



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**FACULDADE DE LETRAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM LINGUÍSTICA E LITERATURA**

**KYVIA FERNANDA TENÓRIO DA SILVA**

**A CORRELAÇÃO DOS BIOSSINAIS CAPTADOS NO ESCALPO E NA FACE DA  
ELETROENCEFALOGRAFIA NA PRODUÇÃO DE PSEUDOPALAVRAS E SÍLABAS  
NA FALA INTERNA**

**MACEIÓ**  
**2024**

**KYVIA FERNANDA TENÓRIO DA SILVA**

**A CORRELAÇÃO DOS BIOSSINAIS DO ESCALPO E DA FACE DA  
ELETROENCEFALOGRAFIA NA PRODUÇÃO DE PSEUDOPALAVRAS E SÍLABAS  
NA FALA INTERNA**

Tese de Doutorado apresentada ao  
Programa de Pós-graduação em Linguística  
e Literatura da Universidade Federal de  
Alagoas, como requisito para defesa de  
doutorado em Linguística.

Orientador: Prof. Dr. Miguel José Alves de  
Oliveira Junior

Coorientadora: Profa. Dra. Susana Carvalho

**MACEIÓ**  
**2024**

A Deus, meu Refúgio e Auxílio em todos os momentos.

A minha mãe, por me ajudar e me fazer perseverar.

Aos orientadores, agentes de transformação social, que me inspiram pela exímia

dedicação na formação de novos profissionais e pesquisadores.

## **AGRADECIMENTOS**

A todas as pessoas que contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional. Em especial, aquelas que estiveram mais próximas nos momentos de solicitude.

A Deus, fonte de inspiração, que me fortalece e me capacita para conseguir galgar aquilo que Ele me permite trilhar no âmbito pessoal e profissional.

Aos meus pais, José Cícero da Silva e Maria Cícera Tenório da Silva, a minha irmã, Klycia Tenório, que sempre estão comigo dividindo lágrimas de alegria e de choro no percurso da minha vida.

Ao Professor Miguel Oliveira Jr., pela orientação, pelo incentivo, pela compreensão, pela confiança e pelos ensinamentos no grupo de estudos FONUFAL.

À Professora Dra. Susana Carvalho, pela orientação, pelo incentivo e pela confiança.

Ao Programa de Pós-graduação em Letras e Linguística (PPGLL) da Faculdade de Letras da Universidade Federal de Alagoas, pela oportunidade e pelo apoio no desenvolvimento deste estudo. Aos professores do PPGLL, pela dedicação e ensinamentos compartilhados. E aos funcionários da secretaria do PPGLL, pela solicitude.

Ao Grupo de Estudos FONUFAL, de que faço parte, pelas discussões, pelo aprendizado e conhecimento compartilhado das áreas de fonologia, fonética, prosódia, libras e demais áreas, que contribuíram no meu crescimento pessoal e profissional.

## RESUMO

A fala é um ato individual (SAUSSURE, 2006) que se realiza no instante da produção (RASO, 2013). A produção da fala envolve a interação do sistema nervoso central e periférico e dos receptores sensoriais que interpretam os sinais fisiológicos (BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2013), podendo ser mensurados por meio da eletroencefalografia (EEG) (DENBY *et al.*, 2010). Em tal contexto, a hipótese deste trabalho é de que há correlação entre os bio sinais do escalpo e da face na produção de pseudopalavras - possui a estrutura silábica da língua, mas sem carga semântica - e sílabas na fala interna. O objetivo desta pesquisa é correlacionar os bio sinais do escalpo e da face no EEG na produção da fala interna. Trata-se de um estudo experimental, descritivo (média, desvio padrão, coeficiente de confiabilidade). Para sua realização, serão convidados 10 participantes entre 20 e 35 anos, de ambos os sexos, mediante a assinatura de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Serão incluídos alunos voluntários que sejam falantes nativos do português brasileiro e destros, pertencentes à Universidade Federal de Alagoas. Serão excluídos participantes que apresentem sinais/sintomas evidentes ou autodeclarados de distúrbios da comunicação, alterações neurológicas e/ou cognitivas que possam interferir nos resultados. Os participantes aptos a participar da pesquisa serão convidados a comparecer ao Laboratório de Pesquisa da Linguagem, do Cérebro e do Comportamento Humano – LAPELC<sup>2</sup> (Faculdade de Letras, Universidade Federal de Alagoas) a fim de que sejam coletados os dados. Voluntários serão entrevistados e, em seguida, participarão do experimento com o EEG. Será aplicado o modelo multinível bayesiano multivariado por meio do software R (R Core Team, 2018) com intervalo de confiança de 95% por apresentar resultados variados.

**Palavras-chave:** eletroencefalografia; eletromiografia; fala interna.



## ABSTRACT

Speech is an individual act (SAUSSURE, 2006) that takes place at the moment of production (RASO, 2013). Speech production involves the interaction of the central and peripheral nervous system and sensory receptors that interpret physiological signals (BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2013), which can be measured through electroencephalography (EEG) (DENBY *et al.*, 2010). In this context, the hypothesis of this work is that there is a correlation between the biosigns of the scalp and the face in the production of pseudowords - it has the syllabic structure of the language, but without semantic load - and syllables in internal speech. The aim of this research is to correlate scalp and face biosignals on EEG in the production of internal speech. This is an experimental, descriptive study (mean, standard deviation, reliability coefficient). To carry out it, 10 participants between 20 and 35 years old, of both sexes, will be invited, by signing a Free and Informed Consent Term (FICT). Student volunteers who are native speakers of Brazilian Portuguese and right-handed will be included, all belonging to the Universidade Federal de Alagoas. Participants who present obvious or self-reported signs/symptoms of communication disorders, neurological and/or cognitive alterations that may interfere with the results will be excluded. Participants able to participate in the research will be invited to attend the Laboratório de Pesquisa da Linguagem, do Cérebro e do Comportamento Humano - LAPELC<sup>2</sup> (Faculdade de Letras, Universidade Federal de Alagoas), in order to collect data. Volunteers will be interviewed and then they will participate in the experiment with the EMG and the EEG. The multivariate Bayesian multilevel model will be applied through the R software (R Core Team, 2018) with a confidence interval of 95% for presenting varied results.

**Keywords:** electroencephalography; electromyography; inner speech.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Eletromiógrafo New Miotol Face/Miotec .....	45
Figura 2 – Eletrodo duplo Meditrace .....	45
Figura 3 – Localização dos eletrodos .....	47
Figura 4 – Janela do <i>software</i> Miograph .....	48

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – 12 pares de nervos cranianos, tipo e função .....	22
Quadro 2 – Parâmetros articulatórios das vogais .....	27
Quadro 3 – Parâmetros de modo articulatório das consoantes .....	27
Quadro 4 – Parâmetros de pontos articulatórios das consoantes .....	28

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Aritenóideo
AR	<i>Average Rectified</i>
EEG	Eletroencefalografia
EMG	Eletromiografia de superfície
CAL	Cricoaritenóideo Lateral
CAL	Cricoaritenóideo posterior
CT	Cricotireóideo
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i> – Transformada Rápida de Fourier
MAVR	Máxima Atividade Voluntária Resistida
RMS	<i>Root Mean Square</i>
TA	Tireoaritenóideo

## LISTA DOS SÍMBOLOS FONÉTICOS

### Sons vocálicos

- [a] - vogal central baixa oral
- [ɛ] - vogal anterior média alta oral
- [e] - vogal anterior média baixa oral
- [i] - vogal anterior média alta oral
- [ɔ] - vogal posterior média alta oral
- [o] - vogal posterior média baixa oral
- [u] - vogal posterior alta oral
- [j] - semivogal i palatal
- [w] - semivogal bilabial
- [ã] - vogal central baixa nasal
- [ẽ] - vogal anterior média baixa nasal
- [ĩ] - vogal anterior alta nasal
- [õ] - vogal posterior média baixa nasal
- [ũ] - vogal posterior alta nasal

### Sons consonantais

- [b] - oclusiva bilabial sonora
- [p] - oclusiva bilabial surda

[t] - oclusiva alveolar surda  
[d] - oclusiva alveolar sonora  
[k] - oclusiva velar surda  
[g] - oclusiva velar sonora  
[ʒ] - fricativa palatal sonora  
[f] - fricativa labiodental surda  
[v] - fricativa labiodental sonora  
[s] - fricativa alveolar surda  
[z] - fricativa alveolar sonora  
[r] - vibrante múltipla alveolar  
[h] - fricativa glotal sonora  
[m] - nasal bilabial sonora  
[n] - nasal alveolar sonora  
[ɲ] - nasal palatal sonora  
[ʃ] - fricativa alveopalatal surda  
[l] - lateral alveolar sonora  
[ʎ] - lateral palatal sonora  
[ ] - transcrição fonética  
// - transcrição fonológica  
' - sílaba acentuada (tônica)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Produção da fala a nível mental-abstrato .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Produção da fala a nível anatômico-cortical .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3</b>	<b>Produção da fala a nível articulatório .....</b>	<b>25</b>
<b>2.4</b>	<b>Produção da fala a nível acústico .....</b>	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>PROCESSAMENTO LINGÜÍSTICO DE PALAVRAS E PSEUDOPALAVRAS .....</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>SINAL, BIOSINAIS E CARACTERIZAÇÃO DOS BIOSINAIS PELO EEG .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>Sinal e biosinais .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2</b>	<b>Eletroencefalografia (EEG): conceito, objetivo e características dos biosinais do EEG .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.1</b>	<b>O que é e qual o objetivo do EEG? .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Características dos biosinais do EEG .....</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1</b>	<b>Avaliação e normalização do sinal do EEG .....</b>	<b>47</b>
<b>5.2</b>	<b>Estímulos do experimento.....</b>	<b>48</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>
	<b>ANEXO A – QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>57</b>
	<b>ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (T.C.L.E.) .....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A fala é um ato individual (SAUSSURE, 2006) que se realiza no instante da produção (RASO, 2013) e pode ser delimitada a partir das vertentes pragmática,

acústica, articulatória e fisiológica. Essas perspectivas teóricas delimitam a fala a partir de parâmetros relacionados à produção que se dá pela formação do som nas pregas vocais, acrescido de ressonância pelo trato vocal e pelas cavidades oral, nasal e faríngea, modulado pelos articuladores ativos e passivos que constituem a cavidade oral, concebendo material linguístico (BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2013; KENT, 2015).

A produção da fala ocorre no aparelho fonador, que é constituído por três sistemas: respiratório, fonatório e articulatório. O sistema respiratório, localizado na parte inferior da glote, tem como função primária a respiração e é formado pelos pulmões, músculos pulmonares, brônquios e traqueia (SILVA, 2014).

Já o sistema fonatório, localizado na laringe, possui, segundo Silva (2014), função primária de proteção de partículas nos pulmões. Na laringe, são encontradas as cordas vocais, que podem obstruir a passagem de ar para produção de sons vozeados. Por fim, o sistema articulatório é formado por faringe, língua, nariz, dentes e lábios. Esse sistema encontra-se na parte superior da glote e possui várias funções: mastigar, cheirar, sugar, sentir o paladar, engolir e morder.

Com relação ao aparelho fonador, Silva (2014) afirma que há limitações fisiológicas, contribuindo para que o conjunto de sons possíveis de ocorrer nas línguas naturais seja de aproximadamente 120 símbolos para categorizar consoantes e vogais. Essas limitações dizem respeito à estrutura anatômica do aparelho fonador que possibilita que seres humanos sem patologias orgânico-funcionais produzam os sons com propriedades físicas - frequência fundamental, amplitude, duração e conteúdo espectral da onda sonora - que constituem o inventário fonético de qualquer língua (SILVA, 2014; SILVA *et al.*, 2019).

A articulação depende da boca, língua, laringe e cordas vocais, ativadas pelas regiões facial e laríngea do córtex motor, que, a partir de controle motor gerido pelo cerebelo, pelos gânglios da base e pelo córtex sensorial, produzem variação de entonação e intensidade. A perda de estrutura anatômica ou funcional de alguma dessas regiões resulta no comprometimento da inteligibilidade da fala (GUYTON; HALL, 2011).

A produção da fala envolve a interação do sistema nervoso central e periférico e



dos receptores sensoriais que interpretam os sinais fisiológicos (BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2013). Esses sinais feitos pelo cérebro e pelos músculos da face na produção da fala podem ser mensurados, respectivamente, por meio da eletroencefalografia (EEG) (DENBY *et al.*, 2010).

Visando contribuir com o avanço de pesquisas que correlacionam os bioassinais, que são sinais vitais decorrentes da contração muscular classificados como analógicos captados pelos eletrodos quando acoplados ao corpo humano, foi realizada uma revisão de escopo, para entender qual a conceituação de fala interna e constatou-se que se trata da produção mental sem articulação ou fonação (SILVA, CARVALHO, OLIVEIRA JÚNIOR, 2022).

A partir dessa revisão, observou-se que pseudopalavras e sílabas eram os estímulos mais empregados pelos pesquisadores que investigaram a fala interna (SILVA, CARVALHO, OLIVEIRA JÚNIOR, 2022). Esta pesquisa viu a necessidade de considerar os aspectos segmentais e prosódicos responsáveis por distinguir significados, por isso foram selecionadas pseudopalavras que seguem as regras do Português Brasileiro (PB) eleitas por meio de uma tese de doutorado como as mais favoráveis de serem adquiridas por crianças em processo de aquisição de linguagem por serem palavras dissílabas com tonicidade na sílaba inicial, sendo essa estrutura silábica mais recorrentes no PB (BONINI, 2016).

Este trabalho tem o objetivo de investigar a correlação dos bioassinais do escalpo e da face do EEG na produção de pseudopalavras e sílabas na fala interna, que considere os aspectos segmentais e prosódicos, responsáveis pela naturalidade, inteligibilidade e modulação entoacional que permite distinguir significados. Visto que se identificou que só há uma única pesquisa de mestrado no Brasil, realizada na área da Engenharia, cujo objetivo era classificar os bioassinais frente a comandos verbais relacionados às habilidades visuoespaciais, para no futuro classificar grau de disartria (GALEGO, 2016; SILVA; CARVALHO; OLIVEIRA JÚNIOR, 2022).

Além disso, foram selecionadas sílabas sugeridas pela prova de fala do protocolo de eletromiografia de superfície quanto ao uso de dissílabas contendo fonemas bilabiais e alveolares (REGIS, NASCIMENTO, SILVA, 2013).

A hipótese proposta parte da ideia de que há relação entre os bioassinais do

escalpo e da face do EEG na produção de pseudopalavras e sílabas na fala interna.

Além desta introdução, a tese está dividida em quatro seções: Na primeira, a produção da fala a nível mental-abstrato que apresenta a delimitação do objeto de estudo da Linguística, as dicotomias saussurianas e o circuito da fala, sendo o último foco de interesse desta pesquisa. Além disso, é apresentada sucintamente a teoria de Chomsky no que diz respeito ao inatismo, a criatividade linguística, a pobreza de estímulo e os sistemas relacionados para ação e pensamento. Ambos autores foram referenciados neste trabalho, porque coadunam da mesma perspectiva de que há uma faculdade de associação e de coordenação na organização da língua enquanto sistema.

Na segunda, é abordada a produção da fala a nível anatômico-cortical que mostra quais as estruturas anatômicas e as áreas do cérebro são responsáveis pela produção e compreensão da linguagem.

Na terceira, é apresentada a produção da fala a nível articatório, revelando quais estruturas anatômicas são usadas para articular, como se dá a produção da fala em relação às vogais e às consoantes e quais são os articulatórios ativos e passivos.

Na quarta, é tratada da produção da fala a nível acústico, mostrando como se dá a produção do som desde a saída dos pulmões, a passagem dele pelas pregas vocais e como ele é ressoado pelas cavidades oral, nasal e faríngea – teoria filtro-fonte e efeito bernoulli. Além de expor como o som é produzido pelo trato vocal, serão mostradas as diferenças do trato vocal de homens e mulheres e os parâmetros acústicos relacionados à análise do sinal da fala.

No terceiro capítulo, a partir da perspectiva teórica da linguística experimental, é discutido sobre o processo de produção e compressão de palavras e pseudopalavras, sendo a última o foco deste trabalho. O quarto capítulo apresenta o que é sinal, o que são biosinais, quais as características dos sinais digitais do EEG e como são aferidos os sinais digitais pela eletroencefalografia.

O quinto capítulo trata-se da metodologia que descreve o tipo de pesquisa, como se dará a seleção dos participantes, os critérios de inclusão e de exclusão, como se dará a coleta e a entrevista, como será realizada a avaliação e normalização dos sinais digitais da eletroencefalografia, são apresentados os estímulos que serão usados no

experimento e o porquê deles terem sido eleitos e o uso do software R para análise estatística.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

No tópico “Produção da fala a nível mental-abstrato”, serão apresentadas algumas noções do estruturalismo de Saussure e de Chomsky com o intuito de mostrar de forma breve a perspectiva teórica de cada autor. A partir disso, será apresentado o ponto de vista adotado neste trabalho.

### **2.1 Produção da fala a nível mental-abstrato**

Inicialmente, a Linguística voltava-se para todas as manifestações da linguagem humana e a tarefa era apresentar a trajetória histórica de todas as línguas, reconstituir as línguas-mães de cada família, investigar as afinidades de quaisquer línguas, deduzir as leis gerais e tentar delimitar e definir a si própria (SAUSSURE, 1916 [2006]).

Segundo Saussure (1916 [2006]), era difícil delimitar um objeto concreto e integral da Linguística, visto que as outras áreas das ciências trabalham com objetos previamente dados, que podem conceber diferentes concepções teóricas. Na linguística, o ponto de vista dá origem ao objeto. Independente da perspectiva adotada, há no fenômeno linguístico duas faces que se relacionam intrinsecamente e o valor delas dá-se pela oposição. É o valor que permite compreender as dicotomias saussurianas, sendo elas: língua e fala, diacronia e sincronia, forma e substância, sintagma e paradigma, significante, significado e signo.

Antes de tratar das dualidades, Saussure (1916 [2006]) primeiro faz a separação entre a linguagem e a língua. Ele diz que a língua é passível de uma definição autônoma, sendo parte fundamental da linguagem, produto social da faculdade da linguagem e que permite aos indivíduos fazerem uso da linguagem.

Quanto à linguagem, Saussure (1916 [2006]) expôs que ela é física, fisiológica e psíquica, pertencente simultaneamente ao domínio social e individual. Em oposição, a língua pode ser considerada em si mesma. Assim, pode-se dizer que não é a linguagem que é natural ao homem, mas a faculdade de constituir uma língua - um sistema de signos distintos — sendo essa língua uma convenção social que faz a unidade da linguagem.

Para encontrar o lugar da língua nos fatos da linguagem, é preciso reconstruir o

circuito da fala. Para que o circuito da fala ocorra, é preciso haver no mínimo dois indivíduos. O primeiro irá formar uma imagem mental — conceito — associado à representação dos signos linguísticos, sendo inteiramente psíquico (SAUSSURE, 1916 [2006]).

A formação dessa imagem mental, conforme Saussure (1916 [2006]) e desenvolvida por Momensohn-Santos *et al.* (2011), gera sinapses que se propagam pelo córtex e envia impulsos nervosos correlativos da imagem para os músculos responsáveis pelo controle da fonoarticulação para planejar, coordenar e executar uma ação, sendo um fenômeno fisiológico.

Para produção da fala, segundo Momensohn-Santos *et al.* (2011) e Behlau, Azevedo e Madazio (2013), os pulmões expellem o ar, que faz as pregas vocais vibrarem e produzem ondas sonoras — físicas — que se propagam pelas cavidades laríngea, faríngea e nasal, sendo dispersas pelo ar até serem captadas pelo pavilhão auricular — orelha externa —, que amplifica a energia sonora, transmitida pelo meato acústico externo até chegar à membrana timpânica. Após isso, essa membrana mudará de posição e vibrará, gerando energia mecânica a partir do movimento dos três ossículos do ouvido médio — estribo, martelo e bigorna.

A energia produzida por esse movimento dos ossículos chega à janela do vestíbulo, propaga-se aos líquidos da orelha interna, que produz mudanças na posição das estruturas sensoriais, modifica o potencial bioelétrico de repouso e dispara um impulso nervoso, que se propaga pelo ouvido interno por meio de neurônios do gânglio espiral da cóclea até chegar ao córtex auditivo (MOMENSOHN-SANTOS *et al.*, 2011). Esse circuito de energia mecânica e elétrica advindos do som escutado que se propaga até o córtex auditivo é tratado por Saussure quando ele menciona que a propagação sonora da boca de um indivíduo ao ouvido de outro é um fenômeno físico. Em seguida, o circuito se prolonga de modo inverso (SAUSSURE, 2006).

Tal circuito, de acordo com Saussure (1916 [2006]), é constituído de partes, sendo elas: exterior, interior, psíquica, não psíquica, ativa e passiva. No exterior, ocorre acontecimento puramente físico — propagação das ondas sonoras das pregas vocais pelo ar até a captação pelo pavilhão auricular, já o interior seria o restante. A parte psíquica está relacionada com a fisiologia, enquanto a não psíquica é acontecimento

físico, que é exterior ao indivíduo.

A parte ativa, conforme Saussure (1916 [2006]), sai do centro de associação de um indivíduo ao ouvido de outro, ao passo que a passiva vai do ouvido ao centro de associação do indivíduo. Na parte psíquica, situada no cérebro, ativo é a formulação do conceito até a imagem, já o receptivo é passivo, pois partiria da imagem até o conceito.

A faculdade de associação e de coordenação desempenha o principal papel na organização da língua enquanto sistema, pois o funcionamento dessas faculdades possibilita que a língua seja o tesouro depositado no cérebro dos indivíduos pertencentes à mesma comunidade de fala (SAUSSURE, 1916 [2006]).

Para explicar melhor o que é a língua, Saussure (1916 [2006]) separa a língua da fala e expõe que a primeira é essencial, uma instituição social, independente do indivíduo, essencialmente psíquica e um sistema de signos que exprimem ideias. A segunda é individual e acessória. A língua não é uma função, mas um produto que o falante registra passivamente. Em detrimento, a fala é um ato individual de vontade e inteligência.

Saussure (1916 [2006]) delimitou que a língua é um sistema de signos, sendo o signo uma unidade linguística constituída de duas faces — o conceito e a imagem acústica —, ambas psíquicas, que se unem por associação. O conceito é o significado e a imagem acústica, o significante.

A junta do significado e do significante constitui o signo. A constituição do signo e a união do significado e do significante são arbitrárias. Não há vinculação natural do significante com o significado, sendo o significante imotivado, arbitrário. Como prova dessa arbitrariedade, há as diferenças entre as línguas e a própria existência de línguas diversas (SAUSSURE, 1916 [2006]).

Saussure (1916 [2006]) mostra que o sistema linguístico não depende da substância — matéria pela qual a língua se manifesta, pois a língua é forma ou estrutura, sendo definida a partir da organização interna dos elementos que a constituem, que não podem ser considerados isoladamente.

Para explicar o funcionamento do sistema de signos que é a língua, o autor faz analogia ao jogo de xadrez, ao expor que os signos linguísticos são as peças do jogo de xadrez e as regras do jogo são as relações distintivas entre os signos, que definem

seu valor na relação de oposição, ou melhor, um signo é o que outro não é (SAUSSURE, 1916 [2006]).

Para explicar as mudanças na língua, Saussure (1916 [2006]) ainda recorre ao jogo de xadrez para mostrar que, no sistema de signos que se define pelas relações internas (jogo/estrutura da língua) e no momento em que a língua está em uso (durante a partida do jogo de xadrez), há modificações no sistema de valores.

Saussure (1916 [2006]) propôs estudar a língua do ponto de vista sincrônico, ou seja, entender o funcionamento da estrutura linguística em dado ponto do tempo, opondo-se aos estudos tradicionais do século XIX que se preocupavam em estudar a língua ao longo do tempo — recorte diacrônico.

Saussure (1916 [2006]) concedeu maior atenção à língua do que à fala, porque precisava definir qual era o objeto de estudo da Linguística, mas não deixou de mostrar a relevância da fala como parte acessória e um dos planos que constituem a linguagem. Este trabalho se interessa pela produção da fala, especificamente sobre o circuito da fala descrito por Saussure, que mostra que a inter-relação entre as duas faces distintas que se complementam — língua e fala — são constituintes da linguagem.

Outro teórico que se interessa por analisar a linguagem, mas sob um ponto de vista biológico, é Noam Chomsky, gerativista. Ele reclama o lugar da Linguística nas Ciências Naturais quando propõe a linguagem como objeto natural, atribuindo à mente — entendida como fenômeno, evento, processos e estados — propriedades computacionais que são capazes de analisar e compreender uma infinidade de sentenças de uma língua (CHOMSKY, 2005).

Chomsky (2005) formulou a hipótese de que há no cérebro humano um componente — a faculdade da linguagem — que possibilita o processamento mental e o uso da língua, que é o resultado da interação entre o estado inicial e o curso da experiência durante a aquisição de línguas. O estado inicial é o mecanismo de aquisição da linguagem, que recebe o *input* e fornece o *output*, constituindo, assim, um objeto internamente representado na mente.

A faculdade da linguagem, conforme Chomsky (2005), é constituída de dois componentes: o sistema cognitivo ou sistema receptivo de *input*, que é intacto e

armazena informações; e o sistema de desempenho ou sistema de produção de *output*, que utiliza dessa informação para articulação e percepção e pode ser imperfeito.

Estado cognitivo da faculdade da linguagem chamado por Chomsky (2005) de a Língua I — interna, individual e intensional — é um procedimento computacional e de um léxico que sofrem modificações limitadas, a partir da experiência linguística, que perduram até que o sistema se estabilize. A Língua I é o conhecimento específico de uma língua.

Chomsky (2005) declara que a variação encontra-se no nível da superfície, ou seja, reside no léxico - convenção do signo linguístico, sendo esse um aspecto da arbitrariedade mencionado por Saussure, visto que as línguas possuem os mesmos sistemas sensório-motores (percepção auditiva e articulatório), mas elas diferem apenas nos procedimentos que acessam as regras para órgãos articulatórios e perceptuais, por isso que há variedade linguística diatópica. Assim, os princípios que regem a linguagem são fixos e inatos, enquanto a variação é restrita.

O mecanismo da faculdade da linguagem, segundo Chomsky (2005), é disparado pelo *input*, seja ele visual, auditivo ou tátil, que, mesmo empobrecido devido ao pouco estímulo linguístico, revela a riqueza da capacidade inata que o sujeito possui de elaborar uma infinidade de sentenças na língua adquirida.

A elaboração infinita de proposições na língua ocorre, porque toda língua é formada de forma fonética — propriedade de expressão, relacionada ao sistema sensório-motor — e forma lógica — o sistema conceptual-intencional, com princípios não muito variáveis. Cada língua delimita os parâmetros, por exemplo: a posição do argumento que varia entre as línguas. (CHOMSKY, 1997; CHOMSKY, 2005).

Pode-se ver nessa seção a constituição da Linguística como ciência a partir da delimitação do objeto de estudo feita por Saussure, a partir da noção de valor a distinções entre língua e fala, sintagma e paradigma, forma e substância e as noções de significante, significado e signo. Mostrou-se o circuito da fala elaborado por Saussure, perspectiva adotada neste trabalho.

Quanto ao nível mental, apresentou-se a vertente teórica de Chomsky que apresenta a criatividade linguística diante do pobre estímulo linguístico e que a língua apresenta parâmetros fixos, estando a variação na superfície.



No tópico Produção da fala a nível anatômico-cortical, iremos tratar dos sistemas nervoso central e periférico e das estruturas (órgãos, lobos, músculos, nervos e regiões) relacionadas ao controle motor da fala.

## **2.2 Produção da fala a nível anatômico-cortical**

O sistema nervoso tem a função de controlar e coordenar os demais sistemas do organismo e ainda traduzir os estímulos recebidos pelo corpo para conceder respostas a eles. Do ponto de vista topográfico e funcional, há duas partes que compõem o sistema nervoso: sistema nervoso central — constituído pela medula espinhal e encéfalo, sendo responsáveis por receber os estímulos, controlar e desencadear reações — e pelo sistema nervoso periférico — formado pelos nervos cranianos e espinhais, os gânglios e as terminações nervosas, tendo a função de conduzir as reações dos órgãos até o sistema nervoso central, e vice-versa (DANGELO; FATTINI, 2008).

Do ponto de vista anatômico, Dangelo e Fattini (2008) mostram que o encéfalo, pertencente ao sistema nervoso central, é composto pelo cérebro, cerebelo e tronco encefálico, sendo este último constituído pelo mesencéfalo, ponte e bulbo. O cérebro, a maior porção do encéfalo, tem dois hemisférios (direito e esquerdo), que exibem sulcos e são delimitados por giros. Além disso, o cérebro divide-se em lobos relacionados ao osso do crânio, sendo eles: lobo frontal, temporal, parietal e occipital (DANGELO; FATTINI, 2008).

De acordo com Dangelo e Fattini (2008) e Behlau, Azevedo e Madazio (2013), há 12 pares de nervos, conectados com o encéfalo, que se originam no tronco encefálico, como mostra o Quadro 1 a seguir:

**Quadro 1 – 12 pares de nervos cranianos, tipo e função**

<b>12 pares de nervos cranianos</b>	<b>Tipo e Função</b>
I – Olfatório	Sensitivo, ligado à olfação.
II – Óptico	Sensitivo, relacionado à percepção visual.
III – Oculomotor	Movimenta o olho, fecha a pupila e controla a forma da lente.
IV – Troclear	Motor, movimenta o olho.
V – Trigêmeo	Misto, inerva estrutura da face, boca e

	mandíbula, responde pela mastigação e pelo palato mole.
VI – Abducente	Motor, movimenta o olho.
VII - Facial	Misto, responsável pela musculatura da expressão facial.
VIII - Vestibulococlear	Sensitivo, monitoramento da fala.
IX - Glossofaríngeo	Misto, sensação posterior da cavidade oral e da faringe, controle motor da faringe e véu palatino.
X - Vago	Misto, nervo sensitivo e motor da faringe, laringe e esôfago, sendo mais importante para fonação.
XI - Acessório	Nervo motor, comanda trapézio e esternocleidomastoideo.
XII - Hipoglosso	Motor, manda informações para músculos extrínsecos e intrínsecos da língua e alguns do pescoço.

Fonte: Behlau, Azevedo e Madazio (2013).

Behlau, Azevedo e Madazio (2013) explicam que há sete nervos cranianos, tendo função motora ou mista (sensitiva e motora), relacionados à produção da voz — ocorre fonação acrescida de ressonância — e da fala — dá-se pela expiração prolongada capaz de vibrar as pregas vocais com ajuste dos articuladores para emitir determinados sons. São eles: trigêmeo, facial, vestibulococlear, glossofaríngeo, vago, acessório e hipoglosso.

O tronco cerebral, a medula, os núcleos da base e o cerebelo armazenam informações ativadas pelo córtex cerebral para a maioria dos movimentos voluntários, sendo responsáveis pelo envio de sinais via direta pelos neurônios motores anteriores da medula, que controlam de forma específica os músculos, por exemplo: controle de movimento finos (GUYTON; HALL, 2011).

O córtex cerebral, centro integrador de informações, encarregado pelas respostas motoras, divide-se do ponto de vista funcional em três: as áreas sensoriais,

que traduzem em percepção os estímulos sensoriais; as áreas motoras, que enviam comandos aos músculos esqueléticos; e as áreas de associação, que, além de integrar informações das áreas motoras e sensoriais, comandam movimentos voluntários (SILVERTHORN, 2010).

Do ponto de vista anatômico, o córtex cerebral pode ser dividido em duas regiões: o córtex motor, situado na região anterior ao sulco cortical central, ocupando o terço posterior dos lobos frontais; e o córtex somatossensorial, responsável por tato, dor, posição do corpo, temperatura e coceira, e localizado posterior ao sulco central, que envia sinais ao córtex motor para iniciar as atividades motoras. O córtex motor é repartido em três subáreas: o córtex motor primário — tem a função de controlar os músculos das mãos e os da fala —, a área pré-motora — chamada de “área de Broca” — e a área motora suplementar (SILVERTHORN, 2010; GUYTON; HALL, 2011).

Segundo Silverthorn (2010), no córtex cerebral, há duas regiões que integram a linguagem falada, sendo elas: a área de Broca, situada no lobo frontal próximo ao córtex motor; e a área de Wernicke, localizada no lobo temporal. Na área de Broca, de acordo com Guyton e Hall (2011), ocorre o planejamento motor para a produção da fala, ou seja, ela permite a formação das palavras e a excitação simultaneamente dos músculos laríngeos, respiratórios e bucais. Essa área está associada à área de Wernicke, centro de compreensão da linguagem. Atrás da área de Wernicke, há o giro angular, que concede significado às palavras percebidas visualmente.

Quanto à nomeação dos objetos, há uma área situada na parte mais lateral da região anterior do lobo occipital e da região posterior do lobo temporal. A nomeação abrange a compreensão visual, que acontece pelo aprendizado da natureza física do objeto, e a auditiva, que ocorre pela aquisição dos nomes por meio da percepção dos sons (GUYTON; HALL, 2011).

Com relação à comunicação, Guyton e Hall (2011) falam de dois aspectos: o aspecto aferente da linguagem — sensorial —, atrelado aos ouvidos e olhos, e o aspecto eferente da linguagem — motor —, relacionado à vocalização e ao controle. No aspecto eferente da linguagem, o processamento mental da fala depende de dois estágios: 1) a elaboração dos pensamentos e a seleção de palavras são feitas pelas áreas associativas sensoriais do cérebro, produzida pela área de Wernicke; e 2) o

controle motor da fala e a ação de pronunciar realizados pela área de Broca, dependem dos padrões motores sutis para o controle da laringe, lábios, boca, sistema respiratório e outros músculos acessórios da fala (GUYTON; HALL, 2011).

A articulação depende da boca, língua, laringe e cordas vocais, ativadas pelas regiões facial e laríngea do córtex motor, que, a partir de controle motor, gerido pelo cerebelo, pelos gânglios da base e pelo córtex sensorial, produzem variação de entonação e intensidade. A perda de estrutura anatômica ou funcional de algumas dessas regiões resulta no comprometimento da inteligibilidade da fala (GUYTON; HALL, 2011).

Nesta seção, foi tratada da fala do ponto de vista anatômico-cortical, mostrando duas áreas cerebrais responsáveis pela produção e compreensão, Broca e Wernicke, quais os nervos responsáveis pela parte sensitiva e motora da produção da fala e as estruturas anatômicas envolvidas na realização da fala. No tópico Produção da fala a nível articulatorio, iremos falar quais são os sistemas, órgãos, cavidades ressonantes, músculos e configurações das estruturas anatômicas quanto ao modo e lugar do ponto de vista fisiológico envolvidos no processo de produção da articulação da fala.

### **2.3 Produção da fala a nível articulatorio**

Os órgãos laringe, faringe, palatos mole e duro, língua, dentes, bochechas, lábios e fossas nasais, chamados também de sistema sensório-motor-oral, estão envolvidos na produção da fala, mas têm função primária nas atividades de sucção, deglutição, respiração e mastigação. Porém, para produzir os sons das línguas, é usado o aparelho fonador, que é constituído por três sistemas: respiratório, fonatório e articulatorio (TANIGUTE, 2005; SILVA, 2014).

O sistema respiratório é formado por duas vias: superiores e inferiores. Nas superiores, há a cavidade nasal (seios paranasais e vestíbulo do nariz) e a faringe (parte nasal, oral e laríngea), enquanto as inferiores são compostas por laringe, traqueia e pulmões (direito — três lobos, sendo eles: superior, médio e inferior — e esquerdo — dois lobos: superior e inferior) (PAULSEN; WASCHKE, 2012a).

A laringe possui três funções mais importantes — respiração, deglutição e

fonação. A abertura da laringe durante a respiração permite a entrada e a saída de ar. Na deglutição, a laringe eleva, anterioriza e é fechada, impedindo o escape de alimentos para a traqueia por meio do abaixamento da epiglote (BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2013).

A laringe é composta pelos músculos estriados chamados de pregas vocais, músculos laríngeos e as cartilagens — tireóidea, cricóidea, aritenóidea, epiglótica, tritícea, corniculada e cuneiformes —, que assumem diferentes posições nos distintos tipos de fonação. As pregas vocais na fonação vibram e realizam dois principais movimentos: abdução (abertura) e adução (fechamento) (PAULSEN; WASCHKE, 2012b; GUYTON; HALL, 2011; BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2013).

Quanto aos músculos laríngeos, são divididos em dois: intrínsecos e extrínsecos. Os músculos intrínsecos desempenham os seguintes movimentos na fonação: aduz, abaixa e espessa a prega vocal, desempenhado pelo tireoaritenóideo (TA); abduz, eleva, alonga e afila a prega vocal, realizado pelo cricoaritenóideo posterior (CAP); aduz, abaixa, alonga e afila a prega vocal, feito pelo cricoaritenóideo lateral (CAL); aduz a glote posterior, executado pelo aritenóideo (A); aduz, na posição paramediana, abaixa, alonga e afila a prega vocal, efetuado pelo cricótireóideo (CT) (BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2013).

Na parte superior da glote, há estruturas responsáveis pela articulação e pela ressonância. Na articulação, há três principais órgãos que se movimentam: lábios, língua e palato mole. Já a boca, o nariz, os seios paranasais, a faringe e a caixa torácica são ressonadores. Vale salientar que o sistema articulatório desempenha outras funções — morder, mastigar, sentir o sabor, cheirar, sugar e engolir (GUYTON; HALL, 2011; SILVA, 2014).

No sistema articulatório, de acordo com Tanigute (2005), Behlau, Azevedo e Madazio (2013), Silva (2014), dá-se o processo de produção da fala no português que ocorre da seguinte forma: na expiração, uma pressão negativa expelle o ar dos pulmões, que, ao passar pelas pregas vocais, geram o som, que é controlado, modelado e articulado pela laringe, faringe e cavidades oral e nasal.

A boca, no processo de realização da fala, tem a função de articular o som produzido pelas pregas vocais. Essa articulação depende da posição da mandíbula e

mobilidade da língua, dos lábios e das bochechas, presença e posição dos dentes, sendo esse espaço intraoral favorecedor da articulação fonêmica e ressonantal (TANIGUTE, 2005; BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2013; SILVA, 2014).

A articulação é relacionada ao desenvolvimento e à maturação do sistema miofuncional e das demais funções que fazem parte dele — respiração, sucção, deglutição e mastigação. Caso qualquer uma dessas partes seja afetada por intercorrências quanto à forma anatômica, será alterado o desempenho das demais, visto que estão interligadas (TANIGUTE, 2005).

Nesse processo de produção da fala, há articuladores ativos e passivos. Os ativos — lábio inferior, língua, véu palatino e pregas vocais — modificam a configuração do trato vocal quando se movimentam em direção aos passivos, que são: lábio superior, dentes superiores, alvéolos, palato duro, véu palatino (em segmentos velares) e úvula. Dentre os articuladores citados, a língua é responsável pela produção da maioria dos sons da fala, especificamente vogais e consoantes (SILVA, 2014; SILVA *et al.*, 2019).

Silva (2014) e Silva *et al.* (2019) explicam que as vogais se diferenciam entre si pela posição da língua (situada na parte anterior, central ou posterior), dos lábios (não-arredondado ou arredondado), abertura da boca (alta, média alta, média baixa e baixa) e se a produção é oral ou nasal, o que é apresentado no Quadro 2 adiante. Além disso, há outras categorias que favorecem essa distinção, como a duração (longa ou média ou breve), o desvozeamento e a tensão.

**Quadro 2 – Parâmetros articulatórios das vogais do português em posição tônica**

Símbolo fonético	Posição da língua	Posição dos lábios	Abertura da boca		Oral ou Nasal
[a]	Central	Não-arredonda da	Baixa		Oral
[ɛ]	Anterior	Não-arredonda da	Média-baixa		Oral
[ɔ]	Posterior	Arredondada	Média-baixa		Oral
[e]	Anterior	Não-arredonda da	Média-alta		Oral

[o]	Posterior	Arredondada	Média-alta		Oral
[i]	Anterior	Não-arredondada	Alta		Oral
[u]	Posterior	Arredondada	Alta		Oral
[ã]	Central	Não-arredondada	Baixa		Nasal
[ẽ]	Anterior	Não-arredondada	Média-alta		Nasal
[ĩ]	Anterior	Não-arredondada	Alta		Nasal
[õ]	Posterior	Arredondada	Média-alta		Nasal
[ũ]	Posterior	Arredondada	Alta		Nasal

Fonte: Silva (2014) e Silva *et al.* (2019).

Segundo Silva *et al.* (2019), no português brasileiro, as vogais e as consoantes se distinguem pelo tipo de aproximação dos articuladores. As consoantes possuem os seguintes parâmetros articulatórios: modo/maneira de articulação, ponto/lugar de articulação e vozeamento.

Com relação ao modo, Silva (2014) categorizou as consoantes do português brasileiro do ponto de vista fisiológico, mostrado no Quadro 3 abaixo:

**Quadro 3 – Parâmetros de modo articulatório das consoantes do português**

<b>Modo de articulação</b>	<b>Fisiologia da produção vocal</b>	<b>Símbolos fonéticos</b>
Oclusivas	Obstrução completa da passagem de ar e posterior soltura da cavidade oral durante a produção.	[p, b, t, d, k, g]
Nasal	Fechamento total da passagem de ar, mas ocorre o abaixamento do véu palatino e a soltura do ar através do nariz.	[m, n, ɲ]
Fricativa	Oclusão parcial da corrente de ar, causando fricção.	[f, v, s, z, ʃ, ʒ]
Africada	Cerramento completo da passagem de ar e posterior soltura da cavidade oral,	[tʃ, dʒ]

	seguida pela oclusão parcial da corrente de ar, causando fricção.	
Tepe	Articulador toca o passivo causando uma rápida obstrução da passagem de ar.	[r]
Vibrante	Articulador ativo toca algumas vezes o passivo causando vibração.	[r]
Retroflexa	Levantamento e encurvamento da ponta da língua em direção ao palato duro.	[ɻ]
Laterais	Bloqueio parcial da passagem de ar na cavidade oral pela língua, o que permite o escape do ar pelos lados da boca.	[l, ʎ]

Fonte: Silva (2014).

Quanto ao lugar de articulação, Silva (2014) e Silva *et al.* (2019) apresentaram as consoantes classificadas a partir dos movimentos dos articuladores ativos e passivos, mostrados no Quadro 4.

**Quadro 4 – Parâmetros de pontos articulatorios das consoantes do português**

Lugar de articulação	Movimentos dos articuladores ativos em direção aos passivos	Símbolos fonéticos
Bilabiais	Lábio inferior toca o lábio superior.	[p,b,m]
Labiodental	Lábio inferior encosta os dentes incisivos superiores.	[f,v]
Dental	Ápice da língua alcança os dentes incisivos superiores.	[d,t,s,z,n]
Alveolar	Lâmina da língua atinge os alvéolos.	[t,d,n,s,z]
Alveopalatal	Parte anterior da língua toca a parte medial do palato duro.	[ʃ, ʒ]
Palatal	Corpo da língua encosta a parte final do palato duro.	[ɲ, ʎ]
Velar	Corpo da língua alcança o véu palatino.	[k, g, x, ɣ]
Glotal	Pregas vocais movem-se.	[h, ɦ]



Fonte: Silva (2014) e Silva *et al.* (2019).

No que diz respeito ao vozeamento, Silva (2014) e Silva *et al.* (2019) mostraram que é ocasionado pela atuação das pregas vocais, que, na produção de determinados segmentos, vibram (som vozeado) e em outros não há vibração (desvozeado).

Nessa seção, abordou-se sobre a produção da fala a nível articulatorio, mostrando as estruturas anatômicas responsáveis pelo processo de articulação, os segmentos e como eles são produzidos.

No tópico Produção da fala a nível acústico, iremos tratar da teoria fonte-filtro, como se dá o processo de fonação, quais estruturas estão relacionadas na fonação, as diferenças do trato vocal e os parâmetros acústicos considerados na análise do sinal da fala.

## **2.4 Produção da fala a nível acústico**

Sobre a produção da fala a nível acústico, Fant (1960) apresenta a teoria filtro-fonte, baseada no modelo físico-matemático, que auxilia no entendimento da relação articulatória-acústica ao mostrar que o som é produzido por uma fonte sonora e alterado por um filtro no trato vocal e outros sistemas.

Quanto aos componentes físicos da produção dos sons da fala, a vibração das pregas vocais, sendo elas a fonte sonora, gera o som que se propaga pelo meio de transmissão que é o ar, ressoando pelo trato vocal (FANT, 1960; MARUSSO, 2005; SILVA *et al.*, 2019).

Sobre a fonte sonora no trato vocal, Van Den Berg (1958) reporta que a fonação é decorrente dos movimentos rápidos e sucessivos de abertura e fechamento das pregas vocais. Assim, produz-se frequência, que pode ser grave ou aguda a depender das características anatômicas do trato vocal, realizada pelos músculos tensores da laringe e a intensidade pelos músculos adutores conjuntamente com as variações de fluxo aéreo.

Na fonação, há acréscimo da velocidade das partículas de ar ao passar pela laringe, que diminui a pressão subglótica e aproxima as pregas vocais entre si,

promovendo a oscilação relaxada e o novo fechamento glótico (efeito Bernoulli) e o recomeço de mais um ciclo vibratório que se repete em muitas taxas de ciclos por segundo, notado em Hertz. Assim, a fonação é o resultado consequente da elasticidade dos músculos e da pressão do ar (VAN DEN BERG, 1958).

Na fala, há som em muitas frequências. Na produção dos sons da fala pelo trato vocal, há um filtro ou ressonador que suprime a transferência de som em algumas frequências, possibilitando maior energia em outras. Na fala, os filtros ou ressonadores são as cavidades oral, nasal e faríngea, que, pelo tamanho e pela forma, delimitam como o som será filtrado. Na fala, os ressonadores reforçados por um filtro são designados de formantes (FANT, 1960; MARUSSO, 2005; SILVA *et al.*, 2019).

Quanto ao tamanho e à forma do trato vocal, Behlau, Azevedo e Pontes (2013) explicam que, do ponto de vista anatômico, o trato vocal na fase adulta tem o formato mais longo e em trapézio. O trato vocal possui o orifício aéreo retificado e é mais longo e amplo.

A laringe, local onde o trato vocal se localiza, tem estrutura de cartilagem calcificada e ossificada, separada por membranas e ligamentos, possui luz em formato de círculo, que se posiciona mais baixa no pescoço, estando a cartilagem cricóidea situada na vértebra cervical C7, que contém pregas vocais longas e afiladas (; BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2013).

A laringe de homens e de mulheres possui diferenças, sendo elas: o ângulo da cartilagem tireóidea masculina é de 90 graus, já a feminina é de 110 graus; porção membranosa da prega vocal de homens é de 11,5 mm a 16 mm, a de mulheres é de 8 a 11,5 mm; cartilagem cricóidea nos meninos tem formato oval e nas meninas é circular. Essas diferenças anatômicas irão distinguir a voz de homens e mulheres, o que explica a frequência fundamental média de adultos brasileiros ser de 113 Hz e das brasileiras adultas ser de 231 Hz (BEHLAU; AZEVEDO; PONTES, 2013).

Segundo Silva *et al.* (2019), a frequência fundamental é um dos parâmetros acústicos considerados na análise do sinal da fala, que varia entre os indivíduos a depender das características anatômicas, estando relacionada ao número de ciclos vibratórios das pregas vocais em relação ao tempo, ou seja, ciclo glotal por milissegundos. A frequência diz respeito à altura (ou *pitch*) de um som, podendo ser

grave ou agudo.

Além da frequência, outro parâmetro físico é a amplitude, que se refere à intensidade, notada em decibel (dB), comumente conhecida como volume e ligada à percepção auditiva, sendo ela uma variação de energia em relação ao tempo e à área (SILVA *et al.*, 2019).

Mais um parâmetro, referido por Silva *et al.* (2019), é a fase, que considera que em qualquer intervalo de tempo a onda irá se encontrar no mesmo ponto de um ciclo de 360 graus. Quando há variação nos pontos de um ciclo, a onda está fora de fase (defasada), permitindo à fase distinguir ondas simples (descritas como uma onda senoidal com frequência e amplitude, caracterizada por ter a mesma fase) da onda complexa (definida por ter amplitudes, frequências e fases distintas). Além disso, as ondas simples podem se combinar para conceber as ondas complexas. As variadas frequências das ondas simples são denominadas de harmônicos (SILVA *et al.*, 2019).

No que diz respeito à onda do sinal de fala, é caracterizada como complexa e pode ser classificada em: periódica, definida pela presença de ciclos que se repetem; e aperiódica, pela ausência da repetição de ciclos em intervalos regulares. As ondas que apresentam variação na duração de cada período são chamadas de quase-periódicas, caracterizando a maior parte das ondas sonoras da fala (SILVA *et al.*, 2019).

A depender da duração, Silva *et al.* (2019) comentam que as ondas aperiódicas podem ser conceituadas de transientes (curto intervalo de tempo, por exemplo: som das consoantes oclusivas não vozeadas) ou contínuas (estende por um momento, como o som das consoantes fricativas não vozeadas).

Já com relação às características acústicas, os sons da fala, constituídos de segmentos consonantais e vocálicos, possuem as seguintes propriedades físicas: frequência fundamental, amplitude, duração e conteúdo espectral da onda sonora. Os sons vocálicos podem ser caracterizados pelos 3 primeiros formantes: F1, F2 e F3. F1 corresponde à altura da língua, F2 tem vinculação com a anterioridade e posterioridade da língua e F3 se relaciona com o arredondamento dos lábios (SILVA *et al.*, 2019).

Segundo Silva *et al.* (2019), os sons consonantais plosivos caracterizam-se pela ausência de energia, barra de vozeamento ou barra de sonoridade, ruído transiente ou soltura da oclusão (*burst*), VOT (*voice onset time*), F2 de transição ou *locus* acústico

consonantal e configuração da soltura da oclusão.

Os sons fricativos têm ruído, barra de vozeamento ou barra de sonoridade, amplitude, pico espectral, F2 de transição ou *locus* acústico consonantal e duração. Os nasais apresentam murmúrio nasal, formantes nasais, amplitude e antiformantes. Já as africadas dispõem da ausência de energia, ruído transiente ou soltura da oclusão (*burst*), ruído, barra de vozeamento ou barra de sonoridade e duração (SILVA *et al.*, 2019).

De acordo com Silva *et al.* (2019), as consoantes laterais apresentam trajetória contínua de F1, F2 e F3, frequência dos formantes, duração, zeros no espectro, amplitude e energia espectral. A lateral palatal tem trajetória contínua de F1, F2 e F3, duração e frequência dos formantes (SILVA *et al.*, 2019).

Silva *et al.* (2019) mostram que a aproximante retroflexa possui trajetória contínua de F1, F2 e F3, trajetória ascendente de F2, trajetória descendente de F3, F3 acima de 2000 Hz. A vibrante possui ausência de energia ou fechamento oral e elementos vocálicos ou aberturas orais. O tepe detém ausência de energia, ruído transiente ou soltura da oclusão (*burst*) e vogal de apoio ou elemento vocálico (SILVA *et al.*, 2019).

Nessa seção, falou-se sobre a produção da fala a nível acústico, mostrando a teoria fonte-filtro, como se dá a produção do som no trato vocal, quais as características anatômicas do trato vocal, as diferenças do trato vocal de homens e mulheres e quais os parâmetros acústicos dos segmentos consonantais e vocálicos.

Na próxima seção, iremos tratar da linguística experimental que lida com a produção e a compreensão da linguagem, oral ou escrita, no processamento linguístico de palavras e de pseupalavras, sendo a último foco de interesse deste trabalho.

### 3 PROCESSAMENTO LINGÜÍSTICO DE PALAVRAS E PSEUDOPALAVRAS

Apesar da psicologia e da linguística serem mais uma vez parceiras iguais no empreendimento psicolinguístico, segundo Kess (1992), elas nem sempre subscreveram a mesma filosofia da ciência. Uma das questões atuais é se o sistema de processamento de linguagem é modular, baseado na teoria de Chomsky, ou interativo, e muitas pesquisas recentes investigam o grau de modularidade ou interação no sistema. Tal discussão contribui para uma ciência exata e realista da mente humana, uma ciência cognitiva, denominada psicolinguística (KESS, 1992).

Quanto à psicolinguística experimental, Leitão (2010) expõe que há três vertentes de interesse dessa área, sendo elas: aquisição da linguagem, com cunho desenvolvimentista; produção e compreensão da fala, sendo o foco de análise da área experimental. Segundo Leitão (2010), a psicolinguística experimental visa a entender a produção e a compreensão da linguagem oral ou escrita que requerem habilidades cognitivas para o processamento linguístico.

Para elucidar esse processamento (produção e compreensão), Leitão (2010) explica que a psicolinguística experimental lança mão de hipóteses e de procedimentos metodológicos para explicar como ocorre tal fenômeno na mente humana. As pesquisas nessa área mostraram que a produção e a compreensão são processos distintos, tendo a compreensão a função de retroalimentar a produção, mas a compreensão não se serve dessa função, o que implica dizer que ocorre o entendimento sem reprodução do que é assimilado (LEITÃO, 2010).

Quanto aos níveis gramaticais, segundo Leitão (2010), a psicolinguística experimental possui quatro campos de investigação. O primeiro campo é sobre a percepção da fala, cujo foco de análise é o sinal acústico. Segundo, as pesquisas sobre reconhecimento de palavras ou acesso lexical, que investigam os constituintes das palavras ao serem lidas ou ouvidas. Terceiro, os estudos sobre processamento de frases, tendo objetivo de analisar a organização da estrutura sintática. Por fim, aqueles sobre interpretação semântica.

O segundo campo da psicolinguística experimental traz a definição de

processamento de palavras, de acordo com Garcia (2015), como processos mentais relacionados à representação e ao reconhecimento de palavras lidas ou ouvidas, chamadas de listema, sendo entendida como menor unidade para o processamento linguístico, buscando compreender como são armazenadas, percebidas e produzidas na mente humana.

Com relação ao processamento das unidades de significação, Scliar-Cabral (1991) diz que a identificação dessas unidades se dá apenas nos processos receptivos de compreensão oral e escrita, sendo o sistema receptor responsável pela computação das palavras presentes na mensagem e pela determinação da estrutura da significação. Já na produção ocorre a escolha dos itens a serem combinados para serem alocados nos núcleos sintagmáticos, havendo um planejamento do que se quer emitir (SCLiar-CABRAL, 1991).

O reconhecimento das unidades lexicais, de acordo com Scliar-Cabral (1991), ocorre a partir dos sistemas perceptual e contextual. Para aferir esse reconhecimento, são usados dois paradigmas: a decisão lexical — julgamento se é ou não uma palavra — e a prolação — mensuração do tempo em que se inicia a leitura em voz alta, cujos objetivos são separar o reconhecimento da busca da significação (SCLiar-CABRAL, 1991).

Distinguindo do reconhecimento, Scliar-Cabral (1991) declara que o acesso lexical permite recuperar, a partir da informação perceptual e contextual, que possibilita reconhecer na identificação dos padrões visuais ou acústicos, a unidade lexical do léxico. O léxico é organizado como uma rede conectada e é acessado a partir da frequência — exposição de mais palavras dentro do mesmo contexto, da semelhança fonológica e da semântica, sendo, portanto, o léxico rico e flexível, influenciado pela idade, pelo grau de escolaridade, pela proficiência e experiência de leitura e pela profissão (SCLiar-CABRAL, 1991; SOUSA; GABRIEL, 2012).

As pesquisas que se interessam pelo processamento lexical, conforme Mota e Resende (2013), adotam em seu método o emprego de pseudopalavras. Estas são entendidas como palavras sem carga semântica, mas que devem seguir as regras e os princípios da língua (SANTOS; BUENO, 2003; BONINI, 2016).

Os estudos usam as pseudopalavras para averiguar o processamento fonológico

(GIERUT, 1989, 1992), semântico (MESTRE, 2013; ESTIVALET, 2020), sintático (GUARALD; BAGETTI, 2021), habilidades de compreensão leitora e produção escrita (PAOLUCCI; ÁVILA, 2009; CUNHA; CAPELLINI, 2010; RIBEIRO, 2011; RODRIGUES; SALLES, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2015; PINHEIRO; VILHENA, 2022). A ausência de carga semântica das pseudopalavras permite analisar a automaticidade na operação de regras de natureza computacional (MOTA; RESENDE, 2013).

A produção de pseudopalavras depende do planejamento e da programação, havendo a necessidade de apreender os sons que formam a palavra, realizar a segmentação da forma fonológica, a codificação e a retenção da representação fonológica (SANTOS; BUENO, 2003). O processamento das pseudopalavras requer maior tempo, gerando efeito de lexicalidade — diferença do tempo de leitura entre palavra e pseudopalavra, sendo as palavras rapidamente processadas devido à frequência e à semelhança de som e significado (PINHEIRO; VILHENA, 2022).

A maior demanda cognitiva do processamento das pseudopalavras ocorre pela necessidade de se usar o processamento fonológico para identificar e reconhecer os segmentos e a estrutura silábica que constituem a pseudopalavra. Para isso, são requeridas três habilidades: consciência fonológica — capacidade de perceber e manipular os segmentos —, acesso lexical e memória de trabalho de curto prazo — sistema que armazena e manipula informações por curtos períodos de tempo (WAGNER; TORGESEN, 1987). Além disso, as pseudopalavras, segundo Bonini (2016), incitam também a percepção auditiva e o controle motor.

Os testes realizados na psicolinguística avaliam as habilidades de leitura e de escrita por meio das pseudopalavras, considerando quatro características psicolinguísticas: lexicalidade, frequência de ocorrência, extensão e regularidade (PINHEIRO, VILHENA, 2022, p. 152). Entretanto, a terapia fonoaudiológica com base fonológica baseia-se na percepção — consciência das características perceptuais dos segmentos — e na produção — realização correta dos segmentos (BONINI, 2016, p. 35).

Este trabalho adotou as pseudopalavras elaboradas por Bonini (2016) por respeitar os princípios e as regras da língua do português brasileiro, baseando-se na teoria do Modelo Não-Linear da Fonologia Autossegmental (GOLDSMITH, 1976), do

Modelo da Geometria de Traços (CLEMENTS; HUME, 1995) e do Modelo Implicacional da Complexidade de Traços – MICT (MOTA, 1996). Esses três modelos lidam com a organização e a hierarquia dos traços distintivos para elaborá-las, considerando a estrutura silábica, a tonicidade, o número de sílabas, o contexto precedente e seguinte, sendo essas pseudopalavras mencionadas na metodologia.



## **4 SINAL, BIOSSINAIS E CARACTERIZAÇÃO DOS BIOSSINAIS PELO EMG E PELO EEG**

### **4.1 Sinal e bioassinais**

Um conjunto de dados ou informações que são mensurados em função do tempo ou do espaço, de acordo com Lathi (2008), é chamado de sinal. O processamento do sinal dá-se por meio de sistemas, cuja entidade é capaz de processar um ou mais sinais (entrada do sistema) e produzir um ou mais sinais (saída do sistema) (LATHI, 2008).

Os sistemas que processam sinais são encontrados na eletroencefalografia (EEG), que captam o sinal analógico do corpo humano e o transformam em sinal digital (KIM; PARK, 2020). A mensuração desses sinais no escalpo e na pele é chamada de bioassinal (MILOU *et al.*, 2021). O bioassinal, segundo Belo *et al.* (2017), é a forma de representação gráfica, visualizada e percebida pelo olho humano em termos de periodicidade, amplitude, estrutura, rupturas e clareza na forma do sinal.

O processamento de bioassinais tem sido aplicado em pesquisas de engenharia biomédica para imitar os processos químicos e físicos que podem ser medidos com sensores e caracterizados por quantificação. Cada tipo de bioassinal possui uma morfologia característica dependendo da superfície ou órgão medido (BELO *et al.*, 2017). A seguir, serão mostrados como são caracterizados os sinais fisiológicos mensurados por meio da técnica: EEG.

### **4.2 Eletroencefalografia (EEG): conceito, objetivo e características dos bioassinais do EEG**

#### **4.2.1 O que é e qual o objetivo do EEG?**

A eletroencefalografia é uma técnica para registrar a atividade elétrica cerebral do couro cabeludo humano para fins de pesquisa (patologias cerebrais e dispositivos

de interface cérebro-máquina) e diagnóstico na área da neurologia e da psiquiatria. O EEG pode revelar o comprometimento do funcionamento do cérebro de natureza funcional e orgânica. A amostra do registro do couro cabeludo é chamada de eletroencefalograma (IVANITSKY *et al.*, 2009).

#### 4.2.2 Características dos biossinais do EEG

O registro da atividade elétrica proveniente do cérebro é realizado pela técnica de eletroencefalografia (EEG). Essa eletricidade cerebral captada pelo EEG advém dos neurônios piramidais do córtex cerebral localizados perpendicularmente à superfície do cérebro. A atividade elétrica neural registrada pelo EEG é a soma dos potenciais excitatórios e inibitórios pós-sinápticos gerados predominantemente nos dendritos das células piramidais (BRITTON *et al.*, 2016).

A atividade elétrica neural passa por vários filtros biológicos como a dura-máter, o crânio e os tecidos moles, que atuam como um filtro passa-baixa espacial, diminuindo a amplitude do sinal e espalhando os potenciais elétricos sobre áreas cerebrais bastante grandes. Assim, o sinal registrado pelo EEG no couro cabeludo pode ser atribuído à atividade de estruturas neuroanatômicas subjacentes em cerca de 1 cm (IVANITSKY *et al.*, 2009; BRITTON *et al.*, 2016).

A atividade elétrica no cérebro, Segundo Webster (2009) e Guyton e Hall (2011), é contínua e pode ser mostrada por meio dos registros elétricos captados na superfície externa da cabeça que apresentam variação de intensidade e de padrão dessa atividade elétrica a depender dos níveis de excitação das diversas áreas do sistema nervoso central. A atividade elétrica neural decorrente dos potenciais elétricos excitatórios e inibitórios pós-sinápticos registrados apresentam ondulações que são denominadas de ondas cerebrais, variando em intensidade (0 a 200 microvolts) e frequência ( $\leq$  ou  $\geq$  50 segundos) na superfície do couro cabelo (WEBSTER, 2009; GUYTON; HALL, 2011).

As ondas cerebrais registradas pelo EEG não apresentam um padrão específico na maioria das vezes, exceto em anormalidades neurológicas como epilepsia. Os registros das ondas cerebrais feitas pelo EEG em pessoas saudáveis são classificados

em: *alfa*, *beta*, *teta* e *delta* (WEBSTER, 2009; GUYTON; HALL, 2011).

Os achados da onda *alfa*, de acordo com Webster (2009) e Guyton e Hall (2011), dão-se em adultos normais acordados em estado de calma ou repouso, mas em estado de sono profundo desaparecem. Esse tipo de onda é rítmica com frequências entre oito e 13 ciclos por segundo e voltagem de 50 microvolts. As ondas *alfa* são captadas com intensidade maior na região occipital, mas podem ser encontradas nas regiões frontal e parietal.

Com relação à onda *beta*, ela é captada quando é exigido de um adulto alguma atividade mental específica. A onda *beta*, que é assíncrona, é captada nas regiões frontal e parietal, com frequência que varia acima de 14 até 80 ciclos por segundo (WEBSTER, 2009; GUYTON; HALL, 2011).

Quanto à onda *teta*, Webster (2009) e Guyton e Hall (2011) explicam que a frequência desse tipo de onda varia entre quatro e sete ciclos por segundo, sendo captada na região parietal e temporal em crianças e em situação de estresse emocional como frustração e decepção em alguns adultos.

No que diz respeito às ondas *delta*, elas são registradas pelo EEG durante o sono, na infância ou em alguma patologia neurológica grave. Suas frequências são menores do que 3,5 Hz e as voltagens são de duas a quatro vezes maiores do que a maioria dos outros tipos de ondas cerebrais (WEBSTER, 2009; GUYTON; HALL, 2011).

O registro das ondas cerebrais é feito pelo sistema de aquisição de sinais do EEG, que possui: eletrodos, amplificador, conversor analógico-digital e um computador, que armazena, exibe, analisa e os dados obtidos (IVANITSKY *et al.*, 2009).

Esse processo de captação, segundo Ivanitsky *et al.* (2009), normalmente segue as seguintes etapas: a) um sujeito senta-se confortavelmente em uma sala à prova de som, luz e campos eletromagnéticos; b) os eletrodos são colocados de acordo com um determinado esquema; c) os eletrodos de referência são escolhidos; d) os parâmetros do sistema de aquisição de EEG são definidos; e) para estabelecer a amplitude exata do sinal de EEG e avaliar o ruído do amplificador, o sistema de aquisição é calibrado; f) artefatos não biológicos (por exemplo, devido à má colocação de eletrodos ou fontes eletromagnéticas externas) são detectados e removidos na medida do possível; e g) o

sinal captado pelo EEG é registrado.

Quanto à colocação de eletrodos do EEG, tradicionalmente é seguido o sistema internacional 10-20. Esse modelo toma por base os pontos anatômicos específicos (pontos pré-auriculares, glabella e protuberância occipital), tomados como referência para determinar a colocação de cada eletrodo (IVANITSKY et al., 2009; MONTENEGRO et al., 2018).

De acordo com Montenegro et al. (2018), os eletrodos são colocados com uma distância de 10% ou 20% da distância total entre dois pontos de referência, permitindo que o intervalo entre cada eletrodo seja simétrico em qualquer tamanho de cabeça. Essa colocação dos eletrodos, que são meio metálico, no escalpo possibilita que o fluxo de íons, decorrente de impulsos eletroquímicos dos neurônios, seja transformado em fluxo de elétrons, resultando numa corrente elétrica transmitida para os amplificadores do EEG (GUERREIRO et al., 2018).

Com intuito de cobrir todas as áreas do escalpo (frontopolar, frontal, parietal, temporal, central e occipital), são colocados 21 eletrodos, podendo haver acréscimos de eletrodos caso exista necessidade, sendo preciso intercalar os novos eletrodos entre os pontos usados na rotina (MONTENEGRO et al., 2018).

Quanto à nomenclatura de cada eletrodo, Montenegro et al. (2018) expõe que há um padrão de localização dos eletrodos: os números ímpares ficam situados à esquerda, os pares ficam à direita e os localizados na linha média são chamados de “z”. Além disso, para cada área anatômica subjacente, há um eletrodo que recebe uma letra correspondente a essa área, a saber: eletrodo F3 (frontal esquerdo).

Montenegro et al. (2018) destaca que um único aparelho de EEG pode ter várias derivações, que são a combinação de um par de eletrodos ligados a um único canal do amplificador. O registro de cada derivação é representado como uma “linha” do traçado, significando a diferença de potencial entre os dois eletrodos de cada canal.

É recomendado pela *American Clinical Neurophysiology Society*, segundo Montenegro et al. (2018), que cada combinação tenha um número estabelecido de derivações, seguindo um padrão fácil de interpretar. Essa combinação, ou melhor, montagem permite comparar áreas homólogas de cada hemisfério. Para realizar essa comparação, podem ser usadas montagens referenciais (cada eletrodo é comparado

com um valor comum ou referência) ou bipolares (é registrada a diferença de potencial entre dois eletrodos diferentes conectados a cada entrada do amplificador, dispostos de maneira sequencial, podendo ser de forma longitudinal ou transversa) (MONTENEGRO *et al.*, 2018).

Quanto à polaridade de uma onda registrada pelo EEG, Kane *et al.* (2017) expõem que a diferença de potencial das duas entradas do amplificador é o que vai determinar a polaridade, tendo sido convencionado que, quando a primeira entrada do amplificador é mais negativa que a segunda entrada, há uma deflexão da pena para cima. Ao ocorrer da primeira entrada do amplificador ser mais positiva que a segunda, acontece uma deflexão para baixo.

## 5 METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, serão convidados 10 participantes, com idade entre 20 e 35 anos, ambos os sexos, a partir da assinatura de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Apesar de ser uma amostra por conveniência, o número de voluntários está dentro da média do número de participantes de pesquisas ( $n = 16,1$ ) relacionadas ao tema “fala interna” (SILVA; CARVALHO; OLIVEIRA JR., 2022). Este projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alagoas sob o CAAE de número 59317822.2.0000.5013 e está registrada no site <https://osf.io/bfdju/>.

Serão incluídos adultos voluntários que sejam falantes nativos do português brasileiro, destros e que sejam estudantes do curso de Letras-Português da Faculdade de Letras da Universidade Federal de Alagoas. O recrutamento será realizado por meio de convite feito pela pesquisadora responsável, Kyvia Fernanda Tenório da Silva, que irá às salas de aula do curso de Letras-Português divulgar a pesquisa e convidar os estudantes a participar da coleta, realizada no contraturno dos horários de aulas dos participantes voluntários.

Serão excluídos participantes que apresentarem sinais/sintomas evidentes ou autodeclarados de distúrbios da comunicação, alterações neurológicas e/ou cognitivas que possam interferir nos resultados. Os participantes serão convidados a comparecer ao Laboratório de Pesquisa da Linguagem, do Cérebro e do Comportamento Humano – Lapelc<sup>2</sup> (Faculdade de Letras, Universidade Federal de Alagoas) a fim de que sejam coletados os dados.

Os responsáveis por esta pesquisa se comprometem em seguir os dispositivos das Resoluções 466/12 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde, assegurando que os resultados do presente estudo serão tornados públicos, sejam eles favoráveis ou não, bem como os dados coletados servirão para o desenvolvimento do projeto. O trabalho será feito da seguinte maneira: levantamento bibliográfico, coleta de dados, análise dos dados, descrição dos resultados, discussão dos dados e conclusão. A coleta deste estudo começará em \_\_\_\_\_ de 2023 com término estabelecido em \_\_\_\_\_

de 2023 e se dará da seguinte maneira: I – entrevista inicial dos participantes voluntários por meio de um questionário; II– avaliação da eletroencefalografia para normalização do sinal que possibilitem a aquisição dos sinais digitais; e III – realização do experimento com a tarefa de produção da fala interna, que será feita pela pesquisadora responsável, Kyvia Fernanda Tenório da Silva, no Laboratório de Pesquisa da Linguagem, do Cérebro e do Comportamento Humano – Lapelo<sup>2</sup> (Faculdade de Letras, Universidade Federal de Alagoas).

Quanto à entrevista, será disponibilizado o TCLE com as informações do estudo. Junto, o participante receberá o questionário (ANEXO A), que conterá perguntas referentes à nacionalidade, à língua materna, à idade, à data de nascimento, ao gênero, à escolaridade, à integridade auditiva e neurológica, à formação acadêmica, ao estado e à cidade.

Esta pesquisa visa identificar a correlação entre os bioassinais no processamento mental e no sistema motor durante a produção da fala interna, que é entendida como produção mental sem realização de articulação e fonação.

Esses bioassinais irão mostrar como se dá a realização da fala interna (produção da fala inaudível e sem movimento articulatório) no processamento mental por meio do EEG.

A hipótese é de que há relação entre os bioassinais do escalpo e da face do EEG na produção de pseudopalavras e sílabas na fala interna.

Os achados da pesquisa serão divulgados meio da divulgação em artigos e eventos, além de poder contribuir com pesquisas futuras quanto ao desenvolvimento de *softwares* voltados para inteligência artificial e tecnologia assistiva, que possibilitam meios que garantem à acessibilidade de pessoas com deficiência relacionadas às patologias ligadas à fala ou voz para facilitar a comunicação (VERUSSA, 2009).

## **5.1 Avaliação e normalização do sinal da eletroencefalografia**

Para normalização do sinal, Balata, Silva, Pernambuco e Moraes (2013) orientam que o participante seja instruído a permanecer sentado relaxadamente encostado na cadeira sem apoio para a cabeça, pés paralelo ao solo, com os braços

apoiados sobre as pernas e com olhos abertos direcionados para frente. Para evitar feedback visual, o participante deve permanecer sentado de costas para o computador que captura e analisa os sinais analógicos da face.

Para colocação dos eletrodos da touca do EEG, os participantes foram orientados a comparecer ao laboratório com os cabelos limpos, a pele do rosto sem oleosidade, maquiagem, protetor solar e seca. Os locais para fixação dos eletrodos no escalpo foram limpos com álcool etílico 70% e para fixação dos mesmos foi utilizada a pasta condutora carbofix (OYEDEJI, 2021).

Para aquisição dos sinais digitais do EEG, será utilizado o sistema Geodesic EEG 400 (Electrical Geodesics, Inc) com um HydroCel Sensor Net de 256 canais, uma série Net Amps 400 de amplificadores de EEG e um conjunto completo de *software* Net Station para aquisição e análise de EEG. Será verificado o bom contato dos sensores com o couro cabeludo, sem ruído elétrico e com impedâncias abaixo de 5 k $\Omega$ .

Para aquisição dos sinais analógicos capturados pelos eletrodos do EEG, foi utilizado o sistema Geodesic EEG 400 (Electrical Geodesics, Inc), com um HydroCel Sensor Net de 256 canais, sendo usados apenas 29 eletrodos nesta pesquisa dos quais 21 são no escalpo e oito na face, uma série Net Amps 400 de amplificadores de EEG e um conjunto completo de *software* Net Station para aquisição e análise de EEG. Foi verificado o bom contato dos sensores com o couro cabeludo, sem ruído elétrico e com impedâncias abaixo de 5 k $\Omega$ .

Os sinais de EEG foram captados pelos eletrodos posicionados no escalpo de acordo com o Sistema Internacional 10-20: (Fp1 e Fp2, eletrodos pré-frontais; Fz, F3, F4, F7 e F8, frontal; T3, T4, T5 e T6, temporais; Cz, C3 e C4, centrais; Pz, P3 e P4, parietais; O1 e O2, occipital; e o A1 e A2, lóbulos das orelhas), sendo selecionadas as áreas temporais e frontal para averiguar as ondas alfa e beta na fala interna (PAWAR;DHAGE, 2020). Foi realizada a calibração em cada participante para eliminar os artefatos, sendo estes: piscar olhos e modificações de energia. Os dados de EEG foram registrados com um filtro passa-altas em 0,1 Hz e taxa de amostragem definida em 1000 Hz. A referência de gravação online para todos os sensores nos dados de EEG será Cz (OYEDEJI, 2021).

Quanto aos eletrodos posicionados na face, segundo Regis, Nascimento e Silva



(2013), foi ser feita limpeza ao redor dos lábios inferior e superior, ao longo dos arcos zigomáticos direito e esquerdo, na região submandibular com gaze embebida de álcool etílico 70%.

Quanto à captura a montagem do experimento para aquisição dos sinais eletrofisiológicos capturados pelos eletrodos fixados no escalpo e na face e o estímulo de áudio, foi usado o E-Prime 2 em três condições: áudio, atividade verbal e atividade não-verbal.

Os participantes escutaram as orientações da pesquisadora, explicando o teste antes de iniciar a captação dos sinais e ouviram as pseudopalavras sem fazer movimento articulatório ou fonação. A coleta dos dados ocorreu em duas etapas: na primeira, os participantes repetiram em alta voz as pseudopalavras em nove segundos com repouso de dez segundos entre cada repetição. Esse procedimento foi repetido duas vezes para averiguar a fidedignidade do sinal capturado. Na segunda etapa, os participantes somente pensaram em realizar o movimento correspondente às pseudopalavras, com duas repetições sequenciais para cada palavra e igualmente com um intervalo de dez segundos entre cada repetição. Este ciclo é repetido duas vezes.

Quanto à produção das sílabas audível e interna, os participantes ouviram as sílabas que iriam repetir sem fazer qualquer movimento articulatório ou fonação. Em seguida, os participantes repetiram separadamente cada sílaba com tempo de dois segundos e intervalo de dez segundos entre cada sílaba produzida. Este ciclo foi repetido duas vezes para cada palavra para mensurar o tempo de resposta do sinal analógico captado pelos eletrodos fixados no escalpo e na face.

Nas duas etapas, os dados coletados foram armazenados no computador. O tempo para cada etapa foi de 50 minutos para cada voluntário, acrescidos de mais 20 minutos para preparação da realização da coleta, resultando uma hora e dez minutos de duração para cada voluntário.

### **5.3 Estímulos do experimento**

Quanto aos estímulos usados no experimento no que diz respeito à atividade da fala interna, será solicitado ao participante que apenas pense nas sílabas (/pa/, /ba/,

/ma/, /pi/, /bi/, /mi/, /pu/, /bu/ e /mu/ (REGIS; NASCIMENTO; SILVA, 2013; OROZCO-ARROYAVE *et al.*, 2014; OLIVEIRA JR.; CARVALHO, 2021) nas pseudopalavras ([<sup>h</sup>bu.pi], [<sup>h</sup>pe.mi], [<sup>h</sup>mɛ.pa], [<sup>h</sup>pɛ.fa], [<sup>h</sup>me.pe], [<sup>h</sup>bɛ.vu], [<sup>h</sup>ve.bu], [<sup>h</sup>fɛ.ba], [<sup>h</sup>fa.pi]) (BONINI, 2016)), sem movimentar os articuladores ou produzir qualquer som (SCHULTZ *et al.*, 2017). Essas pseudopalavras foram escolhidas por terem fonemas bilabiais /p,b,m/ e labiodentais /f,v/ o que facilita na fixação dos eletrodos na captação dos bio-sinais.

No que diz respeito às sílabas, a revisão de escopo mostra que sete estudos empregam as sílabas como estímulos nas pesquisas experimentais que envolvem a fala interna (SILVA; CARVALHO; OLIVEIRA JR., 2022). Regis, Nascimento e Silva (2013) apresentam seis sílabas (/pa/, /ba/, /ma/, /as/, /za/ e /ja/) no protocolo de avaliação eletromiográfica da fala, sendo selecionadas para este projeto apenas três (/pa/, /ba/, /ma/) por o lugar de articulação dos fonemas constituintes destas sílabas ser bilabial (lábio inferior toca o lábio superior), envolvendo a musculatura periorbicular. Partindo da relação acústica-articulatória, adota-se que os segmentos bilabiais das sílabas elegidas (/pa/, /ba/, /ma/) sejam analisados com outras duas vogais /i/ e /u/ por fazerem parte do triângulo acústico vocálico (OROZCO-ARROYAVE *et al.*, 2014; OLIVEIRA JR.; CARVALHO, 2021), constituindo, portanto, parte do *corpus* de estímulos deste projeto (/pa/, /ba/, /ma/, /pi/, /bi/, /mi/, /pu/, /bu/ e /mu/).

Quanto às pseudopalavras selecionadas, Bonini (2016) adotou como base teórica o Modelo da Geometria de Traços (CLEMENTS; HUME, 1995) e Modelo Implicacional da Complexidade de Traços – MICT (MOTA, 1996) para elaborá-las, considerando a estrutura silábica, a tonicidade, o número de sílabas, o contexto precedente e seguinte, respeitando o sistema linguístico do português brasileiro. Além disso, Bonini (2016) mostra que essas pseudopalavras criadas passaram por avaliações de juízes que as classificaram como boas no nível favorecedor da realização do fonema, sendo fator inovador para terapia fonoaudiológica.

Para produzir pseudopalavras, além do planejamento e da programação, é necessário perceber os sons que as constituem, realizar a segmentação da forma fonológica, a codificação e a retenção da representação fonológica (SANTOS; BUENO, 2003). As pseudopalavras, além de serem usadas na terapia (GIERUT, 1989), também

são empregadas em pesquisas experimentais (NALBORCZYK *et al.*, 2020) e teste para avaliação de habilidades de leitura, escrita, fala e memória (RIBEIRO, 2011).

Quanto à análise dos dados, a estatística descritiva, com a apresentação das médias e desvio padrão, e analítica foram utilizadas para o tratamento dos dados, com o software R (R Core Team, 2018), a variável resposta é as emissões das pseudopalavras (A) e sílabas (B) na amplitude do sinal da eletroencefalografia (C) em três condições: fala , fala interna e áudio, sendo (A e B) variáveis dependentes. O modelo que será empregado será o modelo linear multinível bayesiano multivariado com intervalo de confiabilidade de 95%, por apresentar resultados variados.

Os dados coletados serão categorizados numa planilha de excel com formato CSV, serão armazenados no site <https://zenodo.org/> sob responsabilidade da pesquisadora responsável com o propósito de garantir a fidedignidade dos resultados a partir da disponibilização dos dados codificados para assegurar a confidencialidade e privacidade dos participantes, garantir a acessibilidade e possibilitar que sejam verificados ou que ocorra a reutilização em pesquisas futuras.

## REFERÊNCIAS

BALATA, Patrícia Maria Mendes; SILVA, Hilton Justino da; MORAES, Silvia Regina de Arruda. Protocolo de Avaliação Eletromiográfica na Fonação. In: SILVA, Hilton Justino da. **Protocolos de Eletromiografia de Superfície em Fonoaudiologia**. Editores científicos Adriana de Oliveira Camargo Gomes, Marileda Cattelan Tomé – Barueri, SP: Pró-Fono, p. 51-66, 2013.

BEHLAU, Mara; AZEVEDO, Renata; MADAZIO, Glaucya. Anatomia da Laringe e Fisiologia da Produção da Vocal. In: BEHLAU, M. *et al.* **Voz: o livro do especialista**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livraria e Editora Revinter, 2013, p. 1-42.

BEHLAU, Mara; AZEVEDO, Renata; PONTES, Paulo. Conceito de Voz Normal e Classificação das Disfonias. In: BEHLAU, M. *et al.* **Voz: o livro do especialista**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livraria e Editora Revinter, 2013, p. 53-79.

BELO, D. *et al.* Biosignals learning and synthesis using deep neural networks. **BioMed Eng OnLine**, v. 16, n. 115, 2017.

BONINI, J. B. **Pseudopalavras favorecedoras para terapia fonológica**. [tese]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2016.

BRITTON, J. W. *et al.* **Electroencephalography (EEG)**: An Introductory Text and Atlas of Normal and Abnormal Findings in Adults, Children, and Infants [Internet]. Chicago: American Epilepsy Society, 2016. Introduction. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK390346/>. Acesso em: 15 ago. 2022.

CAMARA JR, J. M. **História da linguística**: edição revista e comentada. Petrópolis, RJ: Vozes, 2021.

CARVALHO, C. **Para compreender Saussure**: fundamentos e visão crítica. Rio de Janeiro: Vozes, 1997.

CHOMSKY, N. Novos Horizontes no Estudo da Linguagem. **DELTA: Documentação de Estudos em Linguística Teórica e Aplicada [online]**, v. 13, n. spe., p. 51-74, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-44501997000300002>.

CHOMSKY, N. **Novos horizontes no estudo da linguagem da mente**. São Paulo: Editora UNESP, 2005.

CLEMENTS, G. N.; HUME, E. The internal organization of speech sounds. In: GOLDSMITH, J. (ed.). **The Handbook of Phonological Theory**. Cambridge: Blackwell, 1995, p. 245-306.

CUNHA, V. L. O.; CAPELLINI, S. A. Análise psicolinguística e cognitivo-linguística das

provas de habilidades metalinguísticas e leitura realizadas em escolares de 2ª a 5ª série. **Revista CEFAC [online]**, v. 12, n. 5, p. 772-783, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-18462010005000017>.

DANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia humana básica**. 2. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2008.

DENBY, B. *et al.* Silent speech interfaces. **Speech Communication**, v. 52, n. 4, p. 270-287, 2010. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez9.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0167639309001307?via%3Dihub>. Acesso em: 11 jun. 2021.

ESTIVALET, G. L.; MEUNIER, F. Corpus psicolinguístico Léxico do Português Brasileiro. **SOLETRAS**, [S.l.], n. 33, p. 212-229, jun. 2017. ISSN 2316-8838. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/soletras/article/view/29702/21229>>. Acesso em: 21 maio 2022. doi:<https://doi.org/10.12957/soletras.2017.29702>.

ESTIVALET, G. L. Variáveis lexicais e ortográficas no acesso lexical das palavras do português brasileiro. **Revista Linguística**, v. 16, n. 1, jan./maio 2020.

FANT, G. **Acoustic Theory of Speech Production**. The Hague: Mouton, 1960.

FREITAS, G. C. M. Sobre a Aquisição das Plosivas e Nasais. In: LAMPRECHT, R. R. (org.). **Aquisição fonológica do português**: perfil de desenvolvimento e subsídios para terapia. Porto Alegre: ArtMed, 2004, p. 73-81.

GALEGO, J. S. **Aquisição e processamento de biosinais de eletromiografia de superfície e eletroencefalografia para caracterização de comandos verbais ou intenção de fala mediante seu processamento matemático em pacientes com disartria**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/163247/001023020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 jun. 2021.

GARCIA, D. C. Processamento de Palavras. In: MAIA, M. (org.). **Psicolinguística, psicolinguísticas**: uma introdução. São Paulo: Contexto, 2015.

GIERUT J. A. Maximal opposition approach to phonological treatment. **J Speech Hear Disord.**, v. 54, n. 1, p. 9-19, 1989. DOI:10.1044/jshd.5401.09.

GIERUT, J. A. The Conditions and Course of Clinically Induced Phonological Change. **Journal of Speech and Hearing Research**, v. 35, p. 1049-1063, out.1992.

GOLDSMITH, J. **Autosegmental Phonology**. Bloomington: Indiana University Linguistic Club, 1976.

GUARALD, I. P.; BAGETTI, T. Processamento sintático e fonológico de crianças com dificuldades de aprendizagem. **Distúrb. Comun.**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 712-728, dez. 2021.

GUERREIRO, M. M. *et al.* Conceitos básicos em EEG. *In*: MONTENEGRO, M. A. **EEG na Prática Clínica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Thieme Revinter Publicações, 2018.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

ILARI, R. O estruturalismo linguístico: alguns caminhos. *In*: MUSSALIM, F; BENTES, A. C. (org.). **Introdução à linguística**. vol. 3. São Paulo: Cortez, 2009, p. 53-92.

IVANITSKY, A. M. *et al.* Electroencephalography. *In*: BINDER, M. D., HIROKAWA, N., WINDHORST, U. (ed.). **Encyclopedia of Neuroscience**. Berlin: Springer, 2009, p. 1067-1072. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2\\_2936](https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2_2936).

KANE, N. *et al.* A revised glossary of terms most commonly used by clinical electroencephalographers and updated proposal for the report format of the EEG findings. Revision 2017. **Clin. Neurophysiol. Pract.**, v. 4, n. 2, p. 170-185, 2017. DOI: 10.1016/j.cnp.2017.07.002.

KENT R. D. Nonspeech Oral Movements and Oral Motor Disorders: A Narrative Review. *Am J Speech Lang Pathol.* n. 24. v. 4. p. 763-89, 2015. DOI: 10.1044/2015\_AJSLP-14-0179.

KESS, J. F. **Psycholinguistics**: psychology, linguistics and the study of natural language. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 1992.

KIM, T.; PARK, S. Equivalent Data Information of Sensory and Motor Signals in the Human Body. **IEEE Access**, v. 8, p. 69661-69670, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2986511.

LATHI, B. P. **Sinais e sistemas lineares** [recurso eletrônico]. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

LEITÃO, M. M. Psicolinguística Experimental: focalizando o processamento da linguagem. *In*: MARTELOTTA, M. (org.) **Manual de Linguística**. São Paulo: Contexto, 2010.

LIMA, L. M.; FREITAS, M. C. R.; SILVA, H. J. Análise e Leitura do sinal eletromiográfico. *In*: SILVA, H. J. (org.). **Protocolos de Eletromiografia de Superfície em Fonoaudiologia**. Barueri, SP: Pró-Fono, 2013, p. 9-14.

LOWERY, M. Electromyography. *In*: BINDER, M. D., HIROKAWA, N., WINDHORST, U. (ed.) **Encyclopedia of Neuroscience**. Berlin: Springer, 2009, p. 1074-1077. DOI:

[https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2\\_2936](https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2_2936).

MARUSSO, A. S. Princípios básicos da teoria acústica de produção da fala. **REVISTA DE ESTUDOS DA LINGUAGEM**, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 19-43, jun. 2005. ISSN 2237-2083. DOI: <http://dx.doi.org/10.17851/2237-2083.13.1.19-43>. Disponível em: <http://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/relin/article/view/2397>. Acesso em: 28 fev. 2022.

MESTRE, S. I. M. **Efeito de variáveis linguísticas e demográficas na capacidade de decisão lexical, repetição de palavras e de pseudo-palavras**. 2013. Dissertação (Mestrado em Neuropsicologia e Neurociências Cognitivas) – Faculdade de Ciências Humanas e Sociais, Universidade do Algarve, 2013.

MILOU, A. *et al.* Sharing biosignals: An analysis of the experiential and communication properties of interpersonal psychophysiology. **Human-Computer Interaction**, v. 38, n. 1, p. 49-78, jul. 2021.

MOMENSOHN-SANTOS, T. M. *et al.* Anatomia e fisiologia do órgão da audição e do equilíbrio. *In*: MOMENSOHN-SANTOS, T. M.; RUSSO, I. C. (org.). **Prática da Audiologia Clínica**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 2011, p. 11-44.

MONTENEGRO, M. A. *et al.* Montagens e polaridade. *In*: MONTENEGRO, M. A. **EEG na Prática Clínica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Thieme Revinter Publicações, 2018.

MOTA, H. B. **Aquisição segmental do português**: um modelo implicacional de complexidade de traços. 1996. Tese (Doutorado em Linguística) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

MOTA, M.; RESENDE, N. Metodologia da pesquisa em psicolinguística: desenvolvimento de uma ferramenta para a geração automática de pseudoverbos. **Letras de Hoje**, v. 48, n. 1, p. 100-107, 15 abr. 2013.

NALBORCZYK, L. *et al.* Can we decode phonetic features in inner speech using surface electromyography?. **Journal PLoS ONE**, v. 5, p. 1-27, 2020. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article/authors?id=10.1371/journal.pone.0233282>. Acesso em: 05 jun. 2021

OLIVEIRA JR., M. J. A.; CARVALHO, S. Análise Acústica das Vogais Produzidas por Falantes com Doença de Parkinson. *In*: COSTA, J.; OLIVEIRA JR., M. (org.). **Estudos em Fonética e Fonologia**. São Paulo: Blucher, 2021, p. 11-34. DOI: 10.5151/9786555500929-01.

OROZCO-ARROYAVE, J. R. *et al.* Phonation and articulation analysis of spanish vowels for automatic detection of parkinson's disease. *In*: SOJKA, P. *et al.* (ed.) **Text, Speech and Dialogue**, Czech Republic, v. 8655, p. 374-381, 2014.

PAOLUCCI, J. F.; ÁVILA, C. R. B. Competência ortográfica e metafonológica: influências e correlações na leitura e escrita de escolares da 4ª série. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia [online]**, v. 14, n. 1, p. 48-55, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-80342009000100010>.

PAULSEN, F.; WASCHAKE, J. **Sobotta | Atlas de anatomia humana: cabeça, pescoço e neuroanatomia**. vol. 2. Rio de Janeiro: Editora Guanabara. 2012a.

PAULSEN, F.; WASCHAKE, J. **Sobotta | Atlas de anatomia humana: cabeça, pescoço e neuroanatomia**. vol. 3. Rio de Janeiro: Editora Guanabara. 2012b.

PAVEAU, M. A.; SARFATI, G. E. **As grandes teorias da linguística: da gramática comparada à pragmática**. São Paulo: Claraluz, 2006.

PINHEIRO, A. M. V.; VILHENA, D. A. Teste de reconhecimento de palavras e pseudopalavras: validades de conteúdo e externa. **Signo**, v. 47, n. 88, p. 147-164, 3 jan. 2022.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Áustria: R Foundation for Statistical Computing, 2018.

REGIS, R. M. F. L.; NASCIMENTO, G. K. B. O.; SILVA, H. J. Protocolo de avaliação eletromiográfica da musculatura periorbicular e supra-hióidea durante a fala. In: SILVA, H. J. **Protocolos de eletromiografia de superfície em fonoaudiologia**. Barueri: Pró-fono, 2013, p. 67- 75.

RIBEIRO, V. I. C. **Instrumento de Avaliação de Repetição de Pseudo-palavras**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Perturbações da Linguagem na Criança) – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa; Escola Superior de Saúde, Instituto Politécnico de Setúbal, 2011.

RODRIGUES, J. C.; SALLES, J. F. Tarefa de escrita de palavras/pseudopalavras para adultos: abordagem da neuropsicologia cognitiva. **Letras De Hoje**, v. 48, n. 1, 50-58, 2013.

RODRIGUES, J. C. *et al.* Construção da tarefa de leitura de palavras e pseudopalavras (TLPP) e desempenho de leitores proficientes. **Temas psicol.**, Ribeirão Preto, v. 23, n. 2, p. 413-429, jun. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.9788/TP2015.2-13>. Disponível em: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-389X2015000200012&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-389X2015000200012&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 21 maio 2022.

SANTOS, F. H.; BUENO, O. F. A. Validation of the Brazilian Children's Test of Pseudoword Repetition in Portuguese speakers aged 4 to 10 years. **Braz. J. Med. Biol. Res.**, v. 36, n. 11, p. 1533-1547, nov. 2003.

SAUSSURE, F. **Curso de Linguística Geral**. 27. ed. São Paulo: Pensamento-Cultrix,



1916 [2006].

SCHULTZ, T. *et al.* Biosignal-Based Spoken Communication: A Survey. **IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing**, v. 25, p. 2257-2271, 2017. DOI: 10.1109/TASLP.2017.2752365.

SCLIAR-CABRAL, L. **Introdução à Psicolinguística**. São Paulo: Ática, 1991.

SEARA, I. C.; NUNES, V. G.; LAZZAROTTO-VOLCÃO, C. **Para conhecer Fonética e Fonologia do português brasileiro**. São Paulo: Contexto, 2015.

SILVA, K. F. T.; CARVALHO, S.; OLIVEIRA JR., M. J. A. A identificação da fala interna por meio da eletromiografia de superfície e da encefalografia: uma revisão de escopo. **Revista de Estudos da Linguagem**, [S.l.], v. 30, n. 3, p. 1314-1338, jul. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.17851/2237-2083.30.3.1314-1338>. Disponível em: <http://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/relin/article/view/20815>. Acesso em: 30 mar. 2023.

SILVA, T. C. **Fonética e fonologia do português**: roteiro de estudos e guia de exercícios. 10. ed. São Paulo: Contexto, 2014.

SILVA, T. C. *et al.* **Fonética Acústica**: os sons do português brasileiro. São Paulo: Contexto, 2019.

SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia Humana**: uma abordagem integrativa. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

SOUSA, L. B.; GABRIEL, R. Palavras no cérebro: o léxico mental. **Letrônica**, v. 5, n. 3, p. 3-20, jul./dez. 2012.

TANIGUTE, C. C. Desenvolvimento das funções estomatognáticas. *In*: MARCHESAN, I. Q. **Fundamentos em Fonoaudiologia**: aspectos clínicos da motricidade orofacial. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2005, p. 1-9.

VAN DEN BERG, J. Myoelasticaerodynamic theory of voice production. **Journal of Speech and Hearing Research**, v. 1, p. 227- 244, 1958. DOI: <https://doi.org/10.1044/jshr.0103.227>.

VERUSSA, E. O. TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA O ENSINO DE ALUNOS COM DEFICIÊNCIA: UM ESTUDO COM PROFESSORES DO ENSINO FUNDAMENTAL. 2009. 96f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Filosofia e Ciências, Programa de Pós-graduação em Educação, Unesp, Marília, 2009.

WAGNER, R. K.; TORGESEN, J. K. The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. **Psychological Bulletin**, v. 101, n. 2, p.

192–212, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1037/0033-2909.101.2.192>.

WEBSTER, J. G. **Medical Instrumentation**: Application and Design. John Wiley. 4. ed. 2009.

WINGFIELD, A. Methodology in Psycholinguistics Research. **International Journal of Language & Communication Disorders**, v. 4, p. 117-126, 1969. DOI: <https://doi.org/10.3109/13682826909011479>.

## ANEXO A – QUESTIONÁRIO

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL**  
**FACULDADE DE LETRAS - FAL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM LINGUÍSTICA E LITERATURA - PPGL**

Resolução CNS n. 466/12 - Diretrizes e normas regulamentadoras de **pesquisas envolvendo Seres Humanos**.

Resolução CNS n. 510/16 - Resolução que dispõe sobre normas aplicáveis à pesquisa **em Ciências Humanas e Sociais**.

### TÍTULO DA PESQUISA

A correlação dos bioassinais de eletromiografia de superfície e eletroencefalografia para caracterização da produção da fala interna

**Pesquisadores envolvidos:** Kyvia Fernanda Tenório da Silva, Susana Carvalho e Miguel José Alves de Oliveira Júnior, que se comprometem em seguir fielmente os dispositivos das Resoluções 466/12 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde, assegurando que os resultados da presente pesquisa serão tornados públicos sejam eles favoráveis ou não, bem como os dados coletados servirão para o desenvolvimento do projeto.

### QUESTIONÁRIO

Identificador: ( ) P1 ( ) P2 ( ) P3 ( ) P4 ( ) P5 ( ) P6 ( ) P7 ( ) P8 ( ) P9 ( ) P10  
( ) P11 ( ) P12 ( ) P13 ( ) P14 ( ) P15 ( ) P16 ( ) P17 ( ) P18 ( ) P19  
( ) P20

Qual é a sua idade? \_\_\_\_\_

Qual é a sua data de nascimento? \_\_\_\_\_

Você é brasileiro? ( ) SIM ( ) NÃO

O português é a sua língua materna? ( ) SIM ( ) NÃO

Você fala outra língua além do português? ( ) SIM ( ) NÃO Em caso afirmativo, qual é a língua? \_\_\_\_\_

Você escreve com qual mão? ( ) DIREITA ( ) ESQUERDA

Você tem perda de audição? ( ) SIM ( ) NÃO

Você tem algum problema neurológico? ( ) SIM ( ) NÃO

Qual é seu gênero? ( ) MULHER ( ) HOMEM ( ) OUTRO ( ) PREFERE NÃO DIZER

Qual é a sua escolaridade? \_\_\_\_\_

Qual é a sua formação profissional? \_\_\_\_\_

Em que Estado você nasceu? \_\_\_\_\_

Em que cidade você reside? \_\_\_\_\_

## **ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (T.C.L.E.)**

***“O respeito devido à dignidade humana exige que toda pesquisa se processe após consentimento livre e esclarecido dos sujeitos, indivíduos ou grupos que por si e/ou por seus representantes legais manifestem a sua anuência à participação na pesquisa.”***  
(Resolução. nº 196/96-IV, do Conselho Nacional de Saúde)

Resolução CNS n. 466/12 - Diretrizes e normas regulamentadoras de **pesquisas envolvendo Seres Humanos**.

Resolução CNS n. 510/16 - Resolução que dispõe sobre normas aplicáveis à pesquisa **em Ciências Humanas e Sociais**.

Você está sendo convidad(o,a) a participar como voluntári(o,a) do estudo A CORRELAÇÃO DE BÍOSSINAIS DE ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE E ELETROENCEFALOGRAFIA PARA CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DA FALA INTERNA dos pesquisadores Kyvia Fernanda Tenório da Silva, Susana Carvalho e Miguel José Alves de Oliveira Júnior do Programa de Pós-graduação em Linguística e Literatura (PPGLL) – Universidade Federal de Alagoas – UFAL, responsáveis por sua execução, que se comprometem em seguir fielmente os dispositivos das Resoluções 466/12 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde, assegurando que os resultados da presente pesquisa serão tornados públicos sejam eles favoráveis ou não, bem como os dados coletados servirão para o desenvolvimento do projeto. As seguintes informações que me fizeram entender sem dificuldades e sem dúvidas os seguintes aspectos:

- O estudo experimental, descritivo e analítico destina-se a descrever e analisar os mecanismos subjacentes à produção da fala interna, tendo os seguintes pesquisadores envolvidos: Kyvia Fernanda Tenório da Silva, Susana Carvalho e Miguel José Alves de Oliveira Júnior.
- A importância do estudo reside na possibilidade de compreender a interação dos sistemas nervoso central e periférico na produção da fala interna, podendo favorecer o desenvolvimento ou melhoramento das tecnologias assistivas e inteligência artificial.
- Os resultados que se desejam alcançar são identificar e descrever os mecanismos subjacentes à produção da fala que permitirão compreender a relação entre os sinais digitais no processamento mental e no sistema motor durante a produção da fala interna.
- O estudo será feito da seguinte maneira: levantamento bibliográfico, coleta de dados, análise dos dados, descrição dos resultados, discussão dos dados e conclusão.
- A coleta de dados começará em setembro de 2022 e terminará em fevereiro de 2023.
- Sua participação neste estudo se dará na coleta de dados da seguinte maneira: I

- entrevista dos participantes voluntários; II - avaliação eletromiográfica e avaliação para aquisição de sinais digitais da eletroencefalografia; III - realização do experimento com a tarefa de produção da fala interna, que será feita pela pesquisadora responsável, Kyvia Fernanda Tenório da Silva, no Laboratório de Pesquisa da Linguagem, do Cérebro e do Comportamento Humano - Lapelc<sup>2</sup> (Faculdade de Letras, Universidade Federal de Alagoas).

- Quanto à realização da entrevista e do experimento com EEG e EMG relacionada aos possíveis riscos à saúde física e mental dos participantes são mínimos, como na coleta de informações na entrevista e no experimento com EEG e EMG, tomar tempo, leve incômodo na fixação dos eletrodos e divulgação de dados confidenciais. Para evitar os riscos e, em caso de ocorrência, para saná-los, serão tomadas as seguintes providências: assegurar a confidencialidade e a privacidade, garantindo não usar as informações em prejuízo das pessoas e descartar informações confidenciais que vierem a ser divulgadas. Os pesquisadores envolvidos serão os únicos a ter acesso aos dados e tomarão todas as medidas para manter a confidencialidade, mas havendo a remota possibilidade da quebra do sigilo, de forma involuntária e não intencional, cujas consequências serão tratadas nos termos da lei. Os resultados desta pesquisa poderão ser apresentados em encontros ou revistas científicas e mostrarão apenas os resultados obtidos como um todo, sem revelar seu nome, instituição ou qualquer informação relacionada à sua privacidade. Em caso de quebra de sigilo, os dados serão descartados.
- Os dados serão armazenados em um banco de dados permanente sob responsabilidade da pesquisadora responsável com o propósito de garantir a fidedignidade dos resultados a partir da disponibilização dos dados codificados, assegurando a confidencialidade e privacidade dos participantes, garantindo a acessibilidade e possibilitando que sejam verificados ou que ocorra a reutilização em pesquisas futuras.
- Os benefícios que o participante deverá esperar são indiretos: ampliar conhecimento sobre os mecanismos subjacentes à produção da fala interna. Para além do participante, a comunidade terá retorno dos achados da pesquisa por meio da divulgação em artigos e eventos além de poder contribuir com pesquisas futuras quanto ao desenvolvimento de *softwares* voltados para tecnologia assistiva e inteligência artificial.
- Quanto à assistência do participante, ele receberá a assistência integral e imediata, de forma gratuita pela pesquisadora responsável, pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes da pesquisa, seja ele de natureza médica, psicológica ou de outra natureza, conduzindo-o às Unidades de Pronto Atendimento e se responsabilizando por qualquer despesa que resulte destes atendimentos.
- Você será informado(a) do resultado final do projeto e sempre que desejar, serão fornecidos esclarecimentos sobre cada uma das etapas do estudo.
- A qualquer momento, você poderá recusar a continuar participando do estudo e, também, poderá retirar seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer penalidade ou prejuízo.
- Não haverá despesas pessoais, nem compensação financeira relacionada a

minha participação. Se houver qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento desta pesquisa.

- A qualquer momento, eu poderei me recusar a responder a alguma pergunta que não queira ou a continuar participando desta pesquisa e, também, que eu poderei retirar este meu consentimento, sem que isso me traga qualquer penalidade ou prejuízo.
- Que as informações conseguidas através da minha participação não permitirão a identificação da minha pessoa, exceto aos responsáveis pelo estudo, e que a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto.
- O estudo não acarretará nenhuma despesa para você, sendo assegurado o ressarcimento de despesas de alimentação e transporte que o participante e seu(s) acompanhante(s) terão ao participar da pesquisa.
- Você será indenizado(a) por qualquer dano que venha a sofrer com a sua participação na pesquisa (nexo causal)
- Você receberá uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado por todos.

Eu, \_\_\_\_\_, tendo compreendido perfeitamente tudo o que me foi informado sobre a minha participação no mencionado estudo e estando consciente dos meus direitos, das minhas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a minha participação implicam, concordo em dele participar e para isso eu DOU O MEU CONSENTIMENTO SEM QUE PARA ISSO EU TENHA SIDO FORÇADO OU OBRIGADO.

**Endereço d(os,as) responsável(,is) pela pesquisa (OBRIGATÓRIO):**

Instituição: Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Endereço: Av. Carlos Gomes de Barros, N 278, BI 1, Apto 201.

Bairro: Tabuleiro do Martins

Maceió - AL

CEP 57081-010

Telefone: 82996361348

Maceió, Alagoas

Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da UFAL, pelo telefone: (82) 3214- 1041. O CEP trata-se de um grupo de indivíduos com conhecimentos científicos que realizam a revisão ética inicial e continuada do estudo de pesquisa para mantê-lo seguro e proteger seus direitos.

**ATENÇÃO:** O Comitê de Ética da UFAL analisou e aprovou este projeto de pesquisa. Para obter mais informações a respeito deste projeto de pesquisa, informar ocorrências irregulares ou danosas durante a sua participação no estudo, dirija-se ao:

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alagoas - Prédio do Centro de Interesse Comunitário (CIC), Térreo, Campus A. C. Simões, Cidade Universitária

Telefone: 3214-1041 – Horário de Atendimento: das 8:00 as 12:00hs. E-mail: comitedeeticaufal@gmail.com

(Assinatura ou impressão datiloscópica d(o,a) voluntári(o,a) - Rubricar as demais folhas)

Nome e Assinatura do(s) responsável(eis) pelo estudo (Rubricar as demais páginas)