

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FONOLOGIA  
NÍVEL MESTRADO

LÍDIA MAURÍCIO DA SILVA

**PARÂMETROS ULTRASSONOGRÁFICOS DO MOVIMENTO DA LÍNGUA EM 14  
FONEMAS CONSONANTAIS DO PORTUGUÊS BRASILEIRO**

MARÍLIA

2017

LÍDIA MAURÍCIO DA SILVA

**PARÂMETROS ULTRASSONOGRÁFICOS DO MOVIMENTO DA LÍNGUA EM 14  
FONEMAS CONSONANTAIS DO PORTUGUÊS BRASILEIRO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fonoaudiologia da Faculdade de Filosofia e Ciências “Júlio de Mesquita Filho” UNESP – Marília (SP) para obtenção do título de mestre em Fonoaudiologia. Área de Concentração: Distúrbios da Comunicação Humana

Orientadora: Dra. Larissa Cristina Berti

Apoio Financeiro: CAPES

MARÍLIA

2017

LÍDIA MAURÍCIO DA SILVA

**PARÂMETROS ULTRASSONOGRÁFICOS DO MOVIMENTO DA LÍNGUA EM 14  
FONEMAS CONSONANTAIS DO PORTUGUÊS BRASILEIRO**

Dissertação para obtenção do título de Mestre em Fonoaudiologia, da Faculdade de Filosofia e Ciências, da Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Marília, na área de concentração Distúrbios da Comunicação Humana.

**BANCA EXAMINADORA**

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Larissa Cristina Berti  
Universidade Estadual Paulista – UNESP FFC/Marília-SP

2º Examinador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Célia Maria Giacheti  
Universidade Estadual Paulista – UNESP FFC/Marília-SP

3º Examinador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Márcia Keske- Soares  
Universidade Federal de Santa Maria- UFSM/ Santa Maria- RS

**MARÍLIA**

**2017**

Silva, Lídia Maurício da.

S586p Parâmetros ultrassonográficos do movimento da língua em 14 fonemas consonantais do português brasileiro / Lídia Maurício da Silva. – Marília, 2017.  
85 f. ; 30 cm.

Orientador: Larissa Cristina Berti.

Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Filosofia e Ciências, 2017.

Bibliografia: f. 74-80

1. Ultrassonografia. 2. Fonética. 3. Fonoaudiologia. I.  
Título.

CDD 616.8550028

*Aos meus pais, Ilberto e Janira, e às  
minhas irmãs, Juliana, Cibele e  
Gisele, por serem meus maiores  
exemplos e apoiarem meu anseio  
por estudar.*

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora **Dra. Larissa Cristina Berti**, por me ensinar muito mais que abordagens teóricas e atividades acadêmicas. Obrigada por transmitir um pouco do seu grande conhecimento sempre com muita paciência, atenção e paixão pela profissão que escolheu exercer.

Às professoras membros da banca examinadora de qualificação e de defesa, **Eleonora Cavalcante Albano, Márcia Keske-Soares e Célia Maria Giacheti**, pela disponibilidade, pela leitura atenta e pelos apontamentos enriquecedores.

Ao **Dr. Tim Bressmann, Dra. Aline Vassoler e Dr. Viviane Marino**, pelas sugestões e por colaborar no aperfeiçoamento deste trabalho.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos **participantes da pesquisa**, sem os quais este trabalho não se concretizaria.

Aos **integrantes do Laboratório de Análise Acústica- LAAC**, por terem compartilhado de momentos de conquistas, frustrações e muito trabalho realizado em equipe. Agradeço pelo companheirismo e por tornarem nosso ambiente de trabalho um lugar prazeroso de conhecimento.

Aos **funcionários do Centro de Estudos da Educação e Saúde**, pelo serviço oferecido sempre com respeito e boa vontade, auxiliando enormemente na resolução de questões técnicas com prontidão.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia da UNESP – Marília**, por todo o auxílio e suporte prestados.

Às **amigas do mestrado**, por exercerem mais do que a função de amigas, muitas vezes assumindo responsabilidades de família. Obrigada pelas conversas e pelos momentos compartilhados em ambiente de trabalho ou fora dele.

Aos **familiares e amigos**, pelo suporte oferecido em momentos difíceis, tornando-se pessoas presentes, apesar da distância. Obrigada pela paciência, carinho e pela confiança depositada em mim.

*Liberte-se e veja as estrelas surgirem - do lado de fora e do lado de dentro.*

(Elizabeth Gilbert)



## RESUMO

**Objetivo:** O objetivo desse estudo foi propor parâmetros ultrassonográficos quantitativos que pudessem apreender diferenças de modo e ponto de articulação entre os 14 fonemas linguais do Português Brasileiro (doravante PB), buscando estimar valores de referência e um padrão de variabilidade quanto ao contorno de superfície de língua na produção de fala típica. **Métodos:** Foram selecionados 20 sujeitos com produção típica de fala, de 20-30 anos, de ambos os gêneros. Os estímulos selecionados contemplaram os 14 fonemas consonantais linguais do PB no contexto da vogal /a/. Os dados foram coletados e analisados com o uso do ultrassom e dos *softwares* AAA (*Articulate Assistant Advanced*) e *Ultra-CATS (The Ultrasonographic Contour Analyzer for Tongue Surfaces)*. Para análise dos dados, um índice ultrassonográfico (US) foi selecionado da literatura já existente: índice de anterioridade (IA), enquanto outros dois foram desenvolvidos no presente estudo: média global (MG) e índice de anterioridade normalizado (IAN). Os dados foram submetidos à análise estatística. **Resultados:** A ANOVA mostrou efeito significativo para os índices IAN e MG, sendo que o IAN diferenciou os fonemas quanto ao ponto (alveolar, pré-palatal, palatal e velar) e modo de articulação (fricativa, nasal e oclusiva), enquanto o MG diferenciou os fonemas somente quanto ao ponto de articulação (alveolar, pré-palatal e velar). **Conclusão:** Não houve um único índice US que pudesse diferenciar todos os pontos e modos de articulação simultaneamente. A aplicação clínica para análise das alterações da produção da fala requer o uso de pelo menos dois índices ultrassonográficos: um para distinguir o ponto e outro para distinguir o modo de articulação. Por fim, tendo por princípio que os fonemas consonantais apresentam variabilidade fonêmica e que exigem a produção concomitante e coordenada de diferentes gestos articulatórios, incluindo o movimento do véu palatino, direcionando o fluxo de ar no trato vocal, novas medidas em plano coronal da língua poderiam oferecer subsídio para complementar a caracterização ultrassonográfica dos fonemas nasais e líquidos.

**Descritores:** medida da produção de fala, ultrassonografia, fonética.

## Abstract

**Objective:** The aim of this study was to propose quantitative ultrasonographic parameters that could detect differences in the manner and place of articulation among the 14 Brazilian Portuguese phonemes (hereinafter BP), seeking to estimate reference values and a pattern of variability regarding the surface contour of the tongue in typical speech production. **Methods:** We selected 20 subjects with typical speech production, aged between 20-30 years, of both genders. The selected stimuli include the 14 lingual consonant BP phonemes in the intervocalic context of [a]. Data were collected and analyzed with the use of ultrasound and the AAA (Articulate Assistant Advanced) and the Ultra-CATS (The Ultrasonographic Contour Analyzer for Tongue Surfaces) *softwares*. For the analysis of the data, an ultrasonographic index (UI) was selected from the existing literature: the index of anteriority (IA), while two others were developed in the present study: the global average (GA) and the index of normalized anteriority (INA). The data were submitted to statistical analysis. **Results:** ANOVA showed a significant effect on the indexes INA and GA, and the INA index differentiated phonemes as the place (alveolar, pre-palatal, palatal and velar) and manner of articulation (fricative, nasal and occlusive); GA differentiate phonemes only as the place of articulation (alveolar, pre-palatal and velar). **Conclusion:** There was no UI index that could differentiate all places and manners of articulation simultaneously. The clinical application for analysis of speech production disorders require the use of at least two ultrasound indexes: one to distinguish the place and another to distinguish the manner of articulation. Finally, considering that consonant phonemes present phonemic variability and require the concomitant and coordinated production of different articulatory gestures, including the movement of the palatine veil directing the airflow in the vocal tract, new measures in the coronal plane of the tongue could offer support to complement the ultrasound characterization of nasal and liquid phonemes.

**Keywords:** measures of speech production, ultrasound, phonetics

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1- Documento de aprovação do CEP da Faculdade de Filosofia e Ciências-UNESP/Marília (Processo 1.268.673/2015) .....	81
ANEXO 2- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE .....	84

## LISTA DE APÊNDICE

APÊNDICE 1- Check-List.....	85
-----------------------------	----

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- O contorno em vermelho é referente à superfície da língua em imagem ultrassonográfica .....	37
FIGURA 2- As setas da esquerda para direita representam respectivamente: ultrassom portátil, transdutor acoplado ao computador, sincronizador e estabilizador de cabeça .....	47
Figura 3- Imagem referente à coleta de dados de um sujeito, em posição ereta, utilizando o estabilizador de cabeça e transdutor do ultrassom devidamente posicionado .....	50
Figura 4- Traçado do contorno de língua do fonema /t/ .....	51
Figura 5- Ilustração dos valores obtidos no <i>software</i> Ultra-CATS, relativos a um traçado de contorno da língua em posição sagital. Os feixes sob a imagem de língua representam as fans correspondentes aos ângulos de -85° a +85 .....	52
Figura 6- Imagem referente à sobreposição das curvas de um sujeito. O traçado em vermelho representa o fonema /n/ e o traçado em azul, representa o fonema /t/ .....	69
Figura 7: Imagem de ressonância magnética referente à diferença existente entre a vogal oral [a] e sua contraparte nasal [ã] nas palavras: [ata] e [anta]. (MEDEIROS E DEMOLIN, 2016).....	70
Gráfico 1: Indica a comparação por pares para o índice de anterioridade normalizado em função de ponto. Os círculos em vermelho representam os pontos de articulação que se diferenciaram entre si.....	58
Gráfico 2: Indica a comparação por pares para o índice de anterioridade normalizado em função de ponto. Os círculos em vermelho representam os pontos de articulação que se diferenciaram entre si. ....	60
Gráfico 3: Indica a comparação por pares para o índice de anterioridade normalizado em função de ponto. Os círculos em vermelho representam os pontos de articulação que se diferenciaram entre si.....	61

## LISTA DE QUADRO

QUADRO 1- Relação entre frequência, resolução, penetração e profundidade de escaneamento.....	41
QUADRO 2- Característica de transdutores, com respectivas frequências centrais, ângulo de visualização e qualidade de imagem obtida .....	42
QUADRO 3- Participantes incluídos e excluídos do estudo .....	46
QUADRO 4- Estímulos analisados.....	49
QUADRO 5- Teste Post- Hoc de comparação por pares para o parâmetro média global do deslocamento da língua em função de ponto .....	57
QUADRO 6- Teste Post- Hoc de comparação por pares para o parâmetro índice de anterioridade normalizado em função de ponto .....	59
QUADRO 7- Teste Post- Hoc de comparação por pares para o parâmetro índice de anterioridade normalizado em função de modo .....	60
QUADRO 8- Teste Post- Hoc de comparação por pares para o parâmetro índice de anterioridade normalizado em função de modo, sem fonemas palatais.....	62

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Estatística descritiva (média (X) e desvio padrão ( $\pm$ )) para os parâmetros: índice de anterioridade, média global e índice de anterioridade relativo em função do ponto de articulação.....	55
TABELA 2- Estatística descritiva (média (X) e desvio padrão ( $\pm$ )) para os parâmetros: índice de anterioridade, média global e índice de anterioridade relativo em função do modo de articulação.....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAA Articulate Assistant Advanced  
CEES Centro de Estudos da Educação e Saúde  
CEP Comitê de Ética em Pesquisa  
CI Curvature Index  
DEI Dorsum Excursion Index  
DL Distância do Dorso da Língua  
FFC Faculdade de Filosofia e Ciências  
H Hertz  
IA Índice de Anterioridade  
IAN Índice de Anterioridade Normalizado  
IBM International Business Machines  
KHz Kilohertz  
LAAc Laboratório de Análise Acústica  
LELO Laboratório Emergência da Linguagem Oral  
LL Distância da Lâmina da Língua  
LOC a-i. Localização a-i  
MCI Modified Curvature Index  
MG Média Global  
MHz Megahertz  
MM Milímetros  
PA Distância da Porção Anterior da Língua  
PB Português Brasileiro  
PCA Principal Component Analysis  
PL Distância da Ponta da Língua  
SPSS Package for the Social Sciences  
TCLE Termo de Consentimento Livre e Esclarecido  
TCPI Tongue Constraint Position Index  
Ultra-CATS The Ultrasonographic Contour Analyzer for Tongue Surfaces  
UFES Universidade Federal de Santa Maria  
UFPel Universidade Federal de Pelotas  
UNESP Universidade Estadual Paulista



USP Universidade de São Paulo

US Ultrassonografia

VLAM Variable Linear Articulatory Model

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	18
1 INTRODUÇÃO .....	21
1.1 O estado da arte sobre os estudos ultrassonográficos na produção de fala... 21	
1.1.1 Parâmetros qualitativos .....	24
1.1.2 Parâmetros quantitativos .....	27
1.1.3 Parâmetros qualitativos e quantitativos .....	32
1.2 História do ultrassom.....	35
1.2.1 Descoberta e aplicabilidade.....	35
1.2.2. Equipamentos.....	37
2.OBJETIVOS .....	44
2.1. Geral.....	44
2.2. Específicos .....	44
3.MÉTODO.....	45
3.1 Aspectos éticos .....	45
3.2 Caracterização da amostra .....	45
3.3 Procedimento experimental.....	46
3.3.1 Equipamento.....	46
3.3.2 Estímulos .....	48
3.4 Procedimento de Gravação.....	49
3.5 Tratamento dos dados.....	50
3.5.1 Parâmetros ultrassonográficos .....	52
3.6. Análise estatística .....	53
4 RESULTADOS .....	55
5 DISCUSSÃO .....	63
6 CONCLUSÃO.....	72
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
ANEXO.....	81

## APRESENTAÇÃO

O estudo dos sons da fala pode ser realizado por intermédio de diversos recursos a depender dos objetivos norteadores e dos segmentos de fala analisados. Estudos de fala com análise ultrassonográfica (MÉNARD et al., 2012; STOLAR, GICK, 2013; ZHARKOVA, 2013; BRESSMANN et al., 2005;) buscam descrever as regularidades dos movimentos de língua que envolvem as diferentes classes de sons dos diferentes idiomas. No entanto, a maioria dos estudos existentes analisa os movimentos necessários para a produção de sons da língua inglesa e são relativamente poucos os que analisam os sons do Português Brasileiro.

No Brasil, o uso do ultrassom como instrumento de análise dos sons da fala, teve início em 2009, quando a Dra. Larissa Cristina Berti, pesquisadora do LAAC (Laboratório de Análise Acústica e Articulatória) realizou as primeiras investigações dos aspectos da produção articulatória. No decorrer deste período, parcerias nacionais e internacionais foram estabelecidas como, por exemplo, com pesquisadores da UFSM (Dra. Márcia Keske-Soares e Dra. Helena Bolli Mota), da USP – São Paulo (Dra. Haydée Haydée Fiszbein Wertzner), da UFPel (Dra. Giovana Ferreira Gonçalves e Dra. Mirian brum de Paula), além de pesquisadores internacionais como Dr. Alan Wrehnch e Dr. James M Scobbie membros da Queen Margaret University- Edimburgo e, mais recentemente, com o Dr. Tim Bressmann do Voice and Resonance Laboratory- Toronto, o qual supervisionou o Pós doutorado da Dra. Berti.

As parcerias estabelecidas possibilitaram que informações atuais acerca do uso do equipamento fossem apreendidas, possibilitando que novas formas de análise fossem realizadas. Dessa forma, os dados coletados com o ultrassom, inicialmente analisados exclusivamente de modo qualitativo, ganharam a possibilidade de serem mensurados e analisados com índices quantitativos. Em 2015, o primeiro trabalho utilizando parâmetros quantitativos para análise de produções de fala- infantil foi realizado pela Dra. Aline Mara de Oliveira Vassoler, sob a orientação da Dra. Larissa Cristina Berti. Desde então, pesquisadores do LAAC que trabalham com o uso da ultrassonografia na análise da produção da fala têm se preocupado em aprimorar e desenvolver outros índices ultrassonográficos

que possam ser utilizados na descrição típica da produção da fala e na compreensão dos erros de fala produzidos por crianças.

O presente estudo, portanto, visa selecionar/desenvolver parâmetros ultrassonográficos quantitativos e expor quais poderiam apreender a diferença de modo e de ponto de articulação entre os fonemas linguais<sup>1</sup> na produção típica da fala.

Assim, uma proposta de descrição articulatória dessa natureza se justifica na medida em que: (1) fornecerá dados articulatórios quantitativos em relação à produção de 14 fonemas consonantais linguais do PB; e (2) estimará valores de referência e de variabilidade, considerando uma análise de sujeitos típicos.

Este estudo pode contribuir com a área da Fonoaudiologia por propor parâmetros que possibilitem uma descrição dos movimentos articulatórios, conhecer as características e os valores de referência da produção da fala de uma população adulta típica, bem como pela importância também para a Linguística (especialmente para a Fonética) por envolver a descrição dos fonemas consonantais linguais na fala típica.

Buscando apresentar os passos do desenvolvimento da pesquisa, até a elaboração do presente texto de defesa de mestrado, esta dissertação organiza-se em seis capítulos:

O primeiro, introdutório, apresenta o estado da arte e revisão teórica da literatura, dando ênfase aos estudos ultrassonográficos que analisam a fala quali e/ou quantitativamente. Além disso, este capítulo também é dedicado à explicação quanto à técnica e equipamentos utilizados na análise ultrassonográfica.

- (1) O segundo capítulo apresenta os objetivos do trabalho.
- (2) O terceiro trata dos procedimentos metodológicos adotados para a realização do estudo e apresenta as hipóteses norteadoras para análises inferenciais.
- (3) O quarto capítulo apresenta os resultados das análises quantitativas.

---

<sup>1</sup> Fonemas Linguais: chamaremos de fonemas linguais, os sons consonantais que realizam oclusão total ou parcial da língua contra determinado ponto da cavidade oral. Portanto, serão considerados fonemas linguais, os sons: alveolares (/t/, /d/, /n/, /s/, /z/, /l/ e /r/), pré-palatais (/ʃ/ e /ʒ/), palatais (/ɲ/ e /ʎ/) e velares (/k/, /g/ e /ŋ/).

- (4) No quinto capítulo apresenta-se a discussão dos resultados, comparando-os com os achados da literatura reportada e levantando-se hipóteses explicativas aos achados.
- (5) Finalmente, no sexto capítulo, os principais resultados encontrados na pesquisa serão ressaltados e as considerações finais desta dissertação serão traçadas.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 O estado da arte sobre os estudos ultrassonográficos na produção de fala

A produção dos sons da fala é uma tarefa altamente complexa que, para ser resgatada auditivamente como sendo típica, exige a interação de diferentes estruturas do trato vocal de forma coordenada, organizada e planejada (BARBARENA et al., 2014).

Apesar de pesquisadores, ao longo dos anos, já terem descrito minuciosamente o processo de produção dos sons da fala a partir da análise de oitiva, os avanços tecnológicos trouxeram grandes benefícios para essas descrições, à medida que não somente possibilitou a incorporação de medidas quantitativas como também possibilitou as descrições de fatos fônicos imperceptíveis ao ouvido humano (SILVA, 2010).

Dentre as tecnologias utilizadas atualmente, a análise acústica tem ocupado um importante espaço nos estudos na área de produção de fala. Verifica-se uma vasta quantidade de estudos que utilizam essa ferramenta para descrever a produção típica em adultos (JONGMAN et al., 1998; JESUS e SHADLE, 2002; ALVES et al., 2010), a produção típica em crianças (BONATTO, 2007; RINALDI, 2010; CRISTOFOLINI e SEARA, 2012), além da produção alterada em diferentes grupos clínicos (RODRIGUES, 2007; GREGIO et al., 2010; NEVES e WERTZNER, 2010).

Não obstante a grande contribuição da análise acústica para a descrição dos sons da fala, não supre a necessidade de serem realizados estudos articulatórios, na medida em que na análise acústica apenas se infere o movimento articulatório que gerou.

A avaliação dos movimentos articulatórios envolvidos na produção dos sons da fala pode ser feita por meio de diversos instrumentos, tais como: eletropalatografia, micro raio X, ultrassom, articulografia, entre outros. No entanto, dentre as metodologias de análise, a ultrassonografia se destaca como um

instrumento de maior custo/benefício, conforme apontou Mielke et al. (2005), considerando custo do equipamento, portabilidade, segurança e estruturas visualizadas. Ademais, esse instrumento permite a visualização do contorno da língua em tempo real, possibilitando sua aplicabilidade clínica- como instrumento de *feedback* visual.

Contudo, o US tem-se apresentado como um recurso para a coleta de dados de produção da fala de modo fidedigno, possibilitando posteriores análises de dados de caráter quali e/ou quantitativo. Informações quantitativas, como, a descrição de parâmetros simples que reportem informações globais da língua, fornecendo valores de referência, podem contribuir com a aplicabilidade clínica, tanto no aspecto da avaliação- possibilitando a comparação entre sujeitos, quanto no aspecto da intervenção- podendo subsidiar explicações sobre processos fonológicos do PB.

Embora se encontrem na literatura muitos estudos relacionados ao ultrassom de língua, este instrumento, como metodologia de análise da produção dos sons de fala, tem sido utilizado internacionalmente desde a década de 1960, como visto em: Kelsey et al. (1969), Skolnick et al. (1975), Keller e Ostry (1983), Vaitkus et al. (1988), Bressmann et al. (2005) e Zharkova et al. (2012 e 2015). Esses estudos contemplaram tanto uma descrição qualitativa quanto uma descrição quantitativa de valores de referência para a produção da fala em indivíduos adultos (como em BRESSMANN, 2012, MÉNARD et al., 2012; ZHARKOVA, 2013), em crianças típicas (como em ZHARKOVA et al., 2011; CAPILOUTO et al., 2012) e em diferentes grupos clínicos, tais como: sujeitos deficientes auditivos (BERNHARDT et al., 2003; BACSFALVI et al., 2007); crianças com apraxia de fala (PRESTON, et al., 2013; PRESTON e LEAMAN, 2014); sujeitos glossectomizados (BRESSMANN, 2010; ACHER et al., 2014); e sujeitos com paresia de língua (BRESSMANN, 2015).

Dentre os estudos citados, que objetivaram analisar a produção típica na fala infantil e/ou adulta, verifica-se um número restrito de sujeitos (variando de seis a dez), utilizando tanto parâmetros qualitativos quanto quantitativos para descrever a movimentação de língua realizada na produção de diferentes sons da fala ([p]; [t]; [k]; [f]; [s]; [l]; [l]; [r];). Já os estudos que objetivaram analisar a produção de fala em

diferentes grupos clínicos, em sua maioria, utilizaram do ultrassom para fins terapêuticos, como instrumento de *feedback*.

No Brasil, o uso dessa metodologia como recurso de análise de fala ainda é muito recente e, conseqüentemente, há poucos estudos na área (BERTI, 2010, 2013; BARBARENA et al., 2014; WERTZNER et al., 2014; VASSOLER e BERTI, 2015). Os estudos existentes descrevem primordialmente, a partir de uma análise qualitativa, os padrões do movimento da língua em poucos indivíduos adultos (variando de um a cinco) e em apenas alguns fonemas envolvendo a classe das líquidas e das fricativas.

No tocante aos estudos ultrassonográficos quantitativos, encontram-se descritos alguns índices ultrassonográficos para diferenciar a produção dos fonemas linguais do inglês, tais como: MCI (*modified curvature index*) (DAWSONS, TIEDE e WHALEN, 2016), *Concavity, Anteriority, Aymmetry* (BRESSMANN, 2005), DEI (*Dorsum Excursion Index*), TCPI (*Tongue Constraint Position Index*) (ZHARKOVA, 2013), entre outros (MÉNARD, 2012; ZHARKOVA, HEWLETT e HARDCASTLE, 2011; BRESSMANN, 2015; STOLAR e GICK, 2013), bem como, algumas mensurações também foram realizadas a fim de diferenciar a produção de fonemas linguais do Português Brasileiro, tais como: PL (Distância da Ponta da Língua), LL (Distância da Lâmina da Língua), DL (Distância do Dorso da Língua), Área (VASSOLER e BERTI, 2015), Duração e porcentagem de deslocamento da língua (BERTI, BOER e BRESSMANN, 2016). Entretanto, nem todos os índices mostraram-se sensíveis para apreender a diferença na produção típica, não sendo utilizado, até o presente momento, para a aplicação clínica.

Pode-se, contudo, depreender da literatura consultada que, os estudos de análise da produção dos sons da fala com o uso do ultrassom, no Brasil, ainda são muito recentes e, portanto, não há ainda uma descrição pormenorizada de um padrão de referência para os segmentos do PB. Dentre os estudos existentes, o método de análise é predominantemente qualitativo e as investigações se dão em um número restrito de sujeitos. Apesar de, um grupo de pesquisadores (VASSOLER e BERTI, 2015; BERTI, BOER e BRESSMANN, 2016) ter demonstrado o interesse de se mensurar os movimentos articulatorios da língua na produção da fala, ainda



existe a necessidade de se estabelecer um possível padrão de referência para os sons do PB.

Pelo fato de a ultrassonografia da língua apresentar um grande potencial para aplicação clínica, emerge-se a necessidade de uma descrição quantitativa detalhada, a fim de apreender quais seriam os padrões considerados típicos, bem como as possíveis variações dentro da normalidade, propiciando, posteriormente, a diferenciação entre os padrões variáveis dos padrões alterados.

Na seção seguinte, será apresentada a revisão de literatura sobre os estudos que avaliaram a produção da fala por meio da ultrassonografia, organizados em relação aos parâmetros de análise, ou seja, os que descreveram a produção da fala somente qualitativamente, ou somente quantitativamente, ou, ao mesmo tempo, quali e quantitativamente.

#### 1.1.1 Parâmetros qualitativos

Com a inserção do ultrassom como instrumento de análise na área da fonética-fonologia, pesquisadores buscaram descrever padrões do movimento da língua durante a fala. Encontram-se na literatura diferentes critérios qualitativos propostos para descrever os diferentes movimentos da língua durante a produção de sons na fala típica e alterada.

Dentre os estudos que propuseram analisar a fala típica, Lawson, Scobbie e Smith (2011) realizaram uma investigação socioarticulatória, analisando a variação do /r/ pós-vocálico do inglês escocês para falantes de diferentes classes sociais. Os autores compararam a produção de oito adolescentes de classe média e sete adolescentes da classe trabalhadora. Para a análise visual dos articuladores, o ponto máximo de constricção do /r/ foi identificado, e o contorno de língua, definido de forma semiautomática. Posteriormente, as imagens de US foram categorizadas em quatro classificações: (1) ponta pra cima (língua com formato reto e íngreme ou forma côncava sugestiva de retroflexão); (2) frente para cima (língua com suave curva convexa); (3) porção anterior da língua recolhida ou agrupada (ponta e lâmina de língua inferior às demais partes da língua); (4) porção média da língua recolhida

ou agrupada (porção anterior da língua baixa com porção média elevada em direção ao palato duro). Perante tais resultados, a classe média priorizou o uso dos gestos da língua recolhidos ou agrupados na produção do /r/, enquanto a classe trabalhadora utilizou, em maiores proporções, o gesto de levantamento de ponta e parte anterior de língua na produção da retroflexa.

Quanto aos estudos que analisaram a fala alterada, Bressmann et al. (2011) investigaram a produção do fonema [k] em contexto de [a], [i] e [u] na fala de cinco sujeitos com fissuras palatinas e descreveram a variabilidade de articulações compensatórias produzidas por eles. Os gestos realizados durante a produção dos falantes foram descritos como: elevação de ponta e dorso de língua, dupla articulação de uma plosiva glotal, dupla articulação de plosiva faríngea e nenhum gesto de oclusão lingual visível.

Os estudos mencionados reportam achados qualitativos quanto à descrição do movimento de língua para o inglês.

No Brasil, estudos recentes foram desenvolvidos para descrever os padrões articulatórios envolvidos na produção de sons específicos do PB.

Wertzner, Francisco e Neves (2014) caracterizaram o contorno da língua na produção de /s/ e /ʃ/ em contexto da vogal /a/ na fala de crianças com e sem transtorno fonológico. Os sujeitos analisados foram divididos em três grupos: o primeiro, de crianças típicas; o segundo, de crianças com transtorno fonológico; e o terceiro, de crianças com o processo fonológico de anteriorização de fricativa, envolvendo necessariamente os fonemas analisados. Os resultados demonstraram que as produções de fala das crianças típicas foram as mais estáveis, para os dois sons analisados, enquanto as produções alteradas das crianças apresentaram maior instabilidade, sendo o terceiro grupo o mais instável. Para as produções de /s/ realizadas pelos diferentes grupos, as autoras utilizaram as seguintes descrições quanto aos gestos de língua: postura de língua mais achatada, dorso de língua mais elevado, língua posicionada mais anteriormente na boca e língua mais alta na boca. Enquanto para a produção de /ʃ/, as descrições mencionadas foram: ponta de língua

abaixada em direção ao soalho da boca e o dorso elevado e língua achatada na boca com pequena elevação do dorso da língua.

Berti (2010) também propôs analisar a produção dos sons do português com ultrassom, entretanto, descreveu o processo fonológico de substituição de líquidas qualitativamente e concluiu que o processo analisado pode ser descrito como a realização simultânea de dois gestos articulatórios, um de ponta e um de corpo de língua, sendo que na produção de /r/ o gesto de ponta de língua realiza um movimento descrito como balístico.

Um segundo trabalho corrobora os achados descritos no estudo anterior. Barberena, Soares e Berti (2014) descreveram os gestos articulatórios necessários para /r/ e // na fala de cinco adultos típicos. Neste estudo, analisou-se o *frame* de maior elevação de ponta de língua para os sons analisados em contexto das vogais /a, /i/ e /u/. As imagens selecionadas foram classificadas conforme os descritores propostos pela fonologia gestual considerando: (1) o local de constrição da ponta da língua; (2) o grau de constrição da ponta da língua; (3) a orientação do constritor oral; (4) o local de constrição do corpo da língua; e (5) o grau de constrição do corpo da língua. As autoras reportaram que os sons analisados envolveram dois gestos distintos realizados concomitantemente de forma coordenada, sendo um de ponta e outro de corpo de língua. E concluíram que esses sons exigem diferentes complexidades de movimentos articulatórios, sendo que as produções do /r/ apresentam maior grau de constrição de ponta de língua quando comparado ao //.

Os estudos mencionados evidenciam que a técnica da ultrassonografia tem se mostrado bastante relevante para a visualização e descrição dos movimentos realizados dentro da cavidade oral de forma natural e não invasiva. Com base nestes estudos, foi possível concluir que os parâmetros qualitativos adotados foram suficientes para descrever os movimentos da língua visualizados em plano sagital, possibilitando melhor compreensão quanto à complexidade exigida na produção de determinados sons da fala e apresentando uma possível justificativa quanto a grande quantidade de erros que os envolvem.

Há um consenso na literatura quanto à confiabilidade de análises qualitativas realizadas por meio do ultrassom (LAWSON, SCOBIE e SMITH, 2011; BARBERENA, SOARES e BERTI, 2014; WERTZNER, FRANCISCO e NEVES, 2014; BERTI, 2010), o que emergiu o interesse e necessidade de mensurações serem padronizadas quantitativamente.

Na próxima seção, serão apresentados os estudos que objetivaram descrever parâmetros quantitativos para mensurar o movimento de língua durante a produção da fala.

### 1.1.2 Parâmetros quantitativos

Dentre os pesquisadores que analisaram o movimento da língua com o uso de medidas ultrassonográficas quantitativas, encontram-se os que descreveram a produção da fala típica (adulta, adolescente e infantil) e os que compararam a produção típica com a produção alterada (para diferentes grupos clínicos).

Considerando os estudos que propuseram quantificar a produção da fala típica em adolescentes e crianças, há um grupo de pesquisadores que investigou os efeitos da coarticulação na produção da fala, ou seja, a sobreposição de articulação de sons adjacentes na fala (ZHARKOVA, HEWLETT e HARDCASTLE, 2011). Baseando-se no fato reportado na literatura de que a fala alterada apresenta diferenças no momento de realizar essa sobreposição de articulação (NIJLAND et al., 2002, 2003), esse grupo de pesquisadores viu a necessidade de estabelecer valores de referência para que, posteriormente, pudessem ser comparados com as diferentes populações clínicas.

Zharkova, Hewlett e Hardcastle (2011), por exemplo, estudaram a maturação do controle de língua comparando a coarticulação na fala de crianças e adultos. Os autores analisaram a produção de /j/ em contexto de /i/, /a/ e /u/ para dez crianças e dez adultos falantes do inglês. Para a análise dos dados, a distância entre duas curvas (curva do som alvo e curva da vogal adjacente) foi calculada a partir do traçado realizado em dois *frames* distintos: (1) ponto médio da consoante e (2) ponto médio da vogal. Na comparação entre os grupos, verificou-se que as produções das

crianças apresentaram maior instabilidade e extensão de coarticulação do que as produções de fala dos adultos.

Em um segundo estudo, Zharkova et al. (2014) também propuseram investigar a variabilidade de coarticulação e postura da língua na fala. Para tanto, foram analisadas as produções de /s/ e /ʃ/ em contexto de /i/ e /a/ para 15 adolescentes e 12 adultos. Os momentos de *onset* e *offset*, correspondentes ao início e final de fricção, respectivamente, foram identificados, e os traçados dos contornos de língua foram realizados de forma semiautomática. A medida adotada para a análise dos dados foi a distância, calculada entre as curvas correspondentes ao som analisado e sua vogal adjacente e comparada entre os diferentes contextos vocálicos. Os resultados evidenciaram que as produções dos sons em contexto de /i/ apresentam maiores movimentos de língua do que as produções em contexto de /a/. Os autores quantificaram, portanto, a diferença no movimento de língua para produção de /s/ e /ʃ/ de acordo com diferentes contextos vocálicos para dois grupos de falantes e verificaram uma diferença na produção de /ʃ/ entre a fala de pré-adolescentes comparada à fala de adultos.

Mais recentemente, Zharkova, Gibbon e Hardcastle (2015) compararam as produções de /p/, /t/, /s/ e /ʃ/ seguidos das vogais /a/ e /i/ na fala de dez adolescentes. Os autores exploraram a aplicabilidade de medidas quantitativas comparando as produções realizadas com e sem estabilização de cabeça. A imagem referente à posição média da consoante foi analisada por cinco medidas ultrassonográficas: (1) grau de curvatura (*curvature degree*); (2) posição da curvatura (*curvature position*); (3) índice de excursão do dorso (*Dorsum Excursion Index- DEI*); (4) índice da posição de constrição da língua (*Tongue Constraint Position Index- TCPI*) e (5) localização a-i (LOC a-i). Dentre as medidas testadas, apenas uma foi completamente afetada pela condição de estabilização, concluindo-se que é possível avaliar quantitativamente informações de coarticulação de língua em dados coletados sem estabilização de cabeça.

Esses estudos demonstraram que a coarticulação lingual pode ser mensurada e que os valores de referência para falantes adultos e adolescentes não apresentam

grandes variações, enquanto a fala infantil apresenta valores mais instáveis, demonstrando a falta de controle motor ainda existente para esses falantes.

Além dos estudos de coarticulação, a análise ultrassonográfica também foi utilizada na descrição de valores de referência para segmentos específicos da fala, como, por exemplo, as vogais na língua francesa e inglesa e para os diferentes sons da língua inglesa.

Ménard et al. (2012) avaliaram diferentes medidas a fim de caracterizar a forma de língua sem o uso de estabilizador de cabeça na produção das vogais. O modelo linear articulatório (*Variable Linear Articulatory Model- VLAM*) foi utilizado para analisar as seis vogais da língua francesa na fala de sujeitos adultos. Conforme aponta o autor, o VLAM é um método de análise em que os contornos da língua são reformulados em triângulos através de um *software*, e diferentes parâmetros são mensurados a partir de pontos pré-estabelecidos. Um dos parâmetros refere-se à posição da língua, ou seja, o ponto mais alto da língua; os outros três referem-se à forma da língua: medida angular, grau de curvatura e posição da curvatura. Este estudo também considerou em sua análise três diferentes posições de sonda (transdutor<sup>2</sup>): deslocamento horizontal, deslocamento vertical e rotação. Os dados mostraram que os parâmetros 1 e 2 foram afetados pelos diferentes posicionamentos de sonda, enquanto os parâmetros 3 e 4 não foram afetados. Os autores concluíram, portanto, que as medidas de grau e de posição da curvatura são as mais apropriadas para análises de fala em dados coletados sem estabilização da sonda.

Quanto à análise de vogais para a língua inglesa, Stone, Goldstein Jr e Zhang (1997) propuseram analisar a fala de um sujeito produzindo as 11 vogais do inglês em contexto de /s/ e /l/. As produções foram investigadas por meio da análise de componente principal (*Principal Component Analysis- PCA*), que reduz dimensionalidades de um conjunto de dados. Os contornos traçados e analisados por quatro parâmetros do PCA referiram-se aos deslocamentos máximo e mínimo de

---

<sup>2</sup> Um transdutor é um dispositivo capaz de gerar um som de alta frequência, converte um tipo de energia em outro. Dessa forma, um transdutor ultrassônico converte energia elétrica em energia mecânica ou acústica e vice-versa (STONE, 2005).

cada vogal analisada. Após as análises, os autores concluíram que dois componentes principais (PC1 e PC2) foram capazes de representar a forma da língua para as 11 vogais investigadas, representando 90% das variações realizadas no conjunto de dados analisados.

Quanto aos estudos para segmentos consonantais, Campbell et al. (2010) analisaram a produção dos três gestos envolvidos na produção do /r/ norte-americano. Os autores verificaram a variação de tempo e magnitude dos gestos da língua durante a produção do som alvo em três diferentes posições: pré-vocálica, intervocálica e pós-vocálica. Para a análise dos gestos de língua, o ultrassom foi posicionado, permitindo a visualização de três pontos específicos: (1) lâmina e corpo de língua; (2) porção média da língua e (3) raiz da língua, enquanto o *optotrack* também foi devidamente posicionado em 12 marcadores diferentes, a fim de visualizar o gesto de lábios. Duas mensurações foram calculadas para quantificar os dados: (1) diferença entre tempos (tempo de gesto de língua- tempo de gesto de lábio) e (2) distância entre picos (pico do movimento de corpo- pico do movimento de raiz de língua). Quanto ao tempo, os resultados demonstraram que os gestos foram realizados de mais anterior para mais posterior (ou seja, o movimento de lábios e a ponta da língua antecederam o movimento de corpo da língua) em posição inicial da sílaba; enquanto em posição final da sílaba, os gestos de raiz de língua e lábio precederam o movimento de corpo de língua. Quanto à magnitude, os gestos de lábio e corpo de língua apresentaram menor grau em posição final quando comparados à posição inicial da sílaba.

Em Stolar e Gick (2013), a análise para segmentos específicos da fala foi realizada nas consoantes /r/, /l/, /w/, /g/, /ng/, /n/, /y/, /t/, /j/, /ta/, /s/, /d/ e /z/ em contexto de sete diferentes vogais para dez falantes adultos da língua inglesa. Os autores verificaram a pertinência de se utilizar um único índice – índice de curvatura (*Curvature Index- CI*) – que quantificasse os graus de curvatura da superfície da língua. Para a análise, os sons foram agrupados em seis modos de articulação (líquidas, semivogais, nasais, oclusivas, vogais e fricativas). Os resultados evidenciaram uma diferença significativa dos sons líquidos (/l/ e /r/) para os demais grupos. Concluiu-se, portanto, que o CI não foi capaz de diferenciar todos os

fonemas do inventário analisado, apenas distinguiu a presença de grandes diferenças na curvatura da língua, como é o caso das líquidas do inglês.

Por fim, mais recentemente, Vassoler e Berti, (2015), realizaram o primeiro estudo quantitativo que buscou descrever e diferenciar sons consonantais do PB. As autoras buscaram caracterizar a produção de encontros consonantais na fala típica e alterada de 10 sujeitos infantis. Os estímulos analisados contemplaram 10 pares de palavras contendo o padrão silábico CCV e CV. Para análise quantitativa dos dados, quatro medidas foram feitas a partir da curvatura da língua, coletadas em plano sagital: PL (Distância da Ponta da Língua), LL (Distância da Lâmina da Língua), DL (Distância do Dorso da Língua) e Área. Concluiu-se, após análises, que a medida de PL mostrou-se capaz de diferenciar os padrões silábicos na produção típica de fala, enquanto, à medida de área extraída entre a PL e DL, diferenciou as sílabas CCV e CV nas produções alteradas, ainda que suas produções de CCV tenham sido julgadas como CV.

Os resultados dos estudos resenhados anteriormente, tomados juntos, permitem inferir que o estabelecimento de valores de referência possibilitará a comparação com a produção de fala alterada. Para a língua inglesa, estudos que buscam descrever e comparar a fala típica da alterada já têm sido realizados, e diferentes parâmetros ultrassonográficos são adotados para analisar, por exemplo, a produção de fala de pacientes com algum tipo de ressecção de língua.

Em Bressmann et al. (2005), os autores compararam a produção de 12 falantes adultos típicos com a produção de uma paciente com reconstrução parcial lateral da língua. Os dados foram analisados por meio de três medidas propostas: (1) índice de anterioridade (*anteriority index*); (2) índice de concavidade (*concavity index*) e (3) índice de assimetria (*asymmetry index*). Na investigação pré-operatória, verificou-se que a paciente apresentou valores muito semelhantes aos adultos típicos, enquanto na investigação pós-operatória, a paciente apresentou imprecisão articulatória que afetou particularmente os fonemas: [x], [d], [s], [z], [p], [b], [k] e [g]. Os autores reportam que o índice de assimetria e concavidade foram os que melhor caracterizaram as produções alteradas. Em um segundo estudo, Bressmann et al. (2010) também compararam a produção de fala de quatro adultos típicos com a



produção de um paciente com glossectomia parcial lateral de língua. Duas medidas foram consideradas para a análise dos dados: distância e concavidade, que reportam informações de planicidade, convexidade e concavidade da língua. Os maiores valores de distância foram verificados na fala do paciente, e os graus de planicidade e convexidade apresentaram grandes variações para as diferentes produções.

Conforme apresentado, observa-se pois, que os estudos ultrassonográficos quantitativos adotaram diferentes parâmetros para mensurar a produção dos sons da fala; entretanto, nenhum dos parâmetros descritos se mostrou robusto para diferenciar todos os sons de um idioma específico, ou seja, os parâmetros reportados na literatura parecem ser mais sensíveis para caracterizar determinados sons, mas não o inventário completo.

Pode-se dizer que no Brasil, pesquisadores têm iniciado a realização de estudos de fala com uso do US. Dentre os estudos existentes, há uma prevalência pela análise de natureza qualitativa. Todavia, por meio de parcerias e busca por conhecimento, as primeiras investigações que visam mensurar informações de língua vem sendo realizadas. Apesar de, ainda serem muito escassos e não fornecerem valores de referência para todos os sons do PB cabe valorizar e ressaltar o interesse pela busca de novas formas de análise dos dados e esforços para garantir que um novo instrumento tecnológico- ultrassom seja utilizado de modo a fornecer coleta e análise de dados fidedignos.

A próxima seção abordará os estudos que utilizaram os parâmetros qualitativos e quantitativos concomitantemente para caracterizar o movimento de língua envolvido na produção da fala.

### 1.1.3 Parâmetros qualitativos e quantitativos

Alguns estudos têm sido desenvolvidos com o propósito de descrever os movimentos de língua durante a produção da fala com uso do ultrassom, tanto qualitativamente como quantitativamente.

Klein et al. (2013) reportam que a articulação do som /r/ em falantes adultos é normalmente descrita como a produção de duas constrictões: uma anterior e outra posterior. Considerando a complexidade envolvida na produção do /r/, o que comumente resulta na produção alterada desse som por parte das crianças, os autores propuseram investigar as mudanças articulatórias na produção de /r/ na fala de cinco crianças, sendo três típicas e duas com alteração de fala, seguida de um período de intervenção fonoaudiológica. Os autores também verificaram a associação entre mudanças perceptuais, análise acústica e análise visual com uso do US. Quanto à análise qualitativa dos dados, as imagens ultrassonográficas eram classificadas como: língua recolhida ou agrupada (na presença de constrictão anterior e retração de raiz de língua com uma concavidade entre as duas constrictões), retroflexa (quando a ponta da língua encostava nos alvéolos) ou indiferenciada (quando a língua assumia forma semicircular ou não continha constrictão alveolar ou retração aparentes). Todas as imagens classificadas como indiferenciadas foram analisadas quantitativamente, com base no estudo de Ménard et al. (2012) (descrito na seção 1.1.3). As curvas foram traçadas de forma semiautomática e os parâmetros de grau e a localização de curvatura foram mensurados. Os autores verificaram que os resultados qualitativos revelaram uma associação entre a percepção, análise acústica e imagem ultrassonográfica. Também observaram que o grupo inicialmente classificado como produções indiferenciadas era muito amplo por conter produções corretas e incorretas do alvo. A análise quantitativa possibilitou verificar que as produções menos precisas desse grupo foram associadas com um maior gesto de curvatura posterior na língua.

Houde (1968) foi o primeiro a descrever o chamado *Trough Effect*, o qual diz respeito à perturbação de língua ocorrida no momento de oclusão na produção de uma plosiva bilabial. Com base no referido efeito, Alvarez e Hewlett (2007) investigaram a produção de dez adultos falantes do inglês produzindo as consoantes /b/ e /p/ em padrão silábico VCV, em contexto de /i/, /u/ e /a/. Os autores identificaram três diferentes pontos nas produções: (1) centro da primeira vogal; (2) centro da closure; e (3) um ponto durante a segunda vogal. Na análise qualitativa, os três pontos foram contornados em coordenadas x e y, enquanto a análise quantitativa dos contornos foi realizada de forma que a intersecção dos três pontos fosse o ponto mais alto da consoante. Os resultados demonstraram que a extensão

do movimento da língua varia muito entre sujeitos e entre sequências VCV. Perante os resultados expostos, o *Though Effect* foi verificado no deslocamento da língua, corroborando os achados de Houde.

Bressmann (2012) investigou a produção de um sujeito típico, sob quatro diferentes condições de ressonância vocal (1) normal; (2) ressonância posterior (com retração da parte posterior da língua e alargamento da faringe); (3) ressonância anterior e posterior (mesma manobra realizada para a condição anterior com a ponta da língua no assoalho da boca); e (4) ressonância lateral (margem livre da lateral esquerda ancorada ao lado do corpo da mandíbula). A velocidade do movimento da língua foi calculada em plano sagital, enquanto os valores de concavidade foram mensurados em plano coronal. Os resultados apresentados demonstraram que a taxa de velocidade para as diferentes produções estavam dentro do padrão de normalidade, sendo que a condição normal teve um maior número de sílabas por segundo comparada às demais condições. Quanto à análise de concavidade, verificou-se um aumento no vale da língua para as condições posteriores e um aumento na convexidade em condição lateral.

Mais recentemente, Berti, Boer e Bressmann (2016) realizaram a caracterização das líquidas do PB, comparando a produção de fala típica e alterada. Analisaram-se os sons /l/, /ʎ/, /r/ e /R/ em contexto de vogal /a/ na fala de 9 crianças típicas e 11 crianças com distúrbio fonológico. Para a análise qualitativa, uma avaliação perceptivo-auditiva foi realizada a fim de caracterizar os erros encontrados na produção alterada, verificando-se diferentes padrões de erros, envolvendo semivogais, substituições com /l/ e omissões em início da consoante. Quanto à análise quantitativa, mensurações de duração e deslocamento da língua foram realizadas, verificando-se uma maior duração de sílaba e segmentos para /l/ e /r/ na fala alterada e valores de deslocamento de língua que variam em função dos erros analisados.

Após a revisão de literatura sobre estudos que investigaram movimento de língua com uso do ultrassom, pode-se concluir que estudos de natureza quantitativa são os mais realizados, seguidos dos qualitativos, enquanto os estudos que conciliam essas duas naturezas são mais escassos.

Quanto ao uso do ultrassom como instrumento de investigação da fala, é possível verificar que ainda não há consenso quanto à aplicabilidade e implicações dos recursos utilizados na coleta de dados, como, por exemplo, a necessidade de estabilizar a sonda transdutora em relação à cabeça.

Nas seções seguintes, serão apresentadas informações quanto à história do ultrassom como instrumento de pesquisa, desde sua descoberta, definições e inserção na área da saúde, à apresentação da técnica ultrassonográfica, equipamentos necessários e implicações nos dados coletados.

## 1.2 História do ultrassom

### 1.2.1 Descoberta e aplicabilidade

Na natureza, alguns animais apresentam a capacidade de emitir ondas sonoras de alta frequência, para identificar fronteiras e limites de objetos, como, por exemplo, os morcegos, golfinhos e mariposas. Tais sons contemplam uma faixa de frequência superior a faixa de frequência audível para o ser humano (20 KHz), por isso são chamados de ultrassons.

Observando esse fenômeno, durante a Segunda Guerra Mundial, os seres humanos desenvolveram um recurso utilizado para detectar objetos sob a água, o sonar.

As ondas ultrassônicas podem ser geradas por transdutores. Um transdutor é um dispositivo que converte um tipo de energia em outro. Dessa forma, um transdutor ultrassônico converte energia elétrica em energia mecânica ou acústica e vice-versa. Esses transdutores são feitos de materiais piezoelétricos (STONE, 2005).

Pierre e Jacques Curie (1880) foram os responsáveis por analisar as qualidades de cristais piezoelétricos, por descobrir como se produzir um som de alta frequência e usá-lo para produzir uma imagem por meio da reflexão das ondas sonoras geradas. Este achado possibilitou que pequenas estruturas internas do

corpo humano pudessem ser visualizadas através dos tecidos (GONÇALVES e PAULA, 2013).

O ultrassom para fins diagnósticos na área médica foi utilizado, pela primeira vez, na década de 1940, pelos pesquisadores Douglas Howry e W.Roderic Bliss (KAIUT, NASTRI e MARTINS, 2009), mas somente em 2005 foi usado em pesquisas no campo da fonética-fonologia (STONE, 2005), iniciando-se os estudos sobre os movimentos articulatorios que envolvem a produção dos sons da fala.

Em seu trabalho, Stone (2005) apresenta em oito seções, informações a cerca do funcionamento do ultrassom, qualidade de imagem, interpretação das imagens visualizadas, procedimento de coleta de dados, além de informar quanto imagens geradas em três dimensões e possíveis limitações quanto ao equipamento. Este guia, ainda hoje, é utilizado como material de referência para pesquisadores que objetivam analisar movimentos articulatorios envolvidos na fala.

Para se estudar os órgãos envolvidos na produção da fala, o ultrassom é utilizado para visualizar fronteiras e tecidos. As fronteiras são os limites de um órgão anatômico que irá determinar quando ocorre uma mudança de impedância acústica. Ao se deparar com uma mudança de impedância, o ultrassom sofre reflexão e refração. Essas ondas sonoras refletidas geram ecos, que são os responsáveis por fornecer imagens contendo diferentes níveis de cor cinza. Os tons mais escuros representam ecos de pouca amplitude, enquanto os tons mais claros representam os ecos de maior amplitude. Uma mudança abrupta de densidades no meio proporciona uma maior amplitude de ecos. Especificamente, na visualização da língua, um tom mais claro é gerado no momento em que os feixes do ultrassom encontram o ar presente entre a língua e o palato (GONÇALVES e PAULA, 2013).

Para a visualização do contorno de língua, o transdutor é colocado abaixo do queixo, em região submandibular, onde as ondas sonoras se propagarão para serem refletidas pela superfície superior, que será delimitada por ar ou estruturas ósseas (STONE, 2005). Suscintamente, ao se depararem com a mudança de impedâncias, as ondas ultrassônicas serão refletidas e irão gerar ecos em diferentes

amplitudes, que serão captados pelo transdutor. A Figura 1 ilustra a imagem ultrassonográfica da superfície da língua.

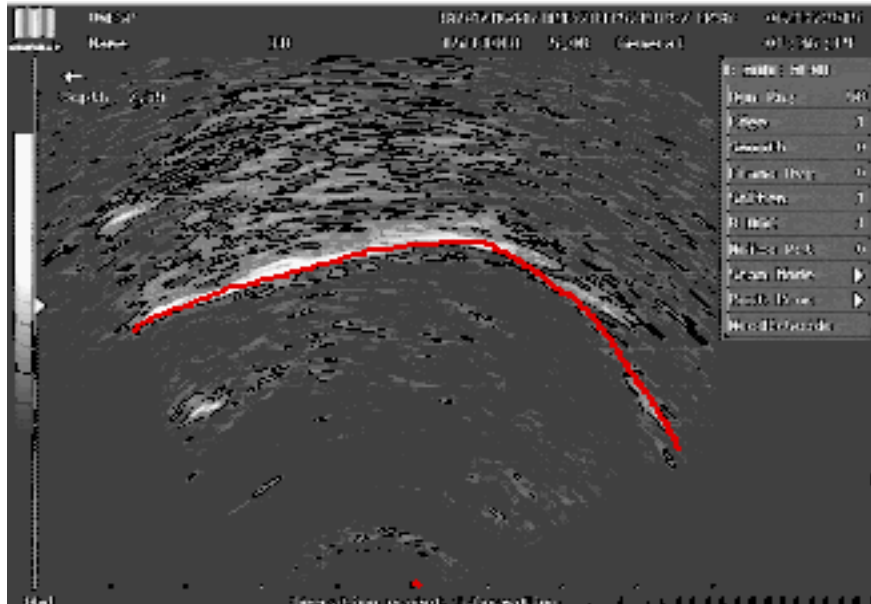


Figura 1: O contorno em vermelho é referente à superfície da língua em imagem ultrassonográfica.

Nesta seção do trabalho, foram apresentadas informações quanto à definição de ultrassom, sua origem e inserção como recurso de pesquisa na área da saúde, mais especificamente sua aplicabilidade como instrumento de análise de movimento dos articuladores.

A seguir, serão apresentadas as informações quanto à técnica de ultrassom e quanto ao uso dos equipamentos necessários para que aquele recurso seja utilizado em pesquisas de produção da fala.

### 1.2.2. Equipamentos

Com a inserção do ultrassom em pesquisas de produção da fala, houve a necessidade de se desenvolver novos recursos que contribuíssem para tornar a coleta das imagens adequada e os dados mais fidedignos.

Os que se propuseram a utilizar o ultrassom para visualizar o movimento de língua relataram uma problemática: a maioria dos transdutores possui formato curvilíneo, o que gera um deslizamento do transdutor na região analisada, tornando difícil para o avaliador manter a posição do transdutor em um mesmo ponto durante toda a coleta, comprometendo a fidedignidade dos dados.

A falta de estabilização do transdutor sob o pescoço não permite uma repetitividade das imagens. Isso decorre das variabilidades anatômicas dos sujeitos analisados (tamanho da cabeça e trato vocal) e da dificuldade em manter o transdutor posicionado no mesmo local durante a coleta.

Essa problemática impossibilitava que análises quantitativas fossem realizadas, buscando comparar medidas entre sujeitos ou mesmo de um sujeito em diferentes coletas.

A fim de sanar essa lacuna, diversos recursos foram propostos, entretanto as abordagens desenvolvidas eram desconfortáveis, dolorosas e inadequadas para a pesquisa de produção de fala. Em 1995, o sistema HATS foi desenvolvido, atendendo ao objetivo de estabilizar satisfatoriamente a cabeça e o transdutor de forma confortável, calibrada e adequada para o sujeito (STONE e DAVIS,1995).

Ainda quanto à estabilização do transdutor em relação à cabeça, um capacete construído de alumínio, com cerca de 800 gramas, foi desenvolvido pela *Articulate Instruments* (2008) e tem sido utilizado em diversas pesquisas atuais, que descrevem o seu bom desempenho como técnica de imobilização e como favorecedor de coleta de dados mais segura.

Seu uso permite estabilização do transdutor em região submandibular, impedindo movimentos bruscos de cabeça. Sua estrutura oferece a possibilidade de ajuste, tornando-se aplicável em pesquisas de sujeitos adultos e crianças.

Sanada a problemática quanto à imobilização do transdutor, tornou-se possível utilizar o ultrassom para coletar dados de maior fidedignidade, possibilitando a repetitividade, com a sobreposição das curvas coletadas. Dessa

forma, tornou-se possível apreender padrões dos movimentos articulatorios envolvidos na produção de um determinado som (GONÇALVES e PAULA, 2013).

Além do equipamento de ultrassom e estabilizador de cabeça, para se analisar os movimentos da língua em tempo real, torna-se necessário o uso de equipamentos complementares, como: sincronizador de áudio e vídeo, programa computacional para coleta e posterior análise quantitativa dos dados, bem como microfone e cabine acústica.

Esses equipamentos atuam como auxiliares no processo de coleta e análise dos dados. Entretanto, faz-se necessário que o avaliador tenha domínio no manuseio e no funcionamento dos aparelhos, bem como o conhecimento quanto às estruturas analisadas, para que as imagens obtidas tenham melhor qualidade e o reconhecimento das estruturas sejam fiéis.

Para que as imagens geradas sejam obtidas com melhor qualidade e possibilitem a visualização completa da estrutura anatômica a ser analisada, torna-se necessário que o avaliador tenha o conhecimento quanto aos tipos de sondas transdutoras. Caberá ao avaliador, portanto, selecionar aquela que cumpra o objetivo proposto, ao tamanho do espaço analisado, angulação e profundidade adequadas a fim de que as imagens geradas por sistema de ecos sejam fidedignas a estrutura analisada e correspondam a uma boa qualidade.

Desse modo, a seguir, serão apresentadas informações específicas sobre as sondas transdutoras, seus diferentes tipos e respectivas relações com a qualidade da imagem gerada.

O transdutor é o responsável por converter energia elétrica em energia mecânica ou acústica, possui diferentes tamanhos e formatos e classifica-se quanto ao tipo de imagem que produz (GONÇALVES e PAULA, 2013). Os tipos mais comuns de transdutores são: linear, convexo, microconvexo e setorial (BARR, 1990).

As sondas lineares são compostas por múltiplos cristais dispostos em linha, possibilitando um campo de imagem retangular. Esse transdutor te uma



desvantagem: necessita de uma grande área de contato com a pele do paciente. As sondas convexas e microconvexas são variações das sondas lineares e produzem campos de imagem no intervalo angular de  $60^\circ$  a  $150^\circ$ . Elas apresentam a vantagem de necessitar de uma menor área de contato com a pele. Por fim, as sondas setoriais contêm um ou dois cristais que se movimentam sob estímulo elétrico e produzem campos de imagem no ângulo de  $90^\circ$ . Assim como as convexas e microconvexas, esse tipo de sonda necessita de um menor contato com a pele (AUGUSTO e PACHALY, 2000).

Cada tipo de sonda irá produzir ondas sonoras de diferentes frequências, relacionando-se com a espessura dos cristais que as constituem. Ou seja, quanto mais espesso os cristais, maior a frequência das ondas sonoras emitidas. A frequência está diretamente relacionada aos aspectos de qualidade e profundidade das imagens obtidas.

As sondas de maior frequência produzem ondas sonoras mais curtas, resultando em uma melhor resolução espacial. A resolução espacial, por sua vez, se subdivide em resolução axial e lateral.

A resolução axial relaciona-se ao comprimento dos pulsos e qualidade da imagem. Quanto mais curto o comprimento do pulso, melhor a qualidade, independentemente da frequência da sonda transdutora (DAVENPORT, 2013).

A resolução lateral relaciona-se com a largura do feixe do ultrassom e com a profundidade da imagem. Esta é melhor em profundidade rasa e pior com a imagem mais profunda. O Quadro 1 sintetiza as informações quanto à relação de frequência, resolução e profundidade.

Quadro 1: relação entre frequência, resolução, penetração e profundidade de escaneamento.


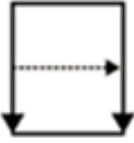




Frequência	Resolução	Penetração	Possível profundidade de escaneamento
Alta	Boa	Fraca	Rasa
Baixa	Grosseira	Forte	Profunda

Fonte: Adaptação do quadro “*Frequency and resolution*”. (NIHON DEMPA KOGYO CO, 2015).

A técnica ultrassonográfica permite a visualização de imagens em movimento, que podem ser analisadas em tempo real, entre 30 ou mais *scans* por segundo, bem como a análise de imagens estáticas, com o uso de um programa computacional acoplado ao ultrassom, que possibilita selecionar o *frame* que melhor represente o movimento do segmento analisado, dentro de uma série de *frames*.

Cabe à resolução temporal a capacidade de detectar imagens em movimentos. No ultrassom, essa resolução refere-se à taxa de *frames*, que são consideradas típicas entre 30 e 100 Hz. O Quadro 2 representa as principais características das sondas linear, convexa e setorial, de forma sintetizada.

Quadro 2: Característica de transdutores, com respectivas frequências centrais, ângulo de visualização e qualidade de imagem obtida.

Tipo de Transdutor	Característica	Frequência Central	Ângulo de visualização	Qualidade de Imagem
 <p>Linear</p>	<p>Visão total e mantém o mesmo campo de visão na parte profunda</p> 	5 MHz à 11 MHz	Forma de um retângulo	Maior qualidade
 <p>Convexo</p>	<p>Visão total, campo de visão se espalha para parte profunda.</p> 	5 MHz à 11 MHz	60° a 150°	Maior qualidade
 <p>Setorial</p>	<p>Visão reduzida, campo de visão será espalhado mais amplamente para parte profunda.</p> 	2 MHz à 8 MHz	90°	Menor qualidade

Fonte: Adaptação do quadro “*Product for 2D imaging*”. (NIHON DEMPA KOGYO CO, 2015).

Com o transdutor devidamente posicionado em região submandibular, torna-se possível visualizar secções da língua em diversos planos, para estudos linguísticos. Comumente, utilizam-se os planos sagital (imagem lateral da língua em toda a sua extensão, da ponta ao dorso, permitindo visualizar sua altura) e coronal (imagem frontal da língua, com centro e laterais, permitindo visualizar sua largura). As imagens sagitais e coronais podem ser obtidas com a mudança do posicionamento da sonda ou por meio de comandos no próprio aparelho (GONÇALVES e PAULA, 2013).

Ao final dessa seção, torna-se possível concluir que, o ultrassom tem se mostrado um equipamento confiável como instrumento de pesquisa. Com o uso de recursos tecnológicos desenvolvidos para maximizar a confiabilidade dos dados, a técnica da ultrassonografia apresenta a vantagem de permitir uma visualização do contorno da língua em tempo real, de forma segura e não invasiva, permitindo uma observação direta e possibilitando que análises sejam realizadas, tanto qualitativamente quanto quantitativamente.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Geral

Propor parâmetros ultrassonográficos quantitativos que possam apreender a diferença de modo e o ponto de articulação entre os 14 fonemas consonantais linguais do PB.

### 2.2. Específicos

Especificamente, buscar-se-á (1) expor informações de modo e ponto de articulação entre fonemas linguais do PB, a partir de índices ultrassonográficos quantitativos; (2) estimar valores de referência e de variabilidade quanto ao contorno de superfície de língua na produção de fala típica;

### 3. MÉTODO

#### 3.1 Aspectos éticos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Filosofia e Ciências Marília, UNESP, nº 1.268.673/2015. Todos os indivíduos incluídos na pesquisa tiveram ciência e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) que lhes foi apresentado. (anexo 1).

#### 3.2 Caracterização da amostra

Este foi um estudo clínico, quantitativo e prospectivo. Participaram dessa pesquisa 20 sujeitos, falantes do Português Brasileiro, monolíngues, com produção típica de fala na faixa etária de 20-30 anos de idade, de ambos os gêneros (sendo 10 homens e 10 mulheres). Os participantes, habitantes de diferentes regiões do estado de São Paulo, residiam na cidade de Marília no período destinado a coleta dos dados e foram selecionados por conveniência. Para seleção dos sujeitos, as produções de fala foram submetidas ao julgamento perceptivo-auditivo do avaliador especialista, na qual todas as produções foram julgadas como corretas perante análise a oitiva. A escolha de uma população adulta para o trabalho se deve à inexistência de estudos que determinem parâmetros de referência para quantificar os movimentos de língua para os fonemas consonantais do PB.

Foram adotados os seguintes critérios de inclusão: idade entre 20 e 30 anos e ausência de alterações na produção dos sons da fala. Como critério de exclusão: os sujeitos deveriam apresentar ausência de alterações intelectuais e neurológicas; ausência de alterações auditivas; ausência de uso de próteses ou aparelho ortodôntico; bem como também seriam excluídos os sujeitos que apresentassem produções de fala julgadas como erradas na avaliação a oitiva e apresentassem uma difícil visualização da curvatura de língua com o uso do US. Um *Checklist* (apêndice 1) foi aplicado individualmente com cada sujeito selecionado, a fim de rastrear se os mesmos cumpriam com os critérios propostos no estudo.

Dessa forma, de um total de 26 sujeitos recrutados, um foi dispensado por fazer uso de aparelho ortodôntico, não cumprindo com os requisitos exigidos no *Checklist*. Sendo assim, dentre os 25 sujeitos que participaram da coleta de dados, cinco foram excluídos pela difícil visualização da superfície da língua em toda a sua extensão (da ponta ao dorso da língua), por meio do US.

Quadro 3: Participantes incluídos e excluídos do estudo

	Homens	Mulheres	Total
1- Coletados	12	13	25
2- Analisados	10	10	20
3- Dados excluídos pela difícil visualização da superfície da língua	2	3	5

Fonte: Dados de Pesquisa

### 3.3 Procedimento experimental

#### 3.3.1 Equipamento

A coleta de dados foi realizada com o uso de um ultrassom portátil, modelo DP 6600, contendo transdutor acoplado a um computador, microfone unidirecional e estabilizador de cabeça (Figura 2). Os dados foram capturados e analisados pelos softwares AAA (*Articulate Assistant Advanced*) e Ultra- CATS (*The Ultrasonographic Contour Analyzer for Tongue Surfaces*). Os sinais acústicos e de imagem foram registrados simultaneamente com o uso do software AAA aliado a um sincronizador que permite sincronização entre as imagens e o sinal acústico. As imagens de US foram adquiridas com uma frequência de imagem de 6.5 MHz, 120° de campo de imagem e 29.97 Hz de taxa de amostragem. Os equipamentos utilizados para a coleta de dados encontram-se no Laboratório de Análise Acústica (LAAc) do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) da Faculdade de Filosofia e Ciências (FFC), campus de Marília/SP.



Figura 2: As setas da esquerda para a direita representam respectivamente: ultrassom portátil, transdutor acoplado ao computador, sincronizador e estabilizador de cabeça.

Para a presente pesquisa, optou-se por utilizar dois *softwares* para explorar informações acerca das imagens ultrassonográficas.

O *software AAA* foi desenvolvido especificamente para análises articulatórias da fala, possibilitando que vídeos de ultrassom sejam visualizados e mensurações objetivas sejam extraídas. Para que o programa funcione completamente, o usuário deve adquirir uma chave, que será conectada à porta USB do computador. Devidamente instalado, o programa permite visualizar imagens ultrassonográficas em tempo real- como instrumento de *feedback*, realizar anotação quanto a informações de imagem e ondas espectrais, além de possibilitar que todos os valores gerados pelo programa possam ser exportados em arquivo de texto, bem como, os arquivos de áudio e vídeo extraídos em arquivos AVI. Em suma, o *software* pode funcionar em dois níveis, o primeiro que possibilita gravações básicas e o segundo que permite que o usuário realize suas próprias medições. No presente



estudo, o AAA foi utilizado em seu primeiro nível, onde gravações foram realizadas e arquivos extraídos para posterior análise.

Diferentemente do AAA, o Ultra-CATS é um *software* de acesso livre, projetado com foco na análise semi-automática de dados ultrassonográficos. O principal objetivo do programa é facilitar a análise manual *frame* por *frame* em uma sequência de imagens. A análise semi-automática permite que o usuário realize o contorno da superfície da língua com uma ferramenta de desenho, dessa forma, o *software* apresenta valores numéricos correspondentes ao traçado realizado. O programa salva todas as medições em arquivos de texto, possibilitando que as informações possam ser editadas em planilhas ou programas específicos para análises estatísticas.

### 3.3.2 Estímulos

Foram privilegiadas as ocorrências dos 14 fonemas consonantais linguais do PB (/l/, /ʎ/, /r/, /R/, /n/, /ɲ/, /t/, /d/, /k/, /g/, /s/, /ʃ/, /z/ e /z/) em contexto da vogal /a/. Sabe-se que um fonema é uma unidade mínima provida de valor distintivo, entretanto, a produção fonêmica pode apresentar variações, inter-individuais (alofones) e individuais, a realização fônica concreta (fones) (CALLOU e LEITE, 1990) Alguns fonemas variam mais do que outros, sendo os sons líquidos, sobretudo, os que apresentam maiores variações. As líquidas do PB são /l/, /ʎ/, /r/ e /R/, sendo o /R/ o fonema que apresenta maiores variações fonéticas, podendo ser articulado como uma vibrante, ou como uma fricativa. A articulação do /R/ como uma fricativa, ainda pode ser feita com vibração ou não das pregas vocais. (AMORIM, 2014).

Na presente pesquisa, foram utilizados estímulos isolados, na medida em que estes proporcionam melhor sincronização entre a imagem e o sinal acústico, propiciando, assim, uma maior acurácia dos dados. A tarefa de produção isolada permite estudar o alvo em detalhe, portanto, os estímulos foram 14 logatomas monossilábicos, que foram construídos a partir do modelo da fonética internacional IPA (International Phonetic Alphabet). Ademais, cabe ressaltar que a análise do alvo

produzido entre vogal, oferece um contexto em que a língua realiza o mesmo movimento no início e no final do som. Desta forma, o inventário de sons é apresentado no Quadro 4.

Quadro 4: Estímulos analisados

Consoantes analisadas	Contexto intervocálico	Estímulo constituído
(/l/, /ʎ/, /r/, /R/, /n/, /ɲ/, /t/, /d/, /k/, /g/, /s/, /ʃ/, /z/ e /z/)	/a/	(/a'la/, /a'ʎa/, /a'ra/, /a'Ra/, /a'na/, /a'ɲa/, /a'ta/, /a'da/, /a'ka/, /a'ga/, /a'sa/, /a'ʃa/, /a'za/ e /a'za/).

Fonte: Dados de Pesquisa

### 3.4 Procedimento de Gravação

As gravações foram realizadas com cada sujeito separadamente, em uma sala tratada acusticamente. O sujeito foi posicionado de forma ereta em uma cadeira em frente à tela de um computador. Utilizou-se um estabilizador de cabeça para não somente fixar o transdutor do ultrassom à 90° em relação à região submandibular dos participantes, como também para evitar movimentos indesejados de cabeça durante o período de gravação (Figura 3). O posicionamento do transdutor à 90° permite a visualização da língua em posição sagital.



Figura 3: Imagem referente à coleta de dados de um sujeito, em posição ereta, utilizando o estabilizador de cabeça e transdutor do ultrassom devidamente posicionado.

Com o uso do *software* AAA, foram apresentados graficamente, na tela do computador, todos os estímulos do experimento, de forma aleatorizada. Antes de iniciar a avaliação propriamente dita, a avaliadora realizou um treino com os sujeitos, no sentido de garantir a compreensão da tarefa a ser executada. Foram solicitadas três repetições de cada estímulo, computando um total de 840 arquivos (20 sujeitos x 3 repetições x 14 segmentos consonantais x 01 contexto vocálico = 840 arquivos).

Após a coleta, ocorreu uma inspeção dos dados para verificar a qualidade de imagem do ultrassom, do sinal de áudio, bem como a sincronização temporal entre ambos.

### 3.5 Tratamento dos dados

Para cada uma das gravações, foi selecionado o *frame* correspondente à amplitude máxima de contração da língua para a produção do fonema.

Para cada *frame* selecionado, foi realizado um traçado do contorno da língua com uso do *software* Ultra-CATS. A avaliadora realizou o traçado com a ferramenta

de desenho, de forma cautelosa, a fim de obter um traço firme e valorizar as informações contidas na imagem, atentando-se para toda a extensão do contorno da superfície da língua, de sua ponta ao dorso. A Figura 4 ilustra o traçado do contorno da superfície da língua em seu ponto máximo de constrição para a produção do fonema consonantal /t/.

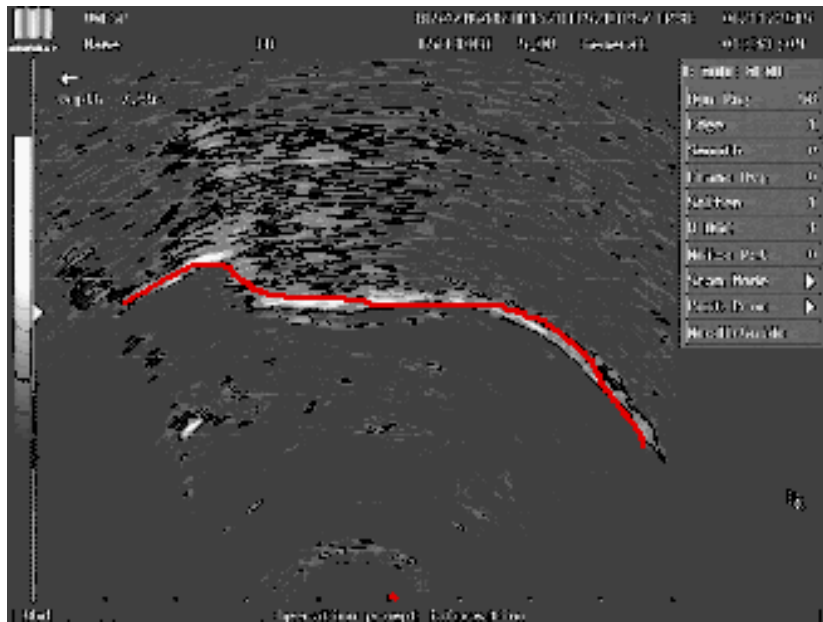


Figura 4: Traçado do contorno de língua do fonema /t/.

O *software* utilizado fornece informações numéricas, mensurando pontos na superfície da língua com um *polar grid*, que traça 35 linhas dispostas em forma de leque. As linhas traçadas (*fans*) correspondem aos ângulos de  $-85^{\circ}$  à  $+85^{\circ}$ , no intervalo de  $5^{\circ}$ , como representado na Figura 5. O programa salva as mensurações em arquivos de formato *text file*, possibilitando, posteriormente, a extração e análise dos dados. Para a análise, foram considerados os dados correspondentes às *fans* de  $-60^{\circ}$  e  $+60^{\circ}$ , pois os ângulos mais extremos não continham informações, ou seja, seus valores eram nulos. Os valores nulos ocorrem, uma vez que o comprimento da língua e o posicionamento do transdutor variam entre os sujeitos. Assim sendo, após a obtenção dos valores, os dados foram alinhados a partir do ângulo  $0^{\circ}$ .

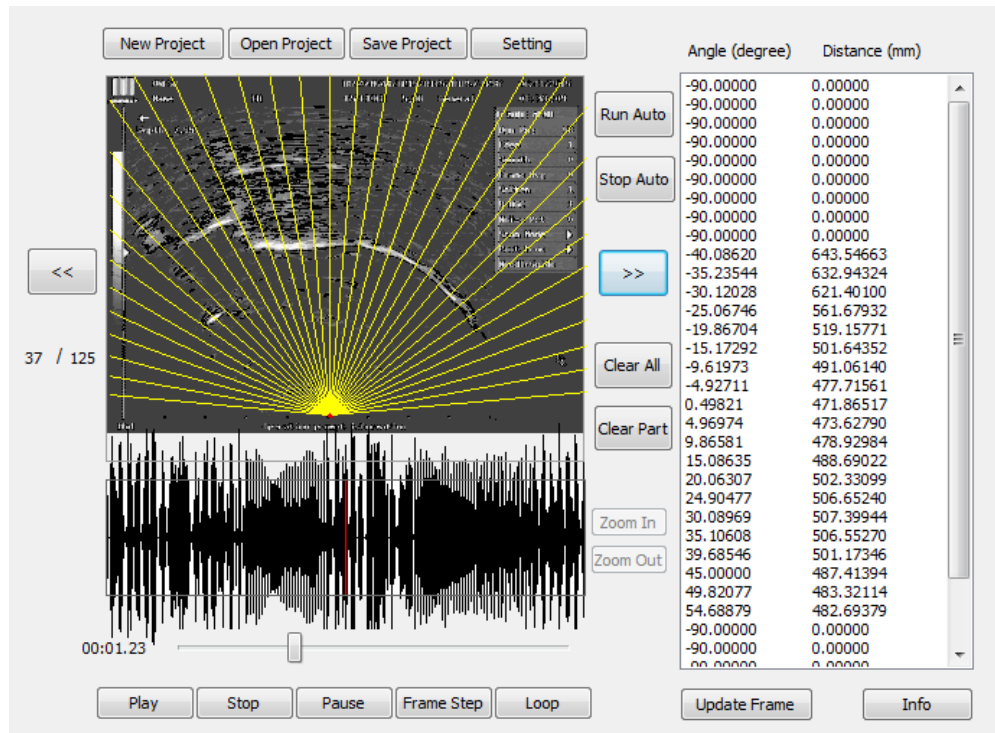


Figura 5: Ilustração dos valores obtidos no *software* Ultra-CATS, relativos a um traçado de contorno da língua em posição sagital. Os feixes sob a imagem de língua representam as fans correspondentes aos ângulos de  $-85^{\circ}$  a  $+85^{\circ}$ .

### 3.5.1 Parâmetros ultrassonográficos

Baseando-se no estudo de Bressmann, et al. (2015), adotou-se um parâmetro ultrassonográfico designado de índice de anterioridade (IA), e outros dois parâmetros foram desenvolvidos, a saber: média global da altura da língua (MG) e índice de anterioridade normalizado<sup>3</sup> (IAN).

O índice de anterioridade (IA) corresponde à multiplicação dos valores extraídos em milímetro (mm) para cada ponto mensurado, com um número ponderado correspondente, conforme representado em (1).

<sup>3</sup> O termo normalização será empregado no presente estudo, com o propósito de minimizar os problemas oriundos do uso de unidades e dispersões distintas entre as variáveis. (JUNIOR e KOERICH, 2009)

$$\left\{ \frac{12xa+11xb+10xc (...) + 0 + xm + xn + xo (...) + 12 xy}{12xa+11xb+10xc (...) 12xy} \right\} \quad (1)$$

A distância percorrida entre xa à xy corresponde à altura da língua em diferentes valores fornecidos pelas fans.

A média global da altura da língua (MG) refere-se à média dos valores válidos para as fans entre -60° a 60°. O intervalo dos ângulos estipulado para a análise é suficiente para reportar informações globais quanto à superfície da língua em toda a sua extensão para os diferentes sujeitos.

O índice de anterioridade normalizado (IAN) corresponde à diferença entre o valor médio da média global da altura da língua e o valor médio da altura da porção anterior da língua (correspondente à média dos ângulos -60° a -15°). Maiores valores de IAN significam que a porção anterior/média da língua apresentou maior movimento comparativamente à porção posterior da língua, enquanto menores valores de IAN sugerem que houve maior movimento da porção posterior da língua.

### 3.6. Análise estatística

Foi realizado um tratamento estatístico descritivo (média e desvio padrão) e inferencial dos dados com o uso do *software IBM SPSS Statistics* (versão 2.2). Para a análise inferencial, adotou-se o teste ANOVA *One-Way*, considerando-se como variáveis dependentes os três parâmetros US, e como variáveis independentes o ponto com quatro níveis (alveolar, pré-palatal, palatal e velar) e o modo de articulação com cinco classes consonantais (oclusiva, fricativa, nasal e líquidas lateral e não lateral). Sabe-se que a produção fonêmica pode apresentar variações e que alguns fonemas variam mais do que outros. O rótico dorsal /R/ apresenta grande variação fonética, podendo ser articulado como uma vibrante ou como uma fricativa. (AMORIM, 2014). Tendo em vista que a produção do estímulo solicitado refere-se à produção do som onde a língua se aproxima da úvula ou do véu palatino, realizando uma obstrução parcial no trato vocal, para a análise dos dados do presente estudo, o referido fonema, foi classificado como uma fricativa velar.

O teste Bonferroni, com análise Post- Hoc, também foi conduzido para verificar qual ou quais pontos e modos de articulação se diferenciaram entre si. O teste selecionado tem demonstrado resultados positivos, no tocante, comparação de variáveis, como visto em Zharkova, Hewlett e Hardcastle (2012); Bressmann, 2007; Zharkova, Hardcastle e Lickley (2014); Acher et al. (2014); Vassoler e Berti (2015). Estabeleceu-se um nível de significância de  $\alpha \leq 0,05$  e um intervalo de confiança de 95%.

Especificamente, na estatística inferencial procurar-se-á confirmar a seguinte hipótese: os parâmetros selecionados/desenvolvidos diferenciarão a produção típica dos fonemas linguais em termos de ponto e de modo de articulação.

Em termos de ponto, espera-se que as palatais apresentem uma maior média global da altura da língua (MG), seguida das alveolares, pré-palatais e velares; enquanto as alveolares e pré-palatais apresentem maiores índices de anterioridade e anterioridade normalizado do que as palatais e velares. Em termos de modo, espera-se que as oclusivas apresentem maiores índices de média global da altura da língua (MG), IA e IAN, seguida das nasais, líquidas e fricativas.

## 4 RESULTADOS

Para melhor exposição, os resultados serão dispostos de acordo com os objetivos norteadores da presente pesquisa.

Com o uso do ultrassom para analisar quantitativamente a produção da fala típica e realizando um tratamento estatístico descritivo dos dados, foi possível estimar valores de referência dos parâmetros articulatórios: índice de anterioridade (IA), média global da altura da língua (MG) e índice de anterioridade normalizado (IAN), em função do ponto e do modo de articulação.

Nas Tabelas 1 e 2, são apresentados os valores estimados em milímetros (considerando um intervalo de confiança de 95%) para os três parâmetros analisados (índice de anterioridade, média global e índice de anterioridade normalizado), em função do ponto e do modo de articulação dos fonemas analisados.

Tabela 1: Estatística descritiva (média (X) e desvio padrão ( $\pm$ )) para os parâmetros: índice de anterioridade, média global e índice de anterioridade normalizado em função do ponto de articulação.

Ponto de articulação	Índice de anterioridade (IA) –mm		Média global da altura da língua (MG) –mm		Índice de anterioridade normalizado (IAN) –mm	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
	Alveolar	2,49	0,58	69,17	4,82	5,10
Pré-palatal	2,48	0,67	69,84	4,55	10,05	4,64
Palatal	2,58	0,70	70,67	5,62	12,42	5,20
Velar	2,49	0,72	71,89	5,11	3,26	4,94
Total	2,50	0,64	70,06	5,06	6,46	5,54

Fonte: Estatística descritiva. (mm): milímetro



Tabela 2: Estatística descritiva (média (X) e desvio padrão ( $\pm$ )) para os parâmetros: índice de anterioridade, média global e índice de anterioridade normalizado em função do modo de articulação.

Modo de articulação	Índice de anterioridade (IA) –mm		Média global da altura da altura da língua (MG) –mm		Índice de anterioridade normalizado (IAN) –mm	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
	Fricativa	2,54	0,63	69,72	4,56	5,90
Líquida lateral	2,45	0,60	70,19	4,69	6,89	6,98
Líquida não lateral	2,36	0,57	68,99	5,03	6,27	3,93
Nasal	2,57	0,63	69,79	5,99	9,05	5,95
Oclusiva	2,48	0,69	70,82	5,34	5,69	4,44
Total	2,50	0,64	70,06	5,06	6,46	5,54

Fonte: Estatística descritiva. (mm): milímetro

Um tratamento estatístico inferencial foi realizado, utilizando o teste ANOVA *One-Way*, a fim de verificar o efeito principal dos parâmetros articulatórios com os fatores fixos. Consideraram-se como variáveis dependentes os três parâmetros analisados (IA, MG e IAN), e como variáveis independentes o ponto de articulação com quatro níveis (alveolar, pré-palatal, palatal e velar) e o modo de oclusão com cinco classes consonantais (oclusiva, fricativa, nasal e líquidas lateral e não lateral). Uma análise Post- Hoc também foi conduzida para verificar qual ou quais pontos de articulação e modo de oclusão se diferenciaram entre si.

### Índice de anterioridade

Quanto ao índice de anterioridade (IA), a ANOVA não mostrou nenhum efeito de significância tanto para o ponto de articulação ( $F(3,279)=0,22$ ,  $p>0,88$ ) quanto para o modo de articulação ( $F(4,279)=0,54$ ,  $p>0,70$ ). Isso significa que o IA não foi sensível para diferenciar nenhum ponto e nenhum modo de articulação entre si.

### Média global da altura da língua

Considerando o parâmetro ultrassonográfico relativo à média global da altura da língua, a ANOVA mostrou um efeito significativo para o ponto de articulação ( $F(3,279)=4,44$ ,  $p>0,00$ ), mas não para o modo de articulação ( $F(4,279)=0,825$ ,  $p=0,51$ ). O teste Post- Hoc de comparação por pares demonstrou diferenças apenas entre a média global da altura das alveolares e das pré-palatais com a média global da altura das velares, com valores obtidos na seguinte ordem decrescente: velar, palatal, pré-palatal e alveolar. Esses resultados podem ser observados no Quadro 5, onde somente os valores sinalizados com asterisco referem-se aos valores que apresentaram significância estatística. O Gráfico 1 é apresentado, a fim de ilustrar os resultados expostos.

Quadro 5: Teste Post- Hoc de comparação por pares para o parâmetro média global do deslocamento da língua em função de ponto.

Comparação entre pontos de articulação	Alveolar	Pré-palatal	Palatal	Velar
Alveolar	-	0,44	0,09	*0,00
Pré-palatal	0,44	-	0,45	*0,04
Palatal	0,09	0,45	-	0,23
Velar	*0,00	0,23	*0,04	-

Teste Post- Hoc de comparação por pares para o parâmetro média global do deslocamento da língua \* ( $p>0,05$ ).

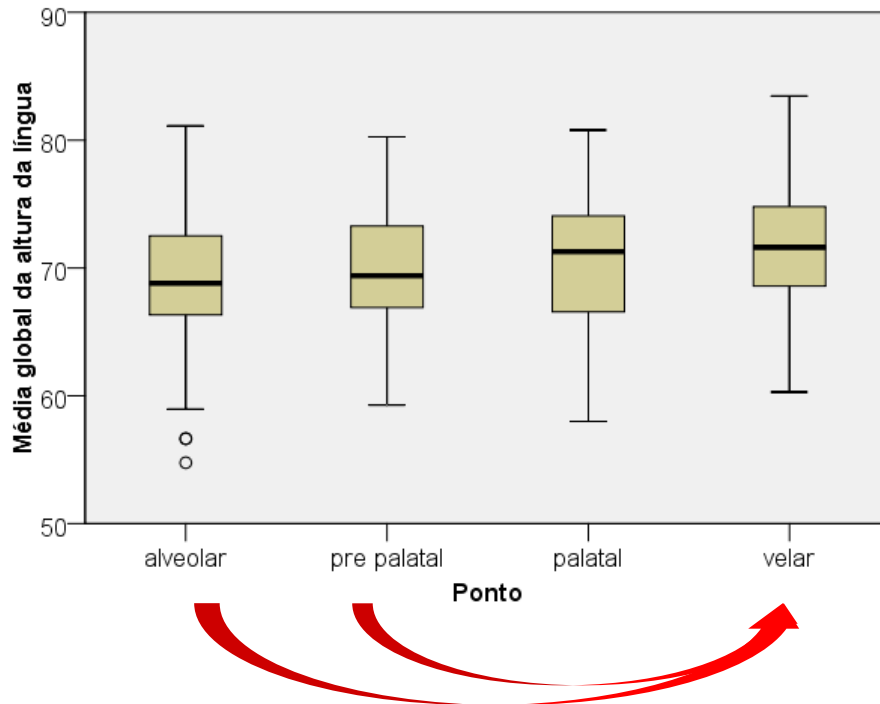


Gráfico 1: Indica a comparação por pares para o parâmetro média global do deslocamento da língua em função de ponto. A seta em vermelho representa os pontos de articulação que se diferenciaram entre si.

### Índice de anterioridade normalizado (IAN)

Para o IAN, que corresponde à diferença entre o valor médio da média global da altura da língua e o valor médio da altura da porção anterior da língua (correspondente à média dos ângulos  $-60^\circ$  a  $-15^\circ$ ), houve um efeito significativo tanto para o ponto ( $F(3,279)=44,84$ ,  $p>0,00$ ) quanto para o modo de articulação ( $F(4,279)=88,756$ ,  $p>0,02$ ).

O teste Post- Hoc na comparação de pares para o ponto de articulação mostrou diferença para todos os pontos de articulação entre si, exceto na comparação entre as pré-palatais e palatais. A tendência observada para os valores do IAN foram maiores para as palatais/pré-palatais, seguidos das alveolares e, por último, das velares.

Quanto ao modo de articulação, o teste Post- Hoc na comparação por pares mostrou que apenas as nasais apresentaram valores superiores em relação às oclusivas e às fricativas. Esses resultados podem ser observados nos Quadros 6 e 7, onde somente os valores sinalizados com asterisco referem-se aos valores que apresentaram significância estatística. Os Gráficos 2 e 3 são apresentados, a fim de ilustrar os resultados expostos.

Quadro 6: Teste Post- Hoc de comparação por pares para o parâmetro índice de anterioridade normalizados em função de ponto .

Comparação entre pontos de articulação	Alveolar	Pré-palatal	Palatal	Velar
Alveolar	-	*0,00	*0,00	*0,00
Pré-palatal	*0,00	-	*0,02	*0,00
Palatal	*0,00	*0,02	-	*0,00
Velar	*0,00	*0,00	*0,00	-

Teste Post- Hoc de comparação por pares para o parâmetro índice de anterioridade normalizado \* ( $p > 0,05$ ).

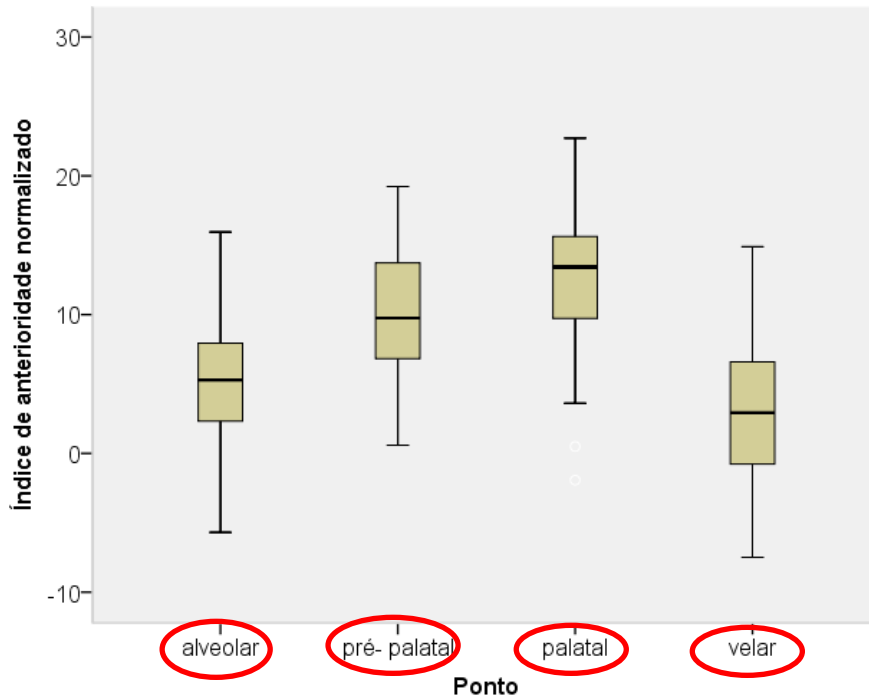


Gráfico 2: Indica a comparação por pares para o índice de anterioridade normalizado em função de ponto. Os círculos em vermelho representam os pontos de articulação que se diferenciaram entre si.

Quadro 7: Teste Post- Hoc de comparação por pares para o parâmetro índice de anterioridade normalizado em função de modo.

Comparação entre modos de articulação	Fricativa	Líquida Lateral	Líquida não Lateral	Nasal	Oclusiva
Fricativa	-	0,33	0,78	*0,00	0,80
Líquida Lateral	0,33	-	0,67	0,79	0,25
Líquida não Lateral	0,78	0,67	-	0,06	0,67
Nasal	*0,00	0,07	0,64	-	*0,00
Oclusiva	0,80	0,25	0,67	*0,00	-

Teste Post- Hoc de comparação por pares para o parâmetro índice de anterioridade normalizado \* ( $p > 0,05$ ).

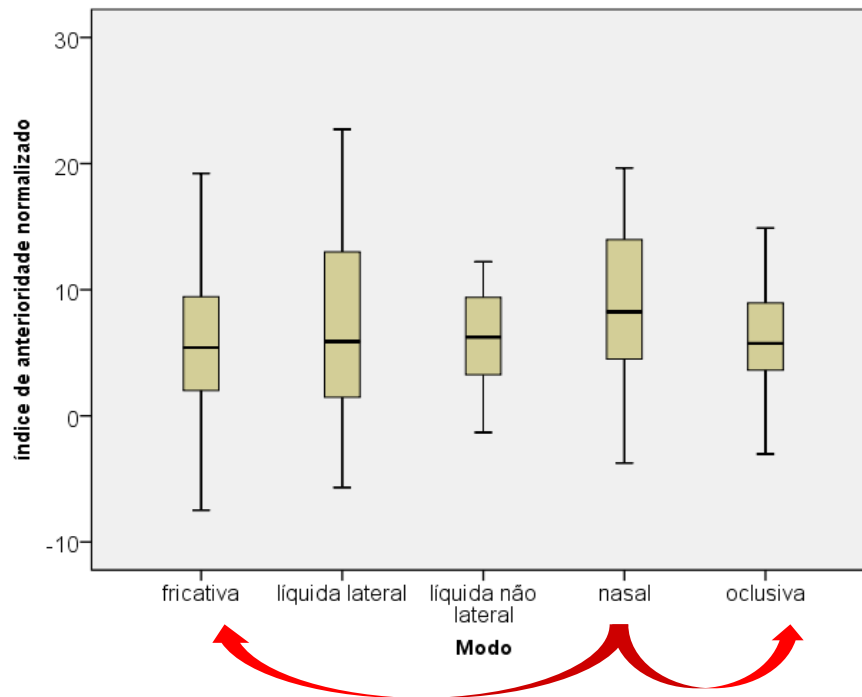


Gráfico 2: Indica a comparação por pares para o parâmetro índice de anterioridade normalizado em função de modo. As setas em vermelho representam os modos de articulação que se diferenciaram entre si.

Uma última análise do teste Post- Hoc na comparação por pares também foi conduzido, buscando verificar se os fonemas palatais /ɲ/ e /ʎ/ estariam impossibilitando que os diferentes pontos e modos de articulação analisados se diferenciasssem entre si pelo fato de apresentarem uma obstrução total da língua contra o palato e, conseqüentemente, fornecerem valores mais altos quando comparados aos demais fonemas consonantais linguais analisados.

Desse modo, excluíram-se os dados referentes aos fonemas palatais e uma nova análise estatística foi realizada para cada um dos índices. Os resultados obtidos foram exatamente os mesmos observados na análise anterior, exceto para o IAN no tocante ao modo de articulação. Conforme pode ser observado no Quadro 8, a análise Post-hoc mostrou que a líquida lateral se diferenciou das demais classificações (oclusivas, fricativas e nasal).

Quadro 8: Teste Post- Hoc de comparação por pares para o parâmetro índice de anterioridade normalizado em função de modo, sem os fonemas palatais.

Comparação entre modos de articulação	Fricativa	Líquida Lateral	Líquida não Lateral	Nasal	Oclusiva
Fricativa	-	0,00*	0,75	0,75	0,77
Líquida Lateral	0,00*	-	0,00*	0,01*	0,00*
Líquida não Lateral	0,75	0,00*	-	0,62	0,63
Nasal	0,75	0,01*	0,62	-	0,88
Oclusiva	0,77	0,00*	0,63	0,88	-

Teste Post- Hoc de comparação por pares para o parâmetro índice de anterioridade relativo

\* ( $p > 0,05$ ).

## 5 DISCUSSÃO

O presente estudo teve por objetivo propor parâmetros ultrassonográficos quantitativos que pudessem apreender diferenças de modo e ponto de articulação entre os 14 fonemas linguais do PB e estimar valores de referência e um padrão de variabilidade quanto ao contorno de superfície de língua na produção de fala típica.

As imagens ultrassonográficas do movimento de língua foram geradas em duas dimensões do plano sagital permitindo a visualização da língua em toda a sua extensão, desde sua porção anterior até sua porção posterior (GONÇALVES e PAULA, 2013). Isso significa que as medidas ultrassonográficas da língua correspondem aos valores tanto do eixo x (ângulos adotados na imagem US) quanto do eixo y (altura em milímetros da posição da língua). Sendo assim, para a distinção entre os pontos de articulação dos fonemas, os índices deveriam diferenciar os valores numéricos relativos à posição da língua na imagem ultrassonográfica, considerando os valores da sua altura em relação aos ângulos adotados (de  $-60^\circ$  a  $+60^\circ$ ). Já para a distinção do modo de articulação dos fonemas, os índices deveriam diferenciar os valores numéricos relativos à altura da língua na imagem ultrassonográfica (eixo vertical) independente do ângulo adotado na análise. Adotou-se na análise um parâmetro US já utilizado na literatura, o índice de anterioridade (BRESSMANN et al., 2005), e foram desenvolvidos outros dois índices: média global da altura da língua e índice de anterioridade relativo.

Assumindo-se, portanto, a hipótese de que os parâmetros seriam sensíveis para diferenciar os fonemas analisados em termos de ponto e modo, esperava-se quanto ao ponto, que os fonemas palatais apresentassem um maior MG, seguido dos alveolares, pré-palatais e velares. Enquanto, em termos de modo, esperava-se que os fonemas oclusivos apresentassem maiores índices de MG, IA e IAN, seguidos das nasais, líquidas e fricativas.

O índice de anterioridade, tal como proposto em estudo anterior, corresponde a uma média ponderada da altura da língua no plano sagital em que os valores relativos à porção anterior da língua são multiplicados por um incremento no cálculo da média ponderada (como já descrito anteriormente na metodologia). Esperava-se



que esse índice pudesse diferenciar, fundamentalmente, os fonemas produzidos pela porção anterior da língua (tais como as alveolares e as pré-palatais) dos fonemas produzidos pela porção média e posterior da língua (como no caso das palatais e velares). No entanto, o índice de anterioridade não apresentou efeito significativo para o ponto nem para o modo de articulação.

Duas razões podem estar na base da explicação para a não diferenciação do ponto e do modo de articulação. A primeira deve-se ao próprio posicionamento da língua no interior do trato vocal, conforme ilustra a Figura 5. Se for considerado o espaço de deslocamento vertical das diferentes porções da língua no trato vocal, a porção anterior sempre apresentará menor deslocamento comparativamente à porção média/posterior, por sua própria configuração anatômica. Ou seja, devido ao menor espaço existente entre a ponta da língua e os alvéolos relativamente ao espaço entre a porção média da língua e o palato duro, os valores de altura atingidos pela parte anterior da língua na produção das alveolares serão sempre menores que os valores de altura atingidos pela parte média e posterior da língua na produção das palatais e velares. O mesmo raciocínio pode ser aplicado em relação ao ponto de articulação, isto é, uma obstrução total ou parcial na região palatal ou velar sempre terá valores de altura maiores do que uma oclusão total na região alveolar.

Desse modo, na obtenção do índice de anterioridade, mesmo que os valores correspondentes à parte anterior da língua tenham sido multiplicados por um incremento no cálculo da média ponderada, o ajuste realizado talvez tenha sido insuficiente para compensar a diferença de valores de altura em função do próprio posicionamento da língua no trato vocal.

A segunda hipótese explicativa deve-se ao fato de esse índice não ser uma medida normalizada. Isso significa que alguns fatores – como o posicionamento da sonda transdutora no momento da coleta de dados, o tamanho da cavidade oral dos sujeitos, bem como possíveis movimentos de cabeça – podem ter interferido na obtenção dos valores pertinentes a esse parâmetro (ZHARKOVA e GIBBON, 2015).

O segundo índice utilizado na análise foi a média global de altura da língua (MG). Este índice corresponde a uma medida global do movimento da língua, resultante da média dos valores de altura de toda a extensão da língua. Maiores valores de MG deveriam ser encontrados para fonemas produzidos com a porção média e posterior da língua. Da mesma forma, maiores valores de MG deveriam ser observados em fonemas produzidos com uma obstrução total comparativamente a fonemas produzidos com uma obstrução parcial.

Observou-se que esse índice foi sensível para distinguir os fonemas produzidos com as porções mais extremas da língua (alveolares e pré-palatais vs velares), considerando o eixo ântero-posterior, mas não distinguiu os demais pontos de articulação e nenhum modo de articulação. Os fonemas velares apresentaram maiores valores da média global da altura da língua do que as alveolares e as pré-palatais, conforme o esperado.

Alguns autores (HARSHMAN, LADEFOGED e GOLDSTEIN, 1977; DAVIDSON, 2016;) têm reportado que as medidas ultrassonográficas quantitativas são mais eficazes para mostrar diferenças de produção mais globais do que diferenças de produções sutis. Em estudo recente (STOLER, 2013), por exemplo, os autores verificaram a pertinência de se utilizar apenas um índice ultrassonográfico quantitativo que descrevesse as diferenças de produção de alguns fonemas consonantais do inglês (a saber: /r/, /l/, /w/, /g/, /ng/, /n/, /y/, /t/, /ʃ/, /t/, /s/, /d/ e /z/) em contexto de sete diferentes vogais, na produção de fala típica de dez adultos. Para tanto, os autores desenvolveram um índice que pudesse quantificar os diferentes graus da curvatura de toda a extensão da língua em plano sagital, denominado índice de constrição (CI). Para a análise, os sons foram agrupados em seis modos de articulação (líquidas, semivogais, nasais, oclusivas, vogais e fricativas). Os resultados evidenciaram uma diferença significativa dos sons líquidos para os demais grupos. Concluiu-se, portanto, que o CI não foi capaz de diferenciar todos os fonemas do inventário analisado.

Por fim, o terceiro índice desenvolvido para análise dos dados foi o índice de anterioridade normalizado (IAN). Este índice refere-se à diferença entre o valor da

média global da altura da língua e o valor médio da altura da porção anterior da língua (correspondente à média dos ângulos  $-60^\circ$  à  $-15^\circ$ ). Maiores valores de IAN significam que a porção anterior/média da língua apresentou maior movimento comparativamente à porção posterior da língua, enquanto menores valores de IAN sugerem que houve maior movimento da porção posterior da língua.

Observou-se que o IAN diferenciou os fonemas quanto aos quatro pontos articulatórios analisados, bem como diferenciou a classe das nasais da classe das oclusivas e fricativas.

Pelo fato de esse índice ser uma medida normalizada, uma vez que se considera a diferença entre valores e não o valor absoluto propriamente dito, minimiza-se a influência de diferenças de tamanho de trato, posicionamento do transdutor, etc. Conseqüentemente, esse parâmetro foi o mais robusto para diferenciar o ponto de articulação dos fonemas analisados.

Estudos anteriores (MÉNARD et al., 2012; ZHARKOVA, GIBBON e HARDCASTLE, 2015; BERTI, BOER e BRESSMANN, 2016) têm, igualmente, apontado para as vantagens de se utilizar medidas ultrassonográficas normalizadas relativamente às medidas absolutas, justamente pelo fato de se minimizar os efeitos da variabilidade inter-falantes. Particularmente em um estudo (ZHARKOVA, GIBBON e HARDCASTLE, 2015), os autores analisaram as produções de /p/, /t/, /s/ e /ʃ/ seguidos das vogais /a/ e /i/ na fala de dez adolescentes, com o uso de medidas ultrassonográficas normalizadas, comparando duas condições de coleta de dados: com e sem o uso do estabilizador de cabeça. Dentre as medidas testadas, apenas uma foi completamente afetada pela condição de estabilização de cabeça. Os autores concluíram que as medidas ultrassonográficas normalizadas propostas puderam fornecer resultados mais consistentes na análise da produção da fala. Desse modo, tal como reportado pelos autores, os resultados do presente estudo também sugerem que medidas normalizadas sejam as mais sensíveis e adequadas para análises ultrassonográficas da produção da fala.

A seguir, uma maior atenção será prestada aos resultados encontrados na análise de comparação por pares para o parâmetro IAN em função de modo, onde se verificou uma diferença significativa entre fonemas nasais de fonemas oclusivos e fricativos.

Em um primeiro momento, uma possível hipótese explicativa para esta diferenciação seria o fato de que dentro da classe das nasais, o fonema palatal, estaria enviesando os resultados pelo fato de este apresentar valores mais altos. Dessa forma, a fim de verificar se os fonemas palatais estariam enviesando os dados, uma segunda análise Post- Hoc foi conduzida para os três parâmetros em função de ponto e modo, desconsiderando os valores dos fonemas palatais: /ɲ/ e /ɲ/. Como apresentado na seção resultados, não houve mudanças significativas nos resultados para os três parâmetros analisados, o que demonstrou que os segmentos palatais, não estariam contribuindo exclusivamente para a diferença de modo observada.

Desse modo, uma segunda hipótese explicativa foi arrolada. Para essa, os segmentos nasais apresentariam uma configuração de curva da superfície da língua mais baixa (eixo vertical) comparada às demais classes, o que resultaria em maiores valores do IAN, a fim de ampliar o espaço livre para o direcionamento do fluxo de ar e realizar o acoplamento das cavidades oral/nasal.

Para suportar esta hipótese, devemos considerar a natureza dinâmica da produção dos sons, onde há a sobreposição de gestos articulatórios, ou seja, os movimentos articulatórios necessários para a produção de um fonema exige que estes sejam realizados de forma coordenada em um intervalo de tempo. A literatura (MEDEIROS, 2007) descreve sons nasais como segmentos complexos por exigirem a coordenação dos movimentos de língua e/ou lábio e movimento do véu palatino. Segundo Medeiros (2007), o movimento do véu palatino, por si só, também oferece alta complexidade, uma vez que não se trata somente da oposição de uma posição aberta à outra fechada. O grau de abaixamento do véu, realizado em menor ou maior grau gera uma variação no grau de nasalidade. Tais informações possibilitam

concluir que os diferentes graus de abertura do véu, indicando o gesto nasal, devem ser realizados no tempo e grau adequados para realizar a distinção entre fonemas.

Em um estudo (DEMASI, 2009), a autora analisou o gesto de movimento da língua e o gesto de abertura e fechamento do véu palatino, durante a produção de 20 ditongos orais e nasais do PB, realizadas por seis sujeitos. Para análise, os seguintes parâmetros foram analisados: parâmetros aerodinâmicos (relativo ao fluxo de ar nasal) e parâmetros acústicos (movimentação e extração dos formantes e a duração do ditongo nasal). A autora verificou em seu estudo que os ditongos nasais são articulados do mesmo modo que suas contrapartes orais, entretanto, o gesto articulatório do véu resulta em mudanças acústicas e aerodinâmicas, que tornam os fonemas orais e nasais distintos. Quando comparados, os valores dos formantes do ditongo nasal com sua contraparte oral verificou-se um aumento na média de F1, o que implica dizer por inferência que houve um maior abaixamento da língua nos ditongos nasais. O aumento de F1 ocorre por causa da influencia das ressonâncias de baixa frequência que atuam no espectro, quando há o abaixamento do véu palatino. Sabe-se, que os formantes refletem as mudanças articulatórias realizadas na cavidade oral, sendo o F1 intrinsecamente relacionado ao movimento que ocorre no plano vertical (altura da língua e abertura da mandíbula) (KENT E READ, 1992). Dessa forma, pode-se inferir que o aumento do formante F1 em sons nasais, sugere uma altura mais baixa da língua na cavidade oral. Com base no referido estudo, é possível afirmar que o movimento do véu palatino implica em mudanças na configuração da língua para a produção dos sons da fala, especificamente levando a língua para uma posição mais baixa no interior da cavidade oral.

A fim de confirmar a hipótese, a avaliadora realizou uma sobreposição de curvas, utilizando o *software* AAA. As curvas selecionadas, referentes ao ponto máximo de elevação para a produção dos fonemas /n/ e /t/ foram sobrepostas para os 20 sujeitos analisados, ou seja, para cada sujeito, duas curvas foram sobrepostas. Verificou-se que 17 pares de curvas sobrepostas apresentaram uma configuração de língua mais baixa, na porção dorsal, na produção de /n/ comparado a produção de /t/, conforme ilustra a Figura 6.

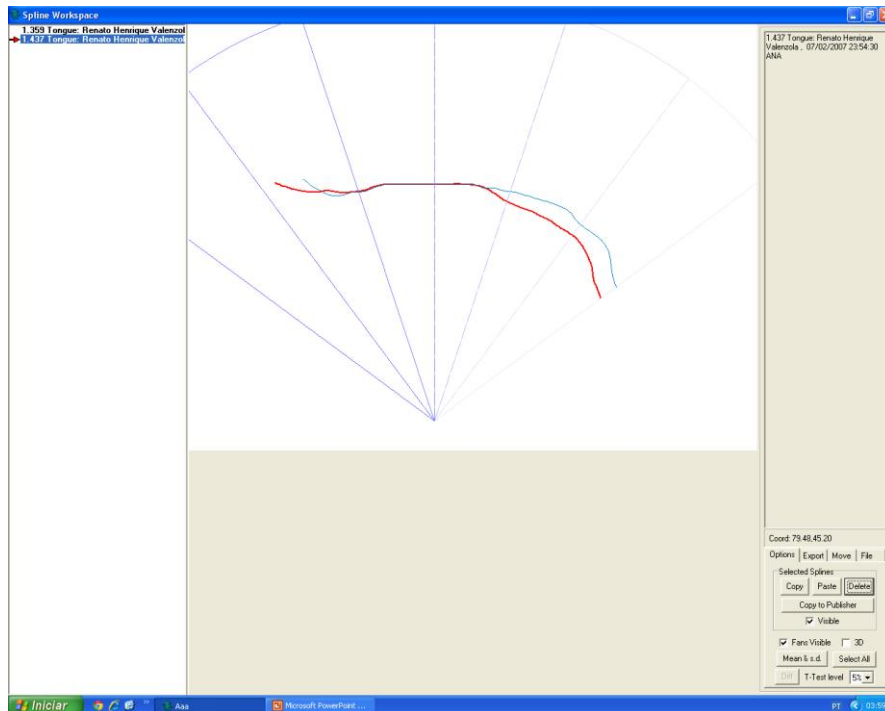


Figura 6: Imagem referente à sobreposição das curvas de um sujeito. O traçado em vermelho representa o fonema /n/ e o traçado em azul, representa o fonema /t/.

Os achados descritos acima corroboram a hipótese explicativa, bem como com a literatura reportada (DEMASI, 2009). Em um segundo estudo, Medeiros e Demolin (2006) buscaram descrever a posição do véu palatino durante a produção das vogais orais e nasais, visualizadas por imagens geradas por ressonância magnética. Para isso, realizaram a gravação da produção de seis pares mínimos, envolvendo as vogais [i], [e], [a], [o] e [u], totalizando 12 palavras produzidas por um sujeito. Os autores verificaram que há diferença entre a posição da língua nas vogais nasais e suas contrapartes orais, como por exemplo, nas palavras: cito e cinto. Considerando o contexto da vogal [a], verificou-se que na produção da vogal nasal, a língua realiza um movimento de dorso que parece acompanhar o movimento do véu palatino, conforme ilustra a Figura 7. Os autores acreditam que estas diferenças de posicionamento da língua sejam mecanismos de compensação para criar conformações de ressonância no tubo que permitem a produção da qualidade vocálica desejada.

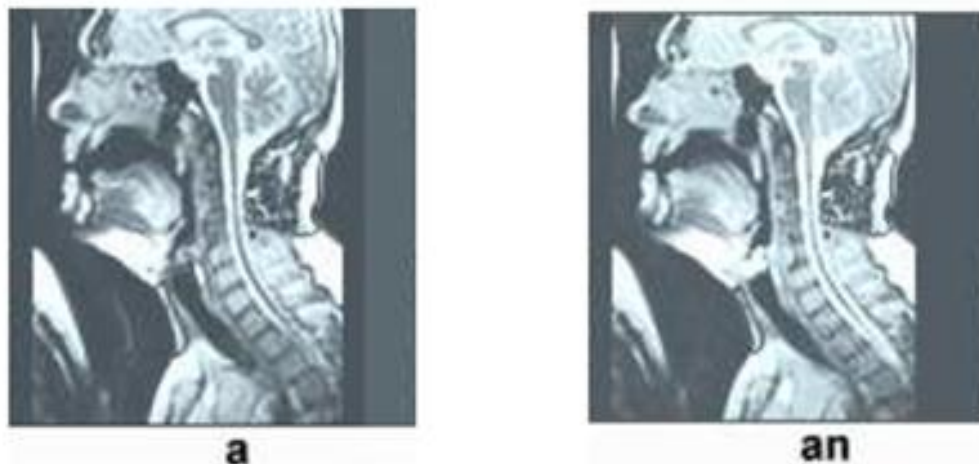


Figura 7: Imagem de ressonância magnética referente à diferença existente entre a vogal oral [a] e sua contraparte nasal [ã] nas palavras: [ata] e [anta]. (MEDEIROS E DEMOLIN, 2016)

Portanto, apesar de apresentar uma configuração de curva bastante próxima às oclusivas e fricativas, para produção dos sons nasais, o movimento do véu palatino deve ser considerado. Conforme reportado na literatura e confirmado nos dados do presente estudo, o abaixamento do véu palatino exigido para o gesto nasal tem implicação no movimento da língua. A fim de proporcionar um maior espaço para o direcionamento do fluxo aéreo e conseqüentemente o acoplamento das cavidades oral/nasal, no momento em que ocorre o gesto de abaixamento do véu palatino, ocorre também o movimento do dorso da língua que acompanha o movimento do véu, portanto, a fim de garantir um maior espaço orofaríngeo, favorecendo o direcionamento do ar para cavidade nasal. Desse modo, o índice de anterioridade normalizado, por ser resultado da diferença entre a porção anterior extraída da média global da altura da língua, foi capaz de diferenciar os fonemas nasais dos fonemas oclusivos e fricativos.

Os resultados expostos e a literatura reportada sugerem que as diferentes configurações realizadas para o direcionamento de ar no trato vocal influenciam nos movimentos dos articuladores envolvidos na produção.

Assim como os sons nasais, os sons líquidos são caracterizados pela obstrução da corrente expiratória em um ponto central e passagem pelas regiões

laterais. Segundo Ferreira et. al. (2002) outra característica na produção dos sons líquidos é a concavidade e distensionamento da língua.

Apesar de imagens ultrassonográficas bidimensionais em plano sagital possibilitarem a visualização da língua, de sua ponta ao dorso, perde-se informações quanto as suas laterais. Imagens geradas em plano coronal possibilitam uma visualização frontal da língua, com centro e laterais, permitindo visualizar sua largura. A literatura reporta que imagens ultrassonográficas coronais, são mais sensíveis para caracterizar os sons líquidos e suas peculiaridades.

Por fim, os achados desta pesquisa evidenciaram que uma única medida não foi suficiente para diferenciar os fonemas quanto aos quatro pontos e aos cinco modos de articulação, o que implica saber que análises quantitativas dos movimentos da língua durante a fala devem ser realizadas com a combinação de duas ou mais mensurações. Este achado corrobora a literatura internacional (DAWSON, TIEDE e WHALEN, 2016), que verificou o sucesso e a adequação do uso de três tipos de análise para quantificar a forma e as complexidades da língua. Os autores analisaram 15 fonemas da língua inglesa produzidos por seis adultos típicos, por meio de três índices baseados na *Procrustes analysis*<sup>4</sup>, inflexões da curvatura e Coeficientes de *Fourier*. Os resultados apresentados demonstraram que um dos índices foi o melhor para classificar a complexidade da língua, entretanto a combinação dos métodos se mostrou mais precisa para caracterização dos movimentos da língua.

---

<sup>4</sup> Análise *procrustes* refere-se a um tipo análise estatística utilizada para analisar uma distribuição de um conjunto de formas (DAWSON, TIEDE e WHALEN, 2016).



## 6 CONCLUSÃO

Dentre as medidas ultrassonográficas selecionadas e desenvolvidas – índice de anterioridade, média global da altura da língua e índice de anterioridade normalizado – nenhuma foi sensível para diferenciar simultaneamente todos os pontos e o modo de articulação dos 14 fonemas consonantais do PB.

A medida ultrassonográfica mais robusta foi o índice de anterioridade normalizado, o qual diferenciou os quatro pontos de articulação entre si: alveolares vs pré-palatais vs palatais vs velares.

Tanto a média global da altura da língua quanto o índice de anterioridade normalizado privilegiaram as diferenças entre os fonemas no plano horizontal. Medidas ultrassonográficas que possam propiciar uma análise mais acurada no plano vertical devem ser desenvolvidas em estudos futuros.

Igualmente, o uso das medidas propostas na análise das alterações da produção da fala, com vistas à sua aplicabilidade clínica, deverá ocorrer em estudos posteriores, sobretudo para averiguar o potencial desses índices na descrição de alterações de fala, que envolvem o ponto de articulação.

Cabe ressaltar que os estudos quali e/ou quantitativos que utilizaram a ultrassonografia como recurso de inspeção de dados analisaram um número bastante restrito de sujeitos, variando de um a dez. Apesar de, o presente estudo apresentar um número de sujeitos analisados bastante acima da média (20 sujeitos) do que a literatura reporta, essa ainda é uma amostra pequena para determinar um padrão normativo do movimento de língua, ou mesmo, para uma população específica.

O fato de um número restrito ser considerado para análise deve-se as limitações ainda existentes com o uso do equipamento e recursos complementares utilizados para análises. As limitações começam com a coleta e armazenamento dos dados, uma vez que se tratam de arquivos audiovisuais. Para uma coleta mais acurada deve-se considerar as informações técnicas do equipamento. A escolha do

equipamento de US utilizado, modelo DP 6600, oferece uma taxa de *frames* de até 30 *frames*/segundo, enquanto, na fala precisaríamos de ao menos 70 *frames*/segundo. Um segundo cuidado, refere-se à sincronização das informações de áudio e vídeo. Apesar de equipamentos complementares, como o sincronizador, auxiliarem com a sincronia das informações, arquivos extensos que requer maior espaço de memória apresentam uma maior diferença nessa sincronia.

Um segundo motivo para que o número de sujeitos analisados seja restrito, cabe ao fato dos *softwares* disponíveis para análise das informações, ainda exigirem muito trabalho manual, realizado minuciosamente pelo avaliador, a fim de reconhecer o *frame* desejado, identificar e traçar a superfície da língua e posteriormente realizar o tratamento estatístico das informações numéricas extraídas.

Ressalva-se a necessidade dos *softwares* se aprimorarem e, conseqüentemente auxiliarem, ainda mais, na identificação da superfície da língua e extração de dados para posterior análise. Dessa forma, parâmetros ultrassonográficos já existentes ou que venham a ser desenvolvidos terão maior aceitação e aplicabilidade clínica, por serem, mais facilmente aplicados em diferentes populações.

Finalmente, tendo por princípio que os fonemas consonantais apresentam variabilidades fonêmicas e que exigem a produção concomitante e coordenada de diferentes gestos articulatorios, incluindo o movimento do véu palatino, direcionando o fluxo de ar no trato vocal, novas medidas simples e globais obtidas em plano coronal da língua poderiam oferecer subsídio para complementar a caracterização ultrassonográfica dos fonemas nasais e líquidos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHER, A. et al. Speech production after glossectomy: methodological aspects. **Clinical Linguistics & Phonetic**, V. 28 (4), p. 241-256, 2014.

ALVAREZ, Y.V. HEWLETT, N. The ‘Trough effect’: an ultrasound study. **Phonetica**, 64 p.105–121 2007.

ALVES, M.A. et al. Estudo da produção do VOT em plosivas não-vozeadas diante de vogal alta posterior e anterior do português brasileiro, **Anais do IX Encontro do CELSUL**. Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça, SC, 2010.

AMORIM, C. A Aquisição das consoantes líquidas em português europeu: contributos para a caracterização da faixa etária 4;0- 4;11 anos. **Revista de Estudos Linguísticos**, V.9, p. 59-82, 2014.

ARDESTANI, R. Gradient and Categorical Consonant Cluster Simplification in Persian: An Ultrasound and Acoustic Study. Tese. Universidade de Ottawa, Canada, 2013.

Articulate Instruments LTD. Articulate assistant user guide: version: 2.11. Edinburgh: Articulate Instruments; 2010.

AUGUSTO, A.Q.; PACHALY, J.R. Princípios físicos da ultra-sonografia. **Arq. ciên. vet. zool.**, UNIPAR, 3(1): p.61-65, 2000.

Axial, Lateral and Temporal Resolution. Disponível em: <<http://www.echocardiographer.org/Echo%20Physics/Axresolution.html>>. Acesso em: 8 de out. de 2015.

BACSFALVI, P. et al. Electropalatography and ultrasound in vowel remediation for adolescents with hearing impairment. **Advances in Speech- Language Pathology**, V. 9 (1), p. 36-45, 2007.

BARR, F. Principles of diagnostic ultrasound. In: \_\_\_\_\_. *Diagnóstico ultrasound in the dog and cat*. London: Blackwell scientific publications, p. 1-20, 1990.

BARBARENA, L.S; SOARES, M. K.; BERTI, L.C. Descrição dos gestos articulatórios envolvidos na produção dos sons /r/ e //l/. **Revista Audiology Communication Research**, v. 19, p. 338-344, 2014.

BERNHARDT, B. et al., Speech habilitation of hard of hearing adolescents using electropalatography and ultrasound as evaluated by trained listeners. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 17 (3), p. 199-216, 2003.

BERTI, L.C. Investigação da produção de fala a partir da ultrassonografia do movimento de língua. In: **18º congresso brasileiro de fonoaudiologia: exercício profissional: bases teóricas, avanço e realidade nacional, sociedade brasileira de fonoaudiologia**, v.1. p. 661-1, 2010.

\_\_\_\_\_. Investigação Ultrassonográfica dos erros de fala infantil à luz da Fonologia Gestual. In: **Giovana Ferreira-Gonçalves; Mirian Rose Brum-de-Paula. (Org.). Dinâmica dos Movimentos Articulatórios: sons, gestos, imagens**. 1ed. Pelotas: Editora UFPel, v. 1, p. 127-143, 2013.

BONATTO, M.T.R.L. A produção de plosivas por crianças de três anos falantes do português brasileiro. **Revista CEFAC**, São Paulo, V.9, n.2, p. 199-206, 2007.

BRESSMANN, T. An ultrasonographic study of lingual contortion speech. **Journal of Phonetics**, V 25, p. 1028-1033, 2011.

\_\_\_\_\_. Quantitative three-dimensional ultrasound imaging of partially resected tongues. **American Academy of Otolaryngology–Head and Neck Surgery Foundation**, V 136, p. 799-905, 2007.

BRESSMANN, T. et al. An ultrasonographic investigation of cleft-type compensatory articulations of voiceless velar stops. **Clinical linguistics & phonetics**, V. 24 (8), p. 589-601, 2010.

\_\_\_\_\_ Coronal view ultrasound imaging of movement in different segments of the tongue during paced recital: Findings from four normal speakers and a speaker with partial glossectomy. **Clinical linguistics & phonetics**, V. 24 (8), p. 589-601, 2010.

\_\_\_\_\_ Quantitative three-dimensional ultrasound analysis of tongue protrusion, grooving and symmetry: data from 12 normal speakers and a partial glossectomee. **Clinical linguistics & phonetics**, V.19 (6-7), p. 573-588, 2005.

BRESSMANN, T.; HENG, C.; IRISH, J. C. Applications of 2D and 3D ultrasound imaging in speech-language pathology. **Journal of Speech Language Pathology and Audiology**, V. 29 (4), p. 158–168, 2005.

CALLOU, D.; LEITE, Y. Iniciação à fonética e à fonologia. Rio de Janeiro: editora Zahar, 1990.

CAMPBELL, F.; GICK, B.; WILSON, I.; BATESONS, E.V. Spatial and temporal properties of gestures in north american english /r/. **Lang Speech**, 53, p. 49-69, 2010.

CAPILOUTO, G.J; FREDERICK, E.D.; CHALLA, H. Measurement of infant tongue thickness using ultrasound: a technical note. **Journal of clinical ultrasound**, V. 40, 2012.

CRISTOFOLINI, C.; SEARA, I.C. Características acústicas de consoantes plosivas e fricativas produzidas por crianças de 6 a 12 anos: período de refinamento articulatorio? **Revista Verba Volant**, Pelotas, V. 3, n.1, p.55-71, 2012.

DAVENPORT, R. Uso da ultrassonografia na avaliação do tórax. Ultrassonografia à beira do leito na medicina clínica. AMGH editora Ltda., p.60-68, 2013.

DEMASI, R.C.B. A ditongação nasal no Português Brasileiro: uma análise acústico-aerodinâmica da fala. Dissertação (Mestrado em linguística). USP/São Paulo, São Paulo/SP, 2009.

FERREIRA, L.L. et al. Temas da Fonoaudiologia. São Paulo: editora Loyola, 9ª edição, 2002.

GÊNOVA, L.G.; DUARTE, K.M.R. Padrão de deposição de tecidos protéicos e gordura em cordeiros abatidos precocemente e sua mensuração utilizando a ultrassonografia. PUBVET, Londrina, V. 5, N. 25, Ed. 172, Art. 1158, 2011.

GONÇALVES, G.F.; PAULA, M.R.B. Dinâmica dos movimentos articulatorios: sons, gestos e imagens. Pelotas: editora UFPel, 2013.

GREGIO, A.M.L. et al. Achados espectrais das vogais [a] e [ã] em diferentes aberturas velofaríngeas. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, V. 22 (4), p. 515-520, 2010.

HOUDE, R.A.: A study of tongue body motion during selected speech sounds. **Speech Communications**, No. 2 Santa Barbara, 1968.

JESUS, L.M.T.; SHADLE, C.H. A parametric study of the spectral characteristics of European Portuguese fricative. **Journal of Phonetics**, V. 30, p. 437-464, 2002.

JONGMAN, A.; WAYLAND, R.; WONG, S. Acoustic characteristics of English fricatives. **Working Papers of the Cornell phonetics Laboratory**, V. 12, p. 195-205, 1998.

JUNIOR, A.S.B.; KOERICH, A.L. Extração de características. Aprendizagem de máquina. PUCPR/Paraná, 2009.

KAIUT, I.P; NASTRI, C.O.; MARTINS, W.P. Segurança no uso da ultrassonografia obstétrica. *Experts in ultrasound: reviews and perspectives*, 1(4): 211-215, 2009.

KELLER, E.; OSTRY, D.J. Computerized measurement of tongue dorsum movements with pulsed-echo ultrasound. **Journal Acoustical Society of America**, V. 73 (4), 1983.

KELSEY, C. A., WOODHOUSE, R. J.; MINIFIE, F. D. Ultrasonic observations of coarticulation in the pharynx. **Journal of the Acoustical Society of America**, V. 46(4), p. 1016-1018, 1969.

KLEIN, H.B.; BYUN, T.M.; DAVIDSON,L.; GRIGOS,M.I. A multidimensional investigation of children's /r/ productions: perceptual, ultrasound, and acoustic measure. **American Journal of Speech-Language Pathology**, V.22, p.540-553, 2013.

LAWSON, E.; SCOBIE,J.M.; SMITH, J.S. The social stratification of tongue shape for postvocalic /r/ in Scottish English. **Journal of Sociolinguistics**, 15(2), p.256-268, 2011.

MEDEIROS, B.R.; DEMOLIN, D. Vogais nasais do português brasileiro: um estudo de IRM. **Revista da ABRALIN**, V. p. 131-142, 2006.

MÉNARD, L.; AUBIN, J.; THIBEAULT, M.; RICHARD, G. Measuring tongue shapes and positions with ultrasound imaging: a validation experiment using an articulatory model. **Revista Folia Phoniatria et logopaedica**. V.64, p. 64-72, 2012.

MIELKE et al. Palatron: a technique for aligning ultrasound images of the tongue and palate. **Coyote Papers**, v. 14, p 96-107, 2005.

NEVES, L.O.P; WERTZNER, H. F. Parâmetros acústicos das líquidas do português brasileiro no transtorno fonológico. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, v. 22 (4), p. 491-496, 2010.

NIHON DEMPA KOGYO CO. Ultrasonic probe (transducer). Disponível em: <<http://www.ndk.com/en/products/search/ultrasonic/>>. Acesso em: 7 de out. de 2015.

NIJLAND, L. et al. Coarticulation patterns in children with developmental apraxia of speech. **Clinical Linguistics & Phonetics**, 16, p. 461–483, 2002.

NIJLAND, L. et al. Planning of syllables in children with developmental apraxia of speech. **Clinical Linguistics & Phonetics**, 17, p. 1–24, 2003.

PRESTON, J.L.; BRICK, N.; LANDI, N. Ultrasound Biofeedback Treatment for Persisting Childhood Apraxia of Speech. **American Journal of Speech-Language Pathology**. p. 627-643, 2013.

PRESTON, J.L.; LEAMAN, M. Ultrasound visual feedback for acquired apraxia of speech: a case report. **Aphasiology**, v. 28 (3), p. 278-295, 2014.

RINALDI, L.M. Procedimentos para a análise das vogais e obstruentes na fala infantil do português brasileiro. Dissertação (Mestrado em linguística). IEL/Unicamp, Campinas/SP, 2010.

RODRIGUES, L. L. Aquisição dos róticos em crianças com queixa fonoaudiológica. Dissertação (Mestrado em linguística). IEL/Unicamp, Campinas/SP, 2007.

SILVA, A.H.P. O estatuto da análise acústica nos estudos fônicos. **Cadernos de Letras da UFF- Dossiê letras e cognição**. Nº 41, p. 213-229, 2010.

SKOLNICK, M. L., ZAGZABSKI, J. A.; WATKIN, K. L. Two dimensional ultrasonic demonstration of lateral pharyngeal wall movement in real time - a preliminary report. **Cleft Palate Journal**, V. 12, p. 299-303, 1975.

STONE, M. A guide to analysing tongue motion from ultrasound images. **Clinical Linguistics & Phonetics**, v. 19, n. 6-7, p. 455–501, 2005.

STONE, M.; DAVIS, E.P. A head and transducer support system for making ultrasound images of tongue/jaw movement. *J. Acoustical Society of America*. V. 98 (6), 1995.



STOLAR, S.; GICK, B. An index for quantifying tongue curvature. **Canadian Acoustics**, V. 41 (1), 2013

VAITKUS, P.J.; COBBOLD, R.S.C.; JOHNSTON, K.W. A comparative study and assessment of Doppler ultrasound spectral estimation techniques, Part II: methods and results. **Ultrasound in Med. & Biol**, V. 14, p. 673-688, 1988.

VASSOLER, A.M.O; BERTI, L.C. Coordenação gestual na produção de encontros consonantais em crianças com desenvolvimento de linguagem típico e atípico. Tese (Doutorado em linguística). UNESP/São José do Rio Preto/SP, 2015

WERTZNER, H.F.; FRANCISCO, D.T.; NEVES, L.O.P. Contorno de língua dos sons /s/ e /ʃ/ em crianças com transtorno fonológico. **Revista Cogas**. V. 26 (3), p. 248-251, 2014.

ZHARKOVA, N. A normative-speaker validation study of two indices developed to quantify tongue dorsum activity from midsagittal tongue shapes. **Clinical Linguistics & Phonetics**. V. 27 (6-7), p. 484-496, 2013.

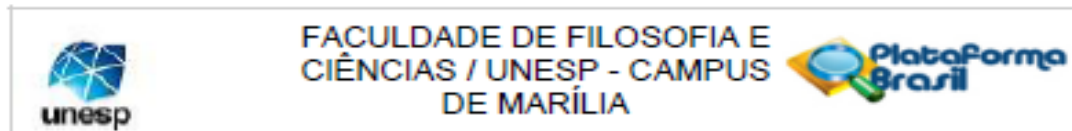
ZHARKOVA, N.; GIBBON, F.E.; HARDCASTLE, W.J. Quantifying lingual coarticulation using ultrasound imaging data collected with and without head stabilisation. **Clinical Linguistics & Phonetics**, V. 29 (4), p. 249-265, 2015.

ZHARKOVA, N.; HEWLETT, N.; HARDCASTLE, W.J. An ultrasound study of lingual coarticulation in /sV/ syllables produced by adults and typically developing children. **Journal of the international phonetic association**. V. 42, p. 193-208, 2012.

\_\_\_\_\_ Coarticulation as an Indicator of Speech Motor Control Development in Children: An Ultrasound Study. **Motor Control**. V. 15, p. 118-140, 2011.

ZHARKOVA, N.; HEWLETT, N.; HARDCASTLE, W.J.; LICKLEY, R.J. Spatial and Temporal Lingual Coarticulation and Motor Control in Preadolescentes. **Journal of Speech, Language, and Hearing Researc**. V. 57, p. 374-388, 2014.

ANEXO 1- Documento de aprovação do CEP da Faculdade de Filosofia e Ciências-UNESP/Marília (Processo nº 1.268.673/2015)



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Caracterização ultrassonográfica do movimento da língua nos fonemas do Português Brasileiro

**Pesquisador:** Lidia Mauricio da Silva

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 49583915.1.0000.5406

**Instituição Proponente:** Faculdade de Filosofia e Ciências/ UNESP - Campus de Marília

**Patrocinador Principal:** Faculdade de Filosofia e Ciências/ UNESP - Campus de Marília

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 1.268.673

**Apresentação do Projeto:**

Especificamente, os pesquisadores buscarão descrever as diferenças ultrassonográficas que distinguem os fonemas do PB. Serão selecionados para esta pesquisa 20 sujeitos com produção típica de fala na faixa etária de 20-30 anos de idade, de ambos os gêneros. Os estímulos selecionados para o presente estudo contemplam 14 fonemas.

**Objetivo da Pesquisa:**

O presente estudo visa caracterizar o padrão ultrassonográfico de movimento de língua dos fonemas do Português Brasileiro (PB).

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Não há riscos para os sujeitos envolvidos. Também não haverá benefícios neste momento para os envolvidos. Os benefícios deverão vir futuramente quando o padrão de normalidade dos parâmetros analisados estiver estabelecido.

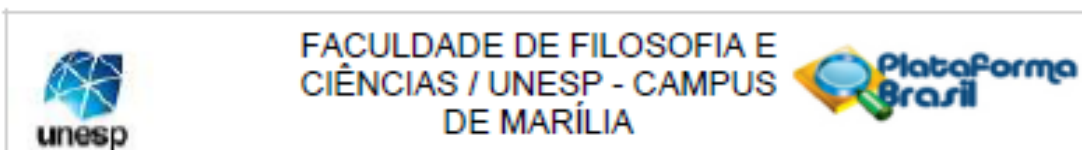
**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

É uma pesquisa de considerável valor científico.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

ADEQUADOS

Endereço: Av. Hygino Muzzi Filho, 737  
 Bairro: Campus Universitário CEP: 17.525-000  
 UF: SP Município: MARÍLIA  
 Telefone: (14)3402-1346 Fax: (14)3402-1302 E-mail: cep@marilia.unesp.br



Continuação do Parecer: 1.288.673

**Recomendações:**

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

APROVADO

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O CEP da FFC da UNESP de MARÍLIA, em reunião ordinária de 30/09/2015, após acatar o parecer do membro relator previamente aprovado para o presente estudo e atendendo a todos os dispositivos das resoluções 466/2012 e complementares, bem como ter aprovado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido como também todos os anexos incluídos na pesquisa, resolve APROVAR o projeto de pesquisa Caracterização ultrassonográfica do movimento da língua nos fonemas do Português Brasileiro

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_533522.pdf	10/09/2015 17:22:25		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.pdf	10/09/2015 17:17:33	Lidia Mauricio da Silva	Aceito
Brochura Pesquisa	projeto.pdf	10/09/2015 17:12:56	Lidia Mauricio da Silva	Aceito
Outros	apendice.pdf	10/09/2015 15:12:19	Lidia Mauricio da Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	0001.pdf	10/09/2015 13:30:05	Lidia Mauricio da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	plataforma_termo.pdf	10/09/2015 13:26:48	Lidia Mauricio da Silva	Aceito
Folha de Rosto	digitalizar0001.pdf	10/09/2015 13:26:08	Lidia Mauricio da Silva	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

Endereço: Av. Hygino Muzzi Filho, 737  
 Bairro: Campus Universitário CEP: 17.525-900  
 UF: SP Município: MARÍLIA  
 Telefone: (14)3402-1346 Fax: (14)3402-1302 E-mail: cep@marilia.unesp.br



FACULDADE DE FILOSOFIA E  
CIÊNCIAS / UNESP - CAMPUS  
DE MARÍLIA



Continuação do Parecer: 1.268.673

MARILIA, 08 de Outubro de 2015

---

Assinado por:  
CRISTIANE RODRIGUES PEDRONI  
(Coordenador)

Endereço: Av. Hygino Muzzi Filho, 737  
Bairro: Campus Universitário CEP: 17.525-000  
UF: SP Município: MARILIA  
Telefone: (14)3402-1346 Fax: (14)3402-1302 E-mail: oep@marilia.unesp.br

## ANEXO 2- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Estamos desenvolvendo uma pesquisa no Centro de Estudos da Educação e da Saúde – CEES – UNESP – Marília, intitulada “Caracterização ultrassonográfica do movimento da língua nos fonemas do Português Brasileiro” e gostaríamos que participasse da mesma. O objetivo desta é utilizar o ultrassom para avaliar quantitativamente a movimentação de língua durante a tarefa de fala em indivíduos normais. Participar desta pesquisa é uma opção; no caso de não participarem ou desistirem a qualquer momento, não haverá perda de qualquer benefício no tratamento que estiverem fazendo nesta Universidade.

Caso aceitem participar deste projeto de pesquisa, gostaríamos que soubessem que:

- A) O ultrassom é seguro, não invasivo, não é doloroso e não utiliza radiação.
- B) Os senhores estarão contribuindo para a descrição e caracterização da movimentação da língua durante a tarefa de fala quando visualizada por meio da ultrassonografia.
- C) Apesar de os resultados deste estudo não beneficiarem diretamente os participantes, os dados coletados poderão auxiliar no desenvolvimento de programas de atuação fonoaudiológica, assim como aprimorar a avaliação dos pacientes com alterações de fala.
- D) Os resultados desta pesquisa poderão ser divulgados para fins científicos em revistas e congressos especializados na área, incluindo o uso de imagens, desde que a sua identidade seja preservada.
- E) Qualquer indivíduo participante da pesquisa poderá desistir a qualquer momento da pesquisa, sem que haja prejuízo de qualquer natureza.

Eu, \_\_\_\_\_ portador (a) do RG \_\_\_\_\_ autorizo a participação na pesquisa intitulada “Caracterização ultrassonográfica do movimento da língua nos fonemas do Português Brasileiro” a ser realizada no CEES – UNESP – Marília. Declaro ter recebido as devidas explicações sobre a referida pesquisa e concordo que minha desistência poderá ocorrer a qualquer momento, sem que haja quaisquer prejuízos físicos, mentais ou no acompanhamento deste serviço. Declaro, ainda, estar ciente de que a participação é voluntária e que fui devidamente esclarecido (a) quanto aos objetivos e procedimentos desta pesquisa.

Autorizo,

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Assinatura**

**Responsáveis pela pesquisa:**

**Profa. Dra. Larissa Cristina Berti** Fone: (14) 3402-1324 Av. Hygino Muzzi Filho, 737, Caixa Postal 181, Departamento de Fonoaudiologia - Marília/SP - CEP: 17525-900 berti.larissa@gmail.com

**Lídia Maurício da Silva** Fone: (11) 98708-8449 Endereço: Rua Lima Verde, 88. Vila dos Andrades. São Paulo/SP – CEP: 02610-060 lidia.mauricio@hotmail.com

## APÊNDICE 1- Check-List

**Check-List**

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_/\_\_/\_\_\_\_

Data de Nascimento: \_\_/\_\_/\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ anos

✓ **Responda sim ou não para as perguntas abaixo:****1) Doenças neurológicas ou neurodegenerativas? (ex: Parkinson, Acidente Vascular Cerebral,...)** SIM  NÃO**2) Dificuldade para ouvir e acompanhar conversas em ambiente silencioso?** SIM  NÃO**3) Dificuldade para produzir palavras durante a fala? Se sim, cite exemplos.** SIM  NÃO

Ex.: \_\_\_\_\_

**4) Câncer em região de cabeça ou pescoço?** SIM  NÃO**5) Prótese dentária? Se sim, está bem adaptada?** SIM  NÃO