



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA

TÂMARA DE ANDRADE LINDAU

**Medidas Eletrofisiológicas de Crianças com e sem Transtornos da Comunicação em
Tarefa de Julgamento Semântico**

São Carlos

2019

TÂMARA DE ANDRADE LINDAU

**Medidas Eletrofisiológicas de Crianças com e sem Transtornos da Comunicação em
Tarefa de Julgamento Semântico**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Psicologia da Universidade Federal de São Carlos,
para obtenção do título de Doutora em Psicologia.

Área de Concentração: Análise Comportamental da
Cognição.

Orientadora: Dra. Deisy das Graças de Souza.
Coorientadora: Dra. Célia Maria Giacheti.

São Carlos

2019



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA

COMISSÃO JULGADORA DA TESE DE DOUTORADO

Tâmara de Andrade Lindau

São Carlos, 27/02/2019

Prof.ª Dr.ª Deisy das Graças de Souza (Orientadora e Presidente)
Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

91 Prof. Dr. Renato Bortoloti
Universidade Federal de Minas Gerais / UFMG

Prof.ª Dr.ª Ana Claudia Moreira Almeida Verdu
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" / UNESP - Bauru

Prof.ª Dr.ª Larissa Cristina Berti
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" / UNESP – Marília

Prof.ª Dr.ª Luciana Pinato
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" / UNESP – Marília

Certifico que a sessão de defesa foi realizada com a participação à distância do Prof. Dr. Renato Bortoloti e, depois das arguições e deliberações realizadas, o participante à distância está de acordo com o conteúdo do parecer da comissão examinadora redigido no relatório de defesa da aluna Tâmara de Andrade Lindau.

Prof.ª Dr.ª Deisy das Graças de Souza (Orientadora e Presidente)
Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

Submetida à defesa em sessão pública
realizada às 14:00h no dia 27/02/2019.

Comissão Julgadora:
Prof.ª Dr.ª Deisy das Graças de Souza
Prof. Dr. Renato Bortoloti
Prof.ª Dr.ª Ana Claudia Moreira Almeida Verdu
Prof.ª Dr.ª Larissa Cristina Berti
Prof.ª Dr.ª Luciana Pinato

Homologada pela CPG-PPGPsí na
Reunião no dia ____/____/____

Prof.ª Dr.ª Débora Hollanda de Souza
Coordenadora do PPGPsí

Pesquisa financiada pelo CNPq (Processo #141107/2015-4) e pela CAPES (Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior - Processo #88881.133114/2016-01) e CAPES/PROEX.

Tese desenvolvida como parte do programa de pesquisas do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia sobre Comportamento, Cognição e Ensino (INCT-ECCE), financiado pela FAPESP (Processos # 2008/57705-8 e 2014/50909-8) e pelo CNPq (Processos # 573972/2008-7 e 465686/2014-1).

DEDICO

Vovó sempre bem vestida

Tocava piano as tardes.

Uma noite abriu as asas

Cansada de tanto som,

Equilibrou-se no azul,

De tonta não mais olhou

Para mim, para ninguém!

Caiu no álbum de retratos.

Murilo Mendes (adaptado)

Minha **amada** avó “Bebé”: a senhora deveria estar viva para ver isto.

OFEREÇO

Aos meus pais, Fernando e Maria Inês, e ao meu irmão, Thiago, por todo o apoio durante a minha caminhada.

Ao meu marido, Marco Aurélio, por estar ao meu lado, por todo incentivo e paciência. Você tem meu orgulho e meu amor.

AGRADECIMENTOS

Ao Criador, por tornar possíveis todas essas experiências.

A minha orientadora, Profa. Dra. Deisy das Graças de Souza, por permitir a ampliação de estudos sobre a eletrofisiologia, pelas experiências e orientações dispensadas e pelo exemplo de liderança e brilhantismo ao vislumbrar com facilidade pesquisas futuras.

A minha coorientadora, Profa. Dra. Célia Maria Giacheti, por incentivar e acreditar na minha jornada desde a graduação, pelas inestimáveis contribuições acadêmicas e por confiar na minha competência como pesquisadora. Muito obrigada por essa parceria!

A Dra. Adriana Sampaio, minha supervisora do Estágio Sanduíche na Universidade do Minho – Braga/Portugal, pela oportunidade de conhecer e atuar com a equipe do Laboratório de Neurociência Psicológica e também pelas contribuições e ensinamentos sobre o tema que possibilitaram a finalização deste trabalho.

Ao Dr. Diego Pinal Fernández, personalidade indispensável para elaboração de grande parte deste trabalho. Àquele que partilhou parte de seus conhecimentos sobre eletrofisiologia e com toda sua paciência e dedicação permitiu com que eu pudesse acreditar que era possível. Meus sinceros agradecimentos. Afinal, “Por que um Mac?”

A Dra. Natalia Freitas Rossi pela disponibilização das frases, apoio e discussões nas diversas fases do trabalho.

A Profa. Dra. Cristiana Ferrari pela presteza e contribuições ao longo deste trabalho.

Aos professores, Dra. Ana Cláudia Moreira Almeida Verdu, Dra. Larissa Cristina Berti, Dra. Luciana Pinato e Dr. Renato Bortoloti, pela disponibilidade para a participação na banca examinadora.

Aos Professores que passaram por toda a minha formação. Em especial, as Professoras Maria da Graça Chamma Ferraz e Ferraz e Ana Cláudia Vieira Cardoso pela atenção e carinho recebido.

Ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia, que proveu subsídios indispensáveis na conclusão do presente trabalho. Estendo meus agradecimentos a todos os funcionários do Centro de Estudos da Educação e da Saúde, do Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia e do Departamento de Fonoaudiologia da UNESP/Marília.

A assistente em administração do Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Marinéia Duarte, em especial, por toda a presteza ao longo desses anos.

A senhora Hilda Sebastiana da Silva por cuidar tão bem do nosso ambiente de trabalho e torná-lo mais agradável.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo para realização desta pesquisa.

A CAPES pela concessão da bolsa para a realização do Estágio Sanduíche, pelo Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior – PDSE (CAPES; Edital nº 19/2016); parte fundamental para a elaboração deste trabalho e ao Programa CAPES/PROEX.

Ao Gilberto e Elaine pelo apoio e carinho.

Aos companheiros de doutorado, Vivian Girotti, Julio Camargo, Anderson das Neves, Livia Guerra, pelos momentos de reflexão, ensinamentos, amizade e estima.

A todos os membros do Laboratório de Neurociência Psicológica da Universidade do Minho – Braga/Portugal, pelo acolhimento e ensinamentos. Estendo meus agradecimentos a todos os funcionários dessa Universidade. Vocês tornaram esta experiência agradável.

Aos meus queridos Fonoaudiólogos Cássio Esperandino, Elaine Osório, Janaína Alves, Isabella Bonamigo, Mayra Pereira e Nathani Cristina, obrigada pelas gentilezas, parcerias e amizade.

As minhas queridas amigas Adriana Macedo, Ariane Rodrigues e Juliana Félix pela amizade e gentilezas.

A minha amiga-irmã Thais Fonseca pela amizade verdadeira, indestrutível na sua essência.

A minha amiga Sofia Nascimento (e família) pelo acolhimento, sábias palavras e momentos de reflexão.

Ao meu amigo Dr. Fernando Lucchesi pelas gentilezas e ensinamentos. Uma amizade que transpõe continentes, tem escuta qualificada e é capaz de compartilhar diversos momentos.

Ao meu querido Valdéres por toda a sua dedicação, interesse em aprender e perseverança. Tenho orgulho de você, seu caminho será brilhante! E não menos importante: meus sinceros agradecimentos por toda a sua ajuda, inspiração e ensinamentos.

Ao meu primo Sergio Lindau por todo o vasto conhecimento compartilhado. Conversar com você, em certos momentos, não foi fácil, confesso. Para o leitor desta Tese, exemplifico: o calendário e anos bissextos – Decreto de Canopus; a descida de "povos bárbaros" das terras germânicas, que atravessaram o rio Danúbio migrando para terras do Império Romano; o documento histórico "Germânia"; o Martelo de Nietzsche; linguística permeando redes e a teoria da computação; os arquétipos; a sua impressora 3D; a construção de um amplificador auditivo, entre outros mais. Para finalizar, porque eu poderia dedicar um capítulo só a você, me lembro quando você tentou me convencer de que, após ler meu material e conversarmos, você chegou à seguinte conclusão: "Todo campo semântico é infinitamente maior e tem correlações entre elementos que qualquer forma de representação disponível é pequena, pobre, para representá-lo com um mínimo de completude". Sua inteligência é fascinante e seu autodidatismo admirável!

A minha querida Fisioterapeuta Ana Luiza Decanini, estou grata pela sua presença serena e empática no ano de 2018, tanto em âmbito profissional quanto pessoal.

A diretora, coordenadora e professoras da EMEI Bem-me-quer pela disponibilidade e por terem concedido a autorização para a participação nesta pesquisa.

As crianças que participaram da pesquisa e seus pais, em especial, pelo voto de confiança e disponibilidade.

*A criança oferece a única oportunidade que nós
temos para observar a linguagem em seu estado
nascente.*

Karl Bühler, 1935

RESUMO

Lindau, T. A. (2019). *Medidas Eletrofisiológicas de Crianças com e sem Transtornos da Comunicação em Tarefa de Julgamento Semântico*. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de São Carlos.

A *interface* entre estudos de linguagem e Potenciais Relacionados a Eventos (PREs) tem subsidiado a busca por diferenças sutis no processamento das informações que não podem ser detectadas por meio de medidas comportamentais. Essa interação tem sido considerada importante para investigar e identificar as bases neurais relacionadas ao processamento da linguagem e os componentes ativados diante da apresentação de diferentes tipos de estímulos. Esta tese está dividida em quatro capítulos: o Capítulo I apresenta as questões teóricas que embasam a presente investigação, incluindo conceitos gerais a respeito da linguagem e seus subsistemas e do transtorno de linguagem e dos sons da fala. Também é tratada a relação entre a linguagem e a eletrofisiologia, mais especificamente sobre os potenciais relacionados a eventos e o processamento semântico; o Capítulo II apresenta um estudo de revisão da literatura compilada sobre o processamento semântico em crianças de zero a seis anos de idade, analisando dados do N400. Esses estudos tiveram o objetivo comum de investigar e caracterizar o padrão eletrofisiológico do processamento semântico de crianças mais novas em relação ao padrão encontrado em crianças mais velhas e em adultos. A análise indicou grande variabilidade de tarefas experimentais empregadas, o que pode afetar o grau de controle e a confiabilidade dos dados; o Capítulo III descreve o desenvolvimento de um estudo cujo objetivo foi investigar o processamento semântico, por meio de medidas eletrofisiológicas (PREs), de sentenças de fala natural em crianças de quatro a seis anos de idade com e sem transtorno dos sons da fala (TSF). Os resultados mostraram que a tarefa permitiu evidenciar diferenças no processamento de frases com finais congruentes e incongruentes nos dois grupos estudados para os quatro componentes propostos: N100, P200, N400 (em duas janelas de análise) e P600. A forma de onda (P600) observada para TSF, juntamente com os dados dos componentes iniciais (N100 e P200), sugerem que este grupo pode apresentar déficits nas representações semânticas lexicais e que alterações no processamento inicial também podem influenciar estágios de processamento posteriores. Os achados deste estudo apontaram diferenças no desenvolvimento da organização das redes neurais que atendem à percepção da fala em crianças com TSF. Isto pode sugerir que essas crianças apresentem alterações

neurodesenvolvimentais acarretando alterações no processamento inicial (perceptivo/atencional) que influenciam nas representações léxico-semânticas e nas etapas posteriores de processamento da linguagem; o Capítulo IV, por sua vez, retrata o desenvolvimento de outro estudo cujo objetivo foi analisar, de forma individualizada, a amplitude e a latência do componente N400 das crianças com TSF, buscando verificar se a gravidade do quadro clínico teria alguma relação com o padrão de ativação. Os resultados mostraram que o processamento da informação congruente e incongruente difere na latência de pico, mas não foi possível encontrar um padrão. Observa-se, também, uma variabilidade na amplitude e na latência do N400 quando comparado aos diferentes graus de comprometimento, impossibilitando especulações quanto a uma possível relação entre a gravidade do TSF e as características do N400 nessas crianças quando analisadas individualmente. Esta é a primeira pesquisa, entre as encontradas na literatura compilada, com a população de crianças com TSF. Os achados constituem uma contribuição inicial relevante e seus resultados poderão auxiliar na compreensão e definição de padrões neurais. Novas explorações para consolidar as relações descritas podem ampliar o conhecimento do substrato neural no desenvolvimento das habilidades de linguagem, visando compreender implicações dos aspectos neurais envolvidos nos processos típicos e desviantes da comunicação humana.

Palavras-chave: Linguagem; Fala; Transtorno dos sons da fala; Julgamento semântico; Eletrofisiologia.

ABSTRACT

Lindau, T. A. (2019). *Electrophysiological measures in children with and without communication disorders in a semantic judgment task*. (Doctoral Dissertation). Universidade Federal de São Carlos.

The interface between language studies and Event-related Potentials (ERPs) has subsidized the investigation for subtle differences in the processing of information that cannot be detected by behavioral measures. This interaction has been considered important in order to investigate and to identify the neural foundations related to the language process and the activated components by the presentation of different stimuli. This dissertation is divided into four chapters: Chapter I presents the theoretical foundations that support the current investigation, including general concepts regarding language and its components and both language and speech sound disorders. Also, the connection between language and electrophysiology is discussed, more specifically about the ERPs and the semantic processing; Chapter II is a review about the compiled literature on semantic processing in children from zero to six years of age, analyzing N400 data. These studies had the common intent of investigating and characterizing the electrophysiological pattern of the semantic processing of younger children in relation to the pattern found in older children and in adults. The analysis indicated great variability of experimental tasks employed, which can affect the level of control and data reliability; Chapter III describes the development of a study whose aim was to investigate the semantic processing, through electrophysiological measures (ERPs), of natural speech sentences in children from four to six years old with and without speech sound disorders (SSD). The results showed that the proposed task allowed to highlight differences in the processing of sentences with congruent and incongruent endings in the two groups studied for the four proposed components: N100, P200, N400 (in two analysis windows) and P600. The waveform (P600) observed for the SSD group, together with the data of the initial components (N100 and P200), may suggest that this group presents deficits in the lexical semantic representations and that changes in the initial processing can also influence later stages of it. The findings pointed out differences in the development of the neural network organization that provides the perception of speech in children diagnosed with SSD. This may suggest that these children set forth neurodevelopmental changes leading to alterations in the initial (perceptual/attentional) processing that influence lexical-semantic representations and later stages of language

processing; Chapter IV, eventually, describes the development of another study whose objective was to analyze, individually, the amplitude and latency of the N400 component in SSD children, aiming to verify if the severity of the clinical picture was related to the activation pattern. The results showed that the congruent and incongruent information processing differed in peak latency, but no pattern could be found. It is also observed a variability in the amplitude and latency of the N400 when compared to the different degrees of impairment, making it impossible to speculate on a possible relationship between SSD severity and N400 characteristics in these children, when analyzed individually. This is the first study, among those found in the literature, with the population of children with SSD. Collectively, the findings constitute an important initial contribution and its results may help in the understanding and definition of neural patterns related to speech processing in SSD children. New explorations to consolidate the relations described can increase the knowledge of the neural substrate involved in the development of language skills, aiming to understand the implications of such aspects in the typical and deviant processes of human communication.

Keywords: Language; Speech; Speech Sound Disorders; Semantic judgment; Electrophysiology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo I

- Figura 1.1* - A comunicação, a linguagem e seus subsistemas 32
- Figura 1.2* - À esquerda, atividade parietal de banda alfa simulada e, à direita, a soma de projeção no escalpo. 37
- Figura 1.3* - A forma de onda mostra vários componentes ERP relacionados à linguagem. A amplitude (potencial: positivo ou negativo) é descrita em microvolts (μV) e a latência (tempo após o estímulo), em milissegundos (ms)..... 40

Capítulo II

- Figura 2.1* - Processo de seleção e resultados do levantamento bibliográfico..... 65

Capítulo III

- Figura 3.1* - Diagrama representativo de uma sequência de duas tentativas. O intervalo temporal entre a dica visual e o início do próximo estímulo é expresso em milissegundos. 105
- Figura 3.2* - Atividade média para os grupos e condições experimentais (incongruente: linha pontilhada; congruente: linha contínua) das regiões (painel superior) e dos hemisférios (painel inferior)..... 109
- Figura 3.3* - Atividade média para os grupos (grupo TSF: linha pontilhada; grupo HTL: linha contínua) e condições experimentais das regiões (painel superior) e hemisférios (painel inferior)..... 110
- Figura 3.4* - Mapas topográficos da atividade média com diferenças significativas entre grupos (grupo HTL: HTL; grupo TSF: TSF) para as mesmas condições experimentais..... 111

Capítulo IV

<i>Figura 4.1</i> - Atividade média da latência de pico (ms) para cada participante e condições de palavra (congruente: linha contínua; incongruente: linha pontilhada) para as regiões e hemisférios.	152
<i>Figura 4.2</i> - Valores de (A) amplitude média e (B) latência de pico do N400 _{early} para região e hemisfério, de acordo com o grau de gravidade do TSF de cada participante nas condições congruente e incongruente.....	157
<i>Figura 4. 3</i> - Valores de (A) amplitude média e (B) latência de pico do N400 _{late} para região e hemisfério, de acordo com o grau de gravidade do TSF de cada participante nas condições congruente e incongruente.....	158

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

<i>Tabela 2.1</i> - Resumo das informações dos artigos compilados.....	66
------------------------------------------------------------------------	----

Capítulo III

<i>Tabela 3.1</i> - Caracterização dos participantes do grupo com TSF: Idade em meses, sexo, escolaridade materna, classificação socioeconômica, lateralidade, Escala de Maturidade Mental Columbia (pontos e classificação), Fonologia (compreensão e expressão).....	101
<i>Tabela 3.2</i> - Desempenho dos grupos no PPVT-4, nos itens de recepção e expressão da linguagem (PLAI-2) e na EMMC, de acordo com a pontuação bruta.....	102
Material suplementar	138

Capítulo IV

<i>Tabela 4.1</i> - Caracterização dos participantes: idade em meses, sexo, fonologia (compreensão e expressão)	147
<i>Tabela 4.2</i> - Valores da amplitude média do N400 _{early} e N400 _{late} para as condições congruentes e incongruentes de cada participante: análise por região e hemisfério.....	155
<i>Tabela 4.3</i> - Valores de latência de pico do N400 _{early} e N400 _{late} para as condições congruentes e incongruentes de cada participante: análise por região e hemisfério.....	156

LISTA DE E SIGLAS

ABEP	Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa
APA	American Psychiatric Association
ASHA	American Speech-Language-Hearing Association
CEES	Centro de Estudos da Educação e Saúde
CID-10	World Health Organization – Código Internacional de Doenças
CMMS	Columbia Mental Maturity Scale
DSM-5	Manual diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais
dB	Decibéis
EEG	Electroencephalography / Eletroencefalografia
EMEI	Escolas Municipais de Educação Infantil
EMMC	Escala de Maturidade Mental Columbia
ERPs	Event-Related Potentials
HE	Hemisfério Esquerdo
HD	Hemisfério Direito
Hz	Hertz
IAFAC	Speech Evaluation Instrument for Acoustic Analysis / Instrumento de Avaliação de Fala para Análise Acústica
ICA	Independent Components Analysis
LH	Left Hemisphere
M	Media
ms	Milissegundos
N100	Potencial Negativo a 100 ms após o estímulo
N400	Potencial Negativo a 400 ms após o estímulo

PCC-revised	Percentage of Consonants Correct / Porcentagem de Consoantes Corretas
PerceFAL	Instrument of identification of phonic contrasts / Instrumento de identificação de contrastes fônicos
PERCEVAL	Perception Evaluation Auditive & Visuelle / <i>Perception Evaluation Auditive & Visuelle</i>
PLAI-2	Preschool Language Assessment Instrument – 2nd edition
PPVT-4	Peabody Picture Vocabulary Test, Fourth Edition)
PREs	Potenciais Relacionados a Eventos
P200	Potencial Positivo a 200 ms após o estímulo
P600	Potencial Positivo a 600 ms após o estímulo
RH	Right Hemisphere
SD	Standard Deviation
SSD	Speech Sound Disorder
TLS	Typical Language Skills
TSF	Transtorno dos Sons da Fala
UNESP	Universidade Estadual Paulista
μV	Microvolts
$\text{k}\Omega$	Kiloohms

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	24
CAPÍTULO I: LINGUAGEM E ELETROFISIOLOGIA	27
1.1 Linguagem: desenvolvimento, funções e transtornos.....	28
1.1.2 O transtorno da linguagem e o transtorno dos sons da fala	33
1.2 Componentes eletrofisiológicos relacionados à linguagem	35
1.2.1 O componente N400	41
Referências.....	46
CAPÍTULO II: PROCESSAMENTO SEMÂNTICO EM CRIANÇAS DE ZERO A SEIS ANOS DE IDADE: UMA ANÁLISE COM O N400·	58
1. Introdução	61
2. Métodos	62
2.1 Procedimento de busca	63
3. Revisão da Literatura	64
3.1 O efeito N400 em crianças de zero a 2 anos e 11 meses com desenvolvimento típico.....	67
3.2 O efeito N400 em crianças de zero a 2 anos e 11 meses com risco para transtornos da comunicação	71
3.3. O efeito N400 em crianças pré-escolares com desenvolvimento típico	72
3.4 O efeito N400 em crianças pré-escolares com risco/transtornos da comunicação	77
4. Considerações Finais	81
Referências.....	82

CAPÍTULO III: CORRELATOS ELETROFISIOLÓGICOS DO PROCESSAMENTO SEMÂNTICO NO TRANSTORNO DOS SONS DA FALA – UM ESTUDO

EXPLORATÓRIO87

1. Introdução	91
1.1 Objetivos e hipóteses	97
2. Método	98
2.1 Participantes.....	98
2.2. Aspectos éticos	102
2.3 Procedimento experimental	102
2.4 Registro e análise dos PREs	106
2.5 Análise estatística	107
3. Resultados.....	108
3.1 Regiões: análise da amplitude média e latência de pico dos componentes (N100, P200, N400 _{early} , N400 _{late} e P600) nos dois grupos de crianças.....	112
3.2 Hemisférios: análise da amplitude média e latência de pico dos componentes (N100, P200, N400 _{early} , N400 _{late} e P600) nos dois grupos de crianças.....	115
4. Discussão	118
5. Conclusão.....	124
Referências.....	125

CAPÍTULO IV: ANÁLISE EXPLORATÓRIA DO N400 EM CRIANÇAS COM DIAGNÓSTICO DE TRANSTORNO DOS SONS DA FALA 140

1. Introdução	143
1.2 Objetivo	146
2. Método	146
2.1 Participantes.....	146

2.2 Critérios éticos	149
2.3 Potencial relacionado a evento: estímulos e procedimentos.....	149
2.4 Registro e análise dos PREs	150
3. Resultados.....	151
4. Discussão	159
Referências.....	163
CONSIDERAÇÕES GERAIS	170
APÊNDICE	172
ANEXOS	185

APRESENTAÇÃO

... há duas lacunas inevitáveis em qualquer explicação de comportamento: uma entre a ação da estimulação do ambiente e a resposta do organismo e uma entre as consequências e a mudança resultante no comportamento. Somente uma ciência do cérebro pode preencher essas lacunas. Fazendo isso, ela completa a explicação; não dá uma explicação diferente das mesmas coisas ... Os processos cerebrais não são outro “aspecto” do comportamento; eles são a outra parte do que um organismo faz (Skinner, 1989a, 1989b)¹.

Nas últimas décadas, a interface entre estudos de linguagem e Potenciais Relacionados a Eventos (PREs) tem subsidiado a investigação de diferenças no processamento de informações que não podem ser detectadas por meio de medidas comportamentais, uma vez que possibilitam a compreensão dos fenômenos cognitivos diante de determinada demanda em tempo real (Cummings & Čeponienė, 2010).

Em vista disso, existem benefícios claros no uso de PREs que podem ser confirmados pela possibilidade de realizar avaliações das habilidades cognitivas em pacientes não comunicativos. Contudo, investigar o cérebro e a linguagem é um desafio em áreas que a fisiologia e a linguística contribuem de forma imprescindível (Steinhauer, Connolly, Stemmer, & Whitaker, 2008).

O uso de PREs em pesquisas é importante e justificável, principalmente nas investigações direcionadas para grupos de crianças pré-escolares com e sem alteração da linguagem na busca por semelhanças - ou diferenças - entre o padrão de ativação cerebral desses grupos, visualizados em tarefas específicas.

Dentro deste contexto, o propósito central do presente trabalho é apresentar estudos sobre medidas eletrofisiológicas nos transtornos da linguagem e investigar e avaliar,

¹ [...] There are two unavoidable gaps in any behavioral account: one between the stimulating action of the environment and the response of the organism, and one between consequences and the resulting change in behavior. Only brain science can fill those gaps. In doing so it completes the account; it does not give a different account of the same thing... Brain processes are not another 'aspect' of behavior; they are another part of what an organism does (Skinner, 1989a, p. 18; Skinner, 1989b, p. 56).

empiricamente, o processamento semântico por meio de medidas eletrofisiológicas (potencial relacionado a evento) de crianças pré-escolares com e sem transtorno dos sons da fala.

Este texto apresenta quatro capítulos distintos:

No Capítulo I são apresentadas as questões teóricas que embasam a presente investigação. Para isso, abordamos conceitos gerais a respeito da linguagem e seus subsistemas. Em seguida, definimos duas das condições desviantes dentre os transtornos da comunicação: o transtorno da linguagem e os transtornos dos sons da fala, ressaltando-se questões a respeito de suas principais manifestações, que incluem a entrada (recepção) e a saída (emissão) de informações. Em sequência, então, é abordado o estudo eletrofisiológico para exame dos componentes apontados pela literatura como os relacionados ao processamento da linguagem.

O Capítulo II apresenta um estudo de revisão, publicado em 2018, sobre o processamento semântico em crianças de zero a seis anos de idade, analisando dados do N400. Para isso, foi realizada revisão integrativa da literatura especializada em que se verificou que grande parte dos estudos teve, em comum, o objetivo de investigar e caracterizar o padrão eletrofisiológico do processamento semântico de crianças mais novas em relação ao padrão encontrado em crianças mais velhas e em adultos. De acordo com os dados obtidos, constatou-se que há grande variabilidade de tarefas experimentais empregadas (e.g., pares de palavras, imagem *versus* som, ensino de relações, sentenças), o que pode afetar o grau de controle e a confiabilidade dos dados.

O Capítulo III descreve um estudo original experimental cujo objetivo foi utilizar medidas eletrofisiológicas (potencial relacionado a evento), para investigar o processamento semântico de crianças de quatro a seis anos de idade com e sem transtorno dos sons da fala.

O Capítulo IV apresenta outro estudo original experimental cujo objetivo foi analisar, de forma individualizada, a amplitude e a latência do componente N400 das crianças com TSF,

buscando verificar se a gravidade do quadro clínico teria alguma relação com o padrão de ativação.

Ao final dos quatro capítulos são apresentadas considerações gerais salientando a contribuição e as limitações do presente trabalho, assim como possibilidades de futuras investigações.

CAPÍTULO I
LINGUAGEM E ELETROFISIOLOGIA

1.1 LINGUAGEM: DESENVOLVIMENTO, FUNÇÕES E TRANSTORNOS (DA LINGUAGEM E DOS SONS DA FALA)

A definição de linguagem não é equivalente a, mas é mais ampla do que a definição de fala. A fala representa apenas um modo de expressão de linguagem [...] Mais amplo do que o termo linguagem é o conceito de comunicação. Nosso objetivo real na avaliação das habilidades linguísticas é determinar com que sucesso pode-se transmitir, bem como interpretar, a informação nas atividades da vida diária, porque essa é a função mais importante que a comunicação atende (Weiss, Tomblin, & Robin, 2002).

A comunicação, essencial ao indivíduo que vive em determinado meio social, pode ser definida como um processo simbólico na qual a cultura é construída e mantida. Ela baseia-se na troca de informações entre sujeitos que, ora ouvintes, ora falantes, realizam, por meio da linguagem, diálogos que possibilitam a troca de experiências, sem que seja necessária a representação desta para que se transmita a mensagem (Benveniste, 1995; Puyuelo, 2007; Titone, 1983).

O desenvolvimento da comunicação está diretamente associado ao processo de aquisição da linguagem pela criança, construído em etapas decorrentes das interações comunicativas, experiências e relações sociais desta com o contexto em que se insere (American Speech-Language-Hearing Association - ASHA, 1982; Navas, Berlim, Muskat, & Miranda, 2006).

A linguagem é uma das funções cerebrais superiores mais estudadas por diferentes áreas do conhecimento (e.g., Psicologia, Fonoaudiologia, Linguística, Neurociências), com especial interesse na aquisição, desenvolvimento e complexificação dos componentes e fenômenos linguísticos (De Toni, Romanelli, & de Salvo, 2005). Porém, a complexidade da linguagem requer mais do que múltiplas abordagens, ela carece de uma abordagem interdisciplinar.

A Psicologia tem estudado as variáveis e os mecanismos psicológicos que subjazem aos repertórios linguísticos e os integram (Neves et al., 2014). No escopo da Análise do Comportamento, a linguagem é concebida como um comportamento operante passível de

manejo, regido pelos mesmos princípios operantes (e.g. reforçamento, modelagem, extinção e discriminação), e que se define pelas consequências que são mediadas por ouvintes especialmente treinados pela comunidade verbal (Skinner, 1957/1978).

Skinner (1957) descreveu os operantes verbais a partir dos termos da contingência (antecedentes, respostas e consequentes), com especial atenção para as condições que ocasionam a oportunidade de resposta (logo, o operante discriminado). Relações entre estímulos podem derivar relações de equivalência, de modo que habilidades verbais sejam integradas e que respostas verbais fiquem sob controle de uma classe de estímulos equivalentes ou de uma rede de relações (de Rose, 1993, 2005; Sidman, 1994). Relações de equivalência são consideradas como modelo de significado e do funcionamento simbólico (Sidman, 1994). Uma integração dos conceitos desenvolvidos por Skinner (1957) e por Sidman (1994) permite uma análise do comportamento verbal no contexto comunicativo. Para que haja compreensão de repertórios complexos (e.g., linguagem) também é necessária uma ordenação (componente sintático) e sua abstração e generalização, o que pode variar em função de contextos, cultura e grupos (componente contextual; Mackay, 2013).

As interações verbais entre falante e ouvinte compõem um sistema simbólico que é produto dos três tipos de seleção por consequências. No nível filogenético está a evolução da espécie humana com condições próprias para um comportamento vocal (e.g., seleção natural, condições neurodesenvolvimentais). No nível ontogenético está o condicionamento operante que permite compreender a construção e a modificação, pelo ambiente, do repertório verbal de ouvinte e falante pela modelagem e fortalecimento de operantes verbais por meio do reforçamento. No plano cultural, a comunidade verbal seleciona os operantes verbais relevantes (Baum, 1999; Passos, 2003; Skinner, 1981/1984).

No campo da Fonoaudiologia, existem diferentes autores que subsidiam as investigações a respeito da linguagem. O conceito de linguagem utilizado neste trabalho tem

como base a proposta da Academia Americana de Fonoaudiologia, na qual a linguagem também é definida como um comportamento, conforme pode ser observado no seguinte trecho:

A linguagem é um sistema complexo e dinâmico de símbolos convencionais empregados para expressar formas diferentes de pensamento e comunicação [...] que evolui em função de contextos históricos, sociais e culturais específicos; a linguagem, como comportamento governado por regras, é descrita por, pelo menos, cinco subsistemas - fonológico, morfológico, sintático, semântico e pragmático; seu aprendizado e uso são determinados pela interação de fatores biológicos, cognitivos, psicossociais e ambientais.[...] (ASHA, 1982).²

De acordo com essa descrição, tem-se a linguagem como um sistema cuja apropriação é um processo de extrema complexidade. Da mesma forma, a aquisição de cada um dos subsistemas³ que a integram (i.e., fonologia, semântica, morfossintaxe e pragmática) consiste em um processo de complexidade própria, independente da interação entre eles para que o sistema total (linguagem) opere. Para facilitar a compreensão de aspectos particulares, os subsistemas podem ser separados didaticamente (ASHA, 1982; Hernandorena, 1995; Rossi, 2016; Weiss et al., 2002):

- a *fonologia* representa o sistema sonoro de uma língua, ou seja, propõe a organização de sons e revela regras necessárias sobre como os fonemas são combinados em sílabas e palavras⁴;

² [...] a complex and dynamic system of conventional symbols that is used in various modes for thought and communication... human language hold that: language evolves within specific historical, social, and cultural contexts; language, as rule-governed behavior, is described by at least five parameters—phonologic, morphologic, syntactic, semantic, and pragmatic; language learning and use are determined by the interaction of biological, cognitive, psychosocial, and environmental factors; [...]

³ Weiss, Tomblin e Robin (2002) utilizam o termo “componentes” para se referir à fonologia, morfologia, sintaxe, semântica e pragmática. No entanto, por ser utilizado para descrever características eletrofisiológicas, ao longo deste estudo, optou-se aqui por utilizar o termo “subsistemas”.

⁴ Um dos modelos que propõe o estudo da fonologia é a Teoria da Fonologia Natural, proposta por Stampe (1973) e Donegam e Stampe (1979). Nessa teoria, a aquisição da fonologia é considerada como um processo gradual de supressão de processos naturais, universais e inatos, até a apropriação do sistema linguístico alvo. O papel central na aquisição foi atribuído aos processos fonológicos como uma operação mental que a criança “aplica à fala para substituir, em lugar de uma classe de sons ou sequência de sons que apresentam uma dificuldade específica comum para a capacidade de fala do indivíduo, uma classe alternativa idêntica em todos os outros sentidos, porém desprovida da propriedade difícil” (Stampe, 1973, p.1) (Matzenauer & Miranda, 2012). Com base nessa Teoria, Lamprecht (1986,1990; Lamprecht et al., 2004) propôs a descrição do processo de aquisição fonológica do

- a *sintaxe* refere-se à estrutura das frases, descrevendo regras pelas quais as palavras podem ser combinadas em frases gramaticalmente aceitáveis para aquela comunidade, sendo o conhecimento sintático considerado, também, uma base influente na compreensão da linguagem e é variável entre um e outro idioma⁵;
- a *morfologia*⁵ trata das formas das palavras em diferentes usos e construções, ou seja, permite alterar as palavras para indicar, por exemplo, a desinência de plural, tempo e flexão verbal;
- a *semântica* refere-se ao estudo de uma língua a partir da significação, ou seja, o sentido veiculado pela linguagem e o significado das palavras;
- a *pragmática* trata do uso da linguagem em contextos sociais, situacionais e comunicativos, e atenta para o conjunto de regras que explicam ou regulam o uso intencional da linguagem.

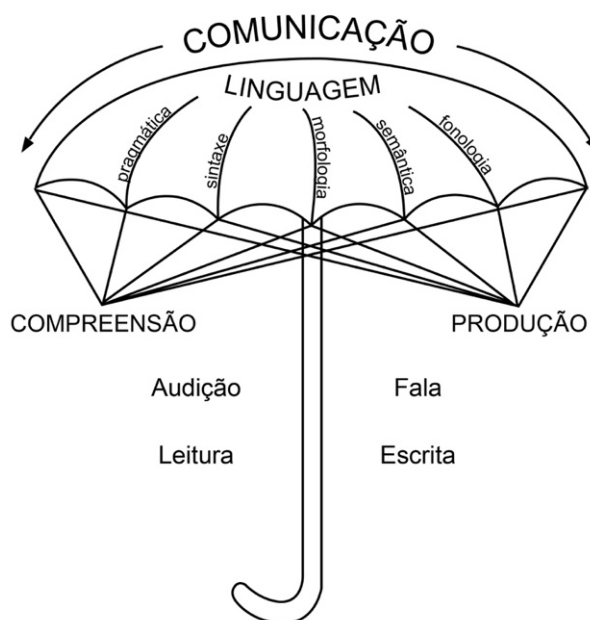
Ao considerar a aquisição e desenvolvimento da linguagem, habilidades receptivas e expressivas fazem parte desse processo. Retomando a proposta de Skinner (1957/1978), habilidades de linguagem que abrangem ouvir, ler, falar e escrever podem ser descritas como comportamentos verbais complexos, emitidos na presença de estímulos discriminativos e estabelecidos e mantidos por contingências de reforço (de Rose, 2005; Skinner, 1957/1978).

Português Brasileiro: vogais entre 1:1 e 1:11, plosivas e nasais entre 1:6 e 1:8, fricativas entre 1:8 e 2:10, líquidas entre 2:8 e 4:2, coda (CVC) entre 1:4 a 3:10 e do onset complexo (CCV) com estabilidade aos 5 anos. Ressalta-se que o desenvolvimento fonológico ocorre de forma semelhante entre as crianças em que a variabilidade individual, tanto para a idade de aquisição quanto para as estratégias utilizadas para a produção adequada, estabelece se as variações são ou não importantes (Lamprecht et al., 2004).

⁵Acosta, Moreno, Ramos, Quintana, & Espino (2006), seguindo referencial teórico da área, descreveram a aquisição da morfologia e da sintaxe de forma conjunta (morfossintaxe), referindo que, a partir dos 30 meses, a criança produz enunciados com estruturas gramaticais complexas, incluindo a utilização de pronomes e verbos. A partir dos 4 anos e meio de idade, a criança desenvolve estruturas sintáticas mais complexas.

Habilidades receptivas de linguagem estão diretamente relacionadas à capacidade de um ouvinte responder, de modo apropriado, a enunciados verbais e incluem tanto aquelas mais fundamentais que requerem, por exemplo, que o sujeito seja capaz de discriminar, auditivamente, sons de fala, quanto as mais complexas, como compreender palavras faladas. Habilidades expressivas de linguagem, por sua vez, estão relacionadas à capacidade de emitir respostas verbais e incluem tanto aquelas mais fundamentais, como nomear objetos, quanto outras mais complexas (e.g., narrar episódios, histórias; Weiss et al., 2002). Ressalta-se que a fala, assim como a escrita, referem-se a modos de expressão da linguagem, enquanto ouvir e ler a modos de recepção (Sidman, 1971; Mackay & Fields, 2009; Weiss et al., 2002).

A Figura 1.1 ilustra a relação entre os subsistemas da linguagem e suas formas de recepção e expressão.



Nota: Adaptada de Weiss et al. (2002).

Figura 1.1 - A comunicação, a linguagem e seus subsistemas

O estudo da relação entre esses subsistemas tem sido realizado para finalidade diagnóstica e de intervenção. Nessa direção, a comunidade científica busca elucidar, avaliando-se tanto por medidas comportamentais quanto por medidas eletrofisiológicas, tais subsistemas de forma isolada (i.e., cada um dos seus subsistemas) ou correlacionada em estudos sobre o desenvolvimento da linguagem, o processo típico, o desviante e a natureza dos diferentes quadros clínicos que envolvem prejuízos no desenvolvimento da linguagem por atraso ou por desvios em relação às demais crianças de mesma faixa etária (e.g., Bishop, 1979; Clark & Hecht, 1983; Rizzo & Stephens, 1981; Tek, Mesite, Fein, & Naigles, 2014). Manifestações específicas ocorrem quando crianças apresentam prejuízos (desvios) no desenvolvimento da linguagem ou da fala. Tais comprometimentos são denominados transtornos do neurodesenvolvimento chamados, respectivamente, de transtorno da linguagem e transtorno dos sons da fala (APA, 2013; ASHA, 2018).

Tendo em vista que o presente trabalho possui finalidade diagnóstica e envolve a investigação eletrofisiológica de crianças com e sem transtornos da comunicação, por meio de paradigma de violação semântica de frases, será apresentado referencial teórico que fundamentará os três capítulos subsequentes.

1.1.2 O transtorno da linguagem e o transtorno dos sons da fala

O transtorno do neurodesenvolvimento é uma denominação utilizada para se referir aos prejuízos precoces em um ou mais aspectos do desenvolvimento (i.e., incluindo-se a cognição e a linguagem), que podem acarretar danos no funcionamento pessoal, social, acadêmico ou profissional (American Psychiatric Association - APA, 2013; Bishop, 2009, 2010). Dentre esses transtornos do neurodesenvolvimento estão os “Transtornos da Comunicação”, que abrangem os seguintes deficits: 1) na linguagem - incluindo a forma, a função e o uso de um sistema convencional de símbolos, que obedecem a regras; e 2) na fala - produção de sons que

incluem a articulação, a fluência e a voz. Nesse sentido, podem-se citar algumas subclassificações dos transtornos da comunicação: transtorno da linguagem, transtorno dos sons da fala, transtorno da fluência com início na infância (gagueira), entre outros (APA, 2013).

O Transtorno da linguagem, em sua modalidade falada, refere-se ao prejuízo persistente em habilidades diversas, de natureza receptiva e/ou expressiva, que são importantes para a aquisição e o desenvolvimento de repertórios de ouvinte e falante. A natureza dos prejuízos em habilidades de linguagem falada pode variar amplamente a depender da origem (i.e., se congênito ou adquirido) e da gravidade (APA, 2013; Giacheti & Lindau, 2017). Resumidamente, as crianças com transtorno de linguagem falada, frequentemente, falham em adquirir habilidades receptivas e expressivas na idade apropriada (APA, 2013; Bishop & Adams, 1990; Giacheti & Lindau, 2017; Apêndice A).

Nessa mesma direção, o transtorno dos sons da fala⁶ é uma condição heterogênea por sua sintomatologia, que pode ser persistente e variar em graus de comprometimento (e.g., alterações no reconhecimento e/ou na produção dos diversos sons da fala). Tem-se, portanto, esse diagnóstico quando a compreensão e/ou emissão dos sons da fala não estão de acordo com o esperado, considerando a idade e o estágio de desenvolvimento da criança e quando o prejuízo não é atribuído a questões estruturais (e.g., fissura labiopalatina), neurológico (e.g., deficiência intelectual) ou sensorial (e.g., deficiência auditiva; ASHA, 2018; APA, 2013; Apêndice A).

Em vista disso, para identificar precocemente os problemas relacionados à linguagem é necessário que os procedimentos de avaliação direcionem, de forma específica, a verificação da presença (ou não) de determinada competência e da natureza da dificuldade (Befi-Lopes, 2002; Giacheti & Rossi, 2008; Hadji, 1994).

⁶ No DSM-IV-TR, este transtorno era denominado de “transtorno fonológico” (APA, 2002).

Nas últimas décadas, a utilização de medidas eletrofisiológicas (PREs) tem sido considerada um diferencial na investigação das bases neurais dos processos cognitivo-comportamentais envolvidas no processamento da linguagem. Dessa forma, as avaliações comportamentais, complementadas pelos dados obtidos nos PREs, poderão propiciar um diagnóstico mais precoce e detalhado (e.g., Berger, 1929; Giacheti & Rossi, 2008; Holcomb & Neville, 1990; Kutas & Federmeier, 2000; Stöhr & Kraus, 2009).

1.2 COMPONENTES ELETROFISIOLÓGICOS RELACIONADOS À LINGUAGEM

[...] é verdade que o N400 é uma ferramenta particularmente poderosa para estudar as bases neurais da compreensão da linguagem [...] e por base neural entendemos as representações neurais e funções que suportam o processamento da linguagem, não a localização dessas funções. [...] A sistemática observada entre os fatores e propriedades sensoriais, conceituais e linguísticas do N400 (juntamente com os PREs em geral) tornaram possível abordar questões psicolinguísticas básicas que se mostraram intratáveis para a maioria das outras medidas dependentes. [...] Um caso em questão é o tempo. Sua importância crítica para o processamento da linguagem nunca foi questionada (Kutas & Federmeier, 2011).

A eletroencefalografia (EEG) foi descrita por Hans Berger, em 1929 (Tudor, Tudor, & Tudor, 2005), e refere-se à técnica neurográfica mais antiga, a qual apresenta destaque no diagnóstico clínico e no acompanhamento dos distúrbios funcionais do cérebro, por ser o único método capaz de atestar a excitabilidade cerebral anormal em tempo real (Stöhl & Kraus, 2009; Tudor et al., 2005).

Inicialmente, eram realizadas investigações a partir da atividade elétrica espontânea, ou seja, aquela intrínseca ao indivíduo, não resultante de estímulos externos, na superfície do cérebro (valores entre 1 e 2 mV⁷) ou no escalpo (máximo de 100µV) (Stöhl & Kraus, 2009; Tudor et al., 2005).

⁷ 1v (volt) = 1000 mV (mili) = 1.000.000 microvolt

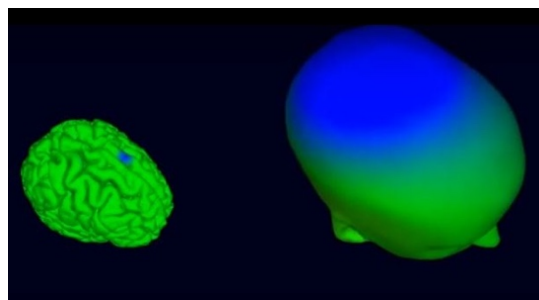
Em meados da década de 1950, foram descritos os Potenciais Relacionados a Eventos (PREs), que se referem a pequenas tensões/respostas das estruturas cerebrais geradas por estímulos externos de diferentes características e modalidades sensoriais (e.g., visuais ou auditivos – tom, cor, intensidade), derivando, assim, padrões regulares denominados componentes (Blackwood & Muir, 1990; Peterson, Schroeder & Arezzo, 1995; Stöhr & Kraus, 2009).

Os PREs possibilitam extrair⁸, pelo posicionamento de eletrodos em diferentes regiões no escalpo, uma sequência temporal de modificações na atividade elétrica cerebral expressa em ondas fornecendo propriedades mensuráveis (e.g., amplitudes, latências) antes, durante e depois de um evento de interesse. No entanto, tais potenciais não estão diretamente relacionados apenas às características objetivas do estímulo, mas às influências endógenas correlacionadas ao comportamento do sujeito sobre o estímulo e que, apesar de serem sensíveis às variáveis psicológicas, não são, geralmente, redutíveis a elas (Kutas & Federmeier, 2011). Em um nível fisiológico, as reduções de amplitude podem refletir potenciais pós-sinápticos menores, ativação de menos neurônios e/ou menor sincronia temporal entre os neurônios geradores (Kutas & Federmeier, 2011; Luck, 2014).

Como vantagem, o EEG possui a sua resolução temporal *online* e a característica de ser uma medida contínua do processamento, ou seja, preenche a lacuna existente entre a ação da estimulação do ambiente e a resposta do organismo para a explicação de comportamento (Luck, 2014; Skinner, 1989a, 1989b). No entanto, podem-se apontar algumas desvantagens (Costa, 2017; Luck, 2014):

⁸ Para esta medida, são utilizados vários ensaios (ou tentativas repetidas de apresentação do evento de interesse) para obtenção da média da atividade cerebral, uma vez que os potenciais apresentam amplitudes inferiores à atividade espontânea e pela necessidade de exclusão do ruído e da atividade neuronal não relacionada ao ensaio, por meio da promediação entre várias tentativas.

(a) Sua baixa resolução espacial, uma vez que os potenciais registrados são gerados no encéfalo e perpassa diferentes tipos barreiras (e.g., tecido ósseo, meninges) até alcançar o escalpo (i.e., couro cabeludo). Ressalta-se, portanto, a dificuldade em determinar a natureza e as localidades das atividades de origem diretamente do padrão encontrado no escalpo, isto é, a fonte da atividade elétrica, normalmente, não se localiza logo abaixo do eletrodo que a está mensurando (Figura 1.2).



Fonte: Zeynep Akalin Acar e Scott Makeig, video: <https://youtu.be/7TP-xrVoKXk>

Figura 1.2 - À esquerda, atividade parietal de banda alfa simulada e, à direita, a soma de projeção no escalpo.

(b) A dificuldade encontrada para efetuar registros de qualidade, uma vez que qualquer movimento realizado pelo sujeito em análise gera ruídos interferentes. Nessa vertente, verificam-se poucos estudos investigando o processamento da linguagem com crianças. Além da dificuldade em controlar a movimentação, existem também as dificuldades de colocação dos eletrodos/touca de EEG, a duração dos experimentos (i.e., múltiplas tentativas em cada condição para se analisar a média) e estímulos pouco atraentes.

(c) O cuidado em se analisar os resultados obtidos com crianças, enfatizando que estas estão em fase de desenvolvimento, e o encéfalo não tem propriedades de um cérebro totalmente desenvolvido. Dado esse destaque, observa-se frequentemente que os componentes observados

em crianças diferem temporal e topograficamente ou quanto à polaridade em relação ao encontrado em adultos (Coch, Mitra & George, 2012; Pujol et al., 2006).

Conforme mencionado anteriormente, os chamados componentes dos PREs referem-se a potenciais cerebrais característicos, registrados no escalpo, assumidos para refletir processos neurocognitivos específicos, gerados por estímulos externos de diferentes características e modalidades sensoriais (Blackwood & Muir, 1990; Peterson, Schroeder & Arezzo, 1995; Stöhr & Kraus, 2009).

Os componentes derivados consistem em padrões regulares eliciados e são classificados inicialmente mediante a sua polaridade (i.e., flutuação negativa – N e positiva – P) e posteriormente à sua latência (ou posição ordinal) após o início da estimulação alvo (e.g., 100 milissegundos - ms).

Em virtude da sua capacidade de fornecer medidas on-line contínuas com uma excelente resolução temporal, mesmo na ausência de respostas comportamentais, o uso dos PREs pode incorporar o valioso entendimento da dinâmica cerebral em tempo real subjacente às operações linguísticas (Steinhauer et al., 2008). Logo, neste trabalho serão explicitados os componentes que estão frequentemente relacionados, direta ou indiretamente, à linguagem: N100, P200, N400 e P600.

Os componentes N100 e P200 são ativados pela percepção do estímulo e operações básicas como discriminação de fonemas ou segmentação de palavras de forma rápida e automática, em que a atenção do sujeito influencia na amplitude da onda (e.g., Hagoort & Brown, 2000; Hillyard, Vogel, & Luck, 1998; Van Petten, Coulson, Rubin, Plante, & Parks, 1999). O N100, assim sendo, refere-se a um potencial negativo com vários subcomponentes distintos e latência de pico por volta dos 100 ms, característico da região fronto-central, em resposta a diferentes tipos de estímulos (visuais, auditivos, entre outros). Nessa direção, assumem-se as áreas sensoriais como fontes geradoras deste potencial, sendo sensível à atenção

(Gonzalez, Clark, Fan, Luck, & Hillyard, 1994; Luck, 2014; Näätänen & Picton, 1987; Woldorff et al., 1993). Foram encontradas, ainda, evidências de que o N100 não se refere apenas a uma resposta exógena sensível às características de um estímulo, mas também foi associado a processos de segmentação de palavras em unidades que podem ser reconhecidas (Sanders & Neville, 2003).

Na sequência, encontra-se o P200, com latência de pico positiva aproximadamente a 200 ms após a apresentação do estímulo. Topograficamente, apresenta variabilidade decorrente do tipo de paradigma, não se conhecendo a sua origem fisiológica (Hillyard, Vogel & Luck, 1998; Luck, 2014). Considerado como um dos componentes iniciais, é tratado também como sensível ao processamento fonológico em estudos prévios com paradigma de leitura (Kutas & Van Petten, 1994; Liu, Perfetti, & Hart, 2003). Stuellein e colaboradores (2016), utilizando uma tarefa de palavras escritas com pouca ou muita associação semântica, argumentaram que, em seus achados, o P200 indicou o início do acesso lexical porque foi modulado por associações semânticas em adultos.

Os componentes seguintes refletem processos de integração ou revisão e tendem a ter latências maiores (até 1 segundo).

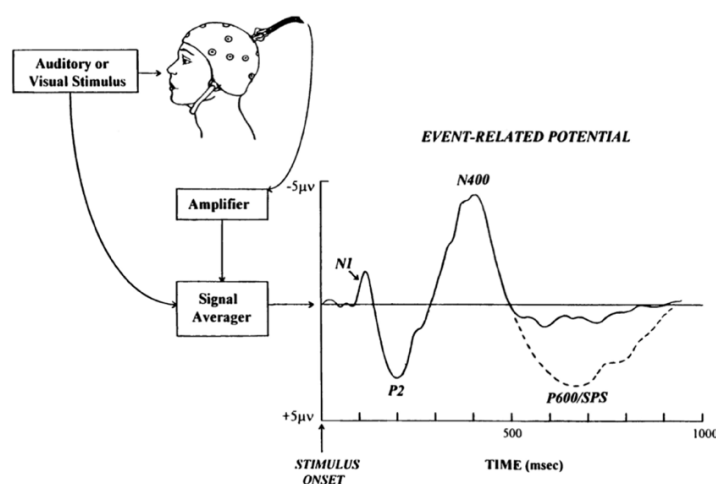
O componente P600 é eliciado em resposta à violação sintática – topografia cerebral posterior - ou à estrutura sintática complexa – topografia cerebral frontal - por meio de tarefas com frases (e.g., Friederici, 2002; Kaan & Swab, 2003; Osterhout & Holcomb, 1992), que são os principais instrumentos para investigação do processamento sintático (Oberecker, Friedrich, & Friederici, 2005; Schipke, Knoll, Friederici, & Oberecker, 2012).

Luck (2014) destacou a importância da distinção entre a sintaxe e a semântica. As palavras que são, principalmente, de natureza sintática, como as palavras de função⁹ (e.g.,

⁹ As palavras de função atuam como elementos de ligação frasal, com aplicabilidade essencialmente sintática (Weber-Fox & Neville, 2001).

artigos, preposições, pronomes, conjunções e interjeições), provocam um componente chamado N280, normalmente registrado nos eletrodos posicionados à esquerda das regiões cerebrais anteriores, que está ausente para palavras de conteúdo¹⁰ (e.g., substantivos, verbos, adjetivos, advérbios e numerais). Em contraste, as palavras de conteúdo provocam o N400, que é ausente para palavras de função.

A Figura 1.3 apresenta uma ilustração didática de uma forma de onda com alguns componentes de ERP relacionados à linguagem. Após o início da estimulação alvo (visual ou auditiva) os potenciais são amplificados e então é gerada a média da atividade cerebral, por meio de vários ensaios, classificando-a quanto à sua polaridade (i.e., flutuação negativa – N e positiva – P) e posteriormente à sua latência (ou posição ordinal) (e.g., 400 ms).



Nota: Negativo está representado acima e o positivo abaixo da linha de base.

Fonte: Cognitive Neuroscience of Language Lab. Disponível em: http://faculty.washington.edu/losterho/erp_tutorial.htm

Figura 1.3 - A forma de onda mostra vários componentes ERP relacionados à linguagem. A amplitude (potencial: positivo ou negativo) é descrita em microvolts (μV) e a latência (tempo após o estímulo), em milissegundos (ms).

¹⁰ As palavras de conteúdo possuem significado lexical e são essenciais para a propagação da informação semântica (Rosa, 2003).

O componente N400 apresenta características importantes relacionadas ao subsistema semântico da linguagem. Dessa forma, optou-se por apresentá-lo em detalhes nas seções seguintes.

1.2.1 O componente N400

O componente N400 refere-se a uma negatividade monofásica entre 200 e 600ms, principalmente nas regiões cerebrais centro-parietais, em que os diferentes fluxos de entrada dos estímulos convergem temporal, espacial e funcionalmente. Porém, assim como toda medida cognitiva, sua característica está posta em função da morfologia, tempo e comportamento perante manipulações experimentais (estímulos) a que são suscetíveis. Logo, uma designação neuroanatômica específica não é possível, pelo fato de que operações funcionais podem ser realizadas em diferentes substratos e,

consequentemente, não se tem o N400 como uma entidade neural indiferenciável - ou localizável - que indexa uma operação mental particular. Em vez disso, o termo N400 é usado como marcador heurístico para a atividade cerebral relacionada ao estímulo na janela entre 200 e 600ms, com uma morfologia característica¹¹ e um padrão de sensibilidade às variáveis experimentais¹² - e, portanto, uma funcionalidade comum (Kutas & Federmeier, 2011, p. 623).

Uma medida só pode ser utilizada, então, para responder sobre a atividade neural caso os dados levantados a apresentem de forma confiável e sua sensibilidade ao estímulo seja delineada (Kutas & Federmeier, 2011). Nesse sentido, o N400 foi descrito em investigações que utilizaram tarefas de violação semântica (i.e., por estímulos relacionados ou não ao contexto anterior) e tarefas elaboradas pela probabilidade *cloze* (em que a amplitude da onda é inversamente proporcional à expectativa da palavra para finalizar a frase) (e.g., Cummings & Čeponienė, 2010; Holcomb & Neville, 1990; Kutas & Federmeier, 2000; Kutas & Hillyard,

¹¹ Negatividade monofásica entre 200 e 600ms principalmente nas regiões cerebrais centro-parietais.

¹² Violação semântica.

1980; Pinheiro, Galdo-Álvarez, Sampaio, Niznikiewicz, & Gonçalves 2010; Råling et al., 2015). Estudos subsequentes expandiram a gama de tarefas, incluindo o uso de palavras isoladas e consolidaram o conceito de que uma onda negativa com latência de, aproximadamente, 400ms pode ser tomada como a assinatura eletrofisiológica de relações semânticas ou de significado (Barnes-Holmes et al., 2005; Bortoloti, Pimentel, & de Rose, 2014; Haimson, Wilkinson, Rosenquist, Ouimet, & Mcilvane, 2009; Kutas & Federmeier, 2011; Kutas & Van Petten, 1988, 1994).

Muitos são os paradigmas para o estudo de relações e violações semânticas, conforme observado no estudo de revisão de Lindau e colaboradores (2017), no qual foram analisadas diferentes pesquisas destinadas a investigar e caracterizar o padrão eletrofisiológico da população pré-escolar por meio de tarefas apresentadas auditivamente. A tarefa mais usada nos estudos analisados foi a de violação semântica em frases, ainda que tenha sido encontrada uma gama ampla de tarefas experimentais (e.g., pares de palavras, imagem *versus* som, ensino de relações), mostrando diversas alternativas de investigação nesta perspectiva (e.g., Chou et al., 2006; Cummings & Čeponienė, 2010; Holcomb & Neville, 1992; Pinheiro et al., 2010; Råling, Holzgrefe-Lang, Schröder, & Wartenburger, 2015; Sabisch, Hahne, Glass, von Suchodoletz, & Friederici, 2006).

Kutas e Federmeier (2011) publicaram um estudo de revisão sobre o componente N400, no qual foram discutidos tópicos como a descoberta do componente, sua caracterização e uso em diferentes estudos. Referiram que, desde a sua descrição, mais de 1000 trabalhos foram publicados propondo a utilização do N400 para investigações do processamento de linguagem, objetos, face, memória semântica e de reconhecimento, entre outras. Nessa perspectiva, uma variedade de tipos de estímulos - incluindo palavras escritas ou faladas, desenhos, fotos, objetos e ações, sons – são utilizados para eliciar este componente, tanto em manipulações linguísticas quanto não linguísticas.

De forma específica, discutiram as diferentes teorias sobre a significância funcional do componente apresentadas na literatura: na primeira, os estudos propõem reflexões em nível neurobiológico na tentativa de identificar a rede neural responsável pelo N400 e vinculá-lo a funções neurais específicas; na segunda, as autoras propõem o estudo em nível funcional de operações cognitivas específicas, como análise ortográfico-fonológica, acesso à memória semântica ou unificação semântica/conceitual (Kutas & Federmeier, 2011).

A maior parte dos autores especula que, para que ocorra a compreensão, as palavras sejam, inicialmente, exploradas como objetos advindos da percepção e, logo após, como objetos linguísticos (representação lexical) e integrados ao contexto em que se inserem. Nesse sentido, o componente é visto como resultante de uma (ou mais) das etapas do processamento e o que ele reflete é o ponto-chave da discussão. Kutas e Federmeier (2011) apontaram que alguns autores indicaram o N400 como um aspecto tardio do processamento, realizando a integração da informação semântica em nível de sentenças e considerando a natureza *multi* e *crossmodal* do componente, ou seja, presume-se que diferentes estímulos convirjam com conceitos compartilhados/sobrepostos. Nessa perspectiva, o desafio exposto na literatura encontra-se na presença do N400 na apresentação de estímulos não representados no léxico (e.g., pseudopalavras). Além disso, a amplitude do N400 é sensível ao tamanho do léxico, semelhança fonológica e repetição.

Por outro lado, segundo as autoras, a presença do N400, mediante estímulos, como pseudopalavras (i.e., sem representação no léxico), abre portas para a discussão de outros autores que acreditam que o N400 reflete etapas de processamento antes do reconhecimento de palavras e acesso semântico, como análise ortográfica/fonológica, o que poderia explicar a influência do contexto/discurso e o papel na modelagem dos padrões. Logo, tem-se que o N400 não se reflete em subprocessos entendidos a partir de evidências comportamentais e linguísticas, mas pode ser mais propício caracterizá-lo como

[...] um intervalo temporal no qual a análise sensorial unimodal dá lugar a associações multimodais fazendo uso da - e tendo consequências para a - memória de longo prazo [...] em que o acesso à memória multimodal (semântica) de longo prazo ocorre em diferentes pontos como um *continuum* para diferentes estímulos e sob diferentes condições: alguns estímulos podem ser "reconhecidos" antes do acesso e outros o acesso pode ser iniciado antes do reconhecimento ser concluído ... **O N400, em vez de refletir a ativação do "significado de uma palavra", é mais preciso por refletir a atividade em um sistema multimodal da memória de longo prazo** induzida pela apresentação de um estímulo em certo período de tempo. [...] Como consequência, **em um contexto experimental, a presença do N400 a um estímulo pode ser utilizada como ferramenta para avaliar estados de memória semântica, em que a redução do N400 (relativa a uma condição de controle) revela o quanto de informação eliciada normalmente por aquele estímulo está ativa**[...] [grifos nossos] (Kutas & Federmeier, 2011, p. 639).

O processamento semântico e o componente N400 em crianças pré-escolares

O processamento semântico é o mecanismo essencial para a compreensão da linguagem falada, que abrange desde processos neuronais simples (i.e., detecção) até complexos (i.e., recepção, identificação, análise e compreensão de enunciados falados, relacionamento com seus significados, até suas possíveis combinações para formar os significados das sentenças [Foss, 1988; Shahin, Picton, & Miller, 2009]).

No que toca aos estudos com crianças, Kutas e Federmeier (2011) referiram, após análise de alguns estudos, que a arquitetura neural básica para gerar o componente N400 está pronta tempos após o nascimento. Nessa direção, alguns estudos têm relatado a eliciação do componente N400 em crianças com desenvolvimento típico de linguagem e com diferentes transtornos da comunicação, por meio de diferentes paradigmas de violação semântica (e.g., Friedrich & Friederici, 2004; Holcomb & Neville, 1992; Schipke, Friederici, & Oberecker, 2011; Torkildsen, Syversen, Simonsen, Moen, & Lindgren, 2007).

Claramente, tem-se na literatura um aporte maior de estudos que buscam investigar o processamento semântico em adultos; no entanto, verifica-se a necessidade de ampliar a busca a respeito do uso dos PREs para investigar e entender o desenvolvimento da linguagem em crianças com desenvolvimento comunicativo típico ou desviante. Para isso, fazem-se necessárias investigações direcionadas para grupos de crianças na busca por semelhanças - ou diferenças - no padrão de ativação cerebral, visualizados em tarefas específicas. Em vista disso,

este trabalho teve, como ponto norteador, a possibilidade de investigar o padrão de ativação eletrofisiológico (amplitude e latência) de crianças em fase pré-escolar.

Nos capítulos seguintes, serão apresentados estudos e discussão sobre a presença do componente N400 na população infantil em tarefas de violação semântica (Capítulo II), os resultados da investigação sobre o processamento semântico no grupo de crianças com e sem Transtornos dos Sons da Fala a partir de dados eletrofisiológicos (Capítulo III) e os resultados da análise, de forma individualizada, do componente N400 de crianças com Transtornos dos Sons da Fala (Capítulo IV).

REFERÊNCIAS

- Acosta, V. M., Moreno, A., Ramos, A., Quintana, A., & Espino, O. (2006). Avaliação do desenvolvimento morfosintático. In V. M. Acosta, A. Moreno, V. Ramos, A. Quintana, & O. Espino (Eds.), *Avaliação da linguagem: teoria e prática do processo de avaliação do comportamento linguístico infantil* (pp. 17-31). São Paulo: Editora Santos.
- American Psychiatric Association - APA. (2002). *Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais: texto revisado (DSM-IV-TR)*. Porto Alegre: Artmed.
- American Psychiatric Association - APA. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders – DSM-5*. (5th ed.). Arlington: American Psychiatric Association.
- American Speech-Language-Hearing Association – ASHA. (1982). *Language*. Recuperado de <http://www.asha.org/policy/RP1982-00125.htm>
- American Speech-Language-Hearing Association – ASHA. (2018). *Speech sound disorders*. Recuperado de <https://www.asha.org/public/speech/disorders/Speech-Sound-Disorders/>
- Barnes-Holmes, D., Staunton, C., Whelan, R., Barnes-Holmes, Y., Commins, S., Walsh, D., ... & Dymond, S. (2005). Derived stimulus relations, semantic priming, and event-related potentials: Testing a behavioral theory of semantic networks. *Journal of the Experimental Analysis of behavior*, 84(3), 417-433. doi: 10.1901/jeab.2005.78-04
- Baum, W. (1999). *Compreender o behaviorismo: ciência, comportamento e cultura*. (M. T. A. Silva, Trad.) 2. ed. Porto Alegre: Artmed. (Trabalho original publicado em 1994).
- Befi-Lopes, D. M. (2002). *Prova de verificação do vocabulário: aspectos da efetividade como instrumento diagnóstico*. Tese de Livre-Docência, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Benveniste, É. (1995). *Problemas de linguística geral I*. São Paulo: Pontes.

- Berger, H. (1929). Über das elektrenkephalogramm des menschen. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 87(1), 527-570. doi: 10.1007/BF01797193
- Bishop, D. V. (1979). Comprehension in developmental language disorders. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 21(2), 225-238. doi: 10.1111/j.1469-8749.1979.tb01605.x
- Bishop, D. V., & Adams, C. (1990). A prospective study of the relationship between specific language impairment, phonological disorders and reading retardation. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 31(7), 1027-1050. doi: 10.1111/j.1469-7610.1990.tb00844.x
- Bishop, D. V. M. (2009). Genes, cognition, and communication: insights from neurodevelopmental disorders. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156(1), 1-18. doi:10.1111/j.1749-6632.2009.04419.x
- Bishop, D. V. M. (2010). Which neurodevelopmental disorders get researched and why? *PLoS One*, 5(11), 1-9. doi:10.1371/journal.pone.0015112
- Blackwood, D. H., & Muir, W. J. (1990). Cognitive brain potentials and their application. *The British Journal of Psychiatry Supplement*, 157(9), 96-101. doi: 10.1192/S0007125000291897
- Bortoloti, R., Pimentel, N., & Rose, J. C. D. (2014). Electrophysiological investigation of the functional overlap between semantic and equivalence relations. *Psychology & Neuroscience*, 7(2), 183-191. doi: 10.3922/j.psns.2014.015
- Chou, T. L., Booth, J. R., Burman, D. D., Bitan, T., Bigio, J. D., Lu, D., & Cone, N. E. (2006). Developmental changes in the neural correlates of semantic processing. *Neuroimage*, 29(4), 1141-1149. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.09.064

- Clark, E. V., & Hecht, B. F. (1983). Comprehension, production, and language acquisition. *Annual Review of Psychology*, 34(1), 325-349. doi: 10.1146/annurev.ps.34.020183.001545
- Coch, D., Mitra, P., & George, E. (2012). Behavioral and ERP evidence of word and pseudoword superiority effects in 7- and 11-year-olds. *Brain Research*, 1486, 68-81. doi: 10.1016/j.brainres.2012.09.041
- Costa, M. U. C. L. M. (2017). A técnica de ERP no processamento de sentenças de crianças: uma revisão. *Revista de Estudos da Linguagem*, 25(3), 1537-1566. doi: 10.17851/2237-2083.25.3.1537-1566
- Cummings, A., & Čeponienė, R. (2010). Verbal and nonverbal semantic processing in children with developmental language impairment. *Neuropsychologia*, 48(1), 77-85. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.08.012
- De Rose, J.C. (1993). Classes de estímulos: implicações para uma análise comportamental da cognição. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*. 9(2), 283-303.
- De Rose, J.C. (2005). Análise comportamental da aprendizagem de leitura e escrita. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*. 1(1), 29-50. doi: 10.18542/rebac.v1i1.676
- De Toni, P. M., Romanelli, E. J., & De Salvo, C. G. (2005). A evolução da Neuropsicologia: da antiguidade aos tempos modernos. *Psicologia Argumento*, 23(41), 47-55.
- Donegan, P., & Stampe, D. (1979). The study of natural phonology. In: D. Dinnsen (Ed.), *Current approaches to phonological theory*. (pp. 126-173). Bloomington: Indiana University Press.
- Foss, D. J. (1988). Experimental psycholinguistics. *Annual Review of Psychology*, 39(1), 301-348. doi: 10.1146/annurev.ps.39.020188.001505
- Friederici, A. D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(2), 78-84. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01839-8

- Friedrich, M., & Friederici, A. D. (2004). N400-like semantic incongruity effect in 19-month-olds: Processing known words in picture contexts. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1465-1477. doi: 10.1162/0898929042304705
- Giacheti, C. M., & Lindau, T. A. (2017). Diagnóstico diferencial dos transtornos da linguagem infantil. In D. A. C. Lamônica, & D. B. O. Britto (Eds.), *Tratado de Linguagem: perspectivas contemporâneas* (pp. 155-164). Ribeirão Preto: Booktoy.
- Giacheti, C. M., & Rossi, N. F. (2008). Diagnóstico fonoaudiológico dos distúrbios da comunicação. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, 20(Supl), 4-6.
- Golinkoff, R.M.; Hirsh-Pasek, K. (1997). Reinterpretando a compreensão da frase pela criança: em direção a uma nova estrutura. In P. Fletcher & B. Macwhinney (Eds.), *Compêndio da linguagem da criança* (pp. 355-378). Porto Alegre: Artes Médicas.
- Gonzalez, C.M.G., Clark, V.P., Fan, S., Luck, S.J., & Hillyard, S.A. (1994). Sources of attention-sensitive visual event-related potentials. *Brain Topography*, 7(1), 41-51. doi: 10.1007/BF01184836
- Hadji, C. (1994). *A avaliação, regras do jogo: das intenções aos instrumentos*. Portugal: Porto Editora.
- Hagoort, P., & Brown, C. M. (2000). ERP effects of listening to speech: semantic ERP effects. *Neuropsychologia*, 38(11), 1518-1530. doi: 10.1016/S0028-3932(00)00052-X
- Haimson, B., Wilkinson, K. M., Rosenquist, C., Ouimet, C., & McIlvane, W. J. (2009). Electrophysiological correlates of stimulus equivalence processes. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 92(2), 245-256. doi: 10.1901/jeab.2009.92-245
- Harris, M., Yeeles, C., Chasin, J., & Oakley, Y. (1995). Symmetries and asymmetries in early lexical comprehension and production. *Journal of Child Language*, 22(1), 1-18. doi: 10.1017/S0305000900009600

- Hernandorena, C.L.M. (1995). Sobre a descrição de desvios fonológicos e de fenômenos da aquisição da fonologia. *Letras de Hoje* 30(4), 91-110. Recuperado de <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fale/article/view/15688/10329>
- Hillyard, S. A., Vogel, E. K., & Luck, S. J. (1998). Sensory gain control (amplification) as a mechanism of selective attention: electrophysiological and neuroimaging evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 353(1373), 1257-1270. doi: 10.1098/rstb.1998.0281
- Holcomb, P. J., & Neville, H. J. (1990). Auditory and visual semantic priming in lexical decision: a comparison using event-related brain potentials. *Language and Cognitive Processes*, 5(4), 281-312. doi: 10.1080/01690969008407065
- Holcomb, P. J., Coffey, S. A., & Neville, H. J. (1992). Visual and auditory sentence processing: a developmental analysis using event related brain potentials. *Developmental Neuropsychology*, 8(2-3),203-241. doi: 10.1080/87565649209540525
- Ingram, D. (1974). The relationship between comprehension and production. In R. L. Schiefelbusch, & L. L. Lloyd (Eds), *Language perspectives: Acquisition, retardation, and intervention* (pp. 313-334). Baltimore: University Park Press.
- Kaan, E., & Swaab, T. (2003). Repair, revision, and complexity in syntactic analysis: An electrophysiological differentiation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(1), 98-110. doi: 10.1162/089892903321107855
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(12), 463–470. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01560-6
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2009). N400. *Scholarpedia*, 4(10), 7790. doi: 10.4249/scholarpedia.7790

- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62, 621-647. doi: 10.1146/annurev.psych.093008.131123
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207(1), 203-205. doi: 10.1126/science.7350657
- Kutas, M., & Van Petten, C. (1988). Event-related brain potential studies of language. In P. K. Ackles, J. R. Jennings, & M. G. H. Coles. (Eds.), *Advances in psychophysiology* (pp. 139-187). Recuperado de <http://kutaslab.ucsd.edu/people/kutas/pdfs/1988.AP.139.pdf>
- Kutas, M., & Van Petten, C. (1994). Psycholinguistics electrified. In K. Bock, W. J. Levelt, & M. A. Gernsbacher (Eds.), *Handbook of psycholinguistics* (pp. 83-143). Recuperado de <http://kutaslab.ucsd.edu/people/kutas/pdfs/1994.HP.83.pdf>
- Lamprecht, R. R. (1986). Os processos nos desvios fonológicos evolutivos. *Estudo sobre quatro crianças*. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Lamprecht, R. R. (1990). *Perfil de aquisição normal da fonologia do português*. Descrição longitudinal de 12 crianças: 2:9 a 5:5. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Lamprecht, R.R., Bonilha, G. F. G., Freitas, G. C. M., Matzenauer, C. L. B., Mezzomo, C. L., Oliveira, C. C. et al. (2004). *Aquisição fonológica do português: perfil de desenvolvimento e subsídios para a terapia*. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- Lindau, T. A., Giacheti, C. M., Silva, I. B., & Souza, D. G. (2017). Análise do processamento semântico em crianças de zero a seis anos de idade com o N400: uma revisão de literatura. *Revista CEFAC*, 19(5). doi: 10.1590/1982-0216201719513517

- Liu, Y., Perfetti, C. A., & Hart, L. (2003). ERP evidence for the time course of graphic, phonological, and semantic information in Chinese meaning and pronunciation decisions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(6), 1231. doi: 10.1037/0278-7393.29.6.1231
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. Massachusetts: MIT press.
- Mackay, H. A. (2013). Developing syntactic repertoires: Syntheses of stimulus classes, sequences, and contextual control. *European Journal of Behavior Analysis*, 14, 69-85. doi: 10.1080/15021149.2013.11434446
- Mackay H. A. & Fields, L. (2009). Syntax, Grammatical transformation, and Productivity: A synthesis of stimulus sequences, equivalence classes and contextual control. In R. A. Rehfeldt & Y. Barnes-Holmes (Eds.), *Derived Relational Responding: Applications for learners with autism and other developmental disabilities*. Oakland: New Harbinger .
- Matzenauer, C. L. B., & Miranda, A. R. M. (2012). A construção do conhecimento fonológico na aquisição da linguagem. *Revista de Estudos da Linguagem*, 20(2), 91-124. doi: 10.17851/2237-2083.20.2.91-124
- Näätänen, R., & Picton, T. (1987). The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: a review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology*, 24(4), 375-425. doi: 10.1111/j.1469-8986.1987.tb00311.x
- Navas, A. L., Berlim, C., Muszkat, M., & Miranda, M. C. (2006). Neurodesenvolvimento e linguagem. In C. Berlim, M. Muszkat, & M. C. Miranda (Eds). *Neuropsicologia de desenvolvimento* (pp. 93-105). São Paulo: Memnon.

- Neves, A. J., Souza, L. M. R. Gomes, Benitez, P., Bondioli, R. M., Almeida-Verdu, A. C. M. ... Gil, M. S. C. A (2014). Comportamento verbal: diferentes perspectivas de ensino individualizado com variadas populações. In N. B. Borges, L. F. G. Aureliano, & J. L. Leonardi (Orgs). *Comportamento em foco*. (pp. 125-142). São Paulo: Associação Brasileira de Psicologia e Medicina Comportamental – ABPMC.
- Oberecker, R., Friedrich, M., & Friederici, A. D. (2005). Neural correlates of syntactic processing in two-year-olds. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(10), 1667-1678. doi: 10.1162/089892905774597236
- Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, 31(6), 785-806. doi: 10.1016/0749-596X(92)90039-Z
- Passos, M. L. R. F. (2003). A análise funcional do comportamento verbal em Verbal Behavior (1957) de B. F. Skinner. *Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva*, 5(2), 195-213.
- Peterson, N. N., Schroeder, C. E. & Arezzo, J. C. (1995). Neural generators of early cortical somatosensory evoked potentials in the awake monkey. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 96(3), 248-260. doi: 10.1016/0168-5597(95)00006-E
- Pinheiro, A. P., Galdo-Álvarez, S., Sampaio, A., Niznikiewicz, M., & Gonçalves, Ó. F. (2010). Electrophysiological correlates of semantic processing in Williams syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 31(6), 1412-1425. doi: 10.1016/j.ridd.2010.06.017
- Pujol, J., Soriano-Mas, C., Ortiz, H., Sebastian-Galles, N., Losilla, J. M., & Deus, J. (2006). Myelination of language-related areas in the developing brain. *Neurology*, 66(3), 339-343. doi: 10.1212/01.wnl.0000201049.66073.8d

- Puyuelo, M. (2007). Comunicação e linguagem: desenvolvimento normal e alterações no decorrer do ciclo vital. In M. Puyuelo, & J. A. Rondal (Eds) *Manual de desenvolvimento e alterações da linguagem na criança e no adulto* (pp. 87-120). Porto Alegre: Artmed.
- Råling, R., Holzgrefe-Lang, J., Schröder, A., & Wartenburger, I. (2015). On the influence of typicality and age of acquisition on semantic processing: Diverging evidence from behavioural and ERP responses. *Neuropsychologia*, 75, 186-200. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.05.031
- Rizzo, J. M., & Stephens, M. I. (1981). Performance of children with normal and impaired oral language production on a set of auditory comprehension tests. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 46(2), 150-159. doi: 10.1044/jshd.4602.150
- Rosa, M. C. Classes de palavras, tipos de significado e questões relacionadas. In M. C. Rosa (2003). *Introdução à morfologia* (p. 91-114). São Paulo: Contexto.
- Rossi, J.P. (2016). *Psiconeurologia da linguagem: o sentido da linguagem e dos objetos do mundo*. Lisboa: Edições Piaget.
- Sabisch, B., Hahne, A., Glass, E., von Suchodoletz, W., & Friederici, A. D. (2006). Lexical-semantic processes in children with specific language impairment. *Neuroreport*, 17(14), 1511-1514. doi: 10.1097/01.wnr.0000236850.61306.91
- Sanders, L. D., & Neville, H. J. (2003). An ERP study of continuous speech processing. I. segmentation, semantics, and syntax in native speakers. *Cognitive Brain Research*, 15(3), 228-240. doi: 10.1016/S0926-6410(02)00195-7
- Schipke, C. S., Friederici, A. D., & Oberecker, R. (2011). Brain responses to case-marking violations in German preschool children. *Neuroreport*, 22(16), 850-854. doi: 10.1097/WNR.0b013e32834c1578

- Schipke, C. S., Knoll, L. J., Friederici, A. D., & Oberecker, R. (2012). Preschool children's interpretation of object-initial sentences: neural correlates of their behavioral performance. *Developmental Science, 15*(6), 762-774. doi: 10.1111/j.1467-7687.2012.01167.x
- Shahin, A. J., Picton, T. W., & Miller, L. M. (2009). Brain oscillations during semantic evaluation of speech. *Brain and Cognition, 70*(3), 259-266. doi: 10.1016/j.bandc.2009.02.008
- Sidman, M. (1971). Reading and auditory-visual equivalence. *Journal of Speech and Hearing Research, 14*, 5-13.
- Sidman, M. (1994). *Equivalence relations and behavior: A research story*. Boston: Authors Cooperative.
- Skinner, B. F. (1957/1978). *O Comportamento Verbal*. São Paulo: Cultrix.
- Skinner, B. F. (1981). Selection by consequences. *Science, 213*(4507), 501-504.
- Skinner, B. F. (1989a). The origins of cognitive thought. *American Psychologist, 44*(1), 13-18. doi: 10.1037/0003-066X.44.1.13
- Skinner, B. F. (1989b). Genes and behavior. In B. F. Skinner, *Recent Issues in the Analysis of Behavior* (pp. 49-56). Ohio: Merrill Publishing Company.
- Stampe, D. (1973). *A Dissertation on Natural Phonology*. Ph.D. Dissertation, University of Chicago, Chicago.
- Steinhauer, K., Connolly, J. F., Stemmer, B., & Whitaker, H. A. (2008). Event-related potentials in the study of language. In H. Whitaker (Ed.), *Concise Encyclopedia of Brain and Language*. (191-204). Amsterdam: Elsevier.
- Stöhr, M., & Kraus, R. (2009). Eletroencefalografia clínica (EEG). In M. Stöhr, & R. Kraus, *Introdução à neurofisiologia clínica: EMG - EEG - potencias* (pp. 47-59). São Paulo: Editora Santos.

- Stuellein, N., Radach, R. R., Jacobs, A. M., & Hofmann, M. J. (2016). No one way ticket from orthography to semantics in recognition memory: N400 and P200 effects of associations. *Brain Research, 1639*, 88-98. doi: 10.1016/j.brainres.2016.02.029
- Tek, S., Mesite, L., Fein, D., & Naigles, L. (2014). Longitudinal analyses of expressive language development reveal two distinct language profiles among young children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 44*(1), 75-89. doi: 10.1007/s10803-013-1853-4
- Titone, R., & Bernardini, A. F. (1983). *Psicolinguística aplicada: introdução psicológica à didática das línguas*. São Paulo: Summus.
- Torkildsen, J. K., J., Syversen, G., Simonsen, H. G., Moen, I., & Lindgren, M. (2007). Brain responses to lexical-semantic priming in children at-risk for dyslexia. *Brain and Language, 102*(3), 243-261. doi: 10.1016/j.bandl.2006.11.010
- Tudor, M., Tudor, L., & Tudor, K. I. (2005). Hans Berger (1873-1941) - the history of electroencephalography. *Acta Medica Croatica, 59*(4), 307-313. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/7434381_Hans_berger_1873-1941_-_The_history_of_electroencephalography
- Van Petten, C., Coulson, S., Rubin, S., Plante, E., & Parks, M. (1999). Time course of word identification and semantic integration in spoken language. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 25*(2), 394-417. doi:10.1037/0278-7393.25.2.394
- Weber-Fox, C., & Neville, H. J. (2001). Sensitive periods differentiate processing of open- and closed-class words: an ERP study of bilinguals. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 44*(6), 1338-1353. doi: 10.1044/1092-4388(2001/104)

Weiss, A., Tomblin, B., & Robin, D. A. (2002). Language disorders. In J. B. Tomblin, H. L. Morris, & D. C. Spriestersbach. (Eds.), *Diagnosis in speech-language pathology* (pp. 99-131). San Diego: Singular.

Woldorff, M. G., Gallen, C. C., Hampson, S. A., Hillyard, S. A., Pantev, C., Sobel, D., & Bloom, F. E. (1993). Modulation of early sensory processing in human auditory cortex during auditory selective attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *90*(18), 8722-8726. doi: 10.1073/pnas.90.18.8722

CAPÍTULO II

PROCESSAMENTO SEMÂNTICO EM CRIANÇAS DE ZERO A SEIS ANOS DE IDADE: UMA ANÁLISE COM O N400^{13, 14}

¹³ Artigo de revisão publicado na Revista CEFAC. doi: 10.1590/1982-0216201719513517

¹⁴ Manteve-se a formatação, para citações e referências, solicitada pela Revista (Vancouver).

**PROCESSAMENTO SEMÂNTICO EM CRIANÇAS DE ZERO A SEIS ANOS DE
IDADE: UMA ANÁLISE COM O N400**

Semantic processing in children 0 to 6 years of age: an N400 analysis

Tâmara Andrade Lindau^(1,3); Célia Maria Giacheti^(2,3); Isabella Bonamigo da Silva^(2,3);

Deisy das Graças de Souza^(1,3)

⁽¹⁾ Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos, SP, Brasil.

⁽²⁾ Universidade Estadual Paulista - UNESP, Marília, SP, Brasil.

⁽³⁾ Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia sobre Comportamento, Cognição e Ensino - INCT-ECCE

Instituição: Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP, Brasil.

Área: Linguagem

Tipo de Manuscrito: Revisão de literatura

Título resumido: Processamento semântico e N400.

Fonte de Auxílio: Esta pesquisa foi parte do programa científico do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia sobre o Comportamento, Cognição e Ensino, com financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, #465686/2014-1) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, #2014/50909-8). Também obteve financiamento do CNPq (#141107/2015-4).

Conflito de Interesse: Inexistente

Agradecimentos: A Denise Giacheti Gillio, Bibliotecária do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais (HRAC/USP), pelo auxílio e colaboração no levantamento dos dados.

RESUMO

Este estudo consiste em uma revisão da literatura sobre o processamento semântico em crianças de zero a seis anos de idade, analisando dados do N400. Foram encontrados 24 estudos que atenderam aos critérios de elegibilidade. A maior parte dos estudos teve por objetivo investigar e caracterizar o padrão eletrofisiológico de crianças mais novas em relação ao padrão encontrado em crianças mais velhas e adultos. Foi encontrada grande variabilidade de tarefas experimentais empregadas, mostrando diversas alternativas de investigação nesta perspectiva. De forma geral, a análise conjunta dos resultados indicou que, apesar dos diferentes objetivos, tipos de provas experimentais e diferentes graus de habilidade de linguagem (i.e., desenvolvimento típico ou diferentes condições), a idade foi um fator relevante na definição da presença ou não e lateralização do efeito N400. Quando ocorreu, o efeito N400 mostrou que a latência e a amplitude da onda declinam com a idade. No entanto, a variabilidade de procedimentos pode afetar o grau de controle e a confiabilidade dos dados. Para estudos futuros, o desenvolvimento de um protocolo padrão para a investigação do processamento semântico, por meio de dados do efeito N400, em diferentes populações é um passo importante e uma forte recomendação para a área.

Descritores: Semântica; Potenciais Evocados; Eletrofisiologia; Criança; Revisão

ABSTRACT

This study consists of a literature review about the semantic processing in children 0 to 6 years of age and an N400 data analysis. We found 24 studies that met the eligibility criteria. Most studies aimed to investigate and characterize the electrophysiological patterns of younger children compared to the pattern found in older children and adults. It was found a large variability of employed experimental tasks and it showed that there are various investigation alternatives in this perspective. In general, the joint analysis of the results pointed out that despite the different objectives, types of experimental tasks and degrees of language skills (i.e., typical development or different conditions) age was a relevant factor in establishing the presence or not of the N400 effect and its lateralization. When it occurred, the N400 effect showed that the latency and amplitude of the wave declines according to the age. However, the variability of procedures can affect the degree of control and the data reliability. For further studies, it is an important step and a strong recommendation for the area the development of a standard protocol to investigate the semantic processing by means of the N400 effect data in different populations.

Keywords: Semantics; Evoked Potentials; Electrophysiology; Child; Review.

1. INTRODUÇÃO

A linguagem é caracterizada como um sistema dinâmico e complexo que envolve tipos diferentes de informações construídas sobre as regras de uma língua (e.g., subsistema sintático, semântico, pragmático, fonológico)^{1,2}. Embora a integração de tais subsistemas seja considerada para o entendimento de uma definição formal da linguagem, não está totalmente claro como essa integração ocorre nas habilidades de compreensão e produção da linguagem^{1,2}.

A compreensão da linguagem falada é uma das habilidades do desenvolvimento e implica diferentes estágios de processamento, como o acústico-fonológico, o semântico primário (i.e., ativação de informações significativas da palavra) e o semântico secundário, no qual significados de palavras diferentes são associados para permitir a compreensão em contexto específico³⁻⁵.

Especificamente sobre o processamento semântico, atualmente são utilizadas técnicas neurofisiológicas com o intuito de investigar como este mecanismo ocorre.

A eletroencefalografia (EEG) tem sido considerada importante para investigar e identificar os correlatos neurais dos processos cognitivo-comportamentais envolvidos na linguagem falada em relação ao controle contextual⁶⁻⁸.

Uma das medidas eletrofisiológicas fornecidas pela EEG é denominada *Event-Related Potential (ERP)* ou Potencial Relacionado a Evento, que se refere a pequenas tensões/respostas das estruturas cerebrais geradas por estímulos de diferentes modalidades sensoriais (e.g., visuais ou auditivos), derivando, assim, padrões regulares chamados de componentes. Tais componentes são classificados mediante a sua polaridade, pela flutuação negativa – N – e positiva – P –, e a sua latência após o início da estimulação (e.g., N100, N400, P600)^{9,10}.

O componente N400 - onda negativa que ocorre entre 250 e 500 milissegundos (ms) após o início do estímulo, com pico por volta de 400ms - foi descrito pela primeira vez em 1980, por Kutas e Hillyard^{11,12}, ao avaliar a leitura de palavras semanticamente incongruentes

em relação ao contexto da sentença apresentada⁷. Atualmente, constata-se que o N400 reflete pelo menos dois aspectos: (1) a integração semântica ao contexto; (2) e o acesso à informação da memória de longo prazo⁷. Diversos estudos têm investigado o efeito N400 em crianças e adultos^{2,7,13-15}, e o achado geral indica que a latência e a amplitude da onda declinam com a idade¹²⁻¹⁶, e que alguns fatores— a frequência de palavras, o contexto e a posição da palavra na frase — podem influenciar a amplitude do efeito N400⁸.

Friedrich e Friederici (2010)⁵ propuseram que o efeito N400 fornece indícios da relação entre o desenvolvimento da linguagem e as representações neurais/funções que suportam seu processamento. Nessa direção, esse efeito pode ser usado como ferramenta metodológica para estudar aspectos específicos de desenvolvimento da linguagem, por subsidiar a investigação de diferenças sutis no processamento das informações que não podem ser detectadas por meio de medidas comportamentais, tanto em populações típicas, quanto de risco ou transtornos da comunicação⁸⁻¹⁷.

O efeito N400 possibilita abordar questões psicolinguísticas em diferentes fases do desenvolvimento, não passíveis de serem analisadas por outros tipos de medidas⁸. O presente estudo teve como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre o processamento semântico em crianças de zero a seis anos de idade, analisando dados do N400.

2. MÉTODOS

Este estudo caracteriza-se por uma revisão integrativa da literatura especializada. Para sua elaboração, as seguintes etapas foram consideradas: (1) identificação do tema; (2) estabelecimento da pergunta de pesquisa; (3) definição de estratégia de busca e dos critérios de inclusão e exclusão; (4) busca nas bases de dados e portal de periódicos; (5) análise dos estudos selecionados; e (6) apresentação da síntese do conhecimento¹⁸.

Com o intuito de apresentar dados referentes aos achados eletrofisiológicos, especificamente sobre o processamento semântico (i.e., componente N400) de crianças de zero a seis anos, a questão norteadora foi: há um padrão de ativação eletrofisiológico para o processamento semântico em crianças de zero a seis anos? Este padrão altera-se ao longo do desenvolvimento da linguagem?

2.1 Procedimento de busca

Primeira etapa

Foram realizadas buscas na Biblioteca Virtual em Saúde - bases Lilacs, Ibecs, MedCarib, Wholis e Adolec, nas bases Pubmed/Medline, Scopus, Web of Science e na biblioteca eletrônica de periódicos Scielo - Scientific Electronic Library Online, sem restrição de período, utilizando-se descritores (i.e., termos padronizados, definidos por especialistas) encontrados após consulta nos Descritores em Ciências da Saúde - DeCS, ou palavras de linguagem livre relacionadas ao objetivo do presente estudo. Ressalta-se que este levantamento foi realizado com auxílio de um profissional bibliotecário da área, que atua em uma Unidade de Ensino e Pesquisa.

Pontualmente, os descritores/palavras utilizados no levantamento foram: linguagem, comportamento verbal, desenvolvimento da linguagem, transtornos do desenvolvimento da linguagem, semântica, ERP e N400. Para a busca em inglês foram utilizados os seguintes descritores/palavras: language, verbal behavior, language development, language development disorders, semantics, ERP, evoked potential N400 e N400.

2.1.1 Critérios de seleção dos artigos

Os artigos utilizados nesta revisão foram obtidos até Fevereiro de 2017 e os critérios de inclusão foram: (a) artigos de pesquisa, originais, completos, sobre o tema especificado; (b) publicações em Português, Espanhol ou Inglês.

Foram excluídos os trabalhos: (a) duplicados em diferentes bases de dados; (b) de revisão; (c) e os que não reportavam resultados sobre o componente N400.

Segunda etapa

Foi realizada também a análise das referências nos artigos selecionados na primeira etapa, a fim de localizar outros estudos sobre o tema. Quando isto ocorreu, os artigos assim identificados foram incorporados à lista dos trabalhos analisados na revisão.

3. REVISÃO DA LITERATURA

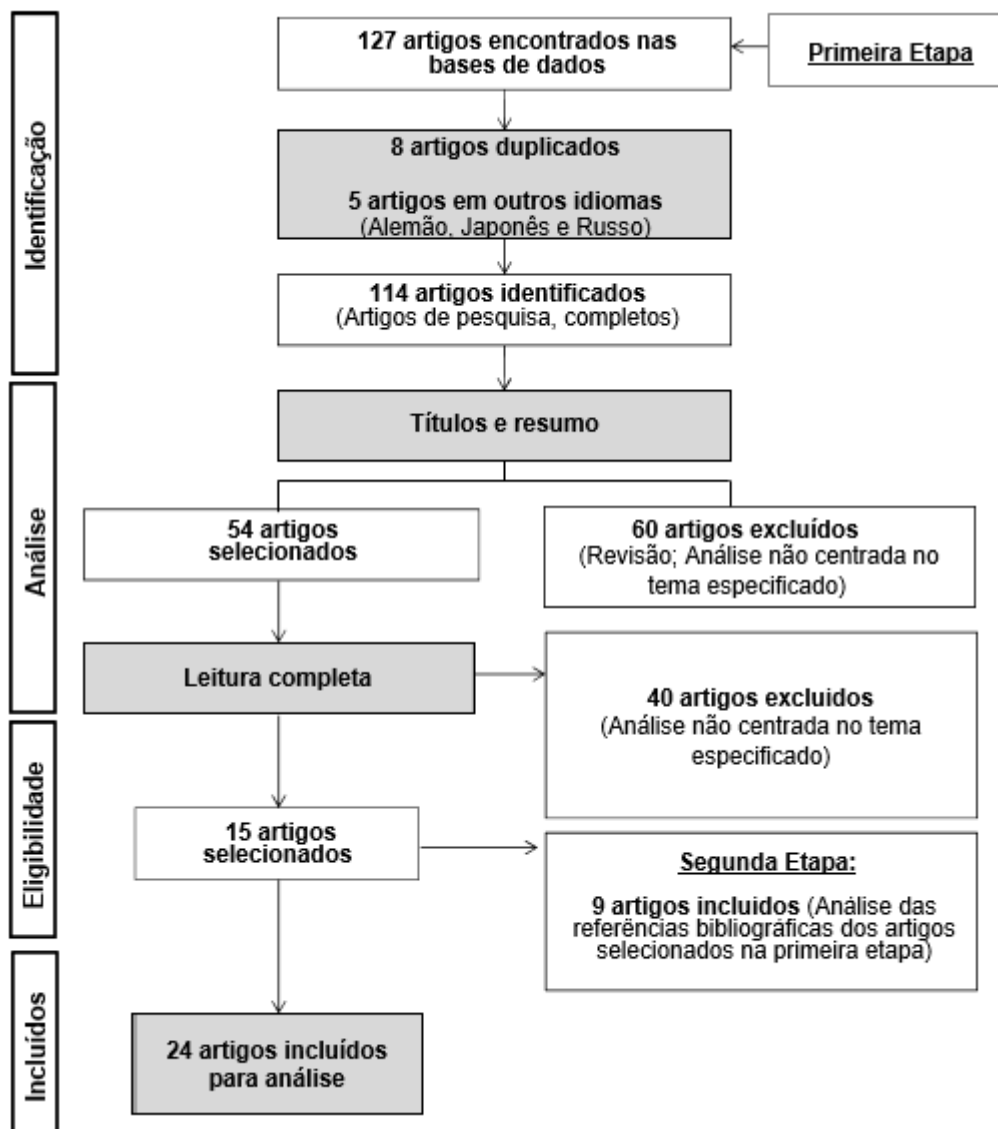
Inicialmente, obtiveram-se como resultado 127 artigos na base de dados. Realizou-se, então, a análise por dois pesquisadores, que chegaram a um consenso de que 15 trabalhos da primeira etapa cumpriam todos os critérios elencados. Como resultado da segunda etapa, nove trabalhos foram incluídos. Os resultados referentes à busca e análise nos 24 artigos estão dispostos a seguir (Figura 2.1).

Na Tabela 2.1, apresentam-se o ano de publicação, os autores, a casuística e o paradigma dos artigos compilados.

Para discussão qualitativa dos 24 artigos selecionados, os autores do presente estudo decidiram categorizá-los utilizando o método proposto por Ruiz-Olabuénaga (2012)³⁹, que parte de núcleos temáticos buscando encontrar contiguidade e correspondência entre os diferentes estudos, agrupando-os em categorias abrangentes. Posto isso, os estudos foram agrupados em dois núcleos temáticos e em duas faixas etárias, a saber: (a) crianças de zero a 2

anos e 11 meses típicas; (b) crianças de zero a 2 anos e 11 meses com risco/transtornos da comunicação; (c) crianças de 3 a 6 anos e 11 meses com desenvolvimento típico; (d) e crianças de 3 a 6 anos e 11 meses com risco/transtornos da comunicação.

A apresentação dos estudos no capítulo resultado seguiu a idade cronológica das crianças, em ordem crescente.



Nota: Adaptado de Moher, Liberati, Tetzlaff e Altman (2009)¹⁹.

Figura 2.1 - Processo de seleção e resultados do levantamento bibliográfico

Tabela 2.1

Resumo das informações dos artigos compilados

Ano	Autores	Casística*	Paradigma
1992	Holcomb; Coffey; Neville ¹⁶	36 sujeitos entre 5 anos a 26 anos	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes
1996	Juottonen; Revonsuo; Lang ²⁰	36 crianças entre 5 anos 7 meses a 11 anos 5 meses	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes
1999	Byrne; Connolly; MacLean; Dooley; Gordon; Beattie ²¹	56 crianças entre 5 e 12 anos	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2004	Friedrich; Friederici ²²	55 crianças de 19 meses e 20 adultos com média de 23.7 anos	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2005	Friedrich; Friederici ²³	111 crianças de 19 e 24 meses	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes
2005	Silva-Pereyra; Klarman; Lin; Kuhl ²⁴	19 crianças de 30 meses	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes
2005	Silva-Pereyra; Rivera-Gaxiola; Kuhl ²	35 crianças de 3 e 4 anos	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes
2006	Torkildsen; Sannerud; Syversen; Thormodsén; Simonsen; Moen et al. ¹²	27 crianças de 20 meses	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2006	Friedrich; Friederici ²⁵	40 crianças de 19 meses	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2007	Sheenan; Namy; Mills ²⁶	34 crianças de 18 e 26 meses	Imagem <i>versus</i> palavras ou gestos congruentes/incongruentes
2007	Torkildsen; Syversen; Simonsen; Moen; Lindgren ²⁷	36 crianças de 20 a 24 meses	Imagem <i>versus</i> palavra congruentes/incongruentes
2008	Torkildsen; Svangstu; Hansen; Smith ²⁸	44 crianças com 20 meses	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2010	Friedrich; Friederici ⁵	52 crianças de 12 meses	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2010	McCleery; Ceponiene; Burner; Townsend; Kinnear; Schreibman ²⁹	28 crianças com média de 5.8 anos	Imagem <i>versus</i> palavras/som ambiental congruentes/incongruentes
2011	Schipke; Friederici; Oberecker ³⁰	87 crianças nas faixas etárias: 3; 4 anos e 6 meses e 6 anos	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes
2011	Takahashi; Suzuki; Shibata; Fukumitsu; Gyoba; Hagiwara et al. ³¹	59 crianças de 4 a 5 anos	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes

Tabela 2.1

Continuação

Ano	Autores	Casuística*	Paradigma
2011	Ojima; Matsuba-Kurita; Nakamura; Hoshino; Hagiwara ³²	350 crianças de 6 a nove anos	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2012	Shipke; Knoll; Friederici; Oberecker ¹⁵	87 crianças de 3 e 4 anos e 6 meses	Sentenças auditivas
2013	Kuipers; Thierry ³³	26 crianças de 2 a 3 anos	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2013	Weber-Fox; Wray; Arnold ³⁴	54 crianças de 3 a 5 anos	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes
2013	Rämä; Sirri; Serres ³⁵	43 crianças de 18, 23 e 24 meses	Pares de palavras de categorias semânticas iguais ou diferentes
2014	Maitre; Henderson; Gogliotti; Pearson; Simmos; Wang et al. ³⁶	16 crianças de 5 a 12 anos	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2015	Borgström; Torkildsen; Lindgren ³⁷	70 crianças de 20 e 24 meses	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2015	Kuipers; Thierry ³⁸	14 crianças com média de 29 meses e 14 com média de 32 meses	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes

*Número de crianças e idade em anos/meses

3.1 O efeito N400 em crianças de zero a 2 anos e 11 meses com desenvolvimento típico

Nesta temática, apresentar-se-ão os dez trabalhos encontrados no processo de revisão.

Na tentativa de investigar o processamento semântico aos 12 meses de idade, pesquisadores elaboraram um paradigma de imagem *versus* som nas condições congruentes (palavras reais) e incongruentes (palavras sem sentido), apresentadas de forma randomizada⁵. Os autores dividiram as crianças em dois grupos: alta e baixa produção de vocabulário. Apenas o grupo de alta produção de vocabulário exibiu o efeito N400. Apesar da presença desse efeito, observou-se um atraso na latência e duração reduzida da onda quando comparado ao observado em crianças mais velhas e em adultos, e os autores especularam que há fortes indícios da relação entre o desenvolvimento da linguagem e o funcionamento dos mecanismos neurais

geradores do efeito N400. No entanto, a ausência do efeito N400 em crianças com baixa produção de vocabulário foi interpretada como uma relação meramente associativa (entre imagem e som) relacionada à maturação cerebral, o que não implica, segundo os autores em processamento semântico.

Em outro estudo³⁵, foi utilizada uma tarefa de *priming* semântico auditivo de pares de palavras a fim de verificar se palavras armazenadas na memória semântica de longo prazo são organizadas por categorias semânticas, em crianças de 18 meses e 24 meses de idade. Para isso, eram apresentados pares de estímulos relacionados e independentes, e os resultados revelaram que as crianças com 18 meses de idade com alta performance de vocabulário exibiram o efeito N400, como as crianças de 24 meses de idade, o que sugere que as habilidades avançadas de vocabulário podem contribuir para a organização do sistema semântico-lexical em desenvolvimento.

Um único estudo investigou mudanças nos padrões de atividade cerebral relacionadas ao significado de gestos e palavras em crianças de 18 e 26 meses de idade²⁶. Para a avaliação, foram selecionados 22 objetos associados a gestos e palavras, e os resultados sugeriram que os gestos e a palavra parecem compartilhar um sistema neural de processamento semelhante em estágios iniciais de aquisição da linguagem (i.e., aos 18 meses), mas parecem divergir aos 24 meses de idade, em que as palavras forneceram um contexto semântico mais forte. Logo, gestos e palavras parecem assumir funções comunicativas divergentes.

Friedrich e Friederici (2004)²² propuseram investigar se o efeito N400 está presente durante a aquisição da linguagem. Para isso, utilizaram o paradigma imagem *versus* palavras de forma congruente e incongruente randomizadas. Aos 19 meses, as crianças apresentaram o efeito N400 para a incongruência de forma distribuída pelo escalpo, porém o hemisfério esquerdo parece apresentar maior ativação, diferente do adulto. Ao comparar crianças com alto e baixo desempenho em tarefa de compreensão, as crianças com baixo desempenho mostraram

um efeito sutil para a incongruência semântica no hemisfério esquerdo e com latência atrasada. As crianças com alto desempenho, por sua vez, apresentaram o efeito para a incongruência na mesma latência apresentada pelos adultos, apesar de a distribuição no escalpo não corresponder exatamente à dos adultos.

Nessa direção, para investigar o processamento semântico de crianças de 19 e 24 meses de idade, foi utilizado o paradigma de sentenças auditivas com finais congruentes e incongruentes randomizadas²³. Aos 24 meses, houve negatividade aumentada (i.e., amplitude maior) para estímulos incongruentes, com distribuição centro-parietal; e aos 19 meses, houve uma resposta similar, porém com distribuição mais ampla pelo escalpo. De modo geral, a negatividade iniciou-se ao mesmo tempo em que nos adultos, porém o efeito se estendeu até 1200ms, o que poderia indicar um processamento mais lento. Portanto, os autores concluíram que antes dos dois anos de idade as crianças são capazes de integrar a informação semântica durante o processamento de frases simples.

Em outro estudo²⁸, o objetivo foi investigar o processamento semântico após o ensino de associações entre novas palavras e imagens, em crianças com alto e baixo desempenho de vocabulário, aos 20 meses de idade. Para a avaliação eletrofisiológica, as associações treinadas foram violadas, e associações de palavras e imagens reais foram adicionadas como condição controle. Os resultados mostraram que houve influência da quantidade de vocabulário na performance do mapeamento, ou seja, para palavras novas, o grupo com alto desempenho relacionado ao vocabulário apresentou o efeito N400 para incongruência das palavras aprendidas quando a relação ensinada foi violada e houve ampla distribuição do efeito no escalpo. O grupo de baixo desempenho relacionado ao vocabulário não apresentou diferença entre congruência e incongruência, e os autores levantaram a hipótese de que não ocorreu o mapeamento ou este não foi suficiente para eliciar o efeito N400, possivelmente devido à maturação cerebral. Em relação às palavras reais, ambos os grupos apresentaram o efeito N400

para incongruência com distribuição centrada na região centro-parietal, porém para o grupo de baixo desempenho o efeito foi mais lateralizado à direita. Dessa forma, os dados indicaram que somente as crianças com alto desempenho em relação ao vocabulário conseguiram estabelecer conexões estáveis entre novas palavras e referentes.

Ainda nessa temática, Borgström e colaboradores (2015)³⁷ realizaram uma investigação longitudinal das respostas eletrofisiológicas durante um mapeamento rápido, em crianças entre 20 e 24 meses. Foram utilizados estímulos organizados em dez blocos independentes: 3 palavras *versus* objetos reais e 3 pseudopalavras *versus* objetos novos cada, apresentados de forma randomizada, e os conjuntos de estímulos foram diferentes aos 20 e 24 meses. O tamanho do vocabulário relacionou-se apenas com a modulação do efeito N400 para pseudopalavras, demonstrando um notável desenvolvimento da capacidade de mapeamento rápido entre 20 e 24 meses. Em estímulos congruentes, houve diferença no padrão de ativação aos 20 e 24 meses, ou seja, aos 20 meses não houve efeito principal, mas uma interação que indicou um efeito de incongruência apenas para palavras reais; aos 24 meses, no entanto, ocorreu o efeito principal. Essas interações indicaram que, para pseudopalavras, houve maior negatividade para apresentações incongruentes em todas as regiões. De forma geral, em quatro meses, as crianças triplicaram o vocabulário produtivo, demonstrando mudanças no efeito N400, e crianças com alta produção de vocabulário apresentaram a modulação do efeito N400 de forma semelhante aos adultos.

Torkildsen e colaboradores (2006)¹² investigaram o efeito da organização semântica da memória de longo prazo para respostas de incongruência de crianças com 20 meses de idade. Para isso, utilizaram uma tarefa com paradigma imagem *versus* som, em que cada palavra tinha um dos três tipos de relação com o conteúdo da imagem: (1) congruente - condição de controle; (2) incongruente – violação intra-categoria, supraordinária; ou (3) incongruente – violação entre-categoria. As crianças com alta performance mostraram efeito de incongruência

com latência menor, maior amplitude e ligeiramente lateralizado à direita, quando comparadas às crianças com baixa performance em que a resposta tende a ser mais lateralizada à esquerda. Em relação às categorias, o efeito N400 foi observado de forma semelhante em ambas as condições de incongruência, porém com latência menor e maior amplitude para condição entre-categoria quando comparada à condição intra-categoria, o que sugere que as crianças foram capazes de discriminar entre duas palavras de nível básico na mesma categoria supraordinária. Nesta direção, tais dados evidenciaram que o efeito N400 parece ser sensível à incongruência sob organização semântica do léxico mental.

O paradigma de imagem *versus* palavras semanticamente congruentes e incongruentes também foi utilizado com o intuito de comparar os índices eletrofisiológicos de atenção e integração semântica em crianças bilíngues e monolíngues de dois a três anos³⁸. Pela análise da integração semântica, o efeito N400 não diferiu entre os grupos, sugerindo que o bilinguismo não afeta a compreensão da fala.

Com o objetivo de investigar o padrão eletrofisiológico de crianças aos 30 meses de idade, Silva Pereyra et al. (2005)²⁴ utilizaram uma tarefa com 53 frases semanticamente congruentes e 53 incongruentes. O resultado encontrado foi comparado a estudo prévio com crianças de 36 e 48 meses². A formação da onda negativa aos 30 meses apresentou o mesmo padrão das crianças de 36 e 48 meses, isto é, foi significativamente maior em relação às frases semanticamente incongruentes e em eletrodos anteriores, sugerindo que a ativação destas áreas cerebrais para o processamento ocorre de forma precoce no desenvolvimento.

3.2 O efeito N400 em crianças de zero a 2 anos e 11 meses com risco para transtornos da comunicação

Friedrich e Friederici (2006)²⁵ investigaram se a ocorrência do N400 aos 19 meses está associada às habilidades de linguagem de crianças com e sem risco para Distúrbio Específico

de Linguagem (DEL). Utilizaram uma tarefa composta por palavras congruentes ou incongruentes (i.e., pseudopalavras e não palavras) *versus* imagem de objetos. As crianças do grupo controle apresentaram amplitude maior restrita à região frontal do hemisfério esquerdo para palavras congruentes e maior amplitude e distribuição ampla para palavras incongruentes. As crianças do grupo de risco apresentaram resposta com maior amplitude apenas para palavras congruentes (i.e., não apresentaram efeito N400 para palavras incongruentes), na região frontal de ambos os hemisférios, bem como central e temporal do hemisfério direito. Esses resultados sugeriram que o efeito N400 aparece mais cedo em crianças com habilidades de linguagem sem fator de risco para seu desenvolvimento.

Nesta mesma perspectiva, Torkildsen e colaboradores (2007)²⁷ propuseram a investigação dos efeitos da iniciação lexical-semântica em crianças com e sem risco para desenvolver dislexia (histórico familiar positivo), dos 20 aos 24 meses. Para isso, foram utilizadas tarefas divididas em: congruente em condição de controle (i.e., palavra correspondente à imagem); incongruente com violação dentro da categoria (i.e., palavra não correspondente à imagem, mas da mesma categoria semântica); e incongruente com violação entre categorias (i.e., palavra não correspondente à imagem e em diferente categoria semântica). As crianças com risco para desenvolver dislexia apresentaram, em geral, uma resposta negativa à condição de controle e à violação intra categorias. Essas condições eliciaram o efeito N400 com maior amplitude em relação à condição de violação entre categorias.

3.3. O efeito N400 em crianças pré-escolares com desenvolvimento típico

Esta temática, por sua vez, reúne nove trabalhos encontrados sobre crianças com desenvolvimento típico

O efeito N400 associado a mudanças no tamanho da pupila, em crianças de dois a três anos de idade, crianças monolíngues e bilíngues, foi investigado em um paradigma palavra-imagem correspondente³³. Para a avaliação, era apresentada uma palavra falada e após 850 ms era apresentada uma imagem congruente ou não com a palavra previamente apresentada. Como resultado, ambos os grupos apresentaram respostas eletrofisiológicas equivalentes para o efeito N400, ou seja, estímulos incongruentes geraram uma deflexão com amplitude maior quando comparados aos estímulos congruentes. Em relação aos resultados da dilatação da pupila, ambos os grupos apresentaram diferenças: as crianças bilíngues exibiram um padrão semelhante ao dos adultos (i.e., maior dilatação para a condição incongruente); e crianças monolíngues exibiram respostas equivalentes para ambos os tipos de estímulos. Nesse sentido, crianças bilíngues apresentaram uma correlação positiva entre o tamanho da pupila e da amplitude do efeito N400 na condição incongruente, e crianças monolíngues, uma correlação negativa. Segundo os autores, crianças monolíngues e bilíngues apresentam proficiência semelhante para relacionar imagens e palavras correspondentes, mas diferem em relação à atenção empregada na tarefa, em que crianças bilíngues atribuíram mais atenção aos estímulos inesperados, o que levaria ao processamento mais eficiente.

Com o objetivo de investigar a diferença e o tempo relativo dos ERPs induzidos por frases morfossintática e semanticamente anômalas, em crianças de três e quatro anos de idade, foram utilizadas frases compostas por palavras da base de dados do Inventário MacArthur e 34 verbos². Foram construídas 53 frases congruentes; outras 53 incongruentes foram criadas mudando a última palavra, criando incongruência com o verbo, sendo apresentadas de forma randomizada. Aos três anos, foram observadas ondas negativas, com amplitude maior para frases semanticamente incongruentes. Uma primeira negatividade foi iniciada em 400ms, com pico máximo em 500ms, sendo significativamente maior para as sentenças semanticamente incongruentes; a segunda negatividade iniciou-se em 550ms e tornou-se máxima em 650 ms;

e a última negatividade tornou-se máxima em 800 ms e terminou em torno de 1000 ms. Aos quatro anos, observaram-se as duas primeiras ondas negativas presentes aos três anos, no entanto a primeira onda foi evidente nesta faixa etária e a segunda negatividade foi significativa em todo o couro cabeludo.

Schipke, Friederici e Oberecker (2011)³⁰ propuseram investigar estratégias de processamento durante as violações sintático-temáticas de crianças típicas de três, quatro anos e seis meses e seis anos de idade. Para a avaliação, foram construídas 96 sentenças, das quais: 24 eram corretas para a relação sujeito-objeto; 24 eram corretas para a relação objeto-sujeito; 24 com duplo nominativo incorreto; 24 com duplo acusativo incorreto. Os três grupos apresentaram negatividade na violação dupla nominativa, em que os grupos mais novos apresentaram latência aumentada. Para a acusativa, o grupo de crianças com três anos de idade não apresentou negatividade; no grupo de quatro anos, a negatividade foi lateralizada à esquerda na região parietal; e aos seis anos também houve negatividade. Embora crianças de três anos detectassem violações morfossintáticas, elas não identificaram o processo sintático e temático (N400). As crianças de quatro anos começaram a desenvolver a habilidade temática - negatividade parietal à esquerda (N400), em que a latência diminuiu com a idade. Aos seis anos, o efeito N400 foi observado e refletiu a dificuldade de integração temática. Dessa forma, os autores concluíram que o efeito N400 pode surgir em crianças, mas depende das estruturas linguísticas estudadas e, muito provavelmente, do domínio da criança das estruturas utilizadas.

Em estudo subsequente¹⁵ com a mesma população, os mesmos autores investigaram o desenvolvimento do processamento de estruturas de marcação de casos e argumentos, ou seja, investigaram os potenciais eliciados em resposta ao objeto inicial comparado ao sujeito inicial de frases em alemão incluindo verbos transitivos e frases nominais. Para a avaliação, foram construídas 48 frases, das quais 24 apresentavam a condição de sujeito inicial e outras 24, a condição de objeto inicial. Os resultados demonstraram que, aos três anos, as crianças são

insensíveis à detecção da informação de marcação de caso; e aos quatro anos e seis meses, não houve diferenças no processamento das duas condições. Aos seis anos, as crianças mostraram o mesmo padrão de negatividade encontrado em adultos, com pico na mesma latência, mas não tão prolongado e focal como nos adultos. Portanto, aos seis anos, as crianças apresentam o processamento do início da oração de forma semelhante aos adultos, mas não para o resto da frase.

Takahashi e colaboradores (2011)³¹ examinaram o efeito da exposição à língua não nativa (i.e., inglês) sobre os ERPs de crianças falantes da língua japonesa pré-escolares de quatro a cinco anos de idade. As crianças de quatro anos foram expostas a 15 minutos e as de cinco anos a 45 minutos por dia ao idioma não nativo. Para avaliar o efeito dessa exposição, 88 sentenças com finais congruentes e incongruentes na língua nativa foram utilizadas. As crianças de cinco anos apresentaram diferenças tanto na latência como na distribuição do efeito N400 pelo escalpo em relação ao grupo controle e ao grupo de quatro anos; no grupo de quatro anos, o efeito não foi encontrado. Dessa forma, os autores concluíram que a latência, a duração e a distribuição do processamento foram vulneráveis ao tempo de exposição à língua não nativa.

Nesta mesma perspectiva, outro estudo investigou os efeitos da língua não nativa e da quantidade de exposição sobre a aprendizagem de crianças de seis a nove anos de idade em cenário longitudinal de três anos de pesquisa³². Para a avaliação, foram utilizadas 80 palavras inglesas de nível básico e 80 palavras japonesas, em sessões com 320 ensaios, com apresentação de uma imagem; cada palavra foi apresentada em contexto congruente e incongruente em ordem pseudoaleatória. Os resultados mostraram o seguinte: quando o tempo de exposição foi controlado, a idade da primeira exposição levou a maior proficiência em Inglês e maior amplitude no efeito N400; o tempo de exposição mais longo conduziu à melhor proficiência em inglês e maiores amplitudes do efeito N400, independente da idade da primeira

exposição. Esses dados destacaram a importância da quantidade de exposição no aprendizado da língua não nativa e lança dúvidas sobre a visão de que iniciar a aprendizagem da língua não nativa mais cedo produz melhores resultados.

Em estudo transversal¹⁶ com sujeitos de 5 a 26 anos, o objetivo foi traçar mudanças desenvolvimentais no processamento de sentenças congruentes e incongruentes. As crianças de cinco e seis anos foram avaliadas com uma versão auditiva da tarefa, enquanto os outros, com a versão escrita, por meio da realização de leitura. Crianças aos cinco e seis anos apresentaram o efeito N400 apenas para sentenças incongruentes, assim como as crianças mais velhas e adultos. Observou-se, ainda, que a latência e a amplitude do N400 diminuíram com a idade: crianças de 5 anos apresentaram latência em torno de 620ms; adolescentes, em torno de 500ms; e adultos, em torno de 400 ms.

Juottonen, Revonsuo e Lang (1996)²⁰ investigaram a presença de N400 em crianças de 5 a 11 anos e adultos, por meio de estímulos que requerem o processamento semântico; ou seja, empregaram 200 frases, das quais 100 eram congruentes e 100 incongruentes, apresentadas de forma randomizada. Como resultado, encontraram que o N400 foi diferente entre adultos e crianças: nas crianças, o pico ocorreu mais tardiamente para sentenças congruentes e incongruentes (entre 500 e 600 ms) e foi mais pronunciado à direita nas regiões frontal e parietal; para adultos, o pico ocorreu apenas para sentenças incongruentes (entre 400 e 500 ms) sem qualquer efeito de assimetria entre os hemisférios. Portanto, foi encontrado o mesmo padrão de estudos anteriores para o N400.

Por fim, um estudo desta temática propôs testar a validade de uma tarefa auditiva passiva computadorizada para acessar o vocabulário receptivo em crianças típicas de 5 a 12 anos de idade²¹. Foram selecionadas 80 imagens do teste PPVT-R, as quais formaram 160 estímulos, ou seja, para cada imagem havia dois estímulos auditivos - o nome congruente e o incongruente - randomizados. Os resultados apontaram que, na faixa etária de 5-6 anos, o

componente N400 foi definido entre 400 e 800 ms, ocorrendo um aumento na amplitude para incongruência, independente do sítio cerebral. Tal dado sugeriu que neste estágio do neurodesenvolvimento as crianças são capazes (têm acurácia) de processar a informação, mas esta não é eficiente, estando distribuída pelo escalpo. Portanto, tais dados ofereceram um primeiro passo positivo para a utilização de tarefas desse tipo, em crianças com prejuízos na linguagem expressiva e no controle motor.

3.4 O efeito N400 em crianças pré-escolares com risco/transtornos da comunicação

Considerando essa temática, as habilidades de processamento semântico, avaliadas pelo efeito N400, foram investigadas em crianças de três a cinco anos de idade com disfluências gagas e seus controles³⁴. Para a avaliação, sentenças faladas (i.e., estímulos) acompanharam apresentações visuais de cinco episódios de um desenho animado em que dois cenários foram criados para cada episódio, randomizando estímulos congruentes e incongruentes, contrabalançados entre os participantes. Os grupos apresentaram aumento na amplitude do efeito N400 mediante as alterações semânticas, porém não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Em relação à latência, esta foi menor para o grupo que não apresentava gagueira, porém também não houve diferença estatística entre os grupos. Dessa forma, os autores apresentam como argumento a possibilidade de um processo de acesso e integração lexical menos eficiente para crianças que gaguejam, o que poderia reduzir a eficiência de processamento semântico.

Outro estudo²⁹ teve por objetivo investigar o processamento semântico verbal e não verbal de crianças autistas de alto funcionamento (e seus pares), entre quatro e sete anos, por meio do ERPs. Para isso, foi utilizado um paradigma de imagem versus som utilizado em estudos anteriores, em que as crianças observaram até dois blocos de 108 ensaios (54 congruentes, 54 incongruentes) em cada condição – palavras ou sons ambientais versus

imagens. Não foram observadas diferenças entre os grupos no número de ensaios, e apenas as crianças típicas apresentaram diferenças nas amplitudes do N400 entre palavras congruentes e incongruentes, ou seja, crianças com autismo de alto funcionamento não apresentaram qualquer índice de detecção da incongruência semântica (efeito N400) em resposta a palavras versus imagens incongruentes. No entanto, este grupo apresentou o efeito N400 em resposta a sons ambientais incongruentes, assim como o grupo com desenvolvimento típico.

Apenas um estudo pesquisou o efeito N400 em população diagnosticada com Paralisia Cerebral³⁶, e teve como objetivo investigar a possibilidade de registrar mudanças nos padrões de ativação cerebral após intervenção motora. Para tal avaliação, os autores utilizaram como base a tarefa proposta por Byrne e colaboradores (1999), isto é, uma tarefa receptiva passiva de correspondência de imagem-palavra congruentes e incongruentes em três momentos: antes da intervenção, logo após a intervenção e seis meses após a intervenção. Os resultados encontrados apontaram diferença no padrão de ativação por estímulos congruentes e incongruentes na população estudada. Em relação ao hemisfério contralateral à lesão, a amplitude à incongruência foi maior e similar nos três momentos de avaliação. No hemisfério ipsilateral à lesão, por sua vez, houve diferenças entre estímulos congruentes e incongruentes menos definidos antes da intervenção, aumento da amplitude à incongruência logo após a intervenção e manutenção seis meses depois. Dessa forma, tais dados sugeriram que a metodologia de ERP é apropriada para medidas das funções corticais de crianças com comprometimentos motores e de linguagem, permitindo observar efeitos da intervenção motora.

Analisando mais especificamente e em conjunto os artigos revisados, observou-se que a maior parte dos estudos teve por objetivo investigar e caracterizar o padrão eletrofisiológico de crianças mais novas em relação ao padrão encontrado em crianças mais velhas e adultos em

tarefas de processamento semântico. A variabilidade de tarefas experimentais empregadas (e.g., pares de palavras, imagem *versus* som, ensino de relações, sentenças) mostrou diversas alternativas de investigação nesta perspectiva. No entanto, a variabilidade de procedimentos pode afetar o grau de controle e a confiabilidade dos dados.

Em uma linha desenvolvimental típica, observou-se que, aos 12 meses de idade, crianças com alta produção de vocabulário apresentaram o efeito N400 com atraso na latência e duração reduzida da onda quando comparado ao observado em crianças mais velhas e adultos⁵; aos 19 e 24 meses de idade, estímulos incongruentes provocaram uma amplitude maior, iniciada ao mesmo tempo em que nos adultos, porém com efeito prolongado em ambos os grupos etários^{22,23,25}; aos 20 meses, crianças com alta e baixa produção de vocabulário diferiram na performance do mapeamento de palavras novas, mas não para palavras reais²⁸; aos 30 meses²⁴ e dos 3 aos 6 anos de idade^{2,16}, as crianças mostraram efeito negativo para sentenças semanticamente anômalas, semelhantes aos padrões relatados para crianças mais velhas e adultos.

Em relação à questão hemisférica, aos 19 meses crianças típicas apresentaram ativação restrita à região frontal do hemisfério esquerdo para palavras congruentes e distribuição ampla para palavras incongruentes²⁵; aos 20 meses, o efeito tendeu a ser mais lateralizado à direita em crianças com baixa performance de linguagem²⁸; e aos três e quatro anos, o efeito N400 ocorreu no hemisfério direito¹⁶, porém outro autor referiu que aos quatro anos este efeito foi lateralizado à esquerda³⁰.

Os estudos sugerem que o tamanho do vocabulário influencia a presença ou não do efeito N400 e que a lateralização à direita é dependente de habilidades de produção da linguagem falada, sugerindo que tal distribuição poderia refletir maturidade no processamento léxico-semântico^{5,12,22,28,35}.

Nas populações de risco ou com transtornos da comunicação, observou-se que, aos 19 meses de idade, crianças de risco para o desenvolvimento de DEL apresentaram maior amplitude do efeito N400 apenas para palavras congruentes²⁵; aos 20 e 24 meses, estímulos controle e de violação intra categorias provocaram efeito N400 com maior amplitude em relação à condição de violação entre categorias em crianças de risco para o desenvolvimento de Dislexia²⁷; dos 3 aos 5 anos de idade crianças com disfluências gagas apresentaram amplitude e latência do efeito N400 aumentadas mediante as alterações semânticas³⁴; crianças autistas de alto funcionamento, de 4 a 7 anos, não apresentaram o efeito N400 na incongruência entre palavras e imagens, apenas para incongruência de sons ambientais²⁹; e crianças com paralisia cerebral mostraram diferença no padrão de ativação após intervenção motora³⁶.

No que se refere à ativação hemisférica, as crianças de risco para o desenvolvimento de DEL apresentaram ativação da região frontal de ambos os hemisférios, bem como central e temporal do hemisfério direito²⁵; e em crianças com paralisia cerebral o hemisfério contralateral à lesão exibiu amplitude maior e similar à incongruência durante as avaliações³⁶.

De forma geral, a análise conjunta dos resultados indicou que, apesar dos diferentes objetivos, tipos de provas experimentais e diferentes graus de habilidade de linguagem (i.e., desenvolvimento típico ou transtornos da comunicação), a idade foi um fator relevante na definição da presença ou não e lateralização do efeito N400. Quando ocorreu, o achado geral indica que a latência e a amplitude da onda declinam com a idade.

Por fim, acredita-se que uma das limitações do presente artigo de revisão se refere ao número ainda restrito de pesquisas sobre a temática. Pressupõe-se que esse resultado seja decorrente dos recentes avanços dos estudos eletrofisiológicos da linguagem e, ainda, da diversidade de unitermos/descriptores utilizados nos estudos, uma vez que não há uma padronização nos descritores que auxiliaria pesquisadores a enquadrar seus trabalhos em uma temática específica, facilitando a recuperação do assunto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho consistiu em uma revisão da literatura sobre o processamento semântico em crianças de zero a seis anos de idade, analisando dados do N400.

A identificação dos correlatos neurais dos processos cognitivo-comportamentais envolvidos na linguagem falada em relação ao controle contextual é um aspecto importante a ser considerado para entender aspectos específicos do desenvolvimento da linguagem. Assim, pressupõe-se que estudos nessa área possam contribuir não apenas para uma análise mais detalhada e compreensão dos mecanismos envolvidos no comportamento linguístico humano, mas também para a produção de conhecimento sobre o desenvolvimento de tecnologias úteis para avaliação e compreensão do desempenho dos componentes da linguagem em crianças com distúrbios da comunicação.

Para estudos futuros, o desenvolvimento de um protocolo padrão para a investigação do processamento semântico, por meio de dados do efeito N400, em diferentes populações é um passo importante e uma forte recomendação para a área.

REFERÊNCIAS

1. Bates E, Thal D, Janowsky JS. Early language development and its neural correlates. In: Rapin I, Segalowitz S (eds.) *Handbook of Neuropsychology, Child Neurology*. Amsterdam: Elsevier; 1992. p. 69-110.
2. Silva-Pereyra J, Rivera-Gaxiola M, Kuhl PK. An event-related brain potential study of sentence comprehension in preschoolers: semantic and morphosyntactic processing. *Cogn. brain res.* 2005;23(2):247-58.
3. Werker JF, Lalonde C. Cross-language speech perception: Initial capabilities and developmental change. *Dev. psychol.* 1988;24(5):672-83.
4. Friedrich M, Friederici AD. Neurophysiological correlates of online word learning in 14-month-old infants. *Neuro Report.* 2008;19(18):1757-62.
5. Friedrich M, Friederici AD. Maturing brain mechanisms and developing behavioral language skills. *Brain lang.* 2010;114(2):66-71.
6. Berger H. Über das elektrenkephalogramm des menschen. *Eur. arch. psychiatry. clin. neurosci.* 1929;87(1):527-70.
7. Kutas M, Federmeier KD. Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends cogn. sci.* 2000;4(12):463-70.
8. Kutas M, Federmeier KD. Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Ann. rev. Psychol.* 2011;62(1):621-47.
9. Blackwood DH, Muir WJ. Cognitive brain potentials and their application. *Br. j. psychiatr.* 1990;157(9):96-101.
10. Stöhr M, Kraus R. Eletroencefalografia clínica (EEG). In: Stöhr M, Kraus R (orgs). *Introdução à neurofisiologia clínica: EMG - EEG – potenciais*. São Paulo: Editora Santos; 2009. p. 47-59.

11. Kutas M, Hillyard SA. Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Sci.* 1980;207(4427):203-05.
12. Torkildsen JK, Sannerud T, Syversen G, Thormodsen R, Simonsen HG, Moen I et al. Semantic organization of basic-level words in 20-month-olds: An ERP study. *J. neurol.* 2006;19(6):431-54.
13. Sabisch B, Hahne A, Glass E, Suchodoletz W, Friederici AD. Lexical-semantic processes in children with specific language impairment. *Neuroreport.* 2006;17(14):1511-14.
14. Pinheiro AP, Galdo-Álvarez S, Sampaio A, Niznikiewicz M, Gonçalves OF. Electrophysiological correlates of semantic processing in Williams syndrome. *Res. dev. disabil.* 2010;31(6):1412-25.
15. Schipke CS, Knoll LJ, Friederici AD, Oberecker R. Preschool children's interpretation of object-initial sentences: Neural correlates of their behavioral performance. *Dev. Sci.* 2012;15(6):762-74.
16. Holcomb PJ, Coffey AS, Neville HJ. Visual and auditory sentence processing: A developmental analysis using event-related brain potentials. *Dev. neuropsychol.* 1992;8(2-3):203-41.
17. Cummings A, Čeponienė R. Verbal and nonverbal semantic processing in children with developmental language impairment. *Neuropsychologia.* 2010;48(1):77-85.
18. Mendes KDS, Silveira RCCP, Galvão CM. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto & contexto enferm.* 2008;17(4):758-64.
19. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS med.* 2009;6(7):e1000097.
20. Juottonen K, Revonsuo A, Lang H. Dissimilar age influences on two ERP waveforms (LPC and N400) reflecting semantic context effect. *Cogn. brain res.* 1996;4(2):99-107.

21. Byrne JM, Connolly JF, MacLean SE, Dooley JM, Gordon KE, Beattie TL. Brain activity and language assessment using event-related potentials: Development of a clinical protocol. *Dev. med. child. neurol.* 1999;41(11):740-47.
22. Friedrich M, Friederici AD. N400-like semantic incongruity effect in 19-month-olds: Processing known words in picture contexts. *J. cogn. neurosci.* 2004;16(8):1465-77.
23. Friedrich M, Friederici AD. Semantic sentence processing reflected in the event-related potentials of one-and two-year-old children. *Neuroreport.* 2005;16(16):1801-04.
24. Silva-Pereyra JFS, Klarman L, Lin LJF, Kuhl PK. Sentence processing in 30-month-old children: an event-related potential study. *Neuroreport.* 2005;16(6): 645-48.
25. Friedrich M, Friederici AD. Early N400 development and later language acquisition. *Psychophysiology.* 2006;43(1):1-12.
26. Sheehan EA, Namy LL, Mills DL. Developmental changes in neural activity to familiar words and gestures. *Brain lang.* 2007;101(3):246-59.
27. Torkildsen JK, Syversen G, Simonsen HG, Moen I, Lindgren M. Brain responses to lexical-semantic priming in children at-risk for dyslexia. *Brain lang.* 2007;102(3):243-61.
28. Torkildsen JK, Svangstu JM, Hansen HF, Smith L, Simonsen HG, Moen I et al. Productive vocabulary size predicts event-related potential correlates of fast mapping in 20-month-olds. *J. cogn. neurosci.* 2008;20(7):1266-82.
29. McCleery JP, Ceponiene R, Burner KM, Townsend J, Kinnear M, Schreibman L. Neural correlates of verbal and nonverbal semantic integration in children with autism spectrum disorders. *J. child psychol. psychiatry allied discipl.* 2010;51(3):277-86.
30. Schipke CS, Friederici AD, Oberecker R. Brain responses to case-marking violations in German preschool children. *Neuroreport.* 2011;22(16):850-54.

31. Takahashi J, Suzuki Y, Shibata H, Fukumitsu Y, Gyoba J, Hagiwara H et al. Effects of non-native language exposure on the semantic processing of native language in preschool children. *Neurosci. Res.* 2011;69(3):246-51.
32. Ojima S, Matsuba-Kurita H, Nakamura N, Hoshino T, Hagiwara H. Age and amount of exposure to a foreign language during childhood: Behavioral and ERP data on the semantic comprehension of spoken English by Japanese children. *Neurosci. res.* 2011;70(2):197-205.
33. Kuipers JR, Thierry G. ERP-pupil size correlations reveal how bilingualism enhances cognitive flexibility. *Cortex.* 2013;49(10):2853-860.
34. Weber-Fox C, Wray AH, Arnold H. Early childhood stuttering and electrophysiological indices of language processing. *J. fluency disord.* 2013;38(2):206-21.
35. Rämä P, Sirri L, Serres J. Development of lexical-semantic language system: N400 priming effect for spoken words in 18-and 24-month old children. *Brain lang.* 2013;125(1):1-10.
36. Maitre NL, Henderson G, Gogliotti S, Pearson J, Simmons A, Wang L et al. Feasibility of event-related potential methodology to evaluate changes in cortical processing after rehabilitation in children with cerebral palsy: A pilot study. *J. clin. exp. neuropsychol.* 2014;36(7):669-79.
37. Borgström K, Torkildsen JK, Lindgren M. Substantial gains in word learning ability between 20 and 24 months: A longitudinal ERP study. *Brain lang.* 2015;149(1):33-45.
38. Kuipers JR, Thierry G. Bilingualism and increased attention to speech: Evidence from event-related potentials. *Brain lang.* 2015;149(1):27-32.
39. Ruiz-Olabuénaga JI. Metodología de la investigación cualitativa. 5a ed. Bilbao: Universidad de Deusto; 2012.

Endereço para Correspondência:

Tâmara Andrade Lindau

Av. Higyno Muzzi Filho, 737

CEP: 17.525-900 - Marília, São Paulo, Brasil

E-mail: lindau.andrade@gmail.com

RECEBIDO EM: 24/08/2017

ACEITO EM: 13/09/2017

CAPÍTULO III

CORRELATOS ELETROFISIOLÓGICOS DO PROCESSAMENTO SEMÂNTICO NO TRANSTORNO DOS SONS DA FALA: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO¹⁵

¹⁵ Artigo de pesquisa submetido à Revista *Brain & Language*.

**CORRELATOS ELETROFISIOLÓGICOS DO PROCESSAMENTO SEMÂNTICO
NO TRANSTORNO DOS SONS DA FALA: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO**

*Electrophysiological correlates of semantic processing in speech sound disorder: an
exploratory study*

**Tâmara Andrade Lindau^(1,2,4), Diego Pinal Fernández⁽³⁾, Deisy das Graças de
Souza^(1,2), Adriana Sampaio^(2,3), Celia Maria Giacheti^(2,4)**

⁽¹⁾ Laboratório de Estudos do Comportamento Humano, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos, Brasil.

⁽²⁾ Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia sobre o Comportamento, Cognição e Ensino.

⁽³⁾ Laboratório de Neurociência Psicológica, CiPsi, Escola de Psicologia, Universidade do Minho, Braga, Portugal.

⁽⁴⁾ Laboratório de Estudos, Avaliação e Diagnóstico Fonoaudiológico, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Marília, Brasil.

Autor Correspondente: Adriana Sampaio

Laboratório de Neurociência Psicológica, CiPsi, Escola de Psicologia, Universidade do Minho.
Câmpus de Gualtar, 4710-057

Braga, Portugal.

E-mail: adriana.sampaio@psi.uminho.pt

Fonte de Auxílio: Esta pesquisa fez parte do programa científico do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia sobre o Comportamento, Cognição e Ensino, com financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, #465686/2014-1) e

da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, #2014/50909-8). Tâmara Lindau recebeu financiamento do CNPq (#141107/2015-4) e da CAPES (#88881.133114/2016-01). Diego Pinal recebeu financiamento da SFRH/BPD/120111/2016.

Conflitos de interesse: Não há conflito de interesse.

Contribuintes: Todos os autores contribuíram para este artigo seguindo regras internacionais de autoria.

Aspectos éticos: Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista (UNESP-Marília) sob o número CAAE 45900515.8.0000.5406, conforme Resolução do Conselho Nacional de Saúde - CNS 466/12 sobre diretrizes e normas que regulam todos os estudos envolvendo seres humanos.

Agradecimentos: Denise Giacheti Gillio, bibliotecária do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais (HRAC / USP), por sua assistência e colaboração para a formatação de citações e bibliografias no estilo da revista. A Valdéres Rodrigo da Silva, membro do Laboratório de Pesquisa, Avaliação e Diagnóstico em Fonoaudiologia (UNESP / Marília) pela cooperação na prestação de auxílio linguístico e revisão do artigo.

RESUMO

O Transtorno dos Sons da fala (TSF) é uma condição heterogênea por sua sintomatologia (e.g., alterações no reconhecimento e/ou na produção dos diversos sons da fala), que pode ser persistente e variar em graus de comprometimento. O presente estudo utilizou a técnica dos Potenciais Relacionados a Eventos para investigar correlatos eletrofisiológicos do processamento de sentenças de fala natural, com finais congruentes e incongruentes, em 24 pré-escolares com e sem TSF. Foram identificadas diferenças no padrão de ativação dos componentes estudados durante o processamento das frases entre os dois grupos. O grupo TSF apresentou latências mais longas no N100 e P200, bem como alterações sutis para N400 e uma forma de onda P600 mais positiva nas regiões frontal e occipital. Os dados sugerem a possibilidade de diferenças no desenvolvimento da organização das redes neurais que atendem à percepção da fala em crianças diagnosticadas com transtorno dos sons da fala.

Palavras-chave: Linguagem; Processamento semântico; Potenciais relacionados a eventos; Neurodesenvolvimento

ABSTRACT

The Speech Sound Disorder (SSD) has a heterogeneous symptomatology (e.g., altered recognition and/or production of speech sounds), which can be persistent and vary in degrees of impairment. The present study used the Event-Related Potentials technique to investigate electrophysiological correlates of the processing of natural speech sentences with congruent and incongruent endings in 24 preschoolers with and without SSD. Differences in the activation pattern of the components studied during sentence processing between these two groups were identified. The SSD group presented longer latencies in the N100 and P200 as well as subtle alterations for N400 and a more positive P600 waveform in the frontal and occipital regions. Data suggest the possible existence of differences in the development and organization of neural networks that allow the perception of speech in children diagnosed with SSD as compared with normal development children.

Keywords: Language; Semantic processing; Event-related potentials; Neurodevelopment.

1. INTRODUÇÃO

Entre os Transtornos de Comunicação encontram-se várias condições caracterizadas por comprometimento em um ou mais subsistemas da linguagem (i.e., fonológico, morfossintático, semântico e pragmático), como, por exemplo, o transtorno da linguagem, o transtorno dos sons da fala, entre outros (American Psychiatric Association - APA, 2013).

O Transtorno dos Sons da Fala (TSF) é uma condição do neurodesenvolvimento, considerada uma subclassificação diagnóstica dos Transtornos da Comunicação (APA, 2013; Bishop, 2009, 2010). Refere-se ao prejuízo no reconhecimento fonológico e/ou na produção dos sons da fala, que são importantes para a aquisição e o desenvolvimento de repertórios de ouvinte e falante. Pode ser persistente e heterogêneo e seu diagnóstico ocorre quando as crianças falham em adquirir os processos comportamentais de acordo com a idade prevista (e.g., discriminação /reconhecimento dos contrastes fonológicos, alterações na produção dos sons da fala), sem que a falha seja resultado de prejuízo físico, estrutural, neurológico ou auditivo (APA, 2013; American Speech-Language-Hearing Association – ASHA, 2013; Fonseca & Wertzner, 2005).

Há uma relação de interdependência e ação conjunta dos subsistemas que compõem a linguagem falada (i.e., fonologia, morfologia, semântica, sintaxe, pragmática), portanto, em alguns casos, não é possível descartar a relação existente entre o desenvolvimento da fonologia (i.e., aspecto estrutural da língua) e o léxico (i.e., aspecto de conteúdo/conceitual da língua) (Befi-Lopes & Gândara, 2002; Stoel-Gammon, 1991). O reconhecimento das palavras faladas requer o mapeamento de um fluxo contínuo de sons de fala em representações sensoriais neurais baseadas no significado. Nesse sentido, as palavras incluem informações fonológicas e semânticas, uma vez que a linguagem falada não é apresentada em unidades discretas (e.g., sílabas ou fonemas) (Bishop, 1997; Bonte & Blomert, 2004; Temple, 1997). Conforme apresentado pela literatura, em crianças com desenvolvimento típico de linguagem, aspectos

de discriminação auditiva e, por consequência, representações fonológicas da língua materna estão bem desenvolvidas ao final do primeiro ano de vida; com o aprimoramento do vocabulário ocorre a melhora na discriminação (Locke, 1994, 1997; Swingley & Aslin, 2000).

Estudos têm proposto que crianças com alterações no subsistema fonológico podem também apresentar *déficits* no subsistema semântico, uma vez que a desorganização encontrada nesse sistema pode contribuir para a lentidão no acesso das representações lexicais (McGregor, Friedman, Reilly, & Newman, 2002; Mota, Kaminski, Nepomuceno, & Athayde, 2009; Nash & Donaldson, 2005). Discute-se, então, a natureza do problema fonológico, e alguns autores propõem que este quadro advém da alteração de um subsistema específico da linguagem, neste caso o fonológico (Studdert-Kennedy, 2002; Studdert-Kennedy & Mody, 1995). Outros autores, por outro lado, afirmam ser o problema fonológico resultado de uma disfunção auditiva básica (Farmer & Klein, 1995; Tallal, Miller, & Fitch, 1993).

Uma das metodologias de investigação para embasar tais discussões tem sido o uso da eletroencefalografia, para medidas sobre a atividade elétrica cerebral. Os Potenciais Relacionados a Eventos (*PREs*), têm sido considerados importantes para investigar e identificar mudanças nos processos neurocognitivos induzidos pela realização de uma tarefa específica, derivando, assim, padrões regulares de atividade cerebral relacionados com o processamento de informação para a tarefa apresentada (Kutas, Van Petten, & Kluender, 2006; Pinheiro, Galdo-Álvarez, Sampaio, Niznikiewicz, & Gonçalves, 2010). Os PREs são visualizados por meio de diferentes componentes (e.g., N100, P200, N400, P600), os quais são formados por uma série de picos positivos [P] e negativos [N] (i.e., polaridade) e apresentam diferentes latências (em milissegundos) em relação ao estímulo apresentado. A extração de parâmetros dos componentes dos PREs (e.g., amplitude ou latência) é usada como ferramenta metodológica para estudar aspectos específicos da linguagem, como o processamento da tarefa requerida. A interface entre estudos de linguagem e PREs tem subsidiado a investigação de

diferenças sutis no processamento das informações, que não podem ser detectadas por meio de medidas comportamentais (Cummings & Čeponienė, 2010), constituindo uma das metodologias mais usadas no estudo da linguagem.

Dentre os componentes dos PREs relacionados ao processamento de informação em tarefas de linguagem, os componentes N100 e P200 proporcionam informações sobre a capacidade biológica de recepção dos estímulos (Santos, 2012). O N100, característico da região fronto-central, é eliciado por diferentes tipos de estímulos (visuais, auditivos, entre outros), está correlacionado à atenção (Gonzalez, Clark, Fan, Luck, & Hillyard, 1994; Hillyard, Vogel, & Luck, 1998; Näätänen & Picton, 1987) e assumem-se as áreas sensoriais como fontes geradoras deste potencial (Luck, 2014; Woldorff et al., 1993). Foram encontradas evidências de que o N100 não se refere apenas a uma resposta exógena sensível às características físicas de um estímulo, mas também foi associado a processos de segmentação de palavras em unidades que podem ser reconhecidas e que não dependem de pistas léxico-semânticas ou sintáticas (Sanders & Neville, 2003).

Na sequência temporal encontra-se o P200 que, topograficamente, apresenta variabilidade decorrente do tipo de paradigma, em que sua origem fisiológica e seu significado funcional não são completamente compreendidos (Federmeier, Mai, & Kutas, 2005; Hillyard et al., 1998; Luck, 2014). Na literatura compilada sobre esse componente, constatou-se que, ao utilizar tarefas visuais – neste caso, palavras escritas - na população de adultos, o P200 foi relatado como sensível às características e a expectativa da palavra alvo em sentenças, com amplitude maior para aquelas apresentadas em contextos fortemente preditivos que para aquelas em contextos não preditivos (Federmeier et al., 2005; Wlotko & Federmeier, 2007). O contexto, conforme proposto por Federmeier et al. (2005), parece fornecer informações *top-down* que viabilizam a extração mais eficiente de tais características para alvos esperados,

assim como o P200 parece indicar o início do acesso lexical uma vez que foi modulado por associações semânticas (Stuellein, Radach, Jacobs, & Hofmann, 2016).

Após o P200, pode ser observada uma onda N280 se a palavra alvo é principalmente de natureza sintática, como as palavras de função¹⁶ (e.g., artigos, preposições, pronomes, conjunções e interjeições), normalmente registrada nos eletrodos posicionados à esquerda das regiões cerebrais anteriores (Luck, 2014). Em contraste, as palavras de conteúdo¹⁷ (e.g., substantivos, verbos, adjetivos, advérbios e numerais) eliciam o N400, ausente para palavras de função (Luck, 2014).

O N400 apresenta uma distribuição típica centro-parietal e uma latência entre 200 e 600 ms após início da palavra-alvo (Kutas & Federmeier, 2011; Kutas & Hillyard, 1980) e reflete a integração semântica ao contexto e o acesso à informação da memória de longo prazo, pois a frequência de palavras, o contexto e a posição da palavra na frase podem influenciar sua morfologia (e.g., Holcomb, Coffey, & Neville, 1992; Kutas & Federmeier, 2000; Silva-Pereyra, Rivera-Gaxiola, & Kuhl, 2005a; Pinheiro et al., 2010; Sabisch, Hahne, Glass, von Suchodoletz, & Friederici, 2006; Schipke, Knoll, Friederici, & Oberecker, 2012).

Friedrich and Friederici (2010) afirmaram que há fortes indícios de relação entre o desenvolvimento da linguagem e o funcionamento dos mecanismos neurais do efeito N400, e algumas hipóteses tentam explicar tal relação:

1) a disponibilidade dos mecanismos geradores do componente N400 requer certo grau de maturação cerebral, que também é afetada pela aprendizagem, para a qual o tempo de exposição mostra-se como aspecto relevante

¹⁶ As palavras de função atuam como elementos de ligação frasal, com aplicabilidade essencialmente sintática (Weber-Fox & Neville, 2001).

¹⁷ As palavras de conteúdo possuem significado lexical e são essenciais para a propagação da informação semântica (Rosa, 2003).

2) pode haver certa maturação na primeira infância, mas ela não desencadeia o componente em virtude das fracas representações léxico-semânticas;

3) mecanismos subjacentes à eliciação do N400 estão diretamente envolvidos no processo de aprendizagem das palavras, em que o descompasso entre o contexto e uma representação já existente de um estímulo pode gerar uma mudança que, no nível neural, requer mecanismos para suprimir o padrão de representação que pode ser refletido no componente N400.

Lindau, Giacheti, Silva, & de Souza (2017), em estudo de revisão, analisaram relatos de pesquisas destinadas a investigar e caracterizar o padrão eletrofisiológico da população pré-escolar, por meio de tarefas apresentadas auditivamente. A tarefa mais usada nos estudos analisados foi a de violação semântica em frases, ainda que tenha sido encontrada uma gama ampla de tarefas experimentais (e.g., pares de palavras, imagem *versus* som, ensino de relações, sentenças), mostrando diversas alternativas de investigação nesta perspectiva (e.g., Chou et al., 2006; Cummings & Čeponienė, 2010; Holcomb et al., 1992; Pinheiro et al., 2010; Råling, Holzgrefe-Lang, Schröder, & Wartenburger, 2015; Sabisch, et al., 2006). Usando a manipulação de violação semântica, Holcomb et al. (1992) buscaram investigar mudanças desenvolvimentais no processamento de sentenças congruentes e incongruentes de sujeitos de 5 a 26 anos. O paradigma foi composto por sentenças com finais congruentes e incongruentes na modalidade visual e auditiva. Especificamente, crianças aos cinco e seis anos apresentaram o efeito N400 apenas para sentenças incongruentes, assim como as crianças mais velhas e adultos. Observou-se, ainda, que a latência e a amplitude do N400 diminuíram com a idade: crianças de 5 anos apresentaram latência em torno de 620ms; adolescentes, em torno de 500ms; e adultos, em torno de 400 ms.

O componente P600, por sua vez, reflete os processos gerais de integração sintática em sentenças (Kaan, Harris, Gibson, & Holcomb, 2000), ou seja, é eliciado em resposta à violação

sintática, como demandas de processamento aumentadas, incluindo reanálise (topografia cerebral posterior) ou à estrutura sintática complexa (topografia cerebral fronto-parietal) (e.g., Bornkessel, McElree, Schleewsky, & Friederici, 2004; Friederici, 2002; Kaan & Swab, 2003; Osterhout & Holcomb, 1992). Estudos sugeriram que crianças são suscetíveis ao conteúdo gramatical que constitui uma sentença durante seu processamento, visto que, em tarefa de violação sintática, crianças, a partir dos 2 anos, eliciaram respostas eletrofisiológicas equivalentes à P600, com atraso na latência, quando comparado ao observado em adultos durante tarefas de violação sintática (Oberecker et al. 2005; Silva-Pereyra, Klaman, Lin, & Kuhl, 2005b). Utilizando o mesmo paradigma, autores verificaram que, aos 6 e 7 anos de idade, as crianças apresentaram amplitude reduzida e latência tardia do componente P600, para a condição de violação sintática. Porém, aos 8 anos de idade, as regiões de ativação, a latência e a amplitude deste componente não diferiram dos achados em adultos (Atchley, Rice, Betz, Kwasny, Sereno, & Jongman, 2006; Hahne, Eckstein, & Friederici, 2004).

Considerando esta literatura, apesar de existirem estudos de PREs com pré-escolares, a maioria tem focalizado o desenvolvimento típico (e.g., Friedrich & Friederici, 2010; Schipke et al., 2012; Torkildsen et al., 2008), o risco para o desenvolvimento da dislexia (e.g., Torkildsen, Syversen, Simonsen, Moen, & Lindgren, 2007), a gagueira (Weber-Fox, Wray, & Arnold, 2013), o distúrbio específico de linguagem (Friedrich & Friederici, 2006) e outras condições primárias (e.g., Autismo, Síndrome de Williams) em suas relações com transtornos de linguagem (e.g., McCleery, Ceponiene, Burner, Townsend, Kinnear, & Schreibman, 2010; Pinheiro, et al., 2010). Não foram encontrados estudos específicos que investigassem correlatos eletrofisiológicos em crianças com transtorno dos sons da fala. Além disso, devido à dificuldade para efetuar registros de qualidade com a população pré-escolar (controle da movimentação da criança durante a tarefa, montagem dos eletrodos/touca de EEG, duração do paradigma experimental e estímulos pouco atraentes para as crianças), deve-se prezar, como

sugerido por Costa (2017) em estudo de revisão, pela análise cautelosa desses resultados, além de considerar que se trata de um cérebro em desenvolvimento, cuja maturação e especialização ocorre ao longo do desenvolvimento infantil até a fase adulta (Coch, Mitra & George, 2012; Pujol, Soriano-Mas, Ortiz, Sebastian-Galles, Losilla, & Deus, 2006).

Em vista da não existência de estudos em população com transtorno dos sons da fala, o presente trabalho propôs explorar o processamento da informação e a atividade elétrica cerebral por meio do estudo dos PREs em uma população de crianças com transtornos dos sons da fala durante o desempenho de uma tarefa de violação semântica de frases.

1.1 Objetivos e hipótese

O presente estudo utilizou medidas da atividade elétrica cerebral (Potencial Relacionado a Evento) para investigar os correlatos eletrofisiológicos do processamento de sentenças de fala natural em crianças pré-escolares com e sem transtorno dos sons da fala. Buscou-se caracterizar o curso temporal do processamento de sentenças com finais congruentes e incongruentes, por meio de respostas auditivas precoces (N100 e P200), as relacionadas à integração semântica (N400) e à integração sintática ou processos de reanálise (P600).

A hipótese para este estudo foi a de que haveria um padrão de ativação eletrofisiológico diferente no grupo de crianças com transtorno dos sons da fala, quando comparado ao grupo de crianças típicas (por exemplo, na amplitude e/ou na latência das ondas dos componentes eletrofisiológicos envolvidos no processamento de frases congruentes e incongruentes), uma vez que este transtorno se enquadra nos transtornos do neurodesenvolvimento e pode refletir alterações relacionadas à maturação neural e/ou a rotas alternativas para o processamento da informação.

2. MÉTODO

2.1 Participantes

Foram avaliadas 38 crianças (23 do sexo masculino) na faixa etária de 4 a 6 anos ($M=5$ anos e 5 meses, $DP=9.64$). Deste total, após análise da qualidade dos dados eletrofisiológicos, foram incluídas na análise 24 crianças, as quais foram divididas em dois grupos: a) oito crianças (5 sexo masculino) diagnosticadas com Transtorno dos Sons da Fala (TSF) e b) 16 crianças (10 sexo masculino) com Habilidades Típicas De Linguagem (HTL). Os participantes remanescentes foram excluídos da análise de EEG devido a problemas técnicos ou artefatos excessivos nos exames. Além disso, foram descartados participantes do grupo HTL para manter os dois grupos pareados quanto à idade cronológica, ao sexo e à lateralidade. Todas as crianças eram destras, segundo Inventário Edimburgo de lateralidade (Oldfield, 1971).

As crianças com TSF foram selecionadas após realizarem o processo de diagnóstico fonoaudiológico no Centro de Estudos da Educação e da Saúde da UNESP-Marília (CEES/UNESP), entre o segundo semestre de 2016 e o primeiro semestre de 2017. Com base neste processo, determinaram-se alguns critérios de exclusão: (a) histórico prévio de atendimento fonoaudiológico; (b) outros transtornos fonoaudiológicos que não aqueles com TSF (e.g., transtorno de linguagem, gagueira); (c) diagnóstico fonoaudiológico inconclusivo; (d) diagnósticos combinados ou com transtornos secundários à deficiência auditiva, à deficiência intelectual, a síndromes genéticas (i.e., com diagnóstico clínico e/ou laboratorial), com transtornos psicológicos e/ou neurológicos.

O grupo com HTL foi selecionado em escolas públicas do Município de Marília, utilizando-se os seguintes critérios de inclusão: (a) história negativa de alteração sensorial (visual e auditiva), ausência de alteração psicomotora ou do desenvolvimento de linguagem; (b) ausência de TSF, confirmada pelo desempenho na avaliação fonoaudiológica clínica.

Todas as crianças apresentaram visão normal ou corrigida para o normal, história negativa de transtornos neurológicos e de uso de medicamentos que pudessem afetar a função neural (e.g., medicamentos para convulsões, transtorno de hiperatividade/déficit de atenção) e ainda possuíam o Português brasileiro como primeira língua, segundo informações dos pais.

2.1.1 Caracterização dos participantes

Para complementação do diagnóstico fonoaudiológico de TSF e melhor caracterização dos achados fonológicos clínicos (recepção e produção dos sons) desse grupo, foram utilizadas medidas sistemáticas específicas do desempenho perceptivo-auditivo. Para isso, foi utilizado o instrumento de identificação de contrastes fônicos – PerceFAL, classes fricativas, oclusivas e sonorantes (Berti, 2011) e o *software Perception Evaluation Auditive & Visuelle* - PERCEVAL (André, Ghio, Cavé, & Teston, 2009).

A avaliação da produção da fala, por sua vez, foi verificada por meio do Instrumento de Avaliação de Fala para Análise Acústica (IAFAC; Berti, Pagliuso, & Lacava, 2009), na versão contraste da vogal /a/ que possui 30 palavras dissilábicas, isto é, 60 ocorrências consonantais. Ressalta-se que o cálculo da Porcentagem de Consoantes Corretas (PCC-revisado) permite a identificação de erros de omissão e substituição (Wertzner, Amaro, & Teramoto, 2005) e, segundo critério de Shriberg e Kwiatkowski (1982), os seguintes valores são considerados para classificação: grau leve – acima de 85%; levemente moderado – entre 65 e 85%; moderadamente severo – entre 50 e 65%; severo – abaixo de 50%.

A investigação dos níveis mínimos auditivos foi realizada por meio do Audiômetro Pediátrico PA5 e todas as crianças apresentaram níveis mínimos de respostas auditivas dentro dos padrões de normalidade (i.e., 20 dB para 1000, 2000 e 4000 Hz; Lloyd & Kaplan, 1978).

Para obter a classificação socioeconômica e caracterização das crianças, foi aplicado o Critério de Classificação Econômica Brasil (Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa -

ABEP, 2015), que propõe a segmentação conforme o poder aquisitivo e nível de escolaridade do provedor da família. Para análise e comparação entre os grupos foi atribuído um valor numérico para cada uma das classes fornecidas pelo critério (e.g., A, B1, B2, C1, C2, D-E). Não houve diferença significativa no status socioeconômico dos grupos (HTL: $M = 3.63$, $SD = .95$; TSF: $M = 4.00$, $SD = .75$; $t(22) = -0.96$, $p = .345$).

A avaliação por meio da Escala de Maturidade Mental Colúmbia [EMMC] (Burgemeister, Blum, & Lorge, 1971), padronização brasileira de Alves e Duarte (2001), indicou que todas as crianças demonstraram inteligência não verbal adequada. Dados específicos do grupo com TSF estão apresentados na Tabela 3.1.

Com o intuito de caracterizar as habilidades de linguagem falada das crianças, foram utilizados os seguintes instrumentos: *Peabody Picture Vocabulary Test, Fourth Edition [PPVT-4]* (Dunn & Dunn, 2007), que avalia o vocabulário receptivo; *Preschool Language Assessment Instrument [PLAI-2]* (Blank, Rose, & Berlin, 2003), adaptação brasileira de Lindau, Rossi e Giacheti (2014), utilizado para caracterizar as habilidades receptivas e expressivas da linguagem falada de crianças em idade pré-escolar.

As pontuações de desempenho para as avaliações da aptidão geral de raciocínio (EMMC) e da linguagem falada (PPVT-4 e PLAI-2) são apresentadas para cada grupo na Tabela 3.2. A diferença entre as medidas dos grupos foi analisada por meio do teste *t* de *Student* para amostras independentes, controlada pelo teste de *Levene* para igualdade de variâncias. Conforme observado na Tabela 3.2, os grupos não são diferentes nas variáveis de vocabulário expressivo, recepção e expressão da linguagem e inteligência não-verbal.

Tabela 3.1

Caracterização dos participantes do grupo com TSF: idade em meses, sexo, escolaridade materna, classificação socioeconômica, lateralidade, Escala de Maturidade Mental Columbia (pontos e classificação), Fonologia (compreensão e expressão)

Criança	Idade (meses)	Sexo	Escolaridade materna	Socioeconômico	Lateralidade ^b	EEMC ^a
						Pts/ Est/ Clas.
1	56	Feminino	Superior Completo	C1	Destro	42/ 7/ 6 sup ^c
2	61	Masculino	Superior Completo	B1	Destro	33/ 5/ 5 inf. ^d
3	65	Masculino	Superior Completo	C2	Destro	36/ 6/ 5 sup.
4	71	Masculino	Superior Completo	C1	Destro	35/ 6/ 7 inf.
5	72	Feminino	Superior Completo	B2	Destro	36/ 6/ 7 inf.
6	79	Masculino	Médio Completo	C1	Destro	31/ 5/ 7 inf.
7	80	Masculino	Médio Completo	C2	Destro	30/ 5/ 6 sup.
8	83	Feminino	Superior Completo	B2	Destro	36/ 6/ 8 inf.

Criança	Fonologia			
	Identificação (%) – PERCEFAL ^e			Expressão (%) – IAFAC ^f
	Fricativas	Oclusivas	Sonorantes	
1	90,5	90	78,6	80,5 - levemente moderado
2	76,2	90	95,2	73,1 levemente moderado
3	95,2	80	95,2	78,1 - levemente moderado
4	59,5	93,3	97,6	90,2 – leve
5	90,5	93,3	92,8	78,1 – levemente moderado
6	90,5	86,7	78,6	63,4 - moderadamente severo
7	92,9	96,7	97,6	92,7 – leve
8	90,5	86,7	97,6	95,1 – leve

Nota: EMMC - Escala de Maturidade Mental Columbia (pontos, estandino e classificação)

^b Inventário Edimburgo de lateralidade (Oldfield, 1971)

^c Superior: de 6 a 11 meses; ^d Inferior: de 0 a 6 meses

^e Instrumento de identificação de contrastes fônicos: porcentagem de **acertos**

^f Instrumento de Avaliação de Fala para Análise Acústica; Calculo de Porcentagem de Consoantes Corretas – revisado (PCCR)

Tabela 3.2

Desempenho dos grupos no PPVT-4, nos itens de recepção e expressão da linguagem (PLAI-2) e na EMMC, de acordo com a pontuação bruta

Instrumento	Habilidade	Grupo HTL				Grupo TSF				P-valor ^d
		N ^a	Mediana	Média (DP ^b)	Mín-Máx ^c	N ^a	Mediana	Média (DP ^b)	Mín-Máx ^c	
PPVT-4 ^e	Vocabulário Receptivo	16	95.0	92.6(9.7)	80-106	8	88.0	94.0(14.7)	80-122	0.79
	Recepção	16	26.5	25.8(2.9)	19-30	8	24.5	24.3(3.5)	20-31	0.29
PLAI-2 ^f	Expressão	16	29.0	29.1(4.2)	24-36	8	31.0	27.9(6.6)	19-34	0.62
	Raciocínio	16	37.5	38.1(4.2)	30-48	8	35.5	34.8(3.7)	30-42	0.08

Nota: ^an: número de crianças;

^bDP= Desvio padrão;

^cMín: mínimo; Máx: máximo;

^dp-valor $\leq 0,05$: estatisticamente significativo, calculado para média.

^ePPVT-4: Peabody Picture Vocabulary Test, Fourth Edition);

^fPLAI-2: Preschool Language Assessment Instrument, second edition;

^gEMMC - Escala de Maturidade Mental Columbia.

2.2. Aspéctos éticos

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista (UNESP-Marília), sob o número CAAE 45900515.8.0000.5406, cuja participação das crianças foi condicional à aceitação e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, por parte dos pais ou responsáveis, e do Termo de Assentimento, por parte das crianças, elaborados para fins específicos desta pesquisa, segundo Resolução do Conselho Nacional de Saúde – CNS 466/12 sobre Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas Envolvendo Seres Humanos.

2.3 Procedimento experimental

2.3.1 Setting

Durante as sessões experimentais as crianças sentaram-se confortavelmente em uma poltrona em frente a um *laptop* que apresentava os estímulos por meio do *software E-Prime*

Professional 2.0, enquanto o sinal eletrofisiológico era captado por uma touca com 128 eletrodos ligada ao amplificador e a outro notebook com o pacote de *software Net Station* para registro dos potenciais.

Posto que a população experimental era constituída por crianças, foi elaborado um contexto lúdico para o desempenho das tarefas experimentais. Todas as orientações em relação ao procedimento, movimentações corporais e expressões faciais foram também incluídas no contexto lúdico, na tentativa de alcançar o maior engajamento da criança na tarefa. A experimentadora e uma assistente de pesquisa estavam presentes durante as sessões, sentadas em cadeiras atrás das crianças.

2.3.2 Estímulos

O conjunto de frases utilizadas no experimento foi desenvolvido por pesquisadores do Brasil e de Portugal. Para isso, duas etapas foram realizadas: no primeiro estudo, um conjunto de 100 frases incompletas (sem a última palavra) foi apresentado a 368 estudantes, falantes do Português brasileiro, com idades entre 6 e 18 anos, cuja tarefa era completar cada frase (Rossi, Fernandes, Giacheti, Pinheiro, & Sampaio, dados não publicados¹⁸).

Na sequência, um segundo estudo foi realizado e foram selecionadas 45 frases que, no Estudo 1, apresentaram alto valor de fechamento, isto é, completadas com uma mesma palavra por pelo menos 89% das crianças e adolescentes. A versão final do conjunto totalizou 90 frases, das quais 45 eram congruentes (e.g., *A cabeleireira corta o cabelo*) e pertenciam ao Estudo 1, e as demais eram incongruentes e foram formadas por outra palavra, que também apresentou alto índice de fechamento, porém em frase distinta (e.g., *A mulher cheira o perfume → A cabeleireira corta o perfume*). Para verificar o efeito da idade sobre o desempenho na tarefa,

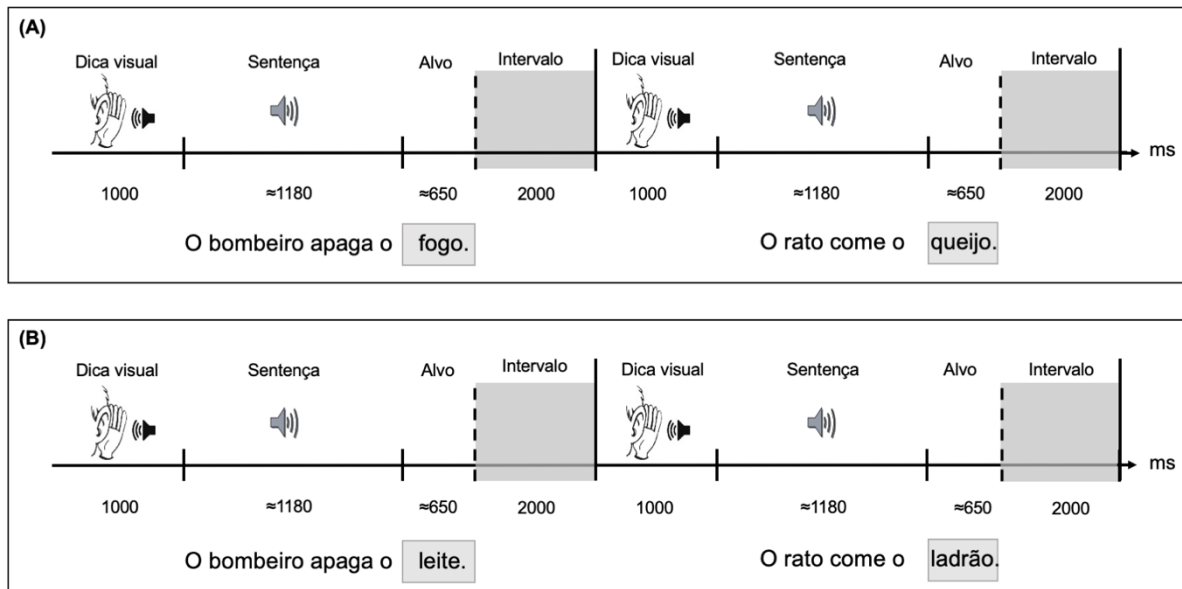
¹⁸ Rossi, N. F., Fernandes, C., Giacheti, C. M., Pinheiro, A. P., & Sampaio, A. Cloze probability and sentence-final word completion norms for Brazilian Portuguese children and adolescents. (dados não publicados).

esse conjunto de 90 frases (45 congruentes e 45 incongruentes) foi aplicado em 135 crianças com idade entre 4 e 12 anos. Os resultados evidenciaram que a capacidade para detectar incongruências semânticas em frases já está presente aos quatro anos, embora a acurácia aumente com a idade, principalmente, a partir dos cinco e seis anos (Rossi, Sampaio, Lindau, Pinheiro, & Giacheti, em preparação para publicação¹⁹).

Neste estudo foram utilizadas 80 frases, 40 congruentes e 40 incongruentes. Ressalta-se que outras 10 frases, 5 congruentes, e suas respectivas versões incongruentes, foram utilizadas na versão treino do experimento. Exemplos das frases para as diferentes condições e o intervalo médio entre o início da frase e o início e término da palavra crítica são apresentados na Figura 3.1.

As crianças foram instruídas a decidir, para cada sentença, se a última palavra estava adequada ou não para o contexto da frase apresentada, porém não foi requerida uma resposta explícita. Essa tarefa foi aplicada anteriormente com um grupo piloto de oito crianças de mesma idade, com o intuito de analisar possíveis vieses de informação tanto do avaliador (conhecimento do material utilizado) quanto do avaliado (falta de compreensão e concentração, emissão de respostas). Nesse piloto foi empregado um dispositivo com dois botões que o participante pressionava para indicar se a última palavra era ou não coerente como contexto. Contudo, observou-se que as crianças de quatro e cinco anos de idade apresentavam dificuldade em pressionar os botões. Por essa razão, optou-se por descartar o dispositivo de resposta e empregar somente a instrução sobre a tarefa (decidir se a última palavra era ou não adequada – escuta passiva).

¹⁹ Rossi, N. F., Sampaio, A., Lindau, T.A., Pinheiro, A. P., & Giacheti, C. M. Performance of typical children in semantic judgment task. (em preparação para publicação).



(A) exemplos de frases utilizadas para a Condição Congruente; (B) exemplos de frases utilizadas para a Condição Incongruente.

Figura 3.1 - Diagrama representativo de uma sequência de duas tentativas. O intervalo temporal entre a dica visual e o início do próximo estímulo é expresso em milissegundos.

2.3.3 Plano experimental

A tarefa de julgamento semântico foi elaborada com um desenho experimental 2 (frases congruentes, frases incongruentes) x 1 (resposta eletrofisiológica), tendo como variáveis dependentes a amplitude média e a latência a pico dos componentes dos PREs N100, P200, N400 e P600.

2.3.4 Apresentação da tarefa de julgamento semântico

As frases foram gravadas por um falante nativo do Português Brasileiro, do sexo feminino, com entonação neutra, em uma sala do laboratório de voz da UNESP de Marília tratada acusticamente, utilizando o gravador de voz Marantz PMD661 – 24bits/ 96kHz com microfone unidirecional Shure, para o estudo de Rossi et al. (em preparação¹⁹).

A tarefa foi, então, programada para apresentação em *notebook*, utilizando-se o *software E-Prime Professional 2.0* (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA) sincronizado com os registros eletrofisiológicos do equipamento de EEG (*software Net Station*).

Todos os estímulos auditivos foram apresentados de forma binaural, com uma duração média de 1.830 milissegundos (ms). A sequência de 80 sentenças era apresentada em um único bloco, com duração média de 6 minutos e 30 segundos. Um monitor posicionado a um metro da criança foi utilizado para mostrar a cruz de fixação e dicas visuais para a apresentação de cada sentença (ver Figura 3.1).

2.4 Registro e análise dos PREs

Durante a sessão experimental o sinal eletrofisiológico era captado por 128 eletrodos (*Geodesic EEG System 300*; Electrical Geodesics, Inc.), seguindo o sistema 10-10 (Chatrian, Lettich, & Nelson, 1985). O EEG foi digitalizado on-line a uma taxa de amostragem de 250 Hz com *bandpass* de 0.1-100 Hz (Net-Station 4.5.4) e gravado digitalmente para análise *off-line*. O nível de impedância em todos os locais dos eletrodos foi mantido abaixo de 50k Ω e referenciado ao vértice. Eletrodos localizados no canto externo de ambos os olhos registraram movimentos oculares horizontais, enquanto os movimentos verticais dos olhos foram monitorados por eletrodos supra e infraorbitais.

Os arquivos contínuos de EEG foram analisados usando o EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004) e o ERPLAB (Lopez-Calderon & Luck, 2014), *plugins* para o software Matlab®. Primeiro, os dados de EEG foram filtrados utilizando *bandpass* entre 0.1 e 30 Hz (IIR, filtro: phase-shift free Butterworth). Em seguida, o aplicativo *clean rawdata* (Mullen, et al., 2015) foi usado para correção de artefatos e interpolação de canais ruidosos (limite de 20% dos eletrodos totais, considerando a população infantil). Os dados do EEG foram re-referenciados à promediação de todos eles, antes da criação de épocas baseadas nas condições

semânticas (congruentes e incongruentes), partindo de 200 ms antes do início da palavra crítica até 850 ms depois de sua apresentação. Essas épocas foram corrigidas na linha de base usando os 200 ms antes do início do estímulo. Os artefatos de movimentos oculares foram removidos usando a Análise de Componentes Independentes (ICA; algoritmo *runica*) e a detecção e rejeição de artefatos semi-automáticos foi realizada para evitar artefatos semelhantes, variação de voltagem repentina, bem como eletrodos bloqueados e linhas planas. Finalmente, os dados médios foram calculados individualmente para terminações de sentenças congruentes e incongruentes, para aqueles participantes com mais de 85% das épocas totais livres de artefatos.

Para análise estatística, devido ao caráter exploratório da análise, diferentes regiões e hemisférios de interesse foram criados pela atividade média de vários eletrodos: Frontal (Fz, F3, F4), Central (Cz, C3, C4), Parietal (Pz, P3, P4), Occipital (Oz, O1, O2), Esquerdo (F3, C3, P3, O1) e Direito (F4, C4, P4, O2).

2.5 Análise estatística

Os dados eletrofisiológicos considerados na análise foram a amplitude média e a latência a pico (maior deflexão positiva ou negativa a partir do eixo x no intervalo de tempo pré-estabelecido) de quatro componentes, com o intuito de fornecer uma descrição dos processos associados à análise de sentenças a nível neuronal (i.e., N100, P200, N400 e P600). Estabeleceu-se o N100 como a tensão mais negativa entre a latência de 80 e 160 ms, o P200 como a tensão mais positiva entre a latência de 160 e 260 ms, o N400 como a deflexão mais negativa nas janelas entre 300 e 600 ms ($N400_{early}$) e 600 e 800ms ($N400_{late}$) após a apresentação do estímulo. Tais janelas temporais para análise das palavras alvo foram determinadas com base em estudos anteriores com crianças, principalmente as duas janelas de análise do N400, uma vez que estudos anteriores relataram que crianças apresentam um atraso na latência de pico deste componente (Silva-Pereyra, et al., 2005a; Silva-Pereyra, et al., 2005b;

Friedrich & Friederici, 2006). Finalmente, P600 foi considerado como a deflexão mais positiva dentro da janela de latência de 500-700 ms pós-estímulo.

Realizaram-se ANOVAs de medidas repetidas, tanto para os dados de latência a pico como para os valores de amplitude média, de cada um dos componentes alvo. Na primeira, os dados foram analisados considerando como fatores intragrupo: a natureza do estímulo (congruente vs. incongruente) e a região cerebral (frontal vs. central vs. parietal vs. occipital); e como fator entre-grupos: a condição clínica das crianças (HTL vs. TSF), com o intuito de estudar diferenças na distribuição da atividade EEG registrada no escalpo. Na segunda ANOVA, para analisar a lateralização hemisférica, consideraram-se como fatores intragrupo: a natureza do estímulo (congruente vs. incongruente) e o hemisfério (esquerdo vs. direito); e como fator entre-grupos: a condição clínica das crianças (HTL vs. TSF).

A correção de Greenhouse-Geisser (Greenhouse & Geisser, 1959) foi aplicada nas situações em que violações da esfericidade dos dados foram observadas. Testes *post-hoc* foram conduzidos para efeitos principais e interações significativas, ajustados pela correção de Bonferroni.

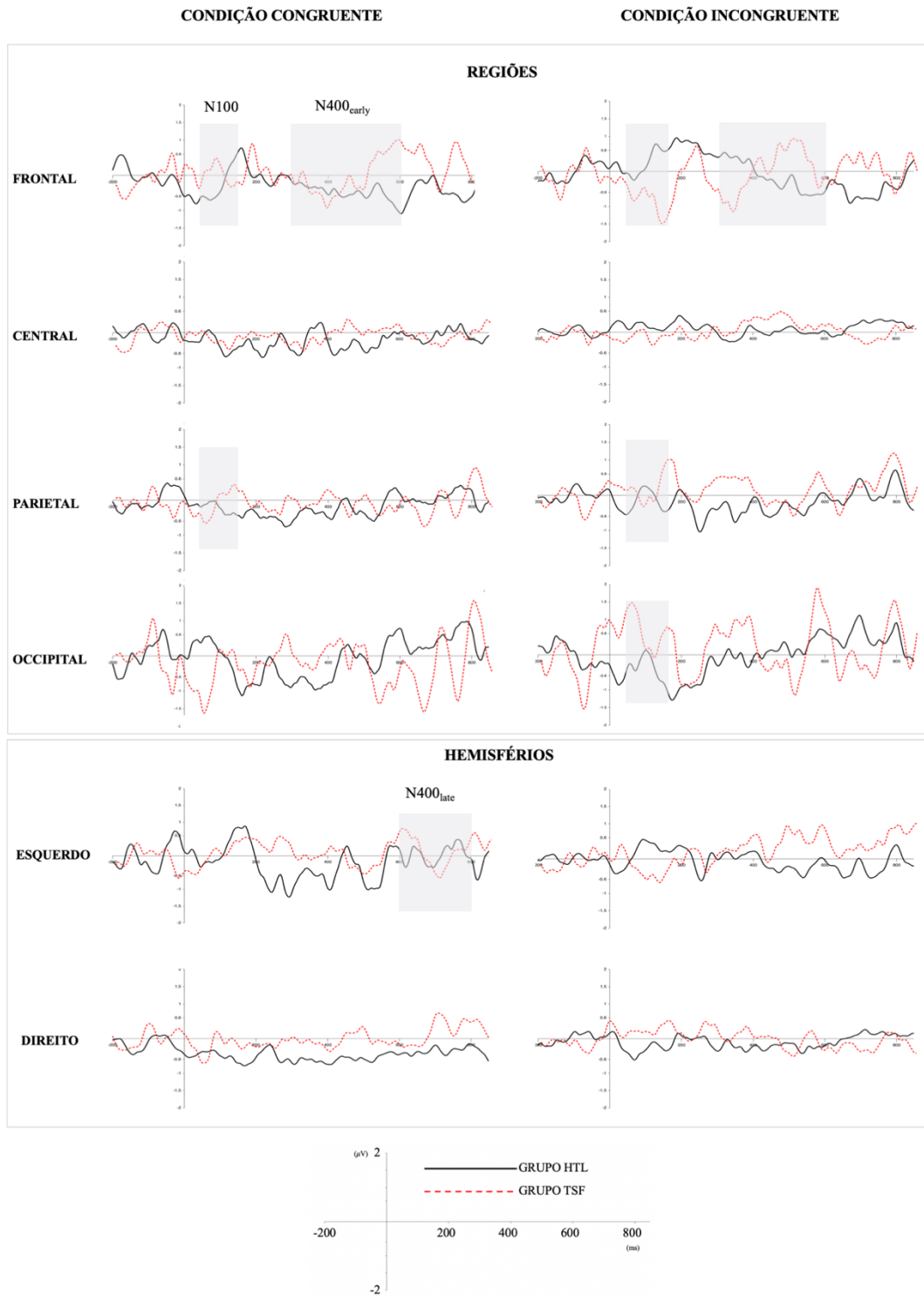
3. RESULTADOS

As Figuras 3.2 e 3.3 mostram a atividade média para cada grupo e condição experimental para as regiões e hemisférios de interesse, em que diferenças significativas na latência de pico dos componentes-alvo do estudo foram destacadas. A Figura 3.4 mostra os mapas topográficos da amplitude média para cada grupo e condição experimental nas janelas temporais definidas para cada um dos componentes, com destaque para as diferenças significativas entre grupos e/ou condições experimentais.



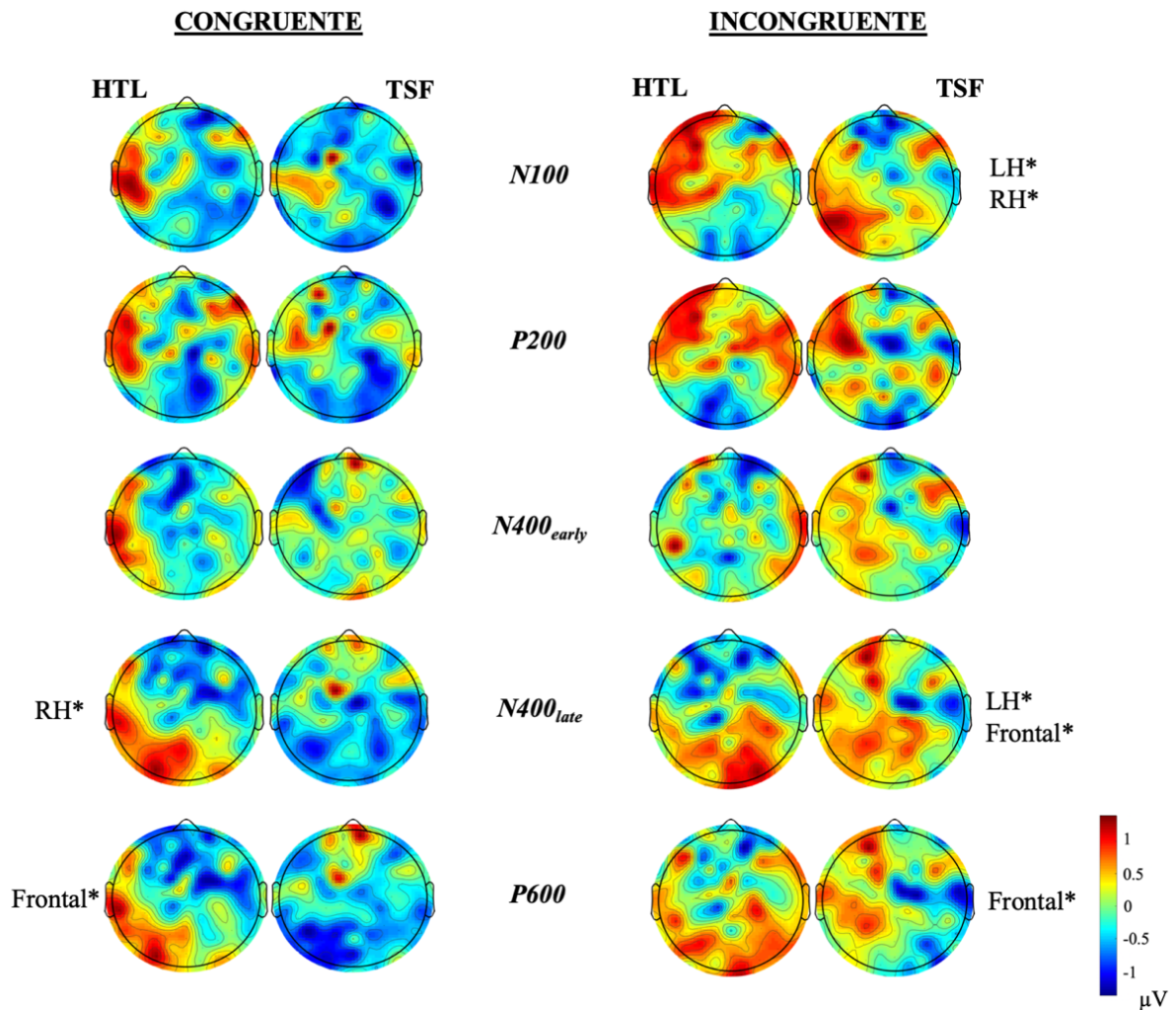
Nota: A diferença significativa entre as condições foi destacada pelo retângulo cinza (valor de $p < 0.05$). Positivo é plotado acima da linha horizontal.

Figura 3.2 - Atividade média para os grupos e condições experimentais (incongruente: linha pontilhada; congruente: linha contínua) das regiões (painel superior) e dos hemisférios (painel inferior).



Nota: A diferença significativa foi destacada pelo retângulo cinza (valor de $p < 0.05$). Positivo é plotado para cima.

Figura 3.3 - Atividade média para os grupos (grupo TSF: linha pontilhada; grupo HTL: linha contínua) e condições experimentais das regiões (painel superior) e hemisférios (painel inferior).



Nota: LH: Hemisfério Esquerdo; RH: Hemisfério Direito. Amplitude (μV).

Figura 3.4 - Mapas topográficos da atividade média com diferenças significativas entre grupos (grupo HTL: HTL; grupo TSF: TSF) para as mesmas condições experimentais. *valor de $p = <0.05$.

No Material Suplementar encontram-se as tabelas com os parâmetros de latência e amplitude dos componentes para as condições congruentes e incongruentes de ambos os grupos.

Nas seções a seguir, essas diferenças serão descritas separadamente para cada ANOVA e cada componente.

3.1 Regiões: Análise da amplitude média e latência de pico dos componentes (N100, P200, N400_{early}, N400_{late} e P600) nos dois grupos de crianças

N100

Amplitude média

Não foram encontrados efeitos significativos para os fatores *Natureza do estímulo* (Congruente ou Incongruente), *Região cerebral* (Frontal, Central, Parietal, Occipital) ou *Condição clínica* (HTL ou TSF) (ver Figura 3.4).

Latência de pico

As análises de latência de pico mostraram um efeito significativo da *Região cerebral* x *Condição clínica* [$F(3,66) = 5.32, p \leq 0.002$]. As comparações subsequentes mostraram maior latência de pico para o Grupo TSF em relação ao Grupo HTL na região frontal ($p \leq 0.028$), enquanto nas regiões parietal e occipital a latência de pico foi menor ($p \leq 0.031$; $p \leq 0.035$, respectivamente). Além disso, a latência da região frontal foi menor que a latência em regiões parietais e occipitais no Grupo HTL ($p \leq 0.008$ e $p \leq 0.002$) mas não no TSF (ver Figura 3.3).

Não foram observados efeitos ou interações estatisticamente significativas para o fator *Natureza do estímulo*.

P200

Amplitude média

Não foram encontrados efeitos significativos para nenhum fator.

Latência de pico

Observou-se o efeito principal para o fator *Condição clínica* [$F(1,22) = 5.58, p \leq 0.027$], sendo que a latência a pico foi maior no Grupo TSF que no HTL. Não foram encontrados efeitos significativos para os fatores restantes (ver Figura 3.3).

N400_{early}

Amplitude média

Efeito principal significativo foi observado para *Natureza do estímulo* [$F(1,22) = 5.92, p \leq 0.024$] e para *Condição clínica* [$F(1,22) = 4.66, p \leq 0.042$]. Ao se analisar a amplitude média para Palavras Congruentes e Incongruentes, observa-se que a condição *Palavras Congruentes* resultou em amplitude mais negativa que a condição *Palavras Incongruentes*. De forma semelhante, o Grupo HTL mostrou uma amplitude mais negativa que o Grupo TSF (Figura 3.4).

Não foram observadas diferenças ou interações significativas para o fator *Região cerebral*.

Latência de pico

Observou-se uma interação significativa para *Região cerebral x Condição clínica* [$F(3,66) = 3.96, p \leq 0.020$]. O pico de latência foi menor para o Grupo TSF, em relação ao Grupo HTL na região frontal ($p \leq 0.002$), como pode ser observado sob o retângulo cinza sobre o registro desta região na Figura 3.3. Além disso, a região frontal mostrou uma latência a pico menor que a central no Grupo HTL ($p \leq 0.041$), mas não no TSF ($p = 1.000$) (Figura 3.3).

Não houve qualquer efeito significativo para o fator *Natureza do estímulo* (Congruente ou Incongruente), como pode ser notado pela sobreposição ou estreita proximidade entre as linhas cheias e tracejadas na Figura 3.3.

N400_{late}*Amplitude média*

Observou-se interação significativa para *Região cerebral x Condição clínica* [$F(3,66) = 3.85, p \leq 0.044$]. Análises subsequentes mostraram que, para o Grupo HTL, a amplitude média na região occipital apresentou menos negatividade que nas regiões parietal e frontal ($p \leq 0.020$ e $p \leq 0.039$, respectivamente) (Figura 3.4). Por outro lado, no grupo TSF, não houve nenhuma diferença significativa entre regiões ($p = 1.000$ e $p = 1.000$ respectivamente).

Não se encontraram efeitos estatísticos significativos para qualquer comparação que incluísse o fator *Natureza do estímulo*.

Latência de pico

Não ocorreu efeito significativo para os fatores *Região cerebral, Natureza do estímulo ou Condição clínica* (Figura 3.3).

P600*Amplitude média*

Ocorreu interação significativa *Região cerebral x Condição clínica* [$F(3,66)=4.44, p \leq 0.029$]. Na região frontal, a amplitude média para o Grupo TSF foi mais positiva que para o HTL ($p \leq 0.024$). Além disso, no Grupo HTL, a amplitude média na região occipital foi mais positiva que na região parietal ($p \leq 0.037$) (Figura 3.4). Em contra partida, para o grupo TSF, não houve nenhuma diferença significativa entre as regiões ($p = 1.000$).

Não foi observado qualquer efeito significativo do fator *Natureza do estímulo*.

Latência de pico

Não foram encontrados efeitos significativos para latência de pico neste componente para nenhum dos fatores incluídos no ANOVA (Figura 3.3).

3.2 Hemisférios: análise da amplitude média e latência de pico dos componentes (N100, P200, N400_{early}, N400_{late} e P600) nos dois grupos de crianças

N100

Amplitude média

A ANOVA de medidas repetidas mostrou uma interação significativa entre *Hemisfério* x *Condição clínica* x *Natureza do estímulo* [$F(1,22) = 4.33, p \leq 0.049$]. Em análises subsequentes, frases com finais incongruentes eliciaram diferenças entre grupos em ambos os hemisférios. Ou seja, no hemisfério esquerdo, o processamento das palavras incongruentes apresentou amplitude média mais negativa para o Grupo TSF em relação ao Grupo HTL ($p \leq 0.036$). De forma oposta, o processamento destas palavras no hemisfério direito gerou amplitude média mais negativa para o Grupo HTL em relação ao TSF ($p \leq 0.042$). Ao observar o Grupo HTL, na condição Incongruente ocorreu diferença entre os hemisférios, ou seja, a amplitude média foi mais negativa para o hemisfério direito quando comparado ao esquerdo ($p \leq 0,051$) (Figura 3.4).

Latência de pico

Não foram encontrados efeitos significativos para os fatores *Hemisfério*, *Natureza do estímulo* ou *Condição clínica*.

P200

Amplitude média

Não foram encontrados efeitos significativos para qualquer um dos fatores.

Latência de pico

Observou-se efeito significativo para o fator *Hemisfério* [$F(1,22) = 4.60, p \leq 0.043$] e o fator *Condição clínica* [$F(1,22) = 11.89, p \leq 0.002$]. As comparações subsequentes mostraram uma latência de pico menor no hemisfério esquerdo em relação ao direito. Para a *Condição clínica*, a latência a pico foi menor no Grupo HTL em relação ao TSF (Figura 3.2).

Não foi observado qualquer efeito significativo para o fator *Natureza do estímulo*.

N400_{early}

Amplitude média

A amplitude média de *N400_{early}* mostrou um efeito significativo para *Hemisfério* [$F(1,22) = 4.22, p \leq 0.052$], e, em análise subsequente, o hemisfério direito apresentou amplitude média mais negativa que o hemisfério esquerdo. Efeito significativo também foi observado para *Natureza do estímulo* [$F(1,22) = 5.12, p \leq 0.034$]. Ao se analisar a amplitude média das palavras congruentes e incongruentes, observa-se que as palavras congruentes apresentam amplitude mais negativa que as incongruentes. Por último, também houve um efeito significativo do fator *Condição clínica* [$F(1,22) = 6.15, p \leq 0.021$], em que a amplitude média foi negativa no Grupo HTL e positiva no TSF (Figura 3.4).

Latência de pico

Não foram encontrados efeitos significativos para os fatores *Hemisfério*, *Natureza do estímulo* e *Condição clínica*.

N400_{late}*Amplitude média*

A amplitude média do N400_{late} apresentou interação significativa para *Hemisfério x Natureza do estímulo x Condição clínica* [$F(1,22) = 4.26, p \leq 0.051$]. O processamento das palavras congruentes teve uma amplitude média no hemisfério direito mais negativa para o Grupo HTL que para o TSF ($p \leq 0.045$), enquanto a amplitude média das palavras incongruentes no hemisfério esquerdo foi mais negativa também no Grupo HTL que no TSF ($p \leq 0.037$) (Figura 3.4).

Latência de pico

A análise da latência de pico mostrou um efeito significativo na interação *Hemisfério x Natureza do estímulo x Condição clínica* [$F(1,22) = 7.22, p \leq 0.013$]. Portanto, para as palavras congruentes no hemisfério esquerdo, a latência do pico foi menor para o Grupo HTL quando comparado ao TSF ($p \leq 0.014$). Também a latência para as palavras congruentes foi menor que para as incongruentes no hemisfério esquerdo do Grupo HTL ($p \leq 0.012$; Figura 3.4). Finalmente, o processamento da palavra congruente teve menor latência de pico no hemisfério esquerdo que no direito no Grupo HTL ($p \leq 0.005$) e ao contrário no TSF ($p \leq 0.010$) (Figura 3.3).

P600*Amplitude média*

Ocorreu interação significativa para *Hemisfério x Condição clínica* [$F(1,22)=4.22, p \leq 0.052$]. Análises subsequentes mostraram que, para o hemisfério esquerdo, o Grupo TSF mostrou uma amplitude mais positiva em relação ao Grupo HTL ($p \leq 0.010$). Além disso, no

Grupo TSF, o hemisfério esquerdo teve amplitude mais positiva que o direito ($p \leq 0.017$) (Figura 3.4).

Latência de pico

Não foram encontrados efeitos significativos para qualquer um dos fatores.

4. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar o processamento semântico de sentenças de fala natural em crianças pré-escolares com e sem transtorno dos sons da fala, por meio de medidas eletrofisiológicas (PREs). Os resultados mostraram que medidas eletrofisiológicas permitiram identificar diferenças no processamento de frases com finais congruentes e incongruentes em crianças com TSF quando comparadas às crianças com HTL.

Considerando-se os componentes iniciais de processamento (N100 e P200), foi encontrada diferença significativa entre as condições de sentença para amplitude média do N100: para palavras incongruentes, foi encontrada uma amplitude mais negativa do N100 no hemisfério esquerdo para o Grupo TSF, enquanto que, para o Grupo HTL, essa negatividade apresentou amplitude maior no hemisfério direito. A latência de pico do N100 foi maior para o TSF ao se observar a região frontal, sugerindo que este grupo necessitou de maior tempo para eliciar uma resposta quanto às características físicas do estímulo e/ou realizar processos de segmentação das palavras, independente da condição de congruência.

No componente P200, por sua vez, a latência de pico foi sempre maior para o TSF em relação ao HTL, para todas as regiões e hemisférios. Isso significa que, no TSF, a apresentação dos estímulos (congruentes ou incongruentes) eliciou a atividade elétrica mais tarde do que no HTL. De fato, estes dados são coerentes com outro estudo que utilizou tarefa semelhante em uma população de indivíduos com outro transtorno do neurodesenvolvimento como a

Síndrome de Williams-Beuren, em que os autores sugeriram alterações nos componentes iniciais como um efeito fisiológico prejudicado no processamento da linguagem (Pinheiro et al., 2010). Estudos envolvendo paradigma de leitura propuseram que os componentes entre 200 e 500 ms correspondem ao processamento fonológico e semântico/sintático (Kutas & Van Petten, 1994) e que a amplitude do P200 foi menor para pares fonologicamente diferentes em comparação a pares semelhantes (Liu, Perfetti, & Hart, 2003). Dessa forma, o componente P200 foi apresentado também como sensível ao processamento fonológico em estudos prévios com esse paradigma.

Assim, neste estudo, uma das hipóteses para explicar esta possível alteração (i.e., efeito fisiológico prejudicado) no percurso do processamento da informação auditiva, fornecida durante a apresentação da tarefa, pode estar relacionada com o fato de que o grupo TSF apresenta prejuízos no reconhecimento fonológico, que poderiam justificar o padrão tardio constante da latência de pico do P200 em comparação ao grupo HTL. Ademais, deve-se considerar a existência de latência tardia no componente anterior (N100). A alteração dos primeiros passos no processamento da palavra alvo pode desencadear, ou de alguma forma influenciar, o processamento de informação subsequente que seriam refletidos em alterações dos parâmetros de componentes dos PREs mais tardios. De fato, há um encadeamento de alterações verificadas nos componentes subsequentes, começando no P200, passando pelo N400 e terminando no P600 com uma forma de onda mais positiva nas regiões frontal e occipital.

Nosso estudo também verificou um N400_{early} de forma mais pronunciada nas regiões frontal (congruência) e parietal (incongruência) no Grupo HTL. No TSF, por sua vez, o N400_{early} foi mais pronunciado nas regiões central, parietal e occipital apenas para a condição incongruente. Não houve interação estatística entre os fatores analisados para este componente, mas as palavras congruentes apresentaram amplitude mais negativa em relação às

incongruentes em ambos grupos, tanto que o HTL apresentou amplitude mais negativa quando comparado ao TSF, independentemente da natureza do estímulo. Isso pode indicar que, no HTL, a palavra alvo eliciou o componente de forma mais robusta.

O $N400_{late}$ foi mais pronunciado nas regiões frontal e occipital nas duas condições do estímulo para o HTL. No TSF, a condição incongruente eliciou $N400_{late}$ mais pronunciado na região parietal, enquanto palavras congruentes eliciaram o $N400_{late}$ mais pronunciado na região frontal. Em relação aos hemisférios, observou-se que palavras incongruentes apresentaram negatividade maior no Hemisfério esquerdo para o HTL, o que ocorreu de acordo com o esperado e semelhante aos padrões relatados para crianças mais velhas e adultos (Holcomb et al., 1992; Silva-Pereyra, et al., 2005b; Friedrich & Friederici, 2004, 2006). Além disso, maior negatividade para o grupo HTL, em comparação com o TSF, foi observada no hemisfério direito para palavras congruentes. Em relação aos dados de latência do $N400_{late}$, especificamente na região frontal, observou-se um efeito significativo em que o pico de latência foi menor para o grupo TSF do que para o HTL.

Portanto, ao considerar a amplitude do N400, os achados deste estudo são compatíveis com as hipóteses apresentadas por Friedrich e Friederici (2006) e por Torkildsen et al. (2008), em que crianças sem risco para o desenvolvimento de transtornos da comunicação apresentaram amplitude maior restrita à região frontal para palavras congruentes e distribuição ampla para palavras incongruentes, enquanto crianças do grupo de risco apresentaram amplitude maior apenas para palavras congruentes, nas regiões frontal, central e temporal. Quanto à latência, em estudos com crianças com desenvolvimento comunicativo típico, Holcomb et al. (1992) observaram que, quanto mais nova a criança, maior o pico de latência do N400 para as palavras incongruentes em sentenças e no estudo de Juottonen, Revonsuo e Lang (1996), o pico de latência variou entre 500 e 600 ms, tanto para palavras congruentes quanto para incongruentes com maior ativação nas regiões frontal e parietal. Aos seis anos de

idade, crianças mostraram o mesmo pico de latência observado em adultos, mas não tão prolongado e focal (Shipke et al., 2012). Ao investigar o processamento semântico de crianças de três a cinco anos de idade com disfluências gegas (i.e., transtornos da comunicação; APA, 2013), a latência do N400 foi maior para este grupo em relação ao grupo que não apresentava gagueira, porém sem diferença estatisticamente significativa. Os autores argumentaram, assim, a possibilidade de acesso e integração lexical menos eficiente para crianças que gaguejam, o que poderia reduzir a eficiência de processamento semântico. Ao ponderar este argumento, o resultado de latência observado na população deste estudo para o N400 *late* poderia seguir a mesma linha de discussão.

Alguns estudos apontaram que a extensão do vocabulário interfere na presença, ou não, do componente N400 e que a lateralização à direita refere às habilidades de produção da linguagem, propondo tal distribuição como reflexo da maturação neural no processamento léxico-semântico (Friedrich & Friederici, 2004, 2010; Torkildsen et al., 2008; Rämä, Sirri, & Serres, 2013). Sendo assim, os presentes dados parecem demonstrar que, no HTL, o padrão de ativação está mais direcionado ao hemisfério esquerdo, enquanto que no TSF parece não haver tal direcionamento para um dos hemisférios. Estes resultados são consistentes com pesquisas com populações típicas quanto ao desenvolvimento infantil que demonstraram:

(1) atraso na latência e duração reduzida do componente N400, quando comparado ao observado em crianças mais velhas e em adultos (Friedrich & Friederici, 2010; Holcomb et al., 1992; Silva-Pereyra et al., 2005b; Friedrich & Friederici, 2004, 2005, 2006);

(2) que o padrão de ativação está restrito à região frontal do hemisfério esquerdo para palavras congruentes e distribuição ampla para palavras incongruentes (Friedrich & Friederici, 2006); e

(3) que, aos 20 meses, o efeito tende a ser mais lateralizado à direita em crianças com baixo desempenho de linguagem (Torkildsen et al., 2008).

Landi e Perfetti (2007), com base em estudos cujo paradigma consistia em tarefa de leitura em adultos, referiram que, apesar da análise do componente N400 deter-se frequentemente nas relações semânticas, esse componente também é tido como sensível às relações fonológicas, quando analisado sob esse paradigma.

Nas populações de risco, ou com transtornos da comunicação, observaram-se alterações no padrão de onda do N400 quando comparado ao grupo típico de referência, com maior amplitude do componente N400 apenas para palavras congruentes em crianças de risco para o desenvolvimento de distúrbio específico de linguagem (Friedrich & Friederici, 2006); N400 atenuado em crianças em risco de dislexia (Torkildsen et al., 2007); amplitude e latência do N400 aumentadas mediante as alterações semânticas em crianças gagas (Weber-Fox et al., 2013); e ausência do componente N400 na incongruência entre palavras e imagens para crianças autistas (McCleery et al., 2010). Não foram encontrados, na literatura compilada, estudos com a população de crianças com transtornos dos sons da fala, apesar de ser um dos mais frequentes transtornos da comunicação diagnosticados no Brasil.

Os achados deste estudo sugerem diferenças na organização das redes neurais que atendem à percepção da fala em crianças diagnosticadas com TSF, confirmando a hipótese de que haveria um padrão de ativação eletrofisiológico diferente, uma vez que esse transtorno se enquadra nos transtornos do neurodesenvolvimento e pode refletir alterações relacionadas à maturação neural e/ou a rotas alternativas para o processamento da informação. O sistema lexical sofreria uma reestruturação substancial no nível de processamento e representação fonológica ao longo do desenvolvimento da linguagem na primeira infância (Bonte & Blomer, 2004). Assim, apesar de os grupos não apresentarem diferenças quanto à idade e à média de desempenho, de acordo com a pontuação bruta, no vocabulário do PPVT-4, e nos itens receptivos e expressivos da linguagem PLAI-2 e na inteligência não-verbal da EMMC, as diferenças na atividade elétrica sugerem e podem indicar diferenças na organização e

processamento das informações, mesmo que essas diferenças não se reflitam no resultado global da aquisição de linguagem (compreensão auditiva e controle da emissão vocal em falantes).

Contudo, conforme argumentado por Friedrich e Friederici (2010), a maturação cerebral na primeira infância pode não ser suficiente para eliciar o componente N400 pelas fracas representações léxico-semânticas que vão se consolidando ao longo dos anos. Nesse sentido, os resultados com a população infantil devem ser analisados com cautela, uma vez que tal população se encontra em fase de desenvolvimento, impossibilitando a comparação com os achados de adultos, que frequentemente diferem das crianças temporalmente, topograficamente ou quanto à polaridade (Coch et al., 2012; Pujol et al., 2006). Outro ponto a ser destacado é o número restrito de crianças nesse estudo, que é uma possível variável no poder estatístico e é um aspecto crítico na pesquisa de transtornos da comunicação e PREs.

Destaca-se, ainda, nos achados do presente estudo, a presença de uma forma de onda mais positiva nas regiões frontal e occipital, observada em torno de 600 ms para o grupo TSF em relação ao Grupo HTL. Dessa forma, pode-se especular a presença do componente P600, que reflete os processos gerais de integração (e.g., Bornkessel et al., 2004; Friederici, 2002; Kaan et al., 2000; Kaan & Swab, 2003; Osterhout & Holcomb, 1992). Estudos anteriores com tarefas de julgamento semântico em populações típicas propuseram que o P600 poderia estar relacionado à demandas de processamento aumentadas incluindo reanálise, com ativação de regiões cerebrais posteriores (Friederici, Hahne, & Mecklinger, 1996; Kim & Osterhout, 2005; Perfetti et al., 2010). Portanto, essa forma de onda (P600) observada para o TSF, em conjunto com os dados dos componentes iniciais (N100 e P200), pode sugerir que este grupo apresenta *déficits* nas representações léxico-semânticas e que alterações no processamento inicial também podem influenciar nas etapas posteriores de processamento, assim como proposto por outros estudos (Pinheiro et al., 2010).

5. CONCLUSÃO

Conforme discutido na literatura científica, há uma interdependência entre os subsistemas da linguagem e, portanto, faz-se necessária, no que concerne ao Transtorno dos Sons da Fala, a investigação da relação entre a fonologia e a semântica, buscando elucidar os correlatos neurais dos processos cognitivo-comportamentais envolvidos na linguagem falada em relação ao controle contextual.

Os achados deste estudo apontaram diferenças no desenvolvimento da organização das redes neurais que atendem à percepção da fala em crianças diagnosticadas com Transtorno dos Sons da Fala. Isto pode sugerir que essas crianças apresentem mudanças neurodesenvolvimentais acarretando alterações no processamento inicial (perceptivo/atencional) que influenciam nas representações léxico-semânticas e nas etapas posteriores de processamento da linguagem.

Este é o primeiro estudo realizado, nessa perspectiva, com a população de crianças com Transtorno dos Sons da Fala. Os achados constituem uma contribuição inicial relevante e seus resultados poderão auxiliar na compreensão e definição de padrões neurais relacionados ao processamento da fala dessas crianças. Novas explorações para consolidar as relações descritas podem ampliar o conhecimento do substrato neural envolvido no desenvolvimento das habilidades de linguagem, visando compreender as implicações de tais aspectos nos processos típicos e desviantes da comunicação humana na avaliação, diagnóstico e terapia fonoaudiológica.

REFERÊNCIAS

- Alves, I., & Duarte, J. (2001). *Escala de maturidade mental columbia: padronização brasileira*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- American Psychiatric Association - APA. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders – DSM-5*. (5th ed.). Arlington: American Psychiatric Association.
- American Speech-Language-Hearing Association – Asha. (2013). *Clinical topics and disorders in speech-language pathology*. Retrieved from <https://www.asha.org/slp/clinical/>
- André, C., Ghio, A., Cavé, C., & Teston, B. (2009). *Perceval: perception evaluation auditive & visuelle* (versão 5.0. 30) [Programa de computador]. Retrieved from <http://aune.lpl.univ-aix.fr/~lpldev/perceval>
- Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa - ABEP. (2015). Critério de classificação econômica Brasil. São Paulo. Retrieved from <http://www.abep.org/new/criterioBrasil.aspx>
- Atchley, R., Rice, M., Betz, S., Kwasny, K., Sereno, J., & Jongman, A. (2006). A comparison of semantic and syntactic event related potentials generated by children and adults. *Brain and Language*, 99(3), 236–246. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2005.08.005>
- Befi-Lopes, D. M., & Gândara, J. P. (2002). Desempenho em prova de vocabulário de crianças com diagnóstico de alteração fonológica. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 7,16-22.
- Benau, E. M., Morris, J., & Couperus, J. W. (2011). Semantic processing in children and adults: incongruity and the N400. *Journal of Psycholinguistic Research*, 40(3), 225-239. <https://doi.org/10.1007/s10936-011-9167-1>

- Berti, L. (2011). Instrumento de avaliação da percepção da fala – PERCEFAL. In *I Simpósio Internacional do Grupo de Pesquisa Avaliação da Fala e da Linguagem–Perspectivas Interdisciplinares em Fonoaudiologia*, (pp. 289-304). Marília, São Paulo.
- Berti, L. C., Pagliuso, A., & Lacava, F. (2009). Speech evaluation instrument for acoustical analysis based on linguistic criteria. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 14(3),305-314. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342009000300005>
- Bishop, D. V. M. (1997). *Uncommon understanding: comprehension in specific language impairment*. Abingdon: Routledge.
- Bishop, D. V. M. (2009). Genes, cognition, and communication: insights from neurodevelopmental disorders. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156(1), 1-18. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04419.x>
- Bishop, D. V. M. (2010). Which neurodevelopmental disorders get researched and why? *PLoS One*, 5(11), 1-9. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0015112>
- Blank, M., Rose, S. A., & Berlin, L. J. (2003). *PLAI 2: Preschool Language Assessment Instrument*. Austin: Pro-ed.
- Bonte, M., & Blomert, L. (2004). Developmental changes in ERP correlates of spoken word recognition during early school years: a phonological priming study. *Clinical Neurophysiology*, 115(2), 409-423. [http://dx.doi.org/10.1016/S1388-2457\(03\)00361-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1388-2457(03)00361-4)
- Bornkessel, I., McElree, B., Schlesewsky, M., & Friederici, A. D. (2004). Multi-dimensional contributions to garden path strength: dissociating phrase structure from case marking. *Journal of Memory and Language*, 51(4), 495-522. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2004.06.011>

- Burgemeister, B., Blum, L., & Lorge, I. (1971). *Columbia mental maturity scale*. New York: Harcourt, Brace & Ovanovich.
- Chatrian, G. E., Lettich, E., & Nelson, P. L. (1985). Ten percent electrode system for topographic studies of spontaneous and evoked EEG activities. *American Journal of EEG technology*, 25(2), 83-92. <https://doi.org/10.1080/00029238.1985.11080163>
- Chou, T. L., Booth, J. R., Burman, D. D., Bitan, T., Bigio, J. D., Lu, D., & Cone, N. E. (2006). Developmental changes in the neural correlates of semantic processing. *Neuroimage*, 29(4), 1141-1149. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.09.064>
- Coch, D., Mitra, P., & George, E. (2012). Behavioral and ERP evidence of word and pseudoword superiority effects in 7- and 11-year-olds. *Brain Research*, 1486, 68-81. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.09.041>
- Costa, M. U. C. L. M. (2017). The ERP technique in children's sentence processing: a review. *Revista de Estudos da Linguagem*, 25(3), 1537-1566. <https://doi.org/10.17851/2237-2083.25.3.1537-1566>
- Cummings, A., & Čeponienė, R. (2010). Verbal and nonverbal semantic processing in children with developmental language impairment. *Neuropsychologia*, 48(1), 77-85. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.08.012>
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>
- Dunn, D. M., & Dunn, L. M. (2007). *Peabody Picture Vocabulary Test: manual*. 4th. New Jersey: Pearson.
- Farmer, M. E., & Klein, R. M. (1995). The evidence for a temporal processing deficit linked to dyslexia: a review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2(4), 460-493. <https://doi.org/10.3758/BF03210983>

- Federmeier, K. D., Mai, H., & Kutas, M. (2005). Both sides get the point: hemispheric sensitivities to sentential constraint. *Memory & Cognition*, 33(5), 871-886.
<https://doi.org/10.3758/BF03193082>
- Fonseca, L. F., & Wertzner, H. F. (2005, Setembro). Inteligibilidade de fala, gravidade e tipo de erros característicos do transtorno fonológico. Paper apresentado no XIII Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia, 2005, Santos, São Paulo. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 10(n. especial), 1-2.
- Friederici, A. D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(2), 78-84. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01839-8](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01839-8)
- Friederici, A. D., Hahne, A., & Mecklinger, A. (1996). Temporal structure of syntactic parsing: early and late event-related brain potential effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(5), 1219-1248.
<http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.22.5.1219>
- Friedrich, C. K., Eulitz, C., & Lahiri, A. (2006). Not every pseudoword disrupts word recognition: an ERP study. *Behavioral and Brain Functions*, 2(1), 36.
<https://doi.org/10.1186/1744-9081-2-36>
- Friedrich, M., & Friederici, A. D. (2004). N400-like semantic incongruity effect in 19-month-olds: processing known words in picture contexts. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1465-1477. <https://doi.org/10.1162/0898929042304705>
- Friedrich, M., & Friederici, A. D. (2005). Lexical priming and semantic integration reflected in the event-related potential of 14-month-olds. *Neuroreport*, 16(6), 653-656.
<https://doi.org/10.1097/00001756-200504250-00028>
- Friedrich, M., & Friederici, A. D. (2006). Early N400 development and later language acquisition. *Psychophysiology*, 43(1), 1-12. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2006.00381.x>

- Friedrich, M., & Friederici, A. D. (2010). Maturing brain mechanisms and developing behavioral language skills. *Brain and Language*, 114(2),66-71.
<https://doi.org/10.1016/j.bandl.2009.07.004>
- Gonzalez, C.M.G., Clark, V.P., Fan, S., Luck, S.J., & Hillyard, S.A. (1994). Sources of attention-sensitive visual event-related potentials. *Brain Topography*, 7(1), 41–51.
<https://doi.org/10.1007/BF01184836>
- Greenhouse, S., & Geisser, S. (1959). On methods in the analysis of profile data. *Psychometrika*, 24(2),95–112. <https://doi.org/10.1007/BF02289823>
- Hahne, A., Eckstein, K., & Friederici, A. (2004). Brain signatures of syntactic and semantic processes during children’s language development. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(7),1302–1318. <https://doi.org/10.1162/0898929041920504>
- Henderson, L. M., Baseler, H. A., Clarke, P. J., Watson, S., & Snowling, M. J. (2011). The N400 effect in children: Relationships with comprehension, vocabulary and decoding. *Brain and Language*, 117(2),88-99. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2010.12.003>
- Hillyard, S. A., Vogel, E. K., & Luck, S. J. (1998). Sensory gain control (amplification) as a mechanism of selective attention: electrophysiological and neuroimaging evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences*, 353(1373), 1257-1270. <https://doi.org/10.1098/rstb.1998.0281>
- Holcomb, P. J., Coffey, S. A., & Neville, H. J. (1992). Visual and auditory sentence processing: a developmental analysis using event related brain potentials. *Developmental Neuropsychology*, 8(2-3),203-241.
<https://doi.org/10.1080/87565649209540525>
- Juottonen, K., Revonsuo, A., & Lang, H. (1996). Dissimilar age influences on two ERP waveforms (LPC and N400) reflecting semantic context effect. *Cognitive Brain Research*, 4(2),99-107. [https://doi.org/10.1016/0926-6410\(96\)00022-5](https://doi.org/10.1016/0926-6410(96)00022-5)

- Kaan, E., Harris, A., Gibson, E., & Holcomb, P. (2000). The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Language and cognitive processes*, 15(2), 159-201.
<https://doi.org/10.1080/016909600386084>
- Kaan, E., & Swaab, T. Y. (2003). Repair, revision, and complexity in syntactic analysis: an electrophysiological differentiation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(1), 98-110. <https://doi.org/10.1162/089892903321107855>
- Kim, A., & Osterhout, L. (2005). The independence of combinatory semantic processing: evidence from event-related potentials. *Journal of Memory and Language*, 52(2), 205-225. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2004.10.002>
- Kutas M, & Federmeier KD. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(12):463-470.
[https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01560-6](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01560-6)
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62, 621-647. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207(4427), 203-205. <https://doi.org/10.1126/science.7350657>
- Kutas, M., & Van Petten, C. (1994). Psycholinguistics electrified: event-related brain potential investigations. In M. A. Gernsbacher (Ed.). *Handbook of psycholinguistics* (pp. 83-143). London: Academic Press.
- Kutas, M., Van Petten, C. K., Kluender, R. (2006). Psycholinguistics electrified II (1994-2005). In M. A. Gernsbacher (Ed.). *Handbook of psycholinguistics* (2nd ed.) (pp. 659-724). London: Academic Press.

- Landi, N., & Perfetti, C. A. (2007). An electrophysiological investigation of semantic and phonological processing in skilled and less-skilled comprehenders. *Brain and Language*, 102(1),30-45. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2006.11.001>
- Lindau, T. A., Giacheti, C. M., Silva, I. B., & de Souza, D. G. (2017). Semantic processing in children 0 to 6 years of age: an N400 analysis. *Revista CEFAC*, 19(5).
<http://dx.doi.org/10.1590/1982-0216201719513517>
- Lindau, T. A., Rossi, N. F., & Giacheti, C. M. (2014). Cross-cultural adaptation of preschool language assessment instrument. *CoDAS*, 26(6),428-433.
<http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/20142014116>
- Liu, Y., Perfetti, C. A., & Hart, L. (2003). ERP evidence for the time course of graphic, phonological, and semantic information in Chinese meaning and pronunciation decisions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(6), 1231-1247. <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.29.6.1231>
- Lloyd, L. L., & Kaplan, H. (1978). *Audiometric interpretation: a manual of basic audiometry*. Baltimore: University Park Press.
- Locke, J. L. (1994). Gradual emergence of developmental language disorders. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 37(3),608-616. <http://dx.doi.org/10.1044/jshr.3703.608>
- Locke, J. L. (1997). A theory of neurolinguistic development. *Brain and Language*, 58(2),265-326. <https://doi.org/10.1006/brln.1997.1791>
- Lopez-Calderon, J., & Luck, S. J. (2014). ERPLAB: an open-source toolbox for the analysis of event-related potentials. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 213.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00213>
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. Massachusetts: MIT press.

- McClelland, J. L. (1993). Toward a theory of information processing in graded, random, interactive networks. In D. E. Meyer & S. Kornblum (Eds.). *Attention & performance xiv: synergies in experimental psychology, artificial intelligence and cognitive neuroscience* (pp.655-688). Cambridge: MIT Press.
- McCleery, J. P., Ceponiene, R., Burner, K. M., Townsend, J., Kinnear, M., & Schreibman, L. (2010). Neural correlates of verbal and nonverbal semantic integration in children with autism spectrum disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51(3),277-286. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2009.02157.x>
- McGregor, K. K., Friedman, R. M., Reilly, R. M., & Newman, R. M. (2002). Semantic representation and naming in young children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45(2),332-346. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2002/026\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2002/026))
- Mota, H. B., Kaminski, T. I., Nepomuceno, M. R. F., & Athayde, M. L. (2009). Alterações no vocabulário expressivo de crianças com desvio fonológico. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 14(1),41-47. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342009000100009>
- Mullen TR, Kothe CA, Chi YM, Ojeda A, Kerth T, Makeig S, ... & Cauwenberghs G. (2015). Real-time neuroimaging and cognitive monitoring using wearable dry EEG. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 62(11),2553-2567. <http://dx.doi.org/10.1109/TBME.2015.2481482>
- Näätänen, R., & Picton, T. (1987). The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: a review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology*, 24(4), 375-425. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8986.1987.tb00311.x>

- Nash, M., & Donaldson, M. L. (2005). Word learning in children with vocabulary deficits. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48(2),439-458. doi: 10.1044/1092-4388(2005/030) 6. [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2005/030\) 6](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2005/030)6).
- Oberecker, R., Friedrich, M., & Friederici, A. (2005). Neural correlates of syntactic processing in two-year-olds. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(10),1667–1678. <https://doi.org/10.1162/089892905774597236>
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1),97-113 [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)
- Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, 31(6), 785-806. [http://dx.doi.org/10.1016/0749-596X\(92\)90039-Z](http://dx.doi.org/10.1016/0749-596X(92)90039-Z)
- Perfetti, C.A., Liu, Y., Fiez, J., Tan, L.H. (2010). The neural bases of reading: the accommodation of the brain's reading network to writing systems. In Cornelissen, P., Hansen, P., Kringelbach, M. (Eds.). *The neural basis of reading* (pp.147-172.). Oxford: University Press.
- Perrin F, Maquet P, Peigneux P, Ruby P, Degueldre C, Balteau E, Del Fiore G, Moonen G, Luxen A, & Laureys S. (2005). Neural mechanisms involved in the detection of our first name: a combined ERPs and PET study. *Neuropsychologia*, 43(1),12-19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.07.002>.
- Pinheiro, A. P., Galdo-Álvarez, S., Sampaio, A., Niznikiewicz, M. & Gonçalves, Ó. F. (2010). Electrophysiological correlates of semantic processing in Williams syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 31(6),1412-1425. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2010.06.017>

- Pujol, J., Soriano-Mas, C., Ortiz, H., Sebastian-Galles, N., Losilla, J. M., & Deus, J. (2006). Myelination of language-related areas in the developing brain. *Neurology*, 66(3),339-343. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000201049.66073.8d>
- Räling, R., Holzgrefe-Lang, J., Schröder, A., & Wartenburger, I. (2015). On the influence of typicality and age of acquisition on semantic processing: diverging evidence from behavioural and ERP responses. *Neuropsychologia*, 75,186-200. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.05.031>
- Rämä, P., Sirri, L., & Serres, J. (2013). Development of lexical–semantic language system: N400 priming effect for spoken words in 18-and 24-month old children. *Brain and Language*, 125(1),1-10. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2013.01.009>.
- Rosa, M. C. (2003). Classes de palavras, tipos de significado e questões relacionadas. In M. C. Rosa (Ed.). *Introdução à morfologia* (p. 91-114). São Paulo: Contexto.
- Sabisch, B., Hahne, A., Glass, E., von Suchodoletz, W., & Friederici, A. D. (2006). Lexical–semantic processes in children with specific language impairment. *Neuroreport*, 17(14),1511-1514. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000236850.61306.91>
- Sanders, L. D., & Neville, H. J. (2003). An ERP study of continuous speech processing. I. segmentation, semantics, and syntax in native speakers. *Cognitive Brain Research*, 15(3), 228-240. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(02\)00195-7](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(02)00195-7)
- Santos, C. R. C. (2012). *Caracterização dos potenciais N400 em registos de potenciais evocados relacionados com a linguagem*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10362/8433>
- Schipke, C. S., Knoll, L. J., Friederici, A. D., & Oberecker, R. (2012). Preschool children’s interpretation of object-initial sentences: neural correlates of their behavioral

performance. *Developmental Science*, 15(6),762-774. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2012.01167.x>

Shriberg, L. D., & Kwiatkowski, J. (1982). Phonological disorders III: a procedure for assessing severity of involvement. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 47(3),256-270. <https://doi.org/10.1044/jshd.4703.256>

Silva-Pereyra, J. F., Klarman, L., Lin, L. J. F., & Kuhl, P. K. (2005b). Sentence processing in 30-month-old children: an event-related potential study. *Neuroreport*, 16(6),645-648.

Silva-Pereyra, J., Rivera-Gaxiola, M., & Kuhl, P. K. (2005a). An event-related brain potential study of sentence comprehension in preschoolers: semantic and morphosyntactic processing. *Cognitive Brain Research*, 23(2-3), 247-258.
<https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.10.015>

Stoel-Gammon, C. (1991). Normal and disordered phonology in two-year-olds. *Topics in Language Disorders*, 11(4),21-31. <https://doi.org/10.1097/00011363-199111040-00005>

Stuellein, N., Radach, R. R., Jacobs, A. M., & Hofmann, M. J. (2016). No one way ticket from orthography to semantics in recognition memory: N400 and P200 effects of associations. *Brain Research*, 1639,88-98.
<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2016.02.029>.

Studdert-Kennedy, M. (2002). Deficits in phoneme awareness do not arise from failures in rapid auditory processing. *Reading and Writing*, 15(1-2),5-14.
<https://doi.org/10.1023/A:1013812219382>

Studdert-Kennedy, M., & Mody, M. (1995). Auditory temporal perception deficits in the reading-impaired: A critical review of the evidence. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2(4),508-514. <https://doi.org/10.3758/BF03210986>

- Swingley, D., & Aslin, R. N. (2000). Spoken word recognition and lexical representation in very young children. *Cognition*, 76(2),147-166. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(00\)00081-0](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(00)00081-0)
- Tallal, P., Miller, S., & Fitch, R. H. (1993). Neurobiological basis of speech: a case for the preeminence of temporal processing. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 682(1),27-47. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1993.tb22957.x>
- Temple, C. M. (1997). Cognitive neuropsychology and its application to children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38(1), 27-52. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1997.tb01504.x>
- Torkildsen, J. K., Syversen, G., Simonsen, H. G., Moen, I., & Lindgren, M. (2007). Brain responses to lexical-semantic priming in children at-risk for dyslexia. *Brain and Language*, 102(3), 243-261. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2006.11.010>
- Torkildsen, J. V. K., Svangstu, J. M., Hansen, H. F., Smith, L., Simonsen, H. G., Moen, I., & Lindgren, M. (2008). Productive vocabulary size predicts event-related potential correlates of fast mapping in 20-month-olds. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(7), 1266-1282. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20087>
- Weber-Fox, C., & Neville, H. J. (2001). Sensitive periods differentiate processing of open- and closed-class words: an ERP study of bilinguals. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44(6),1338-1353. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2001/104\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2001/104))
- Weber-Fox, C., Wray, A. H., & Arnold, H. (2013). Early childhood stuttering and electrophysiological indices of language processing. *Journal of Fluency Disorders*, 38(2),206-221. <https://doi.org/10.1016/j.jfludis.2013.01.001>
- Wertzner, H. F., Amaro, L., & Teramoto, S. S. (2005). Severity of phonological disorders: perceptual judgment and percentage of correct consonants. *Pró-Fono Revista de*

Atualização Científica, 17(2),185-194. [https://doi.org/ 10.1590/S0104-56872005000200007](https://doi.org/10.1590/S0104-56872005000200007)

Wlotko, E. W., & Federmeier, K. D. (2007). Finding the right word: Hemispheric asymmetries in the use of sentence context information. *Neuropsychologia*, 45(13),3001-3014. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.05.013>

Woldorff, M. G., Gallen, C. C., Hampson, S. A., Hillyard, S. A., Pantev, C., Sobel, D., et al. (1993). Modulation of early sensory processing in human auditory cortex during auditory selective attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 90(18), 8722-8726. <https://doi.org/10.1073/pnas.90.18.8722>

MATERIAL SUPLEMENTAR

Parâmetros de latência e amplitude dos componentes (N100, P200, N400_{early}, N400_{late} e P600) para as condições congruentes e incongruentes nos grupos HTL e TSF: análise por região

		Grupo HTL							
		Condição Congruente				Condição Incongruente			
		Frontal	Central	Parietal	Occipital	Frontal	Central	Parietal	Occipital
N100	Latência	104.7±22.4	122.2±21.5	132.5±22.1	129.2±27.8	107.7±23.9	122.5±21.2	129.7±22.1	130.5±20.3
	Amplitude	.1±1.1	-.2±.4	-.3±1.1	-.2±1.1	.3±.94	.1±.3	-.0±.9	-.3±1.3
P200	Latência	193.7±26.5	196.5±29.4	205.2±29.3	220.7±26.7	213.0±27.5	196.2±16.8	196.7±20.9	210.5±28.3
	Amplitude	.1±1.0	-.2±.4	-.4±.9	-.5±1.4	.7±1.08	.2±.4	-.3±.8	-.9±1.7
N400 <i>EARLY</i>	Latência	481.7±86.6	416.0±89.6	452.7±78.1	435.2±69.0	499.0±86.4	411.2±102.3	444.7±89.1	436.7±68.1
	Amplitude	-.4±1.0	-.1±.3	-.2±.6	-.2±.8	-.1±1.0	-.1±.4	-.3±.8	.1±1.1
N400 <i>LATE</i>	Latência	692.2±59.8	690.0±57.6	680.0±43.7	697.0±48.8	723.5±53.2	673.2±66.8	692.5±58.8	700.2±66.5
	Amplitude	-.4±1.3	-.1±.4	.1±.4	.4±.8	-.5±1.0	.1±.3	.1±.5	.5±1.1
P600	Latência	605.7±67.9	615.0±49.4	602.7±53.5	611.2±49.9	582.7±60.9	606.0±51.2	610.2±67.5	626.0±66.1
	Amplitude	-.4±1.3	-.1±.4	-.4±.5	.1±.7	-.5±1.1	.1±.4	-.1±.6	.4±1.0

		Grupo TSF							
		Condição Congruente				Condição Incongruente			
		Frontal	Central	Parietal	Occipital	Frontal	Central	Parietal	Occipital
N100	Latência	119.5±23.3	109.0±13.8	118.0±22.4	117.5±26.5	130.0±23.2	115.0±19.2	105.0±27.1	112.5±28.6
	Amplitude	.1±2.0	-.1±.4	.2±1.2	-.1±1.7	-.8±2.3	-.1±.6	.3±1.0	-.4±2.4
P200	Latência	218.0±26.4	203.0±28.3	221.0±27.4	210.0±26.7	223.0±17.5	212.0±29.5	208.5±36.2	205.5±33.1
	Amplitude	.3±1.4	-.1±.4	-.1±1.1	-.2±1.3	.1±.7	.1±.4	.2±.8	-.3±1.7
N400 <i>EARLY</i>	Latência	382.5±76.3	379.5±97.3	428.5±96.1	422.5±110.3	386.5±94.9	452.5±116.2	490.0±57.8	469.0±60.2
	Amplitude	.1±.8	.1±.3	-.2±.6	-.1±1.4	.1±.7	.3±.4	.2±.3	.3±.8
N400 <i>LATE</i>	Latência	748.5±54.7	704.5±46.6	692.0±49.6	694.5±50.5	698.0±79.3	696.5±46.0	681.0±55.5	696.5±53.7
	Amplitude	.4±1.7	-.1±.43	-.1±.8	-.2±1.4	.1±1.3	.1±.4	.3±.7	.1±1.1
P600	Latência	602.0±58.5	599.0±60.2	622.5±56.1	614.0±55.7	619.5±89.9	600.0±56.5	578.0±60.1	579.0±62.6
	Amplitude	.6±1.2	.1±.4	-.1±.7	-.6±1.7	.2±.7	.1±.5	.1±.3	.2±.6

Nota: Latência (milissegundos) e amplitude (μ V) para cada componente; Média \pm Desvio Padrão.

Parâmetros de latência e amplitude dos componentes (N100, P200, N400_{early}, N400_{late} e P600) para as condições congruentes e incongruentes nos grupos HTL E TSF: análise por hemisfério

Components		TLS Group				SSD Group			
		Condição Congruente		Condição Incongruente		Condição Congruente		Condição Incongruente	
		HE ^a	HD ^b	HE ^a	HD ^b	HE ^a	HD ^b	HE ^a	HD ^b
N100	Latência	112.2±25.0	126.7±31.0	131.7±20.1	121.0±26.1	112.0±19.7	127.0±20.5	112.0±26.0	107.0±21.1
	Amplitude	.1±.7	-.3±.6	-.3±.9	-.2±.7	-.3±1.0	-.1±.6	-.4±.3	-.3±.5
P200	Latência	192.2±31.4	221.0±29.3	197.7±25.2	208.7±28.6	210.5±40.3	230.5±31.2	227.0±28.3	229.5±38.4
	Amplitude	-.1±.7	-.3±.6	.1±.6	-.1±.6	.4±1.1	-.2±.5	.1±.5	.2±.8
N400 _{EARLY}	Latência	469.0±75.7	425.2±94.6	442.5±105.6	429.2±78.3	420.0±91.0	446.5±95.5	394.5±47.5	478.0±63.2
	Amplitude	-.2±.7	-.4±.3	-.1±.5	-.2±.6	.1±.5	-.1±.4	.5±.6	.1±.5
N400 _{LATE}	Latência	666.0±39.5	701.5±55.0	706.7±59.0	681.7±59.4	712.0±39.8	666.0±56.6	697.5±52.6	722.0±63.4
	Amplitude	.1±.7	-.2±.3	-.2±.5	.1±.5	.2±.5	.1±.4	.4±.9	-.1±.4
P600	Latência	606.0±57.9	598.2±49.2	613.2±60.1	593.2±63.1	607.0±34.7	613.0±67.3	594.0±52.5	599.0±58.4
	Amplitude	-.1±.6	-.2±.5	-.2±.4	.1±.5	.2±.4	-.1±.5	.5±.6	-.1±.5

Nota: Latência (milissegundos) e amplitude (µV) para cada componente; Média ± Desvio Padrão.

^aHE: Hemisfério Esquerdo;

^bHD: Hemisfério Direito

CAPÍTULO IV

ANÁLISE EXPLORATÓRIA DO N400 EM CRIANÇAS COM DIAGNÓSTICO DE TRANSTORNO DOS SONS DA FALA²⁰

²⁰ Artigo em fase de elaboração para publicação.

**ANÁLISE EXPLORATÓRIA DO N400 EM CRIANÇAS COM DIAGNÓSTICO DE
TRANSTORNO DOS SONS DA FALA**

N400 exploratory analysis in children with diagnosis of speech sound disorder

Tâmara Andrade Lindau^(1,3); Célia Maria Giacheti^(2,3); Deisy das Graças de Souza^(1,3)

⁽¹⁾ Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos, SP, Brasil.

⁽²⁾ Universidade Estadual Paulista - UNESP, Marília, SP, Brasil.

⁽³⁾ Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia sobre Comportamento, Cognição e Ensino - INCT-ECCE

Instituição: Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP, Brasil.

Fonte de Auxílio: Esta pesquisa foi parte do programa científico do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia sobre o Comportamento, Cognição e Ensino, com financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, #465686/2014-1) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, #2014/50909-8). Também obteve financiamento do CNPq (#141107/2015-4) e da CAPES (#88881.133114/2016-01)

Conflito de Interesse: Inexistente

RESUMO

O Transtorno dos Sons da Fala (TSF) é uma condição manifestada por prejuízos no reconhecimento fonológico e/ou na produção dos sons da fala, que são importantes para a aquisição e o desenvolvimento de repertórios de ouvinte e falante. Os Potenciais Relacionados a Eventos (PREs) possibilitam estudar processos cognitivo-comportamentais envolvidos na linguagem. Um de seus componentes, o N400, é considerado como a assinatura eletrofisiológica de relações semânticas. O presente estudo teve por objetivo investigar o processamento de sentenças em crianças com TSF, por meio de respostas relacionadas à integração semântica (N400), buscando verificar se a gravidade do quadro clínico teria alguma relação com o padrão de ativação eletrofisiológico. Foram analisados dados individuais de oito crianças (três do sexo feminino) com TSF, de quatro a seis anos de idade. A tarefa experimental incluiu 80 sentenças [sujeito]-[verbo]-[objeto], com finais congruentes e incongruentes (40 de cada), apresentadas auditivamente enquanto era registrado o sinal eletroencefalográfico, sem exigência de resposta explícita. Variações na amplitude e na latência do N400, quando comparadas aos diferentes graus de comprometimento, não mostraram dados robustos quanto à assinatura eletrofisiológica do N400. A variabilidade das manifestações, o número restrito dos casos analisados e a natureza exploratória da presente investigação impossibilitaram generalizações a respeito das características do N400 em crianças com TSF nessa faixa etária quando analisadas individualmente, sugerindo a necessidade de investigações futuras com essa população.

Palavras-chave: Linguagem, Transtornos dos Sons da Fala, Crianças, Processamento semântico, Potencial Relacionado a Evento, Neurodesenvolvimento

ABSTRACT

The Speech Sound Disorder (SSD) is a condition manifested by impairments in phonological recognition and/or in the production of speech sounds, which are important for the acquisition and development of the listener and speaker repertoires. Event-related Potentials (ERPs) enable us to study cognitive-behavioral processes involved in language. One of these components, the N400, is considered as an electrophysiological signature of semantic relations. The aim of this study was to investigate the processing of sentences in children with SSD, through answers related to semantic integration (N400), seeking to verify if the severity of the clinical condition had any relation with the electrophysiological activation pattern. Individual data were analyzed from eight children (three females) with SSD, from four to six years of age. The experimental task included 80 [subject] - [verb] - [object] sentences, with congruent and incongruent endings (40 of each), presented auditively while the electroencephalographic signal was recorded, although no explicit response was mandatory. Variations in the amplitude and latency of the N400, when compared to the different degrees of impairment, did not show robust data regarding the electrophysiological signature of the N400. The variability of the manifestations, the restricted number of cases, and the exploratory nature of the present investigation do not recommend generalizations about the characteristics of N400 in children with SSD in this age group, when analyzed individually, suggesting the need for future investigations with this population.

Keywords: Language; Speech Sound Disorder; Children; Semantic processing; Event-Related Potential; Neurodevelopmental

1. INTRODUÇÃO

Diferentes operações, como a percepção auditiva, análise fonológica, semântica, morfossintática e pragmática, devem ser integradas para que ocorra o processo de compreensão do significado de uma informação e evoque um comportamento adequado ao contexto (Weiss & Mueller, 2003). O processo de compreensão e produção de linguagem não está correlacionado com a localização de estruturas neurais, mas com a interação de diversas funções neuronais durante o processamento da linguagem. De acordo com a hipótese de correlação temporal, há um código neuronal para o processamento integrado de informações, isto é, sob certas circunstâncias, neurônios com propriedades similares podem sincronizar suas descargas em escalas locais ou em grande escala (e.g., diferentes regiões cerebrais), o que justificaria a alta velocidade do processamento da informação (Singer & Gray, 1995; Weiss & Mueller, 2003).

O emprego de diferentes métodos de análise eletrofisiológica (e.g., extração de Potenciais Relacionados a Evento – PREs, análise de coerência do EEG) provê elementos para a investigação da base neurofisiológica de processos cognitivos de alto nível, como o processamento da linguagem (Kutas & Federmeier, 2011; Kutas & Van Petten, 1988; Kutas, Van Petten, & Kluender, 2006; Weiss & Mueller, 2003).

Especificamente, os PREs possibilitam estudar as relações cérebro-comportamento, em outras palavras, mudanças nos processos neurocognitivos eliciadas pela realização de tarefa específica (Cummings & Čeponienė, 2010; Kutas et al., 2006; Pinheiro, Galdo-Álvarez, Sampaio, Niznikiewicz, & Gonçalves, 2010). Por exemplo, o componente N400 dos PREs - frequentemente registrado em paradigmas linguísticos de violação semântica - é uma negatividade monofásica considerada como indicação do acesso à informação da memória de longo prazo e à integração semântica ao contexto (e.g., Cummings & Čeponienė, 2010; Kutas & Federmeier, 2011). Dois elementos importantes desse componente, a amplitude – expressa

em microvolts – e a latência – expressa em milissegundos – indicam o grau e a velocidade dessa operação, respectivamente (e.g., Holcomb, Coffey, & Neville, 1992; Kutas & Federmeier, 2000, 2011; Schipke, Knoll, Friederici, & Oberecker, 2012; Silva-Pereyra, Rivera-Gaxiola, & Kuhl, 2005a).

Em adultos, o N400 apresenta uma distribuição típica centro-parietal e uma latência entre 200 e 600 ms após o início da palavra-alvo. Para que isso aconteça, são utilizados diferentes tipos de tarefas, como as que apresentam sequências de pares de palavras em que a primeira estabelece a possível função da segunda (por exemplo, pertencente ou não a uma mesma categoria que a primeira), tarefas de sentenças elaboradas pela probabilidade *cloze*, entre outras. Os dados de amplitude da onda indicam que essa é inversamente proporcional à expectativa da palavra-alvo, isto é, a informação menos esperada é, portanto, mais difícil de ser processada (Kutas & Federmeier, 2011; Kutas & Hillyard, 1980; Pinheiro et al., 2010).

Em crianças, o componente N400 tem sido investigado em grupos não clínicos de faixa etária variável e, também, em diferentes condições clínicas (e.g., transtorno da fluência, Síndrome de Williams-Beuren) e por meio de diversas tarefas experimentais (e.g., pares de palavras, imagem *versus* som, sentenças e ensino de relações; Lindau, Silva, Giacheti, & de Souza, 2017). Os achados mostraram que, de maneira geral, a amplitude e a latência do N400 é variável, ou seja, a depender da faixa etária, da tarefa experimental, da modalidade de apresentação (visual e/ou auditiva) e do grupo estudado (com ou sem transtornos da comunicação), as características da onda são mais evidentes para a congruência do que para a incongruência, contrário do que foi descrito em adolescentes e adultos (e.g., Friedrich & Friederici, 2004, 2006; Kutas & Federmeier, 2011; Torkildsen, Sannerud, Syversen, Thormodsen, Simonsen, Moen, et al., 2008). A partir dos oito anos de idade, maiores amplitudes foram observadas para a incongruência (Benau, Morris, & Couperus, 2011; Henderson, Baseler, Clarke, Watson, & Snowling, 2011). Apesar dessa variabilidade, pôde-

se constatar em vários outros estudos que a latência e a amplitude do N400 foram maiores em crianças mais jovens, quando comparadas às mais velhas, adolescentes e adultos (Holcomb et al., 1992; Sabisch, Hahne, Glass, Suchodoletz, & Friederici, 2006; Schipke et al., 2012; Torkildsen et al., 2006).

Friedrich e Friederici (2010) afirmaram que há indícios da relação entre o desenvolvimento da linguagem e o funcionamento dos mecanismos neurais do N400, uma vez que tais mecanismos requerem certo grau de maturação cerebral. Entretanto, é necessário, além da maturação, que as representações léxico-semânticas sejam robustas para eliciar o N400.

Visto que as palavras incluem informações fonológicas e semânticas, o reconhecimento de palavras faladas demanda o mapeamento de um fluxo contínuo de sons de fala em representações sensoriais neurais baseadas no significado (Bishop, 1997; Bonte & Blomert, 2004; Temple, 1997).

O Transtorno dos Sons da Fala (TSF) - uma condição heterogênea por sua sintomatologia, que pode ser persistente e variar em graus de comprometimento - pode abranger prejuízos no reconhecimento fonológico e/ou na produção dos sons da fala, que são importantes para a aquisição e o desenvolvimento de repertórios de ouvinte e falante (American Psychiatric Association - APA, 2013; American Speech-Language-Hearing Association-ASHA, 2013; Fonseca & Wertzner, 2005). É um transtorno de diagnóstico clínico e, geralmente, muito preciso quando o profissional analisa o histórico clínico, o conjunto de manifestações observadas e complementadas/confirmadas por meio de instrumentos confiáveis.

O capítulo anterior desta tese investigou os correlatos eletrofisiológicos do processamento de sentenças de grupos de crianças com e sem TSF em uma tarefa de violação semântica, no qual os resultados da análise dos grupos evidenciaram diferenças nos padrões de amplitude média e latência de pico do N400 entre eles (Lindau, Fernández, de Souza, Sampaio,

& Giacheti, submetido²¹). À vista disso, o presente trabalho apresenta dados individuais do processamento da informação dos participantes que compuseram o grupo de crianças com diagnóstico fonoaudiológico de TSF no estudo apresentado no capítulo III.

1.2 Objetivo

O presente estudo teve por objetivo investigar o processamento de sentenças em crianças com TSF, por meio de respostas relacionadas à integração semântica (N400), buscando verificar se a gravidade do quadro clínico teria alguma relação com o padrão de ativação eletrofisiológico.

Para isso, as questões norteadoras foram: há um padrão de onda característico do N400? Em caso afirmativo, há possíveis diferenças na amplitude e na latência de onda a depender do grau de gravidade do quadro clínico apresentado por cada participante?

2. MÉTODO

2.1 Participantes

Foram analisados, de forma individual, os dados de oito crianças (três do sexo feminino) com diagnóstico fonoaudiológico de Transtorno dos Sons da Fala (TSF; APA, 2013), na faixa etária de 4 a 6 anos (M= 5 anos e 8 meses, DP= 9.64). Para complementação do diagnóstico fonoaudiológico e melhor caracterização dos achados fonológicos clínicos (recepção e produção dos sons) utilizou-se:

a) Instrumento de Identificação de Contrastes Fônicos – PerceFAL, classes fricativas, oclusivas e sonorantes (Berti, 2011) e o *software Perception Evaluation Auditive & Visuelle* -

²¹ Lindau, T.A., Fernández, D.P., de Souza, D. G, Sampaio, A., & Giacheti, C. M. (submitted). Electrophysiological correlates of semantic processing in Speech Sound Disorder: an exploratory study. [Brain & Language].

PERCEVAL (André, Ghio, Cavé, & Teston, 2009): verificação do desempenho perceptivo-auditivo;

b) Instrumento de Avaliação de Fala para Análise Acústica (IAFAC; Berti, Pagliuso, & Lacava, 2009): avaliação da produção da fala na versão contraste da vogal /a/ que possui 30 palavras dissilábicas, isto é, 60 ocorrências consonantais (Apêndice B). Calculou-se a Porcentagem de Consoantes Corretas (PCC-revisado) para identificação de erros de omissão e substituição (Wertzner, Amaro, & Teramoto, 2005) e, segundo critério de Shriberg e Kwiatkowski (1982), os seguintes valores são considerados para classificação: grau leve – acima de 85%; levemente moderado – entre 65 e 85%; moderadamente severo – entre 50 e 65%; severo – abaixo de 50%.

2.1.1 Apresentação dos casos clínicos

As sinopses clínicas dos oito participantes deste estudo estão resumidas na Tabela 4.1 (para informações mais detalhadas, ver Lindau et al., submetido²¹).

Tabela 5.1

Caracterização dos participantes: idade em meses, sexo, fonologia (compreensão e expressão)

Criança ^a	Idade (meses)	Sexo	Identificação (%) – PERCEVAL ^b			Expressão (%) – IAFAC ^c
			Fricativas	Oclusivas	Sonorantes	
P1	71	Masculino	59,5	93,3	97,6	90,2 – leve
P2	83	Feminino	90,5	86,7	97,6	95,1 – leve
P3	80	Masculino	92,9	96,7	97,6	92,7 – leve
P4	72	Feminino	90,5	93,3	92,8	78,1 – levemente moderado
P5	65	Masculino	95,2	80	95,2	78,1 – levemente moderado
P6	56	Feminino	90,5	90	78,6	80,5 – levemente moderado
P7	61	Masculino	76,2	90	95,2	73,1 – levemente moderado
P8	79	Masculino	90,5	86,7	78,6	63,4 – moderadamente severo

Nota: ^aP: participante

^b Instrumento de identificação de contrastes fônicos: porcentagem de **acertos**

^c Instrumento de Avaliação de Fala para Análise Acústica; Cálculo de Porcentagem de Consoantes Corretas – revisado (PCCr)

Como se pode observar, os participantes apresentaram o grau de gravidade (Shriberg & Kwiatkowski, 1982) do TSF de leve a moderadamente severo na produção/expressão de fala. A gravidade do problema da fala refere-se ao quão comprometida está a produção/expressão de fala da criança considerando a idade de aquisição e a sua idade cronológica em comparação ao padrão de fala do adulto em que, quanto maior a ocorrência de processos fonológicos (i.e., quantidade de alterações), menor será a inteligibilidade da fala da criança pelos ouvintes, estando a gravidade e a inteligibilidade, diretamente, relacionadas (Carlino, Del Prette, & Abramides, 2013; Donicht, Pagliarin, Keske-Soares, & Mota, 2010; Rosado, Donicht, Simoni, Pagliarin, & Keske-Soares, 2017). A análise da Porcentagem de Consoantes Corretas (PCC-r) é um método frequentemente citado na literatura nacional e internacional para identificação do número total de consoantes produzidas corretamente em uma amostra de fala e seus resultados refletem uma escala crescente do grau de gravidade do transtorno (Rosado et al., 2017; Wertzner et al., 2005). Há que se reconhecer a existência da inter-relação entre a percepção e produção dos sons da fala; no entanto, optou-se, na presente análise, por considerar apenas os valores de gravidade analisando o resultado da prova expressiva de cada participante, buscando evidenciar eventuais relações entre o padrão de ativação eletrofisiológico do componente N400 e o grau de comprometimento do TSF.

Todos os participantes apresentaram níveis mínimos de respostas auditivas dentro dos padrões de normalidade (i.e., 20 dB para 1000, 2000 e 4000 Hz; Lloyd & Kaplan, 1978), eram destros, segundo Inventário Edimburgo de lateralidade (Oldfield, 1971), apresentaram visão normal ou corrigida para o normal, história negativa de transtornos neurológicos e de uso de medicamentos que pudessem afetar a função neural (e.g., medicamentos para convulsões, transtorno de hiperatividade/déficit de atenção) e, ainda, possuíam o Português brasileiro como língua materna, segundo informações dos pais. Quanto à escolaridade materna, as mães de seis participantes (P1 a P5 e P8) tinham ensino superior completo e as mães do restante (P6 e P7)

ensino médio completo (Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa – ABEP, 2015; Anexo A).

2.2 Critérios éticos

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista (UNESP-Marília), sob o número CAAE 45900515.8.0000.5406, cuja participação das crianças foi condicional à aceitação e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, por parte dos pais ou responsáveis, e do Termo de Assentimento, por parte das crianças, elaborados para fins específicos desta pesquisa, segundo Resolução do Conselho Nacional de Saúde – CNS 466/12 sobre Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas Envolvendo Seres Humanos (ver Anexo B e Apêndices C e D).

2.3 Potencial relacionado a evento: estímulos e procedimentos²²

2.3.1 Estímulos

A tarefa de julgamento semântico incluiu 80 sentenças [sujeito]-[verbo]-[objeto], 40 com finais congruentes e 40 incongruentes, apresentadas auditivamente enquanto era registrado o sinal eletroencefalográfico, sem exigência de qualquer outra resposta explícita.

2.3.2 Procedimentos

Durante a sessão experimental, os participantes, utilizando touca com 128 eletrodos, devidamente posicionados e nível de impedância mantido abaixo de 50k Ω , sentavam-se confortavelmente em uma cadeira em frente a um *laptop* que apresentava os estímulos por meio

²² Para mais detalhes, ver Lindau et al., submetido²¹.

do *software E-Prime Professional 2.0*, enquanto os potenciais eram registrados por outro notebook com o pacote de *software Net Station*.

2.4 Registro e análise dos PREs

O sinal eletrofisiológico era registrado por 128 eletrodos (*Geodesic EEG System 300* - Electrical Geodesics, Inc.), baseado no sistema 10-10 (Chatrian, Lettich, & Nelson, 1985), e digitalizado on-line a uma taxa de amostragem de 250 Hz, com nível de impedância mantido abaixo de 50k Ω e referenciado ao vértice.

Os arquivos contínuos de EEG foram analisados usando o EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004) e o ERPLAB (Lopez-Calderon & Luck, 2014), *plugins* para o *software* Matlab®. Foram criadas épocas baseadas nas condições semânticas (congruentes e incongruentes), partindo de 200 ms antes do início da palavra alvo – correção da linha de base – até 850 ms depois de sua apresentação.

Os dados eletrofisiológicos considerados na análise foram a amplitude média e a latência a pico (maior deflexão a partir do eixo x no intervalo de tempo pré-estabelecido) do componente N400. Estabeleceu-se o N400 como a deflexão mais negativa nas janelas entre 300 e 600 ms (N400_{early}) e 600 e 800ms (N400_{late}). Tais janelas temporais foram determinadas com base em estudos anteriores que relataram um atraso na latência de pico deste componente em crianças (Silva-Pereyra et al., 2005a; Silva-Pereyra, Klarman, Lin, Kuhl, 2005b; Friedrich & Friederici, 2006).

Para análise, devido ao caráter exploratório, diferentes regiões e hemisférios de interesse foram criados pela atividade média de eletrodos: Frontal (Fz, F3, F4), Central (Cz, C3, C4), Parietal (Pz, P3, P4), Occipital (Oz, O1, O2), Hemisfério Esquerdo (F3, C3, P3, O1) e Hemisfério Direito (F4, C4, P4, O2). Em um segundo momento, calculou-se a média dos valores de amplitude e de latência das regiões (frontal, central, parietal e occipital) e dos

hemisférios (esquerdo e direito) para cada condição de palavra (congruente e incongruente), por meio do *software SPSS* (v.24).

Posto isso, os seguintes parâmetros foram calculados e comparados: (a) as amplitudes médias e as latências de pico das formas de onda N400 – *early* e *late* – e (b) o grau de gravidade do quadro clínico, baseado apenas na habilidade expressiva (produção de fala).

3. RESULTADOS

A Figura 4.1 (A-H) mostra a latência de pico, para cada participante, nas condições de palavra para as regiões e hemisférios. Os participantes foram ordenados de acordo com o grau de gravidade do TSF, que era leve para os Participantes de 1 a 3, levemente moderado para os Participantes de 4 a 7 e moderadamente severo para o Participante 8.

Nas Tabelas 4.2 e 4.3, respectivamente, pode-se observar os parâmetros de amplitude média e latência de pico das duas janelas do componente N400 em cada um dos oito participantes na tarefa de violação semântica. As quatro colunas iniciais representam as regiões e as duas finais os hemisférios. As subdivisões de cada coluna representam os valores de amplitude média em μV e de latência de pico em milissegundos para a congruência e a incongruência em cada uma das regiões e hemisférios, cuja função era verificar uma possível tendência de valores para cada participante. O sinal negativo antes dos valores de amplitude média representa a negatividade, ou seja, quando a amplitude foi visualizada abaixo da linha de base (eixo x).

Os dados apresentados nas Tabelas 4.2 e 4.3 indicam variabilidade dos achados de amplitude média e de latência de pico tanto para congruência quanto para incongruência, não sendo possível caracterizar uma assinatura eletrofisiológica a partir da análise individual de crianças com TSF, o que ocorreu na análise de grupos em estudo anterior (Lindau et al, submetido¹).

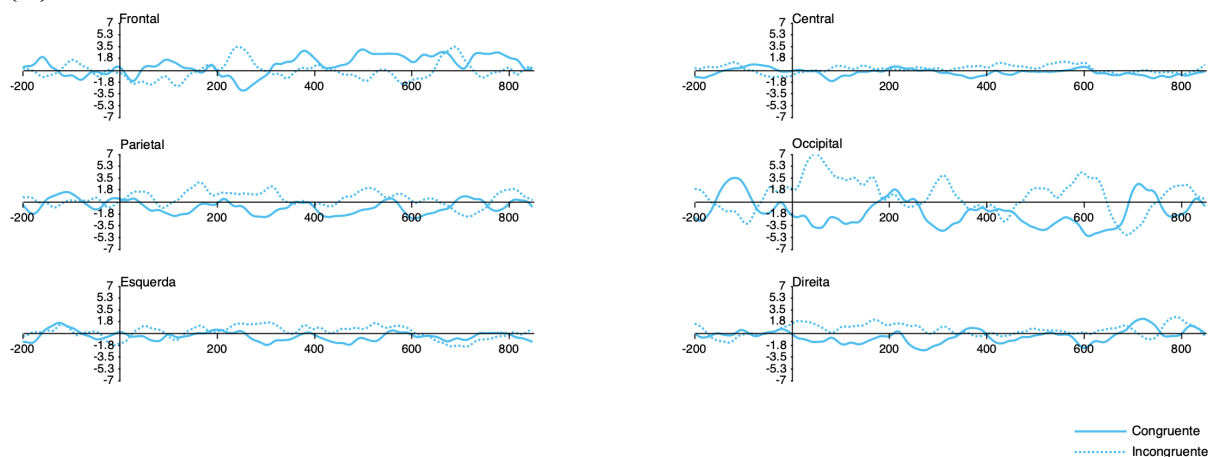
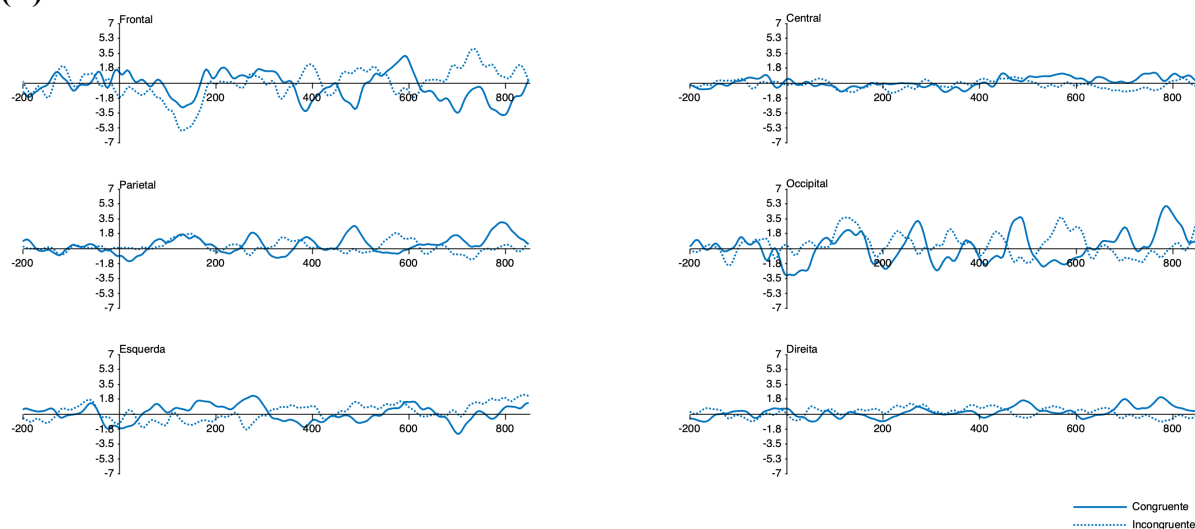
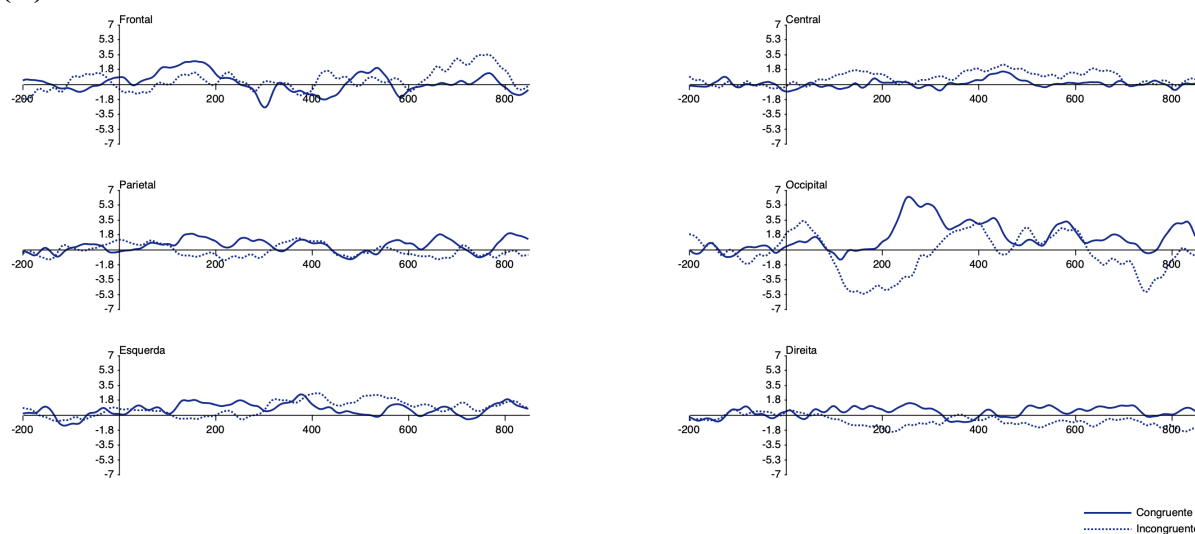
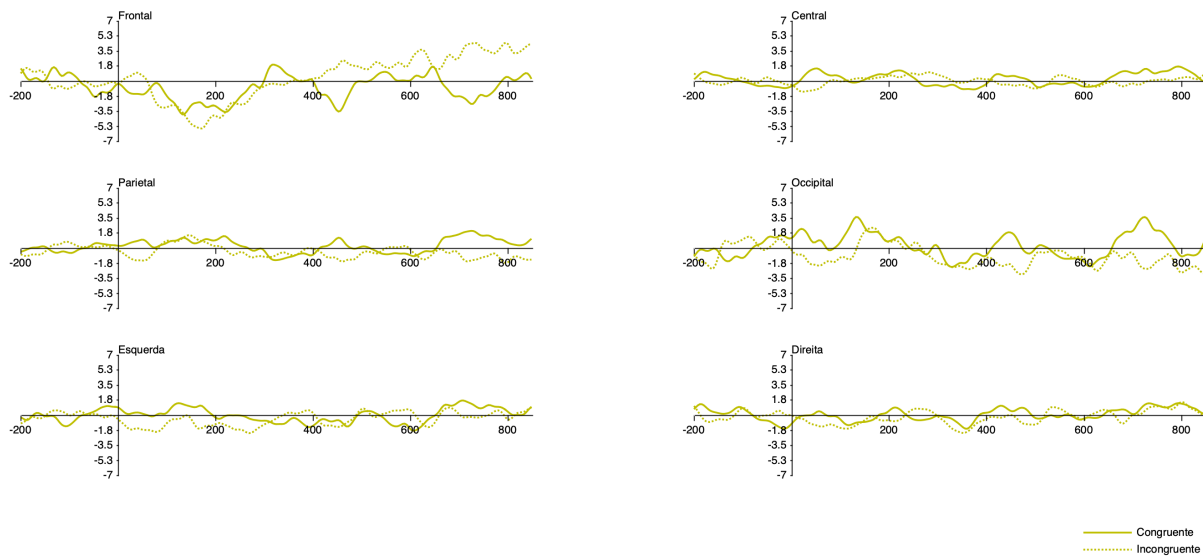
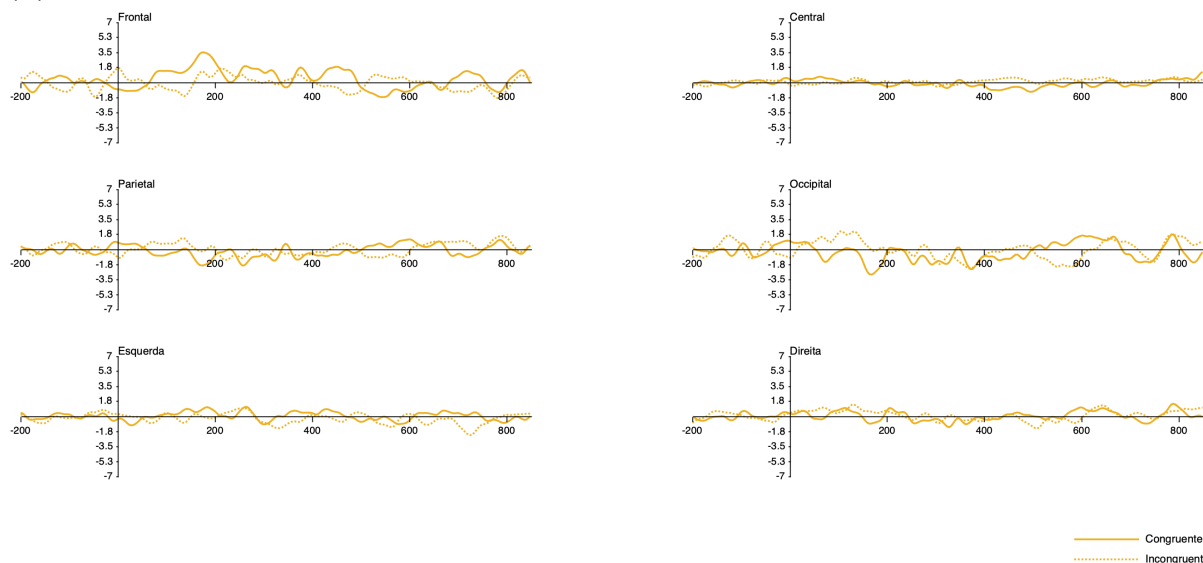
(A) - P1**(B) - P2****(C) - P3**

Figura 4.9- [A.B.C.] Atividade média da latência de pico (ms) para cada participante e condições de palavra (congruente: linha contínua; incongruente: linha pontilhada) para as regiões e os hemisférios.

(D) – P4



(E) – P5



(F) – P6

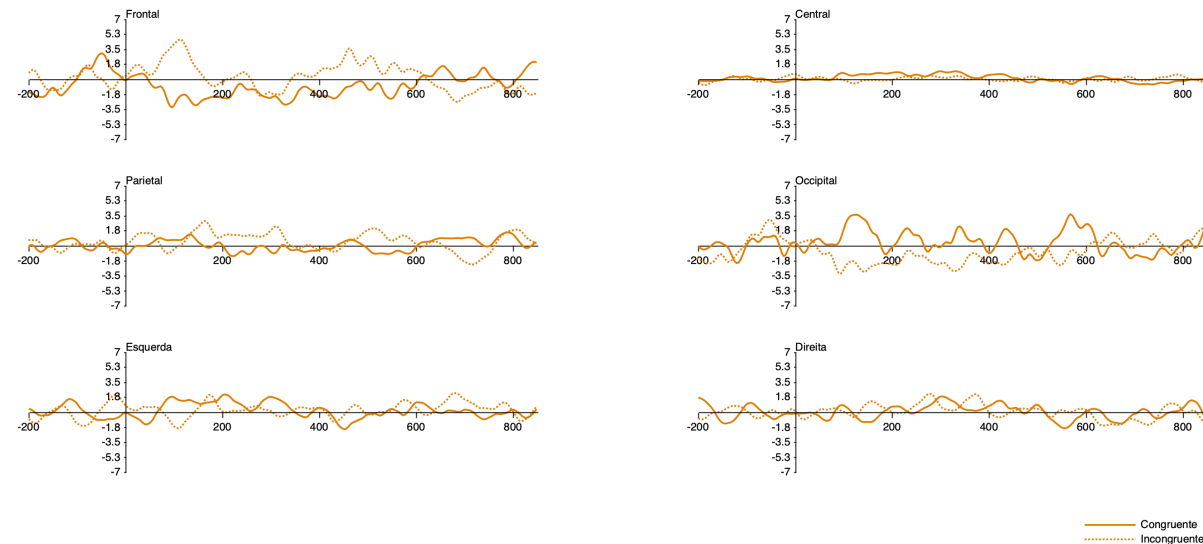
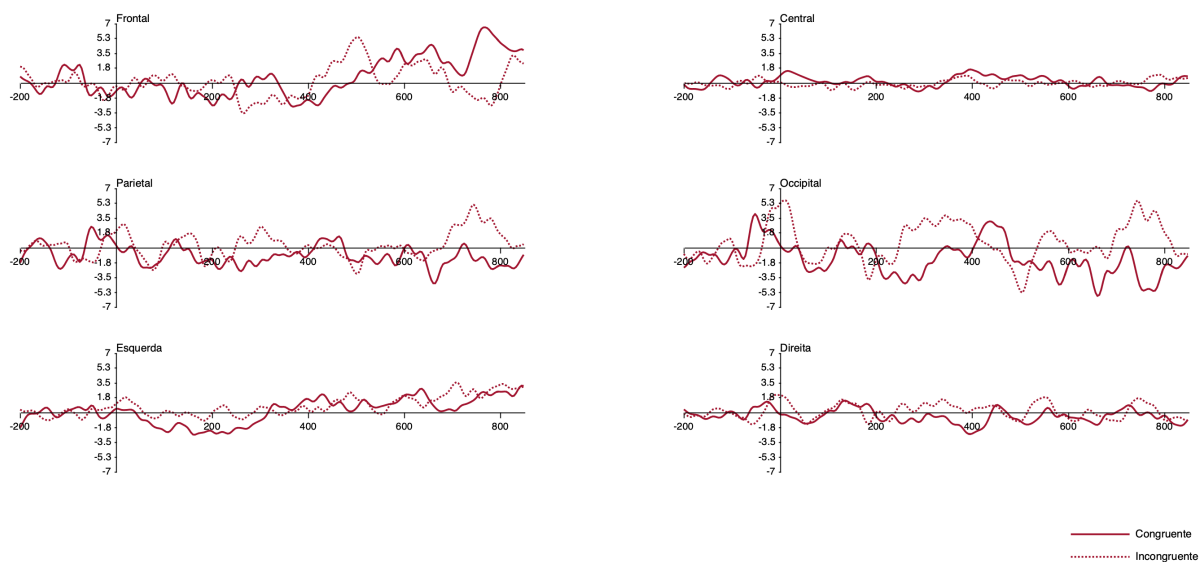
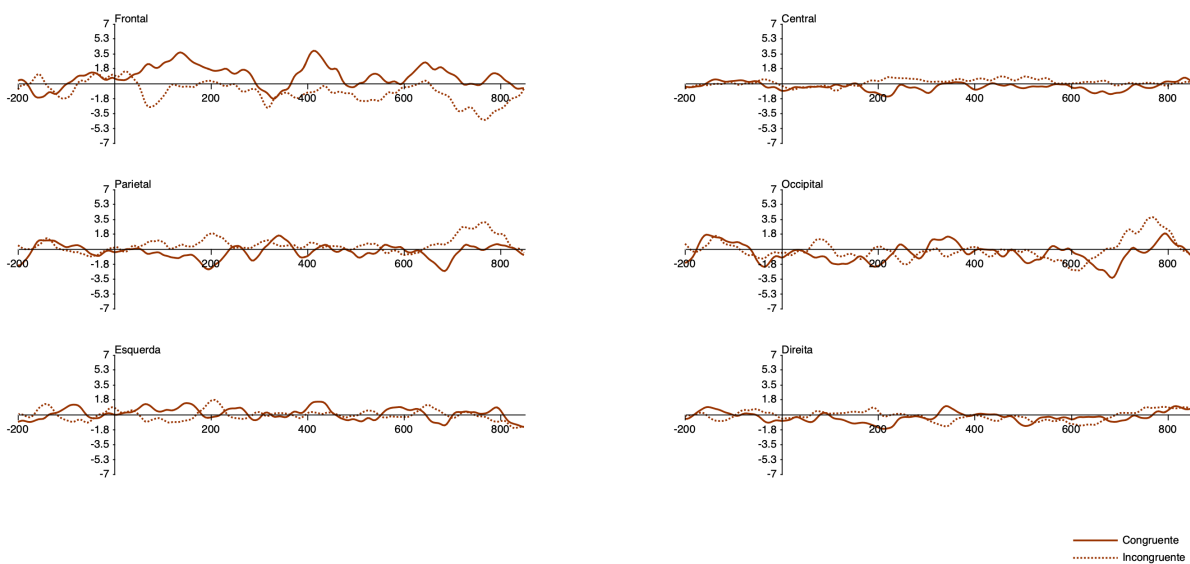


Figura 4.1. Continuação (D.E.F)

(G) – P7**(H) – P8**

Nota: Positivo é plotado acima da linha horizontal. P1 a P3: grau leve; P4 a P7: levemente moderado; P8: moderadamente severo.

Figura 4.1. Continuação (G. H.)

Tabela 4.2

Valores da amplitude média do N400_{early} e N400_{late} para as condições congruentes e incongruentes de cada participante: análise por região e hemisfério

		N400 _{EARLY}											
		Regiões								Hemisférios			
		Frontal		Central		Parietal		Occipital		HE		HD	
		Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.
Participantes	P1	1.63	-.52	-.36	.64	-1.09	.66	-2.59	.82	-.68	.80	-.48	.18
	P2	-.14	.31	.19	.03	.25	.39	-.55	.69	-.32	.69	.35	.41
	P3	-.35	.25	.31	1.36	.24	.18	2.47	1.52	.84	1.81	.17	-.72
	P4	-.16	1.04	-.23	-.03	-.36	-.58	-.48	-1.54	-.67	-.12	-.05	-.52
	P5	.21	.01	-.42	.17	-.13	-.36	-.43	-.95	-.02	-.40	-.11	-.41
	P6	-1.44	1.03	.21	.02	.92	.13	1.13	.16	-.06	.20	.22	.37
	P7	.13	.64	.56	.08	-.69	-.12	-.68	.75	.92	.77	-.74	.49
	P8	.64	-1.35	-.25	.43	.03	.31	-.08	-.53	.17	.01	-.20	-.58

		N400 _{LATE}											
		Regiões								Hemisférios			
		Frontal		Central		Parietal		Occipital		HE		HD	
		Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.
Participantes	P1	1.97	.41	-.61	-.20	-.77	-.34	-1.68	-.33	-.41	-.95	.07	.62
	P2	-1.60	1.19	.51	-.55	1.02	-.15	1.19	-.39	-.14	.62	.68	-.07
	P3	.18	1.95	.08	.78	.48	-.56	1.00	-1.74	.44	.97	.58	-.86
	P4	-.65	3.25	.74	-.16	.85	-.90	.79	-1.51	.52	-.08	.61	.37
	P5	.01	-.66	-.04	.32	.18	.75	.33	.37	.10	-.67	.32	.40
	P6	.30	-1.03	-.17	.10	-.14	.77	-.01	1.46	.09	.83	-.26	-.61
	P7	3.57	.15	-.26	.11	-1.4	1.4	-2.9	1.6	1.5	2.1	-.33	-.02
	P8	1.02	-1.94	-.60	.05	-.49	1.26	-.83	.78	.08	.06	-.28	-.11

Nota: Amplitude média (μV); Cong: Congruente; Inc: Incongruente; HE: Hemisfério Esquerdo; HD: Hemisfério Direito; Graus de gravidade: P1 a P3: grau leve; P4 a P7: levemente moderado; P8: moderadamente severo.

Tabela 4.3

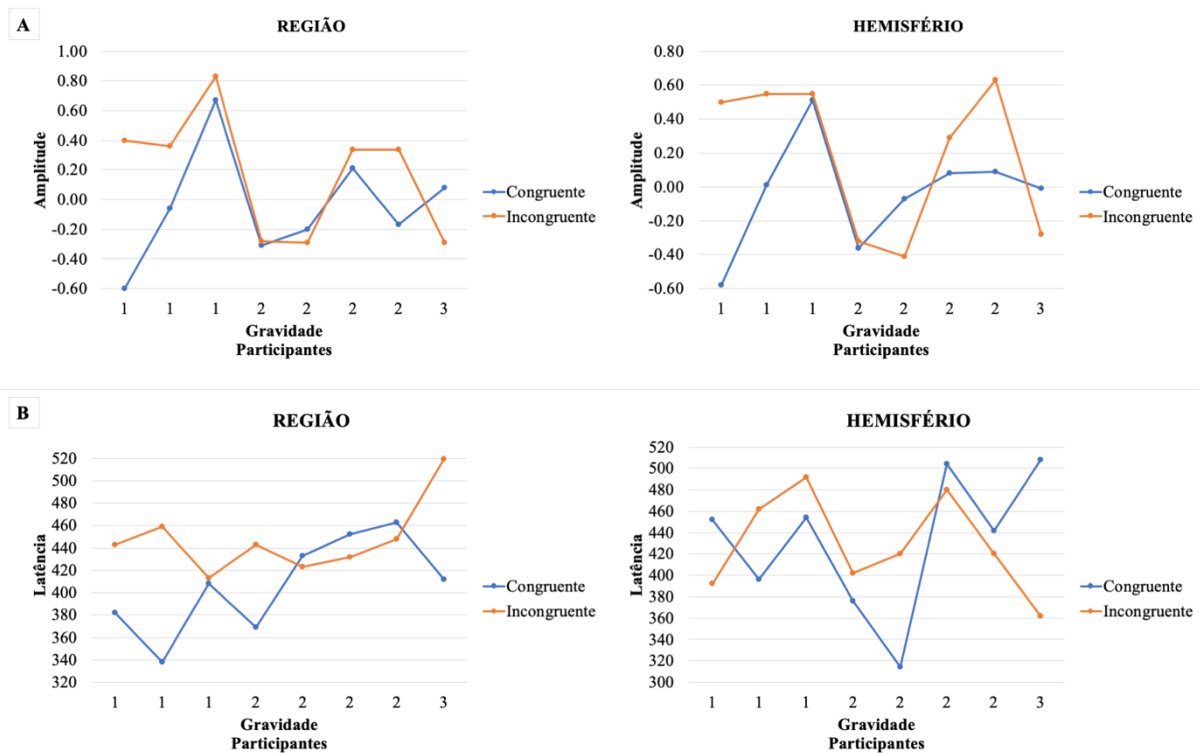
Valores de latência de pico do N400_{early} e N400_{late} para as condições congruentes e incongruentes de cada participante: análise por região e hemisfério

		N400 _{EARLY}											
		Regiões								Hemisférios			
		Frontal		Central		Parietal		Occipital		HE		HD	
		Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.
Participantes	P1	424	584	368	320	428	432	308	436	304	352	600	432
	P2	384	336	328	532	328	468	312	500	384	428	408	496
	P3	300	376	320	344	480	480	532	452	536	456	372	528
	P4	452	340	372	500	324	460	328	472	392	452	360	352
	P5	544	476	496	304	320	544	372	368	300	332	328	508
	P6	328	320	568	552	456	428	456	428	452	432	556	528
	P7	368	348	324	440	580	500	580	504	488	344	396	496
	P8	328	316	304	596	508	600	508	564	512	384	504	340

		N400 _{LATE}											
		Regiões								Hemisférios			
		Frontal		Central		Parietal		Occipital		HE		HD	
		Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.	Cong.	Inc.
Participantes	P1	704	748	740	672	604	716	608	688	672	712	600	736
	P2	796	612	708	700	732	728	728	736	704	708	612	776
	P3	648	604	668	712	748	660	752	744	724	672	752	780
	P4	644	796	792	764	724	660	724	660	708	680	792	800
	P5	784	780	624	688	720	748	740	748	792	724	732	748
	P6	788	684	736	656	656	628	656	628	740	624	672	636
	P7	720	780	772	648	660	640	660	680	676	640	660	704
	P8	752	764	680	796	684	600	684	612	684	792	688	620

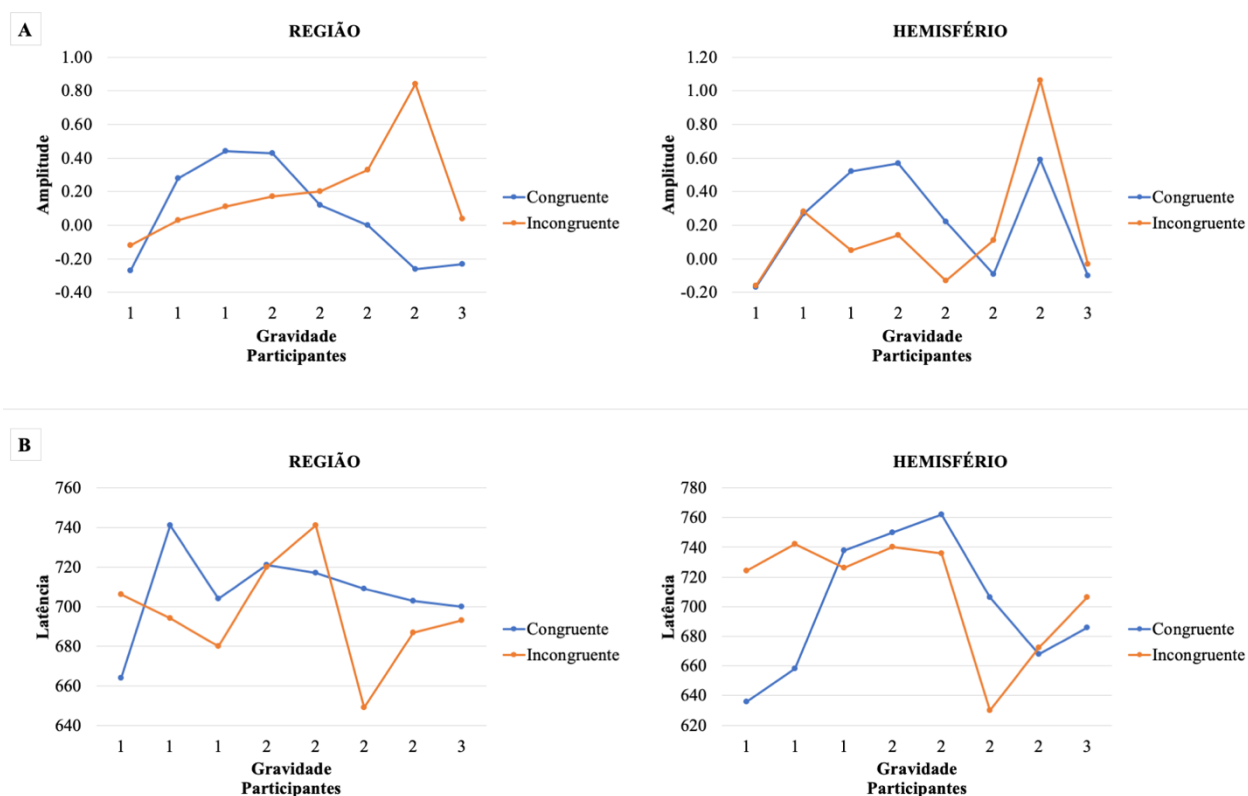
Nota: Latência de pico (milissegundos); Cong: Congruente; Inc: Incongruente; HE: Hemisfério Esquerdo; HD: Hemisfério Direito; Graus de gravidade: P1 a P3: grau leve; P4 a P7: levemente moderado; P8: moderadamente severo.

As Figuras 4.2 e 4.3 mostram, em cada uma das janelas temporais definidas para o componente N400 respectivamente, a média dos valores de amplitude média e da latência de pico para região e hemisfério de cada participante, de acordo com o grau de gravidade do TSF.



Nota: Amplitude média (μV); Latência de pico (milissegundos); Graus de gravidade: P1 a P3: grau leve (1); P4 a P7: levemente moderado (2); P8: moderadamente severo (3).

Figura 4. 10- Valores de (A) amplitude média e (B) latência de pico do N400_{early} para região e hemisfério, de acordo com o grau de gravidade do TSF de cada participante nas condições congruente e incongruente.



Nota: Amplitude média (μV); Latência de pico (milissegundos); Graus de gravidade: P1 a P3: grau leve (1); P4 a P7: levemente moderado (2); P8: moderadamente severo (3).

Figura 4. 11- Valores de (A) amplitude média e (B) latência de pico do N400_{late} para região e hemisfério, de acordo com o grau de gravidade do TSF de cada participante nas condições congruente e incongruente.

Ao observarmos a Figura 4.2, que apresenta a análise da amplitude média e da latência de pico para cada condição para os conjuntos região e hemisfério, é possível inferir, com cautela, que, no N400_{early}, a amplitude média para região do P1, P2, P3, P4, P6 e P7 foi maior para a congruência, enquanto que para P5 e P8 foi maior para a incongruência. Quanto à latência de pico, no P1, P2, P3, P4 e P8 foi maior para a incongruência na região e para P2, P3, P4 e P5 no hemisfério. Em ambas as análises, não é possível estabelecer similaridade nos dados de diferentes participantes, assim como uma possível relação com a gravidade do transtorno.

Quanto ao N400_{late} (Figura 4.3), a amplitude do P2, P3 e P4 na região e do P3, P4 e P5 no hemisfério foi maior para a incongruência. Na latência de pico, P1 e P4 na região e P1, P2 e P8 no hemisfério apresentaram latências maiores para a incongruência. De maneira semelhante à Figura 4.2, em ambas as análises, não é possível estabelecer similaridade nos dados de diferentes participantes, assim como uma possível relação com a gravidade do transtorno.

4. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar, individualmente, a amplitude e a latência da onda do componente N400 em crianças com diagnóstico fonoaudiológico de TSF, durante uma tarefa de violação semântica de frases e verificar se a gravidade do quadro clínico influenciaria nesse padrão de ativação.

Os subsistemas que compõem a linguagem (i.e., fonologia, morfologia, semântica, sintaxe, pragmática) dispõem de uma ação conjunta de processos particulares de complexidade para que a linguagem opere (ASHA, 1982; Weiss, Tomblin, & Robin, 2002). É consenso na literatura que existe uma relação entre o desenvolvimento da fonologia e da semântica. Investigações sobre o desempenho de crianças com alterações no subsistema fonológico sugerem que estas também podem apresentar alterações no subsistema semântico, cooperando para a lentidão no acesso das representações lexicais (Befi-Lopes & Gândara, 2002; Mota, Kaminski, Nepomuceno, & Athayde, 2009; Nash & Donaldson, 2005; Stoel-Gammon, 1991). Em vista disso, torna-se plausível supor que o quadro de TSF esteja associado a *déficits* no processamento da informação semântica, mesmo que isso não seja demonstrado em dados comportamentais.

Em referência aos resultados da avaliação eletrofisiológica de cada participante a respeito do componente N400, a partir da análise da Figura 4.1 e dos dados apresentados nas

Tabelas 4.2 e 4.3, não foi observada uma assinatura eletrofisiológica característica do N400: os dados foram caracterizados por variabilidade de latência de pico e de amplitude média para ambas as condições - congruência e incongruência -, ou seja, o processamento da informação difere quando analisamos as condições, mas não foi possível encontrar um padrão, como observado quando se realiza análise de grupo em populações clínicas ou típicas de crianças, adolescentes e adultos (e.g., Friedrich & Friederici, 2004, 2006; Kutas & Federmeier, 2011; Lindau, Silva, Giacheti, & de Souza, 2017; Lindau et al., submetido²¹; Torkildsen et al., 2008). Em estudo anterior, como grupo, essas mesmas crianças com TSF apresentaram diferenças no processamento das condições quando comparadas aos controles, possibilitando estabelecer parâmetros de amplitude e latência para as diferentes regiões e hemisférios analisados em função da palavra alvo (Lindau et al., submetido²¹). Como a análise de dados individuais não tem sido uma prática com dados de EEG, embora tenha sido usada a promedição de diferentes medidas com cada participante (40 na Condição Congruente e 40 na Condição Incongruente), a discrepância nos dados dos dois estudos com a mesma população sugere a necessidade de se verificar mais amplamente a viabilidade metodológica de análises individuais. Se viáveis, tais análises teriam relevante valor como instrumento de diagnóstico.

Os achados das Figuras 4.2 e 4.3 não apresentaram um padrão quanto à amplitude e à latência do N400 que possibilitaria realizar especulações quanto a uma possível relação entre a gravidade do TSF no processamento da informação semântica nos oito casos, descartando uma possível diferença na amplitude e na latência de onda do N400 de acordo com o grau de gravidade do transtorno.

Estudos envolvendo a população infantil e a análise dos dados de PREs reconhecida pela literatura - por meio de grupos - evidenciam que a amplitude e a latência da onda desse componente estão sujeitas a variações, que envolvem tanto os estímulos quanto as características intrínsecas da população analisada (i.e., condição clínica ou idade), em que suas

características ora são mais evidentes para congruência ora para incongruência, diferenciando-se de forma legítima dos achados na população adulta (e.g., Friedrich & Friederici, 2004, 2006; Kutas & Federmeier, 2011; Schipke et al., 2012; Torkildsen et al., 2008).

Com base nesses achados, foi possível concluir que crianças com TSF na faixa etária de 4 a 6 anos apresentaram variação na amplitude e na latência do N400 (subsistema semântico), mas não é possível relacioná-la, diretamente, ao grau de comprometimento. No entanto, ao considerar a população alvo desse estudo, acredita-se que pesquisas futuras, utilizando os componentes iniciais dos PREs (N100, P200), poderiam evidenciar achados interessantes, uma vez que a eliciação desses componentes não advém apenas de características perceptuais dos estímulos, mas também de processos de segmentação de palavras (N100; Sanders & Neville, 2003) e ao processamento fonológico (P200; Liu, Perfetti, & Hart, 2003).

Salienta-se, ainda, que os resultados deste estudo resultam de uma análise individual de casos, forma esta que não é comum em estudos com PREs (Kutas, Hillyard, & Gazzaniga, 1988). Ademais, a faixa-etária investigada se encontra em fase de desenvolvimento, e importantes estruturas encefálicas como o corpo caloso²³, que inicia seu desenvolvimento antes do nascimento e segue até por volta do término da infância, aos 10-12 anos de idade, impossibilitam a comparação com os achados de adultos (Pujol, Soriano-Mas, Ortiz, Sebastian-Galles, Losilla, & Deus, 2006; Coch, Mitra & George, 2012). Dessa forma, conforme pleiteado por Friedrich e Friederici (2010), a maturação cerebral na primeira infância pode não ser suficiente para eliciar o componente N400, constatando relação entre o desenvolvimento da linguagem e o funcionamento dos mecanismos neurais do N400. Pondera-se, portanto, que

²³ Corpo Caloso: maior comissura cerebral, caracterizada por feixes de fibras nervosas, que conecta os hemisférios e unifica os campos sensoriais e sincroniza o processamento funcional desses. Para os autores, o corpo caloso sugere a existência de assimetrias morfológicas e funcionais entre os hemisférios e que a participação de várias estruturas cerebrais na linguagem é um exemplo típico dessa assimetria (Richieri-Costa, Giacheti, Abramides, Feniman, & Baldelin, 2005; Lent, 1994, 2004).

análises individuais, principalmente na população infantil, ainda é de natureza exploratória, embora necessária.

Importantes pesquisadores do assunto afirmaram que um critério só pode ser atribuído para evidenciar a atividade neural, caso seus elementos exponham, de forma confiável, sua sensibilidade ao estímulo (Kutas & Federmeier, 2011). Posto isso, faz-se necessária a continuidade de estudos utilizando medidas de PREs em crianças com desenvolvimento comunicativo típico e com Transtornos da Comunicação na tentativa de tornar compreensível os correlatos neurais dos processos cognitivo-comportamentais envolvidos no processamento da linguagem.

REFERÊNCIAS

- American Psychiatric Association - APA. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders – DSM-5*. (5th ed.). Arlington: American Psychiatric Association.
- American Speech-Language-Hearing Association – ASHA. (2013). *Clinical topics and disorders in speech-language pathology*. Recuperado de <https://www.asha.org/slp/clinical/>
- André, C., Ghio, A., Cavé, C., & Teston, B. (2009). *Perceval: perception evaluation auditive & visuelle* (versão 5.0. 30) [Programa de computador]. Recuperado de <http://aune.lpl.univ-aix.fr/~lpldev/perceval>.
- Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa - ABEP. (2015). Critério de classificação econômica Brasil. São Paulo. Retrieved from <http://www.abep.org/new/criterioBrasil.aspx>
- Befi-Lopes, D. M., & Gândara, J. P. (2002). Desempenho em prova de vocabulário de crianças com diagnóstico de alteração fonológica. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 7(1), 16-22.
- Benau, E. M., Morris, J., & Couperus, J. W. (2011). Semantic processing in children and adults: incongruity and the N400. *Journal of psycholinguistic research*, 40(3), 225-239. doi: 10.1007/s10936-011-9167-1
- Berti, L. (2011). Instrumento de avaliação da percepção da fala – PERCEFAL. In *I Simpósio Internacional do Grupo de Pesquisa Avaliação da Fala e da Linguagem–Perspectivas Interdisciplinares em Fonoaudiologia*, (pp. 289-304). Marília, São Paulo.
- Berti, L. C., Pagliuso, A., & Lacava, F. (2009). Instrumento de avaliação de fala para análise acústica (IAFAC) baseado em critérios linguísticos. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 14(3),305-314. doi: 10.1590/S1516-80342009000300005

- Bishop, D. V. M. (1997). *Uncommon understanding: Comprehension in specific language impairment*. Abingdon: Routledge.
- Bonte, M., & Blomert, L. (2004). Developmental changes in ERP correlates of spoken word recognition during early school years: a phonological priming study. *Clinical Neurophysiology*, *115*(2), 409-423. doi: 10.1016/S1388-2457(03)00361-4
- Carlino, F. C., Prette, A. D., & Abramides, D. V. M. (2013). Avaliação do grau de inteligibilidade de fala de crianças com desvio fonológico: implicações nas habilidades sociais. *Revista CEFAC*, *15*(1), 10-16. doi: 10.1590/S1516-18462011005000106
- Chatrian, G. E., Lettich, E., & Nelson, P. L. (1985). Ten percent electrode system for topographic studies of spontaneous and evoked EEG activities. *American Journal of EEG technology*, *25*(2), 83-92. doi: 10.1080/00029238.1985.11080163
- Coch, D., Mitra, P., & George, E. (2012). Behavioral and ERP evidence of word and pseudoword superiority effects in 7-and 11-year-olds. *Brain Research*, *1486*, 68-81. doi: 10.1016/j.brainres.2012.09.041
- Cummings, A., & Čeponienė, R. (2010). Verbal and nonverbal semantic processing in children with developmental language impairment. *Neuropsychologia*, *48*(1), 77-85. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.08.012.
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, *134*, 9–21. doi: 10.1016/j.jneumeth.2003.10.009
- Donicht, G., Pagliarin, K. C., Keske-Soares, M., & Mota, H. B. (2010). Julgamento perceptivo da gravidade do desvio fonológico por três grupos distintos. *Revista CEFAC*, *12*(1), 21-26. doi: 10.1590/S1516-18462010000100004

- Fonseca, L. F., & Wertzner, H. F. (2005). Inteligibilidade de fala, gravidade e tipo de erros característicos do transtorno fonológico. Paper apresentado no XIII Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia, 2005, Santos, São Paulo. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 10(n. especial), 1-2.
- Friedrich, M., & Friederici, A. D. (2004). N400-like semantic incongruity effect in 19-month-olds: Processing known words in picture contexts. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1465-1477. doi: 10.1162/0898929042304705
- Friedrich, M., & Friederici, A. D. (2006). Early N400 development and later language acquisition. *Psychophysiology*, 43(1), 1-12. doi: 10.1111/j.1469-8986.2006.00381.x
- Friedrich, M., & Friederici, A. D. (2010). Maturing brain mechanisms and developing behavioral language skills. *Brain and Language*, 114(2), 66-71. doi: 10.1016/j.bandl.2009.07.004
- Henderson, L. M., Baseler, H. A., Clarke, P. J., Watson, S., & Snowling, M. J. (2011). The N400 effect in children: Relationships with comprehension, vocabulary and decoding. *Brain and Language*, 117(2), 88-99. doi: 10.1016/j.bandl.2010.12.003
- Holcomb, P. J., Coffey, S. A., & Neville, H. J. (1992). Visual and auditory sentence processing: A developmental analysis using event-related brain potentials. *Developmental Neuropsychology*, 8(2-3), 203-241. doi: 10.1080/87565649209540525
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(12), 463-470. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01560-6
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62, 621-647. doi: 10.1146/annurev.psych.093008.131123

- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, *207*(1), 203-205. doi: 10.1126/science.7350657
- Kutas, M., Hillyard, S. A., & Gazzaniga, M. S. (1988). Processing of semantic anomaly by right and left hemispheres of commissurotomy patients: Evidence from event-related brain potentials. *Brain*, *111*(3), 553-576. Recuperado de <http://kutaslab.ucsd.edu/people/kutas/pdfs/1988.B.553.pdf>
- Kutas, M., & Van Petten, C. (1988). Event-related brain potential studies of language. In P. K. Ackles, J. R. Jennings, & M. G. H. Coles. (Eds.), *Advances in psychophysiology* (pp. 139-187). Recuperado de <http://kutaslab.ucsd.edu/people/kutas/pdfs/1988.AP.139.pdf>
- Kutas, M., Van Petten, C. K., Kluender, R. (2006). Psycholinguistics electrified II (1994-2005). In M. A. Gernsbacher (Ed.), *Handbook of psycholinguistics* (2nd ed) (pp. 659-724). London: Academic Press.
- Lent, R. (1994). Nossos dois cérebros diferentes. *Revista Ciência Hoje*, *16*(94).
- Lent, R. (2004). Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência. São Paulo: Atheneu.
- Liu, Y., Perfetti, C. A., & Hart, L. (2003). ERP evidence for the time course of graphic, phonological, and semantic information in Chinese meaning and pronunciation decisions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *29*(6), 1231. doi: 10.1037/0278-7393.29.6.1231
- Lloyd, L. L., & Kaplan, H. (1978). *Audiometric interpretation: a manual of basic audiometry*. Baltimore: University Park Press.
- Lopez-Calderon, J., & Luck, S. J. (2014). ERPLAB: an open-source toolbox for the analysis of event-related potentials. *Frontiers In Human Neuroscience*, *8*, 213. doi: 10.3389/fnhum.2014.00213

- Mota, H. B., Kaminski, T. I., Nepomuceno, M. R. F., & Athayde, M. L. (2009). Alterações no vocabulário expressivo de crianças com desvio fonológico. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 14(1),41-47. doi: 10.1590/S1516-80342009000100009
- Nash, M., & Donaldson, M. L. (2005). Word learning in children with vocabulary deficits. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48(2), 439-458. doi: 10.1044/1092-4388(2005/030)
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1),97-113. doi: 10.1016/0028-3932(71)90067-4
- Pinheiro, A. P., Galdo-Álvarez, S., Sampaio, A., Niznikiewicz, M., & Gonçalves, Ó. F. (2010). Electrophysiological correlates of semantic processing in Williams syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 31(6), 1412-1425. doi: 10.1016/j.ridd.2010.06.017
- Pujol, J., Soriano-Mas, C., Ortiz, H., Sebastian-Galles, N., Losilla, J. M., & Deus, J. (2006). Myelination of language-related areas in the developing brain. *Neurology*, 66(3),339-343. doi: 10.1212/01.wnl.0000201049.66073.8d
- Richieri-Costa, A., Giacheti, C. M., Abramides, D. V., Feniman, M. R., & Baldelin, C. G. R. (2005). Arachnoidal cyst, orofacial dysplasia, poor motor control, and severe language delay. *American Journal of Medical Genetics Part A*, 137(1), 110-111. doi: 10.1002/ajmg.a.30798
- Rosado, I. M., Donicht, G., Simoni, S. N. D., Pagliarin, K. C., & Keske-Soares, M. (2017). Percepção da inteligibilidade e gravidade do desvio fonológico por fonoaudiólogos e leigos. *Revista CEFAC*, 19(2), 233-241. doi: 10.1590/1982-0216201719215916
- Sabisch, B., Hahne, A., Glass, E., von Suchodoletz, W., & Friederici, A. D. (2006). Lexical–semantic processes in children with specific language impairment. *Neuroreport*, 17(14),1511-1514. doi: 10.1097/01.wnr.0000236850.61306.91

- Sanders, L. D., & Neville, H. J. (2003). An ERP study of continuous speech processing. I. Segmentation, semantics, and syntax in native speakers. *Cognitive Brain Research*, *15*(3), 228-240. doi: 10.1016/S0926-6410(02)00195-7
- Schipke, C. S., Knoll, L. J., Friederici, A. D., & Oberecker, R. (2012). Preschool children's interpretation of object-initial sentences: neural correlates of their behavioral performance. *Developmental Science*, *15*(6), 762-774. doi: 10.1111/j.1467-7687.2012.01167.x
- Shriberg, L. D., & Kwiatkowski, J. (1982). Phonological disorders III: A procedure for assessing severity of involvement. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, *47*(3), 256-270. doi:10.1044/jshd.4703.256
- Silva-Pereyra, J. F., Klarman, L., Lin, L. J. F., & Kuhl, P. K. (2005b). Sentence processing in 30-month-old children: an event-related potential study. *Neuroreport*, *16*(6), 645-648. doi: 10.1097/00001756-200504250-00026
- Silva-Pereyra, J., Rivera-Gaxiola, M., & Kuhl, P. K. (2005a). An event-related brain potential study of sentence comprehension in preschoolers: semantic and morphosyntactic processing. *Cognitive Brain Research*, *23*(2-3), 247-258. doi: 10.1016/j.cogbrainres.2004.10.015
- Singer, W., & Gray, C. M. (1995). Visual feature integration and the temporal correlation hypothesis. *Annual Review of Neuroscience*, *18*, 555-586. doi: 10.1146/annurev.ne.18.030195.003011
- Stoel-Gammon, C. (1991). Normal and disordered phonology in two-year-olds. *Topics in Language Disorders*, *11*(4), 21-31. doi: 10.1097/00011363-199111040-00005
- Temple, C. M. (1997). Cognitive neuropsychology and its application to children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *38*(1), 27-52. doi: 10.1111/j.1469-7610.1997.tb01504.x

- Torkildsen, J. K., Sannerud, T., Syversen, G., Thormodsen, R., Simonsen, H. G., Moen, I., ... & Lindgren, M. (2006). Semantic organization of basic-level words in 20-month-olds: An ERP study. *Journal of Neurolinguistics, 19*(6), 431-454. doi: 10.1016/j.jneuroling.2006.01.002
- Weiss, S., & Mueller, H. M. (2003). The contribution of EEG coherence to the investigation of language. *Brain and language, 85*(2), 325-343. doi: 10.1016/S0093-934X(03)00067-1
- Weiss, A., Tomblin, B., & Robin, D. A. (2002). Language disorders. In J. B. Tomblin, H. L. Morris, & D. C. Spriestersbach. (Eds.), *Diagnosis in speech-language pathology* (pp. 99-131). San Diego: Singular.
- Wertzner, H. F., Amaro, L., & Teramoto, S. S. (2005). Severity of phonological disorders: perceptual judgment and percentage of correct consonants. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica, 17*(2), 185-194. doi: 10.1590/S0104-56872005000200007

CONSIDERAÇÕES GERAIS

As investigações na área da linguagem, com enfoque nos correlatos eletrofisiológicos, tem apresentado avanços importantes relacionados aos métodos de estudo das bases neurais responsáveis pelo processamento da linguagem, como descrito nos dois primeiros capítulos do presente trabalho.

Conforme já apresentado, há uma interdependência dos subsistemas da linguagem e, portanto, faz-se necessária a continuidade das investigações sobre a relação entre a fonologia e a semântica na tentativa de elucidar os correlatos neurais dos processos cognitivo-comportamentais envolvidos na linguagem falada em relação ao controle contextual, como mostrado nos Capítulos III e IV.

Esta tese confirmou a necessidade de combinar diferentes metodologias para melhor compreensão do processamento semântico de crianças com Transtornos do Neurodesenvolvimento, uma vez que estudos comportamentais fornecem dados limitados para explicar possíveis alterações no desenvolvimento da linguagem falada nessa população. Os resultados aqui apresentados indicaram, ainda, uma nova perspectiva sobre o processamento das informações de crianças com Transtorno dos sons da fala, podendo auxiliar no desenvolvimento de estratégias de intervenção mais eficientes para este Transtorno da Comunicação.

Isto posto, há contribuições importantes a respeito do uso de PEs para a avaliação e para o direcionamento de estudos que sigam na mesma linha investigativa, com a necessidade de propor outros paradigmas (e.g., palavras isoladas, violação sintática), investigar populações variadas e incluir amostras maiores com intuito de replicar e confirmar – ou não – os achados desta tese.

Em síntese, sabe-se que estudos eletrofisiológicos desenvolvidos com crianças apresentam resultados inconsistentes e difíceis de serem analisados, o que pode ser justificado

pela maturação e especialização cerebral que vêm ocorrendo ao longo do desenvolvimento até a fase adulta. Porém, acredita-se que o investimento em estudos nesta área possam contribuir não apenas para uma análise mais detalhada na compreensão do comportamento humano e suas bases neurais que passam a ser acessíveis por esse tipo de recurso, mas, também, para a produção de conhecimento que pode ser aproveitado no desenvolvimento de tecnologias úteis para crianças com diferentes transtornos do neurodesenvolvimento (e.g. transtornos da comunicação, deficiências intelectuais, transtorno do espectro do autista, transtorno de *déficit* de atenção/hiperatividade, entre outros), para o entendimento da relação cérebro/comportamento/linguagem/aprendizagem, bem como para a avaliação da eficácia de procedimentos terapêuticos remediativos.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Características diagnósticas do Transtorno da Linguagem e do Transtorno dos Sons da Fala, segundo o DSM-5, a ASHA e o CID-10

Transtorno da Linguagem	
DSM-5	<p>(A) Dificuldade persistente na aquisição e no uso da linguagem devido a alterações na compreensão ou na produção, incluindo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. vocabulário reduzido; 2. estrutura limitada de frases; e 3. prejuízos no discurso. <p>(B) Capacidades linguísticas estão de forma substancial e quantificável abaixo do esperado para a idade, resultando em limitações funcionais na comunicação.</p> <p>(C) Início dos sintomas ocorre precocemente no período do desenvolvimento.</p> <p>(D) As dificuldades não são atribuíveis à deficiência auditiva ou outro prejuízo sensorial, à disfunção motora ou a outra condição médica ou neurológica.</p>
ASHA	<p>(A) O distúrbio de linguagem oral apresenta compreensão prejudicada e/ou utilização da fala.</p> <p>(B) O distúrbio pode envolver alterações:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) na forma de linguagem <ul style="list-style-type: none"> • Fonologia; • Morfologia; • Sintaxe. (2) no conteúdo da linguagem <ul style="list-style-type: none"> • Semântica. (3) função da linguagem <ul style="list-style-type: none"> • Pragmática.
CID-10	<p>F80.0 Aquisição da linguagem comprometida desde os primeiros estágios do desenvolvimento. Não são atribuíveis a anomalias neurológicas, anomalias anatômicas do aparelho fonador, comprometimentos sensoriais, deficiência intelectual ou a fatores ambientais. Os transtornos específicos do desenvolvimento da fala e da linguagem podem vir acompanhados com frequência de problemas associados, tais como dificuldades da leitura e da soletração, perturbação das relações interpessoais, transtornos emocionais e transtornos comportamentais.</p> <p>F80.1 Transtorno expressivo de linguagem: transtorno específico do desenvolvimento, no qual as capacidades da criança em utilizar a linguagem oral são nitidamente inferiores ao nível correspondente à sua idade mental, mas a compreensão da linguagem se situa nos limites normais. O transtorno pode vir acompanhado de um problema na fala.</p> <p>F80.2 Transtorno receptivo da linguagem: transtorno específico do desenvolvimento, no qual a capacidade de compreensão da linguagem pela criança está abaixo do nível correspondente à sua idade mental. Em quase todos os casos, a linguagem expressiva estará também marcadamente prejudicada e são comuns problemas na fala.</p>

Fonte: Giacheti, C. M., & Lindau, T. A. (2017). Diagnóstico diferencial dos transtornos da linguagem infantil. In D. A. C. Lamônica & D. B. O Britto (Orgs.). *Tratado de Linguagem: perspectivas contemporâneas* (pp. 155-164). Ribeirão Preto: Booktoy. (Reprodução autorizada pelos autores).

	Transtorno dos sons da fala
DSM-5^a	<p>(A) Dificuldade persistente na produção da fala que interfere na inteligibilidade da fala ou impede a comunicação verbal de mensagens.</p> <p>(B) A perturbação causa limitações na comunicação eficaz, que interferem na participação social, no sucesso acadêmico ou no desempenho profissional, individualmente ou em qualquer combinação.</p> <p>(C) Início dos sintomas ocorre precocemente no período do desenvolvimento.</p> <p>(D) <i>De ordem primária</i>: as dificuldades não são atribuíveis a condições congênitas ou adquiridas, como paralisia cerebral, fenda palatina, surdez ou perda auditiva, lesão cerebral traumática ou outras condições médicas ou neurológicas.</p>
ASHA^b	<p>(A) Qualquer dificuldade relacionada à percepção, produção e/ou representação fonológica de sons de fala e segmentos de fala (incluindo regras que regem a forma, a estrutura e o estresse da sílaba, bem como a prosódia) que influenciam a inteligibilidade do discurso.</p> <p>(B) Ao afetar a maneira como os sons da fala (fonemas) funcionam dentro de uma língua são tradicionalmente referidos como transtornos fonológicos; eles resultam de deficiências na representação fonológica e segmentos de fala - o sistema que gera e usa fonemas e regras e padrões de fonemas no contexto da linguagem falada. O processo de percepção e manipulação de sons de fala é essencial para desenvolver essas representações fonológicas.</p> <p>(C) Sinais e sintomas podem ocorrer de forma independente ou como padrões de erro baseados em regras (e.g., redução de encontro consonantal, exclusão ou substituição de consoantes). Também há padrões de erro idiossincráticos, ou seja, a substituição de muitos sons por um som favorito ou padrão, resultando em homonímia considerável.</p>
CID-10^c	<p>Transtorno específico do desenvolvimento na qual a utilização dos fonemas pela criança é inferior ao nível correspondente à sua idade mental, mas no qual o nível de aptidão linguística é normal.</p> <p><i>Exclui</i>: comprometimento da fala (associada) (devida a) (um) (uma): afasia, apraxia, perda de audição, retardo mental, transtorno do desenvolvimento da linguagem: expressivo e/ou receptivo.</p>

Fonte: Elaboração própria

^aManual diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais: DSM-5, 2013

^bAmerican Speech-Language-Hearing Association, 2018

^cWorld Health Organization, 1993

APÊNDICE B – Tabela Suplementar

Caracterização dos processos fonológicos apresentados por cada criança

Criança	Processos fonológicos - exemplos
1	Substituição de líquida não lateral por lateral – barata ba'lat̃ Semivocalização de líquida – palhaço pa'yasu Dessonorização de fricativa – zaga 'sag̃ Anteriorização de oclusiva – taco 'tapu
2	Semivocalização de líquida – palhaço pa'yasu ; barata baiat̃
3	Semivocalização de líquida – palhaço pa'yasu ; bala 'baĩ Substituição de líquida não lateral por lateral – barata ba'lat̃
4	Semivocalização de líquida – palhaço pa'yasu ; barata ba'yat̃ ; bala 'baĩ Dessonorização de fricativa – zaga 'sag̃ ; chave 'saf̃i Anteriorização de fricativa – chave 'saf̃i Dessonorização de oclusiva – gato 'katu
5	Anteriorização de oclusiva – faca 'fat̃ Anteriorização de fricativa – chave 'savi Ressilabificação – palhaço pa'iasu Substituição de líquida não lateral por lateral – barata ba'lat̃
6	Dessonorização de fricativa – zaga 'sag̃ ; vaca 'fak̃ Dessonorização de oclusiva – gato 'katu Substituição de líquida não lateral por lateral – barata ba'lat̃ Sonorização de oclusiva (assistemática) – capa 'g ab̃
7	Anteriorização de oclusiva – capa 't ap̃ Plosivização de fricativa – chave 't avi Dessonorização de plosiva – gato 'k atu Dessonorização de fricativa – jaca ' fak̃ ; zaga 's ag̃ Semivocalização de líquida – barata baiat̃ ; palhaço pa'iasu Apagamento de líquida inicial – rabo ' abu Apagamento de sílaba átona - Cunhado ' adu
8	Dessonorização de oclusiva – bala 'pal̃ ; gato 'kat̃ ; barata pa'lat̃ Anteriorização de oclusiva – cunhado tu'ηatu Assimilação – cunhado tu'ηatu Substituição de líquida não lateral por lateral – barata pa'lat̃ Dessonorização de fricativa – chave 'faf̃i Semivocalização de líquida – palhaço pa'y asu

Nota: Transcrições baseadas no Alfabeto Fonético.

APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Baseado na Resolução 466/2012, CNS)

Grupo Amostral e Comparativo

Nós estamos convidando seu(sua) filho(a) a participar do projeto de pesquisa intitulado **“Medidas comportamentais e eletrofisiológicas de crianças com e sem transtornos de linguagem em tarefa de julgamento semântico”**, do Centro de Estudos da Educação e da Saúde – CEES da Faculdade de Filosofia e Ciências (FFC), UNESP de Marília, cujos responsáveis são a Doutoranda Tâmara Lindau e as professoras Dra. Célia Giacheti (UNESP) e Dra. Deisy de Souza (UFSCar).

Esse estudo investiga como as frases verdadeiras e falsas são entendidas pelo cérebro com ajuda de uma técnica de análise eletrofisiológica do cérebro (sinais elétricos produzidos durante uma atividade). Para fazer essa investigação, seu(sua) filho(a) deverá ouvir frases e responder no computador enquanto usa uma touca na cabeça para registrar a atividade do seu cérebro. Para a obtenção deste termo, gostaríamos que vocês soubessem que:

- Participar deste projeto é uma opção sua, podendo decidir participar ou não;
- Caso você decida não participar ou desista a qualquer momento, você não perderá nenhum benefício ou tratamento que estiver fazendo nesta instituição;
- A qualquer momento você terá a liberdade de pedir explicações aos responsáveis pelo projeto;
- Sua participação nesta pesquisa é total e completamente isenta de qualquer ônus financeiro;
- Você receberá uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Se você decidir participar, gostaríamos de informar que:

- a) Será realizada avaliação audiológica para investigar possíveis comprometimentos das vias auditivas, avaliação intelectual (inteligência) e testes de linguagem (por exemplo: vocabulário e compreensão de frases).
- b) Os instrumentos de registro utilizados neste estudo incluem: gravador, filmadora e eletroencefalograma acoplado a um computador.
- c) Os resultados deste estudo talvez não apresentem benefício imediato para você ou sua família.
- d) As imagens e sons gravados a partir da sua participação serão utilizados para fins científicos, sem que a identidade do seu(sua) filho(a) seja revelada.

- e) A duração aproximada para aplicação dos procedimentos (incluindo o tempo necessário para a correta colocação da touca) é de uma hora e trinta minutos.
- f) A aplicação dos procedimentos poderá ser interrompida a qualquer momento, caso a criança deseje e também o avaliador detecte sinal de cansaço da criança.
- g) O único risco envolvido com a pesquisa é seu(sua) filho(a) se cansar durante a realização das atividades previstas.
- h) Os resultados deverão ser publicados em revistas científicas que tenham interesse nesta área, mantendo sempre a identidade em absoluto sigilo.
- i) Somente pesquisadores envolvidos com o projeto terão acesso aos dados completos, não sendo permitido o acesso a terceiros.
- j) Todos os resultados obtidos estarão disponíveis no prontuário do participante no Centro de Estudo da Educação e Saúde-CEES e/ou em poder dos pais.
- k) Caso o participante desta pesquisa não esteja recebendo atendimento neste serviço e os nossos dados comprovem a necessidade deste, o mesmo será encaminhado para intervenção fonoaudiológica no CEES ou instituição especializada.

Eu, _____,

portador do R.G. nº _____ (responsável pela criança), concordo em participar do projeto de pesquisa "**Medidas comportamentais e eletrofisiológicas de crianças com e sem transtornos de linguagem em tarefa de julgamento semântico**".

Declaro haver recebido as devidas explicações sobre o referido projeto, estar ciente sobre os itens acima mencionados e minha participação é voluntária.

Nome da criança: _____

Data de Nascimento: _____ Data: _____

Assinatura

Contato:

Profa. Dra. Célia Giacheti (e-mail: giacheti@uol.com.br)

Fga. Ms. Tâmara Lindau (e-mail: lindau.andrade@gmail.com)

Telefone: (14) 3402-1324

Endereço: UNESP/Marília. Avenida HyginoMuzzi Filho, 737. Departamento de Fonoaudiologia.

APÊNDICE D - Termo de Assentimento

TERMO DE ASSENTIMENTO

(Baseado na Resolução 466/2012, CNS)

Dados sobre a pesquisa:

1. **Título do projeto:** “Medidas comportamentais e eletrofisiológicas de crianças com e sem transtornos de linguagem em tarefa de julgamento semântico”.
2. **Duração aproximada da avaliação:** 1 hora
3. **Risco da pesquisa:** Não há riscos
4. **Responsáveis pela pesquisa:** Doutoranda Tâmara Lindau, Prof.^a Dr.^a Célia Giacheti e Prof.^a Dr.^a Deisy de Souza
Telefone: (14) 3402-1324
Endereço: UNESP/Marília. Avenida Hygino Muzzi Filho, 737. Departamento de Fonoaudiologia.

Dados de identificação da criança e do responsável:

Eu, _____,
 R.G. nº _____ (responsável pela criança), concordo em participar do projeto de pesquisa intitulado “Medidas comportamentais e eletrofisiológicas de crianças com e sem transtornos de linguagem em tarefa de julgamento semântico”.

Declaro haver recebido as devidas explicações sobre o referido projeto, e minha participação é voluntária.

Nome da criança: _____

DN: ____/____/____

Idade: _____

**Informações à criança que irá participar e Termo de Assentimento
(4 a 6 anos)**

Eu gostaria de saber se você quer participar do meu estudo. O seu acompanhante (responsável legal) concordou com a sua participação, mas quero saber se você também aceita participar. Gostaria muito que você aceitasse.

O que acontecerá comigo se eu aceitar?

Os cientistas querem saber o que acontece no cérebro, dentro da cabeça das crianças, quando elas ouvem frases. Para fazer isso, vou colocar uma touca com vários botões e fios na sua cabeça.

Esses fios e botões não machucam. Nas fotos abaixo, você pode ver que ela é usada em pessoas com diferentes idades, e outras crianças também serão convidadas a participar, assim como você.

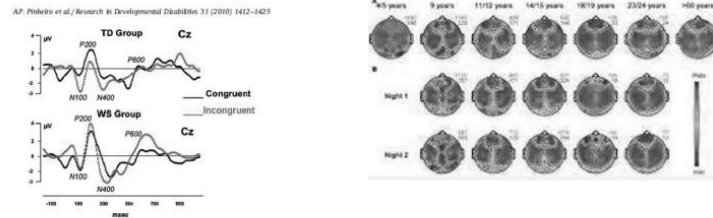


Com a touca na cabeça, você fará uma atividade no computador: escutar frases e apertar uma tecla no computador, se achar que as frases combinam uma com a outra, assim como na foto abaixo.



Fonte: <http://www.enscer.com.br/pesquisas/artigos/plasticidade/plasticidade.html>

Cada fio e botão dessa touca tira fotografias do seu cérebro, dentro da sua cabeça, em forma de ondas ou desenhos coloridos, como nas fotos abaixo.



Não é perigoso usar a touca, mas você pode se sentir incomodado quando ela estiver na sua cabeça, porque pode escorrer um pouco de água no seu rosto.

Se você ficar cansado durante as atividades, você poderá levantar o braço e me contar. Podemos fazer um intervalo para você descansar e recomeçamos em seguida.

Você não precisa participar da pesquisa se não quiser e não terá nenhum problema se você começar a atividade e depois desistir. Como é uma pesquisa, aquilo que nós descobrirmos será contado só para outros cientistas e seu nome não será divulgado.

A criança aceitou participar do estudo mediante informações escritas/explicações verbais terem sido disponibilizadas a ela (ele).

Nome de quem obteve o assentimento: _____.

Data: _____

Rubrica de quem obteve o consentimento	Rubrica do pai ou responsável pelo participante

ANEXOS

ANEXO A - Critério de Classificação Econômica Brasil

Modelo de Questionário sugerido para aplicação

P.XX Agora vou fazer algumas perguntas sobre itens do domicílio para efeito de classificação econômica. Todos os itens de eletroeletrônicos que vou citar devem estar funcionando, incluindo os que estão guardados. Caso não estejam funcionando, considere apenas se tiver intenção de consertar ou repor nos próximos seis meses.

INSTRUÇÃO: Todos os itens devem ser perguntados pelo entrevistador e respondidos pelo entrevistado.

Vamos começar? No domicílio tem _____ (LEIA CADA ITEM)

ITENS DE CONFORTO	NÃO POSSUI	QUANTIDADE QUE POSSUI			
		1	2	3	4+
Quantidade de automóveis de passeio exclusivamente para uso particular					
Quantidade de empregados mensalistas, considerando apenas os que trabalham pelo menos cinco dias por semana					
Quantidade de máquinas de lavar roupa, excluindo tanquinho					
Quantidade de banheiros					
DVD, incluindo qualquer dispositivo que leia DVD e desconsiderando DVD de automóvel					
Quantidade de geladeiras					
Quantidade de <i>freezers</i> independentes ou parte da geladeira duplex					
Quantidade de microcomputadores, considerando computadores de mesa, laptops, notebooks e netbooks e desconsiderando tablets, palms ou smartphones					
Quantidade de lavadora de louças					
Quantidade de fornos de micro-ondas					
Quantidade de motocicletas, desconsiderando as usadas exclusivamente para uso profissional					
Quantidade de máquinas secadoras de roupas, considerando lava e seca					

A água utilizada neste domicílio é proveniente de?	
1	Rede geral de distribuição
2	Poço ou nascente
3	Outro meio

Considerando o trecho da rua do seu domicílio, você diria que a rua é:	
1	Asfaltada/Pavimentada
2	Terra/Cascalho

Qual é o grau de instrução do chefe da família? Considere como chefe da família a pessoa que contribui com a maior parte da renda do domicílio.

Nomenclatura atual	Nomenclatura anterior
Analfabeto / Fundamental I incompleto	Analfabeto/Primário Incompleto
Fundamental I completo / Fundamental II incompleto	Primário Completo/Ginásio Incompleto
Fundamental completo/Médio incompleto	Ginásio Completo/Colegial Incompleto
Médio completo/Superior incompleto	Colegial Completo/Superior Incompleto
Superior completo	Superior Completo

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES

Este critério foi construído para definir grandes classes que atendam às necessidades de segmentação (por poder aquisitivo) da grande maioria das empresas. Não pode, entretanto, como qualquer outro critério, satisfazer todos os usuários em todas as circunstâncias. Certamente há muitos casos em que o universo a ser pesquisado é de pessoas, digamos, com renda pessoal mensal acima de US\$ 30.000. Em casos como esse, o pesquisador deve procurar outros critérios de seleção que não o CCEB.

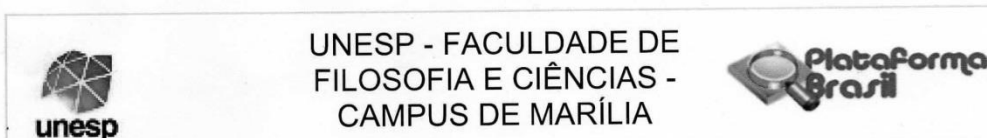
A outra observação é que o CCEB, como os seus antecessores, foi construído com a utilização de técnicas estatísticas que, como se sabe, sempre se baseiam em coletivos. Em uma determinada amostra, de determinado tamanho, temos uma determinada probabilidade de classificação correta, (que, esperamos, seja alta) e uma probabilidade de erro de classificação (que, esperamos, seja baixa).

Nenhum critério estatístico, entretanto, tem validade sob uma análise individual. Afirmações frequentes do tipo “... conheço um sujeito que é obviamente classe D, mas pelo critério é classe B...” não invalidam o critério que é feito para funcionar estatisticamente. Servem, porém, para nos alertar, quando trabalhamos na análise individual, ou quase individual, de comportamentos e atitudes (entrevistas em profundidade e discussões em grupo respectivamente). Numa discussão em grupo um único caso de má classificação pode pôr a perder todo o grupo. No caso de entrevista em profundidade os prejuízos são ainda mais óbvios. Além disso, numa pesquisa qualitativa, raramente uma definição de classe exclusivamente econômica será satisfatória.

Portanto, é de fundamental importância que todo o mercado tenha ciência de que o CCEB, ou qualquer outro critério econômico, não é suficiente para uma boa classificação em pesquisas qualitativas. Nesses casos deve-se obter além do CCEB, o máximo de informações (possível, viável, razoável) sobre os respondentes, incluindo então seus comportamentos de compra, preferências e interesses, lazer e hobbies e até características de personalidade.

Uma comprovação adicional da adequação do Critério de Classificação Econômica Brasil é sua discriminação efetiva do poder de compra entre as diversas regiões brasileiras, revelando importantes diferenças entre elas.

ANEXO B – Comitê de Ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: MEDIDAS COMPORTAMENTAIS E ELETROFISIOLÓGICAS DE CRIANÇAS COM E SEM TRANSTORNOS DE LINGUAGEM EM TAREFA DE JULGAMENTO

Pesquisador: TÂMARA DE ANDRADE LINDAU

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 55528116.2.0000.5406

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.552.023

Apresentação do Projeto:

O projeto encontra-se adequadamente descrito e apresentado.

Objetivo da Pesquisa:

"O objetivo geral é investigar e verificar possíveis correlações entre aspectos comportamentais e eletrofisiológicos (potencial evocado relacionado a evento) de crianças com e sem transtorno de linguagem em tarefa de julgamento semântico.

Os objetivos específicos serão:

- 1) Comparar os achados comportamentais (frequência de erro e acerto na tarefa de julgamento de frases congruentes e incongruentes) dos grupos com e sem transtornos de linguagem;
- 2) Comparar o padrão de ativação eletrofisiológico dos grupos com e sem transtorno de linguagem;
- 3) Correlacionar os dados comportamentais da tarefa de julgamento semântico com os eletrofisiológicos".

Endereço: Av. Hygino Muzzi Filho, 737

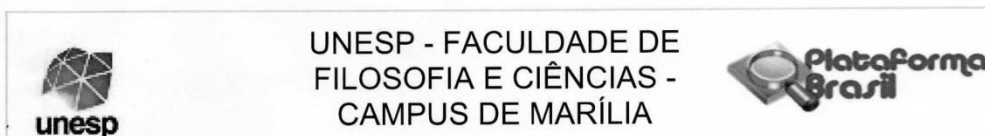
Bairro: Campus Universitário

CEP: 17.525-900

UF: SP **Município:** MARILIA

Telefone: (14)3402-1346

E-mail: cep@marilia.unesp.br



Continuação do Parecer: 1.552.023

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Nada consta

Benefícios: Científicos e clínicos (no que tange os processos terapêuticos fonoaudiológicos).

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto é apresentado com fundamentação científica, metodologia claramente descrita e cronograma exequível. Adequado quanto aos aspectos éticos da pesquisa.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória encontram-se adequados.

Recomendações:

Nada consta.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

O CEP da FFC da UNESP de MARÍLIA, em reunião ordinária de 18/05/2016, após acatar o parecer do membro relator previamente aprovado para o presente estudo e atendendo a todos os dispositivos das resoluções 466/2012 e complementares, bem como ter aprovado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido como também todos os anexos incluídos na pesquisa, resolve APROVAR o projeto de pesquisa MEDIDAS COMPORTAMENTAIS E ELETROFISIOLÓGICAS DE CRIANÇAS COM E SEM TRANSTORNOS DE LINGUAGEM EM TAREFA DE JULGAMENTO SEMÂNTICO

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_705605.pdf	27/04/2016 12:26:45		Aceito
Outros	AUTORIZACAO_CEES_2016.pdf	27/04/2016 12:23:28	TÂMARA DE ANDRADE LINDAU	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_ROSTO_TAMARA_LINDAU_2016.pdf	27/04/2016 12:06:56	TÂMARA DE ANDRADE LINDAU	Aceito
Outros	AUTORIZACAO_SECRETARIA_EDUCACAO_2016.pdf	26/04/2016 16:15:09	TÂMARA DE ANDRADE LINDAU	Aceito
Outros	PB_PARECER_CONSUBSTANCIADO_CEP_681946.pdf	26/04/2016 15:31:53	TÂMARA DE ANDRADE LINDAU	Aceito

Endereço: Av. Hygino Muzzi Filho, 737

Bairro: Campus Universitário

CEP: 17.525-900

UF: SP

Município: MARILIA

Telefone: (14)3402-1346

E-mail: cep@marilia.unesp.br



UNESP - FACULDADE DE
FILOSOFIA E CIÊNCIAS -
CAMPUS DE MARÍLIA



Continuação do Parecer: 1.552.023

TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_ASSENTIMENTO_ERP_4_6_anos_FINAL_28_03_2016_corrigido_titulo.pdf	26/04/2016 15:29:48	TÂMARA DE ANDRADE LINDAU	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVR E_E_ESCLARECIDO_ERP_DOUTORA DO_28_03_16.pdf	26/04/2016 15:29:35	TÂMARA DE ANDRADE LINDAU	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_DOUTORADO_Tamara_Lindau_FINAL_06_04_16_comite.pdf	26/04/2016 15:26:30	TÂMARA DE ANDRADE LINDAU	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

MARILIA, 19 de Maio de 2016

Assinado por:

CRISTIANE RODRIGUES PEDRONI
(Coordenador)

Endereço: Av. Hygino Muzzi Filho, 737

Bairro: Campus Universitário

CEP: 17.525-900

UF: SP

Município: MARILIA

Telefone: (14)3402-1346

E-mail: cep@marilia.unesp.br