

## Artigos de revisão

# 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<sup>(1,3)</sup>

Célia Maria Giacheti<sup>(2,3)</sup>

Isabella Bonamigo da Silva<sup>(2,3)</sup>

Deisy das Graças de Souza<sup>(1,3)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos, SP, Brasil.

<sup>(2)</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP, Marília, SP, Brasil.

<sup>(3)</sup> Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia sobre Comportamento, Cognição e Ensino - INCT-ECCE - 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).

Conflito de interesses: inexistente

RECEBIDO EM: 24/08/2017  
ACEITO EM: 13/09/2017

Endereço para Correspondência:  
Tâmara Andrade Lindau  
Av. Higino Muzzi Filho, 737 - Marília,  
São Paulo, Brasil  
CEP: 17.525-900  
E-mail: lindau.andrade@gmail.com

## 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. Twenty-four studies that met the eligibility criteria were found. Most studies aimed to investigate and characterize the electrophysiological patterns of younger children as compared to those found in older children and adults. A large variability of employed experimental tasks was found, showing 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 present, the N400 effect showed that the latency and amplitude of the wave decline according to age. However, the variability of procedures can affect the degree of control and the data reliability. For further studies, the development of a standard protocol to investigate the semantic processing by means of the N400 effect data in different populations is an important step and a strong recommendation for the area.

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

## 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)<sup>1,2</sup>. 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<sup>1,2</sup>.

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 específico<sup>3-5</sup>.

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 contextual<sup>6-8</sup>.

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)<sup>9,10</sup>.

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<sup>11,12</sup>, ao avaliar a leitura de palavras semanticamente incongruentes em relação ao contexto da sentença apresentada<sup>7</sup>. 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 prazo<sup>7</sup>. Diversos estudos têm investigado o efeito N400 em crianças e adultos<sup>2,7,13-15</sup>, e o achado geral indica que a latência e a amplitude da

onda declinam com a idade<sup>12-16</sup>, e que alguns fatores – a frequência de palavras, o contexto e a posição da palavra na frase – podem influenciar a amplitude do efeito N400<sup>8</sup>.

Friedrich e Friederici (2010)<sup>5</sup> 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 comunicação<sup>8-17</sup>.

O efeito N400 possibilita abordar questões psicolinguísticas em diferentes fases do desenvolvimento, não passíveis de serem analisadas por outros tipos de medidas<sup>8</sup>. 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.

## 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 conhecimento<sup>18</sup>.

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?

## 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.

### *Crítérios 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.

## **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 1).

Na Tabela 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)<sup>39</sup>, 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.

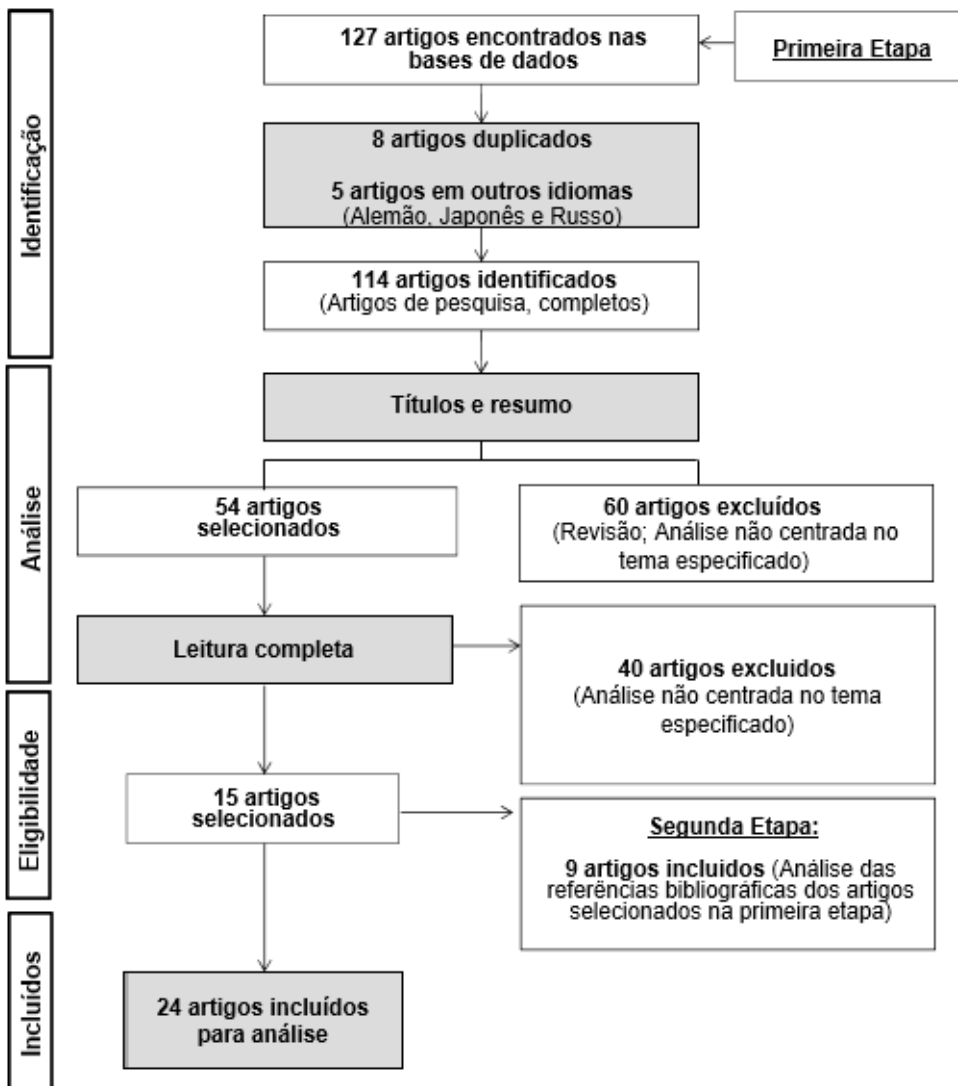
A apresentação dos estudos no capítulo resultado seguiu a idade cronológica das crianças, em ordem crescente.

### **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 randomizada<sup>5</sup>. 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 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 estudo<sup>35</sup>, 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



Nota: Adaptado de Moher, Liberati, Tetzlaff e Altman (2009)<sup>19</sup>.

**Figura 1.** Processo de seleção e resultados do levantamento bibliográfico

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 idade<sup>26</sup>. 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)<sup>22</sup> 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,

**Tabela 1.** Resumo das informações dos artigos compilados

Ano	Autores	Casuística*	Paradigma
1992	Holcomb; Coffey; Neville <sup>16</sup>	36 sujeitos entre 5 anos a 26 anos	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes
1996	Juottonen; Revonsuo; Lang <sup>20</sup>	36 crianças entre 5 anos 7 meses a 11 anos 5 meses	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes
1999	Byrne; Connolly; MacLean; Dooley; Gordon; Beattie <sup>21</sup>	56 crianças entre 5 e 12 anos	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2004	Friedrich; Friederici <sup>22</sup>	55 crianças de 19 meses e 20 adultos com média de 23.7 anos	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2005	Friedrich; Friederici <sup>23</sup>	111 crianças de 19 e 24 meses	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes
2005	Silva-Pereyra; Klarman; Lin; Kuhl <sup>24</sup>	19 crianças de 30 meses	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes
2005	Silva-Pereyra; Rivera-Gaxiola; Kuhl <sup>2</sup>	35 crianças de 3 e 4 anos	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes
2006	Torkildsen; Sannerud; Syversen; Thormodsén; Simonsen; Moen et al. <sup>12</sup>	27 crianças de 20 meses	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2006	Friedrich; Friederici <sup>25</sup>	40 crianças de 19 meses	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2007	Sheenan; Namy; Mills <sup>26</sup>	34 crianças de 18 e 26 meses	Imagem <i>versus</i> palavras ou gestos congruentes/incongruentes
2007	Torkildsen; Syversen; Simonsen; Moen; Lindgren <sup>27</sup>	36 crianças de 20 a 24 meses	Imagem <i>versus</i> palavra congruentes/incongruentes
2008	Torkildsen; Svangstu; Hansen; Smith <sup>28</sup>	44 crianças com 20 meses	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2010	Friedrich; Friederici <sup>5</sup>	52 crianças de 12 meses	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2010	McCleery; Ceponiene; Burner; Townsend; Kinnear; Schreibman <sup>29</sup>	28 crianças com média de 5.8 anos	Imagem <i>versus</i> palavras/som ambiental congruentes/incongruentes
2011	Schipke; Friederici; Oberecker <sup>30</sup>	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. <sup>31</sup>	59 crianças de 4 a 5 anos	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes
2011	Ojima; Matsuba-Kurita; Nakamura; Hoshino; Hagiwara <sup>32</sup>	350 crianças de 6 a nove anos	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2012	Shipke; Knoll; Friederici; Oberecker <sup>15</sup>	87 crianças de 3 e 4 anos e 6 meses	Sentenças auditivas
2013	Kuipers; Thierry <sup>33</sup>	26 crianças de 2 a 3 anos	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2013	Weber-Fox; Wray; Arnold <sup>34</sup>	54 crianças de 3 a 5 anos	Sentenças auditivas congruentes e incongruentes
2013	Rämä; Sirri; Serres <sup>35</sup>	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. <sup>36</sup>	16 crianças de 5 a 12 anos	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2015	Borgström; Torkildsen; Lindgren <sup>37</sup>	70 crianças de 20 e 24 meses	Imagem <i>versus</i> palavras congruentes/incongruentes
2015	Kuipers; Thierry <sup>38</sup>	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



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 randomizadas<sup>23</sup>. 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 estudo<sup>28</sup>, 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)<sup>37</sup> 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)<sup>12</sup> 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 anos<sup>36</sup>. 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)<sup>24</sup> 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 meses<sup>2</sup>. 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.

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

Friedrich e Friederici (2006)<sup>25</sup> 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)<sup>27</sup> 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.

### 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 correspondente<sup>33</sup>. 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 verbos<sup>2</sup>. 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)<sup>30</sup> 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 subsequente<sup>15</sup> 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)<sup>31</sup> 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 pesquisa<sup>32</sup>. 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 transversal<sup>16</sup> 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)<sup>20</sup> 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 idade<sup>21</sup>. 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.

## 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 controles<sup>34</sup>. 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 estudo<sup>29</sup> 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 Cerebral<sup>36</sup>, 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 adultos<sup>5</sup>; 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<sup>22,23,25</sup>; aos 20 meses, crianças com alta e baixa produção de vocabulário diferiram na performance do mapeamento de palavras novas, mas não para palavras reais<sup>28</sup>; aos 30 meses<sup>24</sup> e dos 3 aos 6 anos de idade<sup>2,16</sup>, 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 incongruentes<sup>25</sup>; aos 20 meses, o efeito tendeu a ser mais lateralizado à direita em crianças com baixa

performance de linguagem<sup>28</sup>; e aos três e quatro anos, o efeito N400 ocorreu no hemisfério direito<sup>16</sup>, porém outro autor referiu que aos quatro anos este efeito foi lateralizado à esquerda<sup>30</sup>.

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<sup>5,12,22,28,35</sup>.

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 congruentes<sup>25</sup>; 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 Dislexia<sup>27</sup>; dos 3 aos 5 anos de idade crianças com disfluências gagas apresentaram amplitude e latência do efeito N400 aumentadas mediante as alterações semânticas<sup>34</sup>; 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 ambientais<sup>29</sup>; e crianças com paralisia cerebral mostraram diferença no padrão de ativação após intervenção motora<sup>36</sup>.

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 direito<sup>25</sup>; e em crianças com paralisia cerebral o hemisfério contralateral à lesão exibiu amplitude maior e similar à incongruência durante as avaliações<sup>36</sup>.

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.

## 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.

## AGRADECIMENTOS

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

## REFERÊNCIAS

- 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.
- 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.
- Werker JF, Lalonde C. Cross-language speech perception: Initial capabilities and developmental change. *Dev. psychol.* 1988;24(5):672-83.
- Friedrich M, Friederici AD. Neurophysiological correlates of online word learning in 14-month-old infants. *Neuro Report.* 2008;19(18):1757-62.
- Friedrich M, Friederici AD. Maturing brain mechanisms and developing behavioral language skills. *Brain lang.* 2010;114(2):66-71.
- Berger H. Über das elektroencephalogramm des menschen. *Eur. arch. psychiatry. clin. neurosci.* 1929;87(1):527-70.
- Kutas M, Federmeier KD. Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends cogn. sci.* 2000;4(12):463-70.
- 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.
- Blackwood DH, Muir WJ. Cognitive brain potentials and their application. *Br. j. psychiatr.* 1990;157(9):96-101.
- 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.
- Kutas M, Hillyard SA. Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Sci.* 1980;207(4427):203-05.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Cummings A, Čeponienė R. Verbal and nonverbal semantic processing in children with developmental language impairment. *Neuropsychologia.* 2010;48(1):77-85.
- 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.

## ERRATA

No título deste artigo, “Análise do processamento semântico em crianças de zero a seis anos de idade com o N400: uma revisão de literatura”, com número DOI: 10.1590/1982-0216201719513517, publicado no periódico *Revista Cefac* 19(5):690-701, na página 690:

### Onde se lia:

Análise do processamento semântico em crianças de zero a seis anos de idade com o N400: uma revisão de literatura

### Leia-se:

Processamento semântico em crianças de zero a seis anos de idade: uma análise com o N400