da sufixação avaliativa em português brasileiro, especialmente do sufixo "-inho". Ciente dos correlatos da proeminência prosódica, como valores de F1, F2, intensidade relativa e duração silábica, a autora comparou a significância estatística das médias desses parâmetros em contrastes como nas triplas "novo" vs. "novinho" vs. "novilho" para mostrar a similaridade da saliência das primeiras sílabas das duas primeiras palavras. Seus resultados, guiados por uma rigorosa metodologia embasada na estatística inferencial, sugerem que "novinho" (e casos similares por ela investigados) é formado por duas palavras prosódicas. Esses direcionamentos, ainda que careçam de uma investigação mais aprofundada, não teriam sido possíveis sem um cuidadoso respeito aos princípios apresentados aqui.

Sendo afiliados a uma formação herdada da tradição sociolinguística laboviana, os estudos de Oushiro (2015) e Silveira (2022) são exemplos primorosos de trabalhos cientes do paradoxo do observador. Ambos investigaram a avaliação do /R/ de coda como marca identitária de uma comunidade, sendo que essa avaliação era apenas um de outros fenômenos tratados por Oushiro. Enquanto a primeira autora investigou a avaliação da identidade paulistana dos falantes se suas produções se aproximavam mais ou menos das de um "r" aproximante, o segundo autor investigou a associação dos trechos ouvidos com a identidade do sotaque de São Bernardo do Campo.

Se, por conta de suas hipóteses, a primeira autora teve que trabalhar com preditores categóricos, o segundo trabalho pôde investigar a relação entre uma grandeza escalar, o abaixamento da frequência do terceiro formante (F3),

correlato acústico da realização aproximante do "r", e as respostas dos juizes. Seus resultados indicaram uma correlação significativa entre o grau de abaixamento de F3 e o crescimento na frequência das respostas que avaliaram os falantes como tendo o sotaque de e sendo residentes de São Bernardo do Campo.

Os dois trabalhos demonstraram um cuidado exemplar dos princípios elencados aqui, investigando o vínculo entre produção e percepção do /R/ na coda silábica, bem como se servindo de rigorosos testes estatísticos inferenciais que não se limitaram a apontar quais distinções são significativas, mas também o grau das distinções e quanto da variância das respostas era explicada pelas variáveis fonético-linguísticas. Demonstram ainda a fundamental parte de fatores extralinguísticos para explicar a emergência de novas formas aliando assim um trabalho de integração entre grandezas fonéticas condicionadas socialmente e sistema fonológico de uma língua ou variedade.

O trabalho de Oushiro prima ainda por apresentar detalhadamente seus métodos quantitativos, especialmente de análises de regressão logística multivariada, por esmiuçar todos os passos de seu trabalho experimental, bem como por disponibilizar para o público em repositório on-line todos os seus *scripts*. É, de fato, um exemplo-modelo de ciência aberta.

Considerações finais

Os princípios que apresentamos constituem as bases de um trabalho frutuoso de interface entre fonética e fonologia que tem a vantagem de interpelar a fundo tanto as teorias fonéticas quanto fonológicas respeitando princípios fundamentais de uma descoberta científica que se queira robusta, isto é, livres dos vieses de falhas de desenho experimental. Pensamos ter argumentado com base em exemplos de trabalhos nossos e de outros autores que esses princípios conduzem a resultados que podem nos fazer repensar o que conhecemos sobre os fatos sonoros.

Referências

- ADANK, Patti; SMITS, Roel; van HOUT, Roeland. A comparison of vowel normalization procedures for language variation research. *J Acoust Soc Am.*, Falmouth, v. 116, n. 5, p. 3099-3107, 2004.
- ARANTES, Pablo. *Integrando produção e percepção de proeminências secundárias em uma abordagem dinâmica do ritmo da fala*. 2010. Tese (Doutorado em Linguística) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- BARBOSA, Plínio A. From syntax to acoustic duration: a dynamical model of speech rhythm production. *Speech Communication*, Bélgica, v. 49, p. 725-742, 2007.
- BARBOSA, Plínio A. *Incursões em torno do ritmo da fala*. Campinas: Pontes: Fapesp, 2006.
- BARBOSA, Plínio A. Explaining Brazilian Portuguese resistance to stress shift with a coupled-oscillator model of speech rhythm production. *Cadernos de Estudos Lingüísticos*, Campinas, v. 43, p. 71-92, jul. 2002.
- BARBOSA, Plínio A. At least two macrorhythmic units are necessary for modeling Brazilian Portuguese duration. *In: ETRW ON SPEECH PRODUCTION MODELING*, 1., 1996, Autrans. *Proceedings* [...]. Autrans, França, 1996. p. 85-88.
- BARBOSA, Plínio A.; ERIKSSON, Anders; ÅKESSON, Joel. On the Robustness of some Acoustic Parameters for Signalling Word Stress across Styles in Brazilian Portuguese. *In: ISCA Congress*, 14., 2013, Londres. *Proceedings* [...]. Londres: Causal Productions, 2013. p. 282-285.
- BARBOSA, Plínio A.; MADUREIRA, Sandra. Toward a hierarchical model of rhythm production: evidence from phrase stress domains in Brazilian Portuguese. *In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PHONETIC SCIENCES*, 14., 1999, San Francisco. *Proceedings* [...]. San Francisco: The Regents of the University of California, 1999. v. 1, p. 297-300.
- BARBOSA, Plínio A.; PAPA, Paula B.; SILVA, Bruno A.; MOURÃO, Natasha. Harmonia vocálica e coarticulação vogal a vogal em duas variedades do português brasileiro. *DELTA*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 1-32, 2019.
- BISOL, Leda. Vowel harmony: a variable rule in Brazilian Portuguese. *Language Variation and Change*, Cambridge, v. 1, p. 185-198, 1989.
- BISOL, Leda. Harmonização vocálica: efeito parcial e total. *Organon*, Porto Alegre, v. 28, n. 54, p. 49-61, 2013.
- FANT, Gunnar. *Acoustic theory of speech production*. Haia: Walter de Gruyter, 1970.
- FERNANDES, Norma H. *Contribuição para uma análise instrumental da acentuação e intonação do português*. Dissertação. 1976. (Mestrado em Linguística) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.
- GRABE, Esther; WARREN, Paul. Stress Shift: do speakers do it or do listeners hear it? *In: CONNELL, Brian; ARVANITI, A. (ed.). Phonology and Phonetic Evidence: Papers in Laboratory Phonology IV*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 95-110.

- HALE, Mark; REISS, Charles. Phonology as cognition. In: BURTON-ROBERTS, Noel; CARR, Philip; DOCHERTY, Gerard (ed.). *Phonological knowledge: Conceptual and empirical issues*. Oxford: Oxford University Press, 2000. p. 161-184.
- KINGSTON, John. The phonetics-phonology interface. In: DE LACY, Paul (ed.). *The Cambridge Handbook of Phonology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. 401-434.
- LABOV, William. Some principles of linguistic methodology. *Language in Society*, Cambridge, v. 1, n. 1, p. 97-120, 1972.
- LIBERMAN, Mark; PRINCE, Alan. On stress and linguistic rhythm. *Linguistic inquiry*, Cambridge, v. 8, n. 2, p. 249-336, 1977.
- LILJENCRAFTS, Johan; LINDBLÖM, Björn. Em ume-rica simulation of vowel quality systems: The role of perceptual contrast. *Language*, Malibu, v. 48, n. 4, p. 839-862, 1972.
- LINDBLÖM, Björn. Phonetic universals in vowel systems. In: OHALA, John J.; JAEGER, Jeri J. (ed.). *Experimental Phonology*. Orlando: Academic Press, 1986. p. 13-44.
- LOBANOV, Boris M. Classification of Russian vowels spoken by different listeners. *J. Acoust. Soc. Am.*, Fal-mouth, v. 49, p. 606-608, 1971.
- MADDIESON, Ian. The design of the UCLA Phonological Segment Inventory Database (UPSID). In: MADDIESON, Ian, *Patterns of Sounds*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. p. 156-173. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511753459.012>.
- MADUREIRA, S. An acoustic study of phonological phrases containing sequences of words with adjacent primary-stressed syllables: does stress shift occur in Brazilian Portuguese? *Cadernos de Estudos Linguísticos*, Campinas, v. 43, p. 109-125, 2002.
- MASSINI, Gladis. *A duração no estudo do acento e do ritmo em português*. 1991. Dissertação (Mestrado em Linguística) – Universidade de Campinas, Campinas, 1991.
- OHALA, John J. There is no interface between phonetics and phonology: a personal view. *Journal of Phonetics*, Amsterdam, v. 18, n. 2, p. 153-171, 1990.
- OUSHIRO, Livia. *Identidade na pluralidade: avaliação, produção e percepção linguística na cidade de São Paulo*. 2015. Tese (Doutorado em Linguística) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- RAYLEIGH, Lord. The theory of the Helmholtz resonator. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, [S. l.], v. 92, n. 638, p. 265-275, 1916.
- SCHWARTZ, Jean-Luc *et al.* The dispersion-focalization theory of vowel systems. *Journal of Phonetics*, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 255-286, 1997.
- SHATTUCK-HUFNAGEL, Stephanie. The importance of prosodic transcription in empirical approaches to "stress shift" versus "early accent": comments on Grabe and Warren, and Vogel, Bunnell and Hoskins. In: CONNELL, Brian; ARVANITI, A. (ed.). *Phonology and Phonetic Evidence: Papers in Laboratory Phonology IV*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 128-140.
- SHATTUCK-HUFNAGEL, Stephanie; OSTENDORF, Mari; ROSS, Ken. Stress shift and early pitch accent placement in lexical items in American English. *Journal of Phonetics*, Amsterdam, v. 22, n. 4, p. 357-388, 1994.
- SILVEIRA, Gustavo C. P. Efeitos do abaixamento na frequência do terceiro formante na pronúncia aproximante do /r/ em coda sobre a percepção social de falantes em São Bernardo do Campo. *Dominios de Linguagem*, Uberlândia, 2022. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/dominiosdelinguagem/article/view/59761>. Acesso em: 18 abr. 2022.
- SOUZA, Gisele B.; BARBOSA, P. A. Harmonia vocálica na fala de Belém-PA: uma análise acústica. *Estudos Linguísticos e Literários*, Salvador, v. 1, p. 171-193, 2019.
- STEVENS, Kenneth N. The quantal nature of speech. *Journal of Phonetics*, Amsterdam, v. 17, n. 1-2, p. 3-46, 1989.
- VOGEL, Irene; BUNNELL, H. Timothy; HOSKINS, Steven. The Phonology and Phonetics of the Rhythm Rule. In: CONNELL, Brian; ARVANITI, A. (ed.). *Phonology and Phonetic Evidence: Papers in Laboratory Phonology IV*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 111-127.
- ULRICH, Camila Witts. *O estatuto morfológico e prosódico da sufixação avaliativa em português brasileiro*. 2021. Tese (Doutorado em Estudos da Linguagem) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

Plínio Almeida Barbosa

Doutor em Ciências da Fala pelo Institut National Polytechnique de Grenoble, em Grenoble, França; mestre em Ciência pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, em São José dos Campos, SP, Brasil. Professor da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), em Campinas, SP, Brasil.

Endereço para correspondência

Plínio Almeida Barbosa
Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Estudos da Linguagem
Rua Sérgio Buarque de Holanda, 571
Cidade Universitária, 13083-859
Campinas, SP, Brasil

Os textos deste artigo foram revisados pela Poá Comunicação e submetidos para validação do autor antes da publicação.