

19 abril de 2016

AUDIOLOGIA

ESTUDO DO PROCESSAMENTO SEMÂNTICO EM INDIVÍDUOS COM E SEM PERTURBAÇÕES DO PROCESSAMENTO AUDITIVO (CENTRAL): NOVA ABORDAGEM EXPERIMENTAL EM AUDIOLOGIA

Carla Matos Silva¹, Isabel Barahona da Fonseca², Maria Armanda Costa³¹Instituto Politécnico de Coimbra, ESTESC - Coimbra Health School, Audiologia, Portugal; CLUL²Faculdade de Psicologia - Universidade de Lisboa; CLUL³Faculdade de Letras - Universidade de Lisboa; CLUL

carla@estescoimbra.pt

RESUMO

O componente N400, descrito em 1980 por Kutas & Hillyard, é uma resposta eletroencefalográfica (EEG) evocada pela apresentação de palavras e outros estímulos significativos, que aparece como um desvio de curso negativo na onda de *Event Related Potentials* (ERPs). Estudos que se centram na resposta N400 são de grande interesse porque tocam em aspetos centrais da compreensão da linguagem. As Perturbações do Processamento Auditivo (Central) (PPAC) são entendidas como uma perda auditiva funcional em que o indivíduo fica incapacitado de cumprir uma ou mais capacidades do Processamento Auditivo (Central) (PAC) (Musiek, 2007; Katz et al., 2009). Baran & Musiek (2001) consideraram que a utilização de uma bateria de testes comportamentais e eletrofisiológicos na avaliação do PAC é não só prudente como necessária.

Objetivo: Avaliar as capacidades de processamento semântico auditivo em sujeitos com e sem Perturbações do Processamento Auditivo com recurso a técnicas eletrofisiológicas.

Resultados: Os dados eletrofisiológicos (ERPs) evidenciam o N400 nos indivíduos sem PPAC nos canais de registo F3, T3, T5, Cz e T4. Tal efeito (N400) não foi observado nos indivíduos com PPAC.

Conclusões: Nos indivíduos sem PPAC verifica-se o efeito N400 para as palavras incongruentes em F3, T3, T5, Cz e T4. No que respeita aos indivíduos com PPAC, a incongruência afeta-os no sentido de contribuir para uma forma de onda mais positiva para os itens incongruentes, indicativa de um processamento mais facilitado. Dado o número de indivíduos com PPAC ser reduzido não se podem generalizar estes resultados, pelo que são necessários mais estudos de processamento semântico em sujeitos com PPA. Estas conclusões abrem uma nova linha de investigação e ressalvam a importância de incluir o N400 na avaliação do Processamento Auditivo Central.

Palavras-Chave: Processamento Semântico; Perturbações do Processamento Auditivo (PPA); *Evoked Related Potentials* (ERPs).

ABSTRACT

The N400, described in 1980, by Kutas & Hillyard, is an Event Related Potential (ERP) response observed in the presentation of words and other significant stimuli that appears as a negative-going deflection of the EEG signal around 400 milliseconds post-stimulus onset. Studies on N400 response are of great interest because they touch central aspects of the language comprehension. Auditory Processing Disorders (APD) are seen as a functional hearing loss where the individual is disabled in performing the (Central) Auditory Processing (CAP) capacities (Musiek, 2007; Katz et al., 2009). Baran & Musiek (2001) consider that the use of a set of tests - including behaviour and electrophysiological tests - in the CAP assessment is wise and necessary.

Objective: *The assessment of the semantic auditory processing in individuals with and without APD using electrophysiological tests.*

Results: *The electrophysiological data (ERPs) highlight the N400 in individuals without APD in the recording channels F3, T3, T5, Cz and T4. Such effect hasn't been observed in individuals with APD.*

Conclusions: *In the individuals without APD, in the ERPs, we can observe the N400 effect for the incongruous words in F3, T3, T5, Cz and T4. Concerning the individuals with APD, the incongruence seems, with the observation of more positive waves for the incongruous items. These observations raise the hypothesis that the processing of meaning in speech perception is qualitatively different in APD subjects and enhance the importance of including the N400 ERP semantic testing in (Central) Auditory Processing assessment.*

Keywords: *Semantic Processing; Auditory Processing Disorders (APD); Evoked Related Potentials (ERPs).*

INTRODUÇÃO

A linguagem é por excelência um meio de conhecimento que se encontra em estreita relação com a vivência imediata de cada ser humano com o meio envolvente.

O processamento da palavra implica a ativação de redes semânticas nas quais as palavras, representadas por itens lexicais, criam campos conceptuais (Geeraerts, 2010), sendo que os processos de categorização semântica ocorrem criando maiores ou menores relações de proximidade entre os itens lexicais (Caramazza et al., 2009). Verifica-se que a precisão da resposta e o tempo de reação numa tarefa de decisão lexical melhoram sempre que a palavra alvo é precedida por uma palavra semanticamente relacionada em oposição a um item independente ou desviante (Kutas et al., 1998).

As teorias sobre o acesso lexical pretendem teorizar como é que o sinal da fala dá acesso a representações num léxico mental (itens armazenados em memória), sendo depois reconhecido como identidade da língua. A fala, que se inicia com a ativação de capacidades perceptivas por um dado estímulo (*input*) e que se espera que culmine no seu reconhecimento, como uma entidade linguística com sentido (*output*), hipoteticamente configurada numa representação mental armazenada em memória. O processo culmina com a identificação do estímulo, ou seja, a sua correspondência com a representação mentalmente ativada (Aitchison, 2002).

Os *Event Related Potentials* (ERPs) refletem o efeito dos estímulos nos sinais EEG, depois de identificados pelos métodos de análise (melhoria da relação sinal/ruído) e correspondem ao efeito conjunto dos potenciais pós-sinápticos de um grande conjunto de neurónios sincronicamente ativos. São um indicador de processamento que tem uma resolução temporal muito elevada, na ordem dos milissegundos. Concentramo-nos num particular efeito ERP, denominado N400.

O termo N400 é usado como um rótulo heurístico para a atividade cerebral relacionada a estímulo, cujo início ocorre por volta dos 200-600 ms da janela pós-estímulo, com uma morfologia e topografia características e, fundamentalmente, um padrão de sensibilidade em relação a variáveis experimentais (Kutas et al., 2010). Este ERP negativo surge entre os 250 e 550 ms, com um pico máximo nos 400 ms e é influenciado pelo processamento de informação semântica. Quanto mais fácil for a adequação entre o significado de uma palavra de conteúdo específico e a especificação semântica do contexto, menor será a amplitude N400 (Hagoort et al., 2004). Esta visão também pode explicar a constatação de que terminações anómalas, menos esperadas, produzem respostas N400 maiores do que as terminações mais esperadas (sugere-se que a integração é mais difícil quando as expectativas não são cumpridas do que quando são cumpridas) e explica que o *priming* semântico produza efeitos N400.

Brown & Hagoort (1993) sugerem que a amplitude N400 é um índice de processos de integração semântica da palavra atual no contexto do discurso construído tendo por base as palavras anteriores (Brown & Hagoort, 1993). Neste ponto de

vista, o aumento da amplitude do N400 reflete o aumento da dificuldade de integração da palavra fundamental no contexto da frase anterior. Como alternativa, a amplitude do N400 classifica processos associados com a ativação e recuperação lexical básica (Kutas & Federmeier, 2000). Neste ponto de vista, as amplitudes reduzidas refletem acesso facilitado à informação lexical quando o contexto da palavra ou frase pode pré-ativar os aspetos da representação da palavra fundamental, onde também será considerado o conhecimento do mundo.

O N400 é amplamente descrito como uma consequência do aumento da dificuldade de acesso da informação lexical armazenada em decorrência da anomalia semântica (Osterhout et al., 1995; Lau et al., 2009), sendo um dos indicadores eletrofisiológicos cerebrais (ERPs) mais utilizados para o estudo dos processos semânticos e cognitivos envolvidos no acesso e na integração semântica. A utilização de testes psicofisiológicos para evocar componentes cognitivos de ERPs foi implementada e estudada numa série de línguas, no estudo da memória (Marchand et al., 2006) e no âmbito da ciência forense (Lefebvre et al., 2007).

Os ERPs, do ponto de vista dos geradores intracranianos, correspondem à atividade de determinadas regiões neocorticais, onde o sinal provoca uma excitação dos neurónios piramidais no espaço extracelular, resultando numa negatividade na região apical das dendrites e num potencial positivo na área do soma. A diferença de voltagem com fluxos iónicos entre os dois polos aproxima-se a um dipolo. O ERP é construído pela somação de dipolos, que transportam uma orientação cortical semelhante e uma atividade sincronizada (Luck, 2005).

As Perturbações do Processamento Auditivo (Central) (PPAC) são entendidas como uma perda auditiva funcional em que o indivíduo fica incapacitado de cumprir uma ou mais capacidades do Processamento Auditivo (Central) (PAC), (Musiek, 2007; Katz et al., 2009), residindo a maior parte das queixas na dificuldade de compreensão do discurso principalmente em ambientes de escuta difícil com degradação do sinal e/ou ruído competitivo (Schochat, 1997; ASHA, 2005). Musiek & Baran (2001) consideraram que a utilização de uma bateria de testes na avaliação do PAC, constituída por testes audiológicos comportamentais e eletrofisiológicos, não só é prudente como é necessária. Tanto quanto sabemos não existem trabalhos acerca da utilização do N400 para avaliar o PAC, ainda que seja um marcador eletrofisiológico da integração semântica, exatamente onde residem grande parte das queixas dos indivíduos com Perturbações do Processamento Auditivo. Assim, o presente estudo tem como objetivo perceber os aspetos de violação de propriedades do campo semântico, criando condições de congruência/incongruência, por via auditiva, em indivíduos com e sem Perturbações do Processamento Auditivo.



METODOLOGIA

A amostra foi constituída por 18 jovens (17 do sexo feminino e 1 do sexo masculino), com idade média de 20,1 anos \pm (1,1), e com habilitação acadêmica mínima o 12º ano. As condições de inclusão dos sujeitos no estudo foram:

- Língua materna – Português Europeu;
- Sem alterações otológicas;
- Sem queixas de hipoacusia;
- Sem diagnóstico de Perturbações do Processamento Auditivo (Central);
- Sem queixas ou diagnóstico de patologia neurológica;
- Sem queixas ou diagnóstico de patologia do foro psiquiátrico.
- Livres do consumo de medicação neurológica, psiquiátrica, ou outra que possa interferir com a capacidade de reação.

A amostra foi composta, ainda, por um grupo de três sujeitos com diagnóstico confirmado de Perturbações do Processamento Auditivo (Central), dois do sexo feminino e um do sexo masculino com idade média de 20 anos (\pm 1), cuja habilitação acadêmica era o 12º ano. Dado tratar-se de um reduzido número de sujeitos com PPAC, não se realizou estatística inferencial, optando-se por uma análise exploratória do tipo estudo de caso.



HIPÓTESES

Atendendo a que a condição de incongruência numa série de quatro palavras, criada pela ocorrência de uma palavra desviante relativamente ao campo semântico principal, vai criar efeitos de maior dificuldade de integração da informação linguística:

H1: espera-se que nos testes eletrofisiológicos se desencadeie uma onda típica da incongruência semântica – N400 nos indivíduos com e sem PPA.

Depois de salvaguardadas as questões éticas, designadamente a autorização do estudo por parte de uma comissão de ética, assim como a obtenção do termo de consentimento informado livre e esclarecido de todos os participantes, os indivíduos foram submetidos a uma avaliação da audição periférica e central, que incluiu: otoscopia, timpanograma, pesquisa de reflexos estapédicos ipsi e contralaterais, audiometria tonal simples, cálculo do *Speech reception threshold* (SRT), determinação da percentagem de discriminação vocal a 40 dB, *Staggered Spondaic Word Test* (SSW), *Gap in Noise* (GIN) e teste de fala no ruído. Na tabela seguinte podemos analisar os resultados obtidos pelos indivíduos com PPAC nos testes comportamentais utilizados no estudo do Processamento Auditivo (Central). Os restantes indivíduos apresentaram resultados normais nos referidos testes.

RESULTADOS DOS TESTES DE PROCESSAMENTO AUDITIVO (CENTRAL) DOS INDIVÍDUOS COM PPAC

TESTE	SSW	GIN	Fala Filtrada
SUJEITO A	99,37%	OD - 5ms OE - 6ms	OD - 50% OE - 57,5%
SUJEITO B	95,62%	OD - 6ms OE - 7ms	OD - 42,5% OE - 52,5%
SUJEITO C	93,12%	OD - 6ms OE - 5ms	OD - 65% OE - 80%
REFERÊNCIA	97,5%	OD - 5,49 OE - 5,34	>77% >78%
AUTOR	(Katz, 1963) (Martins, 2008)	(Martins, 2013)	(Martins, 2013) (Bellis, 2000)

TAB. 1

Num segundo momento da recolha de dados foram realizados testes de ERPs, sendo os participantes instruídos quanto à natureza e procedimento da experiência. A experiência consistiu em ouvir séries de 4 palavras, em que 3 denotam entidades pertencentes a um campo lexical principal (objetos, frutos, animais) e um quarto item, desviante, pertencente a um outro campo semântico (profissões, peixes, flores), num total de 360 palavras. Foram considerados os seguintes aspetos relativamente à construção dos estímulos para as duas condições experimentais (congruência *versus* incongruência): frequência dos itens na língua, comprimento da palavra (carateres e número de sílabas) e propriedades léxico-semânticas (animado *versus* inanimado). A palavra alvo podia surgir na terceira ou quarta posição (Tabela 2). Posteriormente procedeu-se à gravação dos estímulos, utilizando estratégias para controlar a entoação.

EXEMPLOS DOS ESTÍMULOS LINGUÍSTICOS UTILIZADOS

CAMPO SEMÂNTICO FRUTOS	pera / maçã / truta / manga; romã / kiwi / melão / solha
CAMPO SEMÂNTICO ANIMAIS	grilo / corvo / chorão / mocho; aranha / cigarra / barata / papoila
CAMPO SEMÂNTICO OBJETOS	gaveta / espelho / bombeiro / relógio; portão / tacho / colchão / pintor

TAB. 2

De seguida procedeu-se ao registo do EEG, montagem referencial (mastóide esquerda) com elétrodos, limpeza do escalpe com álcool e creme abrasivo e posterior colocação dos elétrodos de cloreto de prata, colocados nas seguintes derivações: F3; P3; T3; T5; F4; P4; T4; T6 e Cz (Sistema Internacional 10/20). Foi ainda utilizado um elétrodo terra que foi colocado na frente. Dado o número de canais possíveis ser limitado a nove, optamos pelas derivações acima referidas, seguindo as *guidelines* propostas por Duncan e colaboradores (2009).

Ainda antes do início da experiência propriamente dita, foram apresentadas instruções no monitor informando novamente cada participante sobre o procedimento e a tarefa a executar, nomeadamente a atenção aos estímulos: ao longo da experiência foram realizadas tarefas de controlo de atenção relativamente aos estímulos ouvidos. Nesta fase de recolha foi utilizado um equipamento de eletroencefalograma (EEG) com as seguintes características:

- Ganho de amplificação do sinal de EEG de 20.000;
- Amplitude de 1 microvolt;
- Frequência de amostragem de 200 Hz;
- Filtro passa-banda entre 0,1 e 35 Hz.

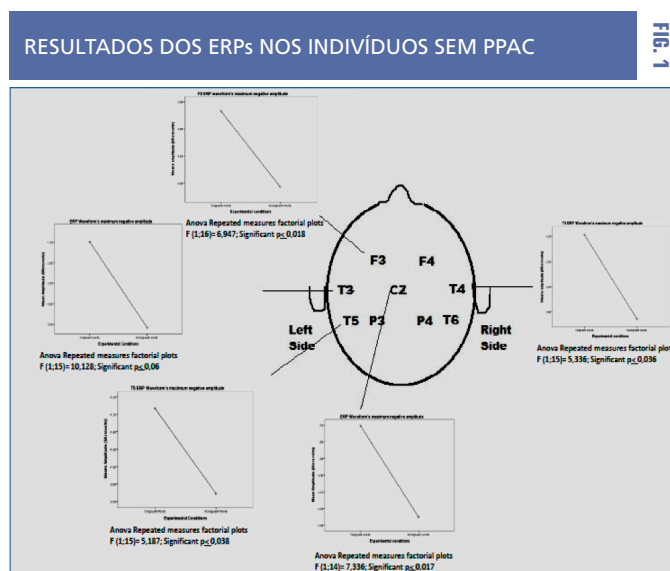
A apresentação dos estímulos foi por via auditiva, pelo que após a colocação dos elétrodos procedemos à colocação dos auscultadores convencionais de marca Sennheiser, modelo HD 201, sendo a estimulação realizada simultaneamente em ambos os ouvidos, a uma intensidade de 65 dB aproximadamente. Garantidas as boas condições de registo e a boa compreensão pelos participantes da natureza da tarefa, iniciou-se a fase experimental, utilizando-se dois computadores, um que serviu de suporte ao programa *Super Lab*, versão 4.0, e o outro para o registo da atividade de EEG. Dada a duração da experiência foram realizadas várias pausas durante as quais realizamos tarefas de controlo de atenção, para compreender se os participantes estavam atentos aos estímulos linguísticos ouvidos.

Após a experiência, os sinais EEG, foram visualmente inspeccionados, tendo sido rejeitados os que continham artefactos. Foram depois submetidos a *averaging* síncrono com a apresentação do estímulo e regressão à média dos 200 ms do período pré-estímulo (*baseline*). Esta análise foi realizada em separado para cada sujeito, derivação e categoria do estímulo.

RESULTADOS

Os resultados da amplitude da forma de onda dos registos eletrofisiológicos, no paradigma da violação de aspetos semânticos em séries de palavras, dos indivíduos sem PPAC revelaram

uma amplitude negativa maior nas derivações do hemisfério esquerdo. Obteve-se uma forma de onda de polaridade negativa, com latências na ordem dos 400 ms, significativamente mais negativa para as palavras incongruentes do que para as congruentes, ou seja, conseguimos desencadear o efeito N400 nos canais de registo F3, T3, T5, Cz e T4 como podemos constatar da análise da figura 1.



Nos indivíduos com PPAC, os resultados eletrofisiológicos revelaram que os itens incongruentes desencadeiam uma forma de onda positiva em F3, P3, T3, T5, F4 e P4 cuja latência varia dos 375 ms aos 555 ms, como se pode constatar nas tabelas 3 e 4, não sendo esta forma de registo compatível com o efeito N400. A amplitude da forma de onda positiva dos itens incongruentes é bastante ampla, atingido em F3 o valor de 16,99 microvolts. Em todos os indivíduos deste grupo se constatou um padrão de resposta muito semelhante, sendo a atividade elétrica mais expressiva no hemisfério esquerdo.

Do ponto de vista estritamente do processamento do sinal, as formas de ERPs foram obtidas pelo *averaging* anteriormente descrito. Com vista à apresentação visual das formas de onda dos ERPs computamos a média entre todos os sujeitos por condição experimental, que designamos por *grande média*.

Como pode ser observado, os ERPs grande média dos canais de registo frontal anterior esquerdo (F3), temporal anterior esquerdo (T3), temporal posterior esquerdo (T5), vértex (Cz) e temporal anterior direito (T4) ilustram a resposta eletrofisiológica obtida nos indivíduos sem PPAC, que é mais negativa nos estímulos incongruentes e sugestiva de um N400 (Figuras 2, 4, 6, 8 e 10). A grande média dos três sujeitos com PPAC (Figuras 3, 5, 7, 9 e 11) tem uma forma de onda distinta: obtêm-se ondas positivas tardias do tipo *Late Positive Potentials* (LPP), mais amplas para os estímulos incongruentes.

TAB. 3

VALORES DAS AMPLITUDES E LATÊNCIAS DAS DERIVAÇÕES DE EEG F3, P3, T3 E T5 DOS SUJEITOS COM PPAC. O SINAL + CORRESPONDE À FORMA DE ONDA POSITIVA E O SINAL - À FORMA DE ONDA NEGATIVA

F3	Congruente Amplitude +	9,22 ± 10,65
	Congruente Latência +	491,66 ± 96,99
	Incongruente Amplitude +	16,99 ± 9,47
	Incongruente Latência +	495 ± 79
	Congruente Amplitude -	-15,72 ± 24,78
	Congruente Latência -	386,66 ± 76,86
	Incongruente Amplitude -	-7,74 ± 20,26
	Incongruente Latência -	426,66 ± 70,94
P3	Congruente Amplitude +	3,64 ± 1,244
	Congruente Latência +	536,66 ± 148,352
	Incongruente Amplitude +	13,62 ± 8,469
	Incongruente Latência +	496,66 ± 74,218
	Congruente Amplitude -	-3,14 ± 2,064
	Congruente Latência -	470 ± 162,634
	Incongruente Amplitude -	-4,91 ± 18,109
	Incongruente Latência -	435 ± 91,923
T3	Congruente Amplitude +	0,19 ± 2,234
	Congruente Latência +	495 ± 113,137
	Incongruente Amplitude +	7,92 ± 2,283
	Incongruente Latência +	552,50 ± 31,819
	Congruente Amplitude -	-3,56 ± 2,800
	Congruente Latência -	500 ± 42,426
	Incongruente Amplitude -	1,21 ± 1,145
	Incongruente Latência -	495 ± 197,989
T5	Congruente Amplitude +	4,3 ± 5,485
	Congruente Latência +	488,33 ± 96,090
	Incongruente Amplitude +	6,53 ± 5,593
	Incongruente Latência +	493,33 ± 101,283
	Congruente Amplitude -	0,91 ± 1,118
	Congruente Latência -	418,33 ± 107,741
	Incongruente Amplitude -	-1,31 ± 1,235
	Incongruente Latência -	518,33 ± 105,396

TAB. 4

VALORES DAS AMPLITUDES E LATÊNCIAS DAS DERIVAÇÕES DE EEG F4, P4, T4 E T6 DOS SUJEITOS COM PPAC. O SINAL + CORRESPONDE À FORMA DE ONDA POSITIVA E O SINAL - À FORMA DE ONDA NEGATIVA

F4	Congruente Amplitude +	1,45 ± 0,949
	Congruente Latência +	460 ± 157,400
	Incongruente Amplitude +	4,92 ± 2,398
	Incongruente Latência +	555 ± 52,678
	Congruente Amplitude -	-0,80 ± 0,455
	Congruente Latência -	375 ± 99,624
	Incongruente Amplitude -	0,57 ± 2,146
	Incongruente Latência -	398,33 ± 93,585
P4	Congruente Amplitude +	3,52 ± 2,210
	Congruente Latência +	503,33 ± 94,383
	Incongruente Amplitude +	5,70 ± 5,57
	Incongruente Latência +	405 ± 163,935
	Congruente Amplitude -	-3,47 ± 3,059
	Congruente Latência -	400 ± 91,787
	Incongruente Amplitude -	-3,72 ± 3,616
	Incongruente Latência -	408,33 ± 40,414
T4	Congruente Amplitude +	5,97 ± 3,930
	Congruente Latência +	513,33 ± 14,433
	Incongruente Amplitude +	5,02 ± 3,778
	Incongruente Latência +	496,66 ± 62,516
	Congruente Amplitude -	-0,89 ± 0,512
	Congruente Latência -	433,33 ± 100,166
	Incongruente Amplitude -	-4,01 ± 1,298
	Incongruente Latência -	398,33 ± 115,902
T6	Congruente Amplitude +	-
	Congruente Latência +	-
	Incongruente Amplitude +	-
	Incongruente Latência +	-
	Congruente Amplitude -	-
	Congruente Latência -	-
	Incongruente Amplitude -	-
	Incongruente Latência -	-

FIG. 2

FORMA DE ONDA DOS ERPs. GRANDE MÉDIA PARA O CANAL F3 DOS INDIVÍDUOS SEM PPAC. CURVA AZUL REFERENTE AOS ITENS CONGRUENTES E CURVA VERMELHA PARA OS ITENS INCONGRUENTES

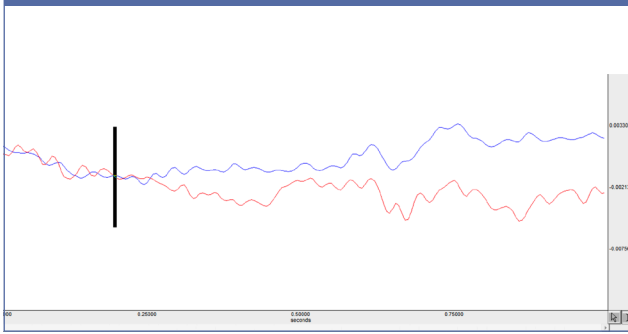


FIG. 6

FORMA DE ONDA DOS ERPs. GRANDE MÉDIA PARA O CANAL T5 DOS INDIVÍDUOS SEM PPAC. CURVA AZUL REFERENTE AOS ITENS CONGRUENTES E CURVA VERMELHA PARA OS ITENS INCONGRUENTES

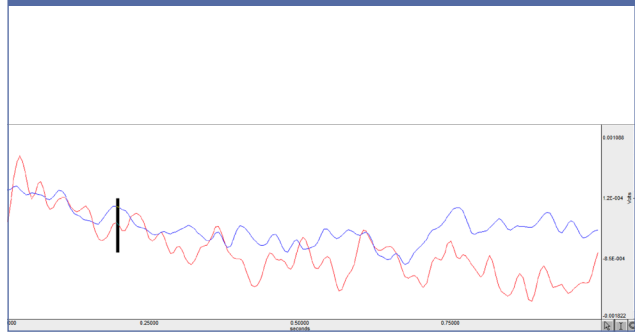


FIG. 3

FORMA DE ONDA DOS ERPs. GRANDE MÉDIA PARA O CANAL F3 DOS INDIVÍDUOS COM PPAC. CURVA AZUL REFERENTE AOS ITENS CONGRUENTES E CURVA VERMELHA PARA OS ITENS INCONGRUENTES

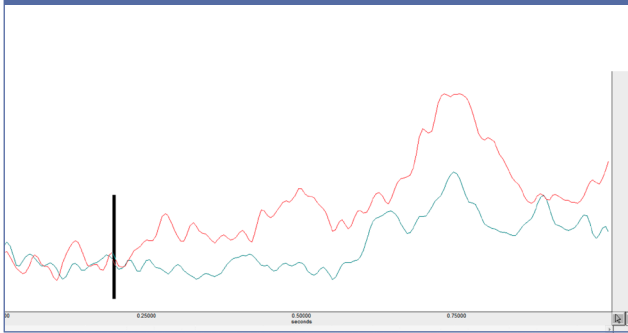


FIG. 7

FORMA DE ONDA DOS ERPs. GRANDE MÉDIA PARA O CANAL T5 DOS INDIVÍDUOS COM PPAC. CURVA AZUL REFERENTE AOS ITENS CONGRUENTES E CURVA VERMELHA PARA OS ITENS INCONGRUENTES

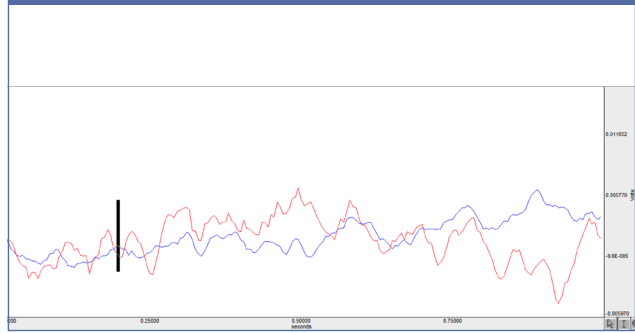


FIG. 4

FORMA DE ONDA DOS ERPs. GRANDE MÉDIA PARA O CANAL T3 DOS INDIVÍDUOS SEM PPAC. CURVA AZUL REFERENTE AOS ITENS CONGRUENTES E CURVA VERMELHA PARA OS ITENS INCONGRUENTES

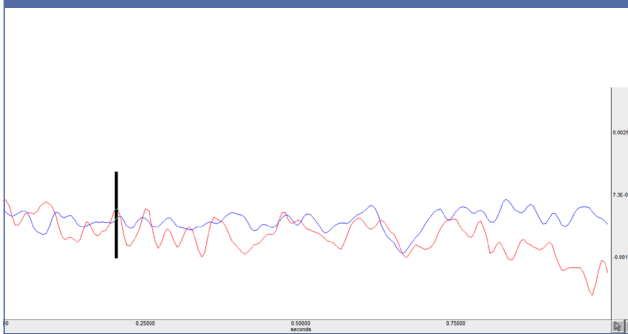


FIG. 8

FORMA DE ONDA DOS ERPs. GRANDE MÉDIA PARA O CANAL Cz DOS INDIVÍDUOS SEM PPAC. CURVA AZUL REFERENTE AOS ITENS CONGRUENTES E CURVA VERMELHA PARA OS ITENS INCONGRUENTES

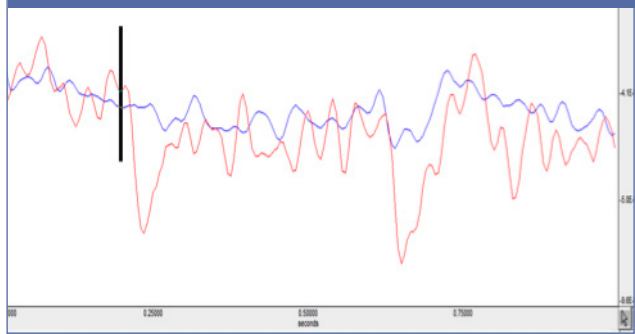


FIG. 5

FORMA DE ONDA DOS ERPs. GRANDE MÉDIA PARA O CANAL T3 DOS INDIVÍDUOS COM PPAC. CURVA AZUL REFERENTE AOS ITENS CONGRUENTES E CURVA VERMELHA PARA OS ITENS INCONGRUENTES

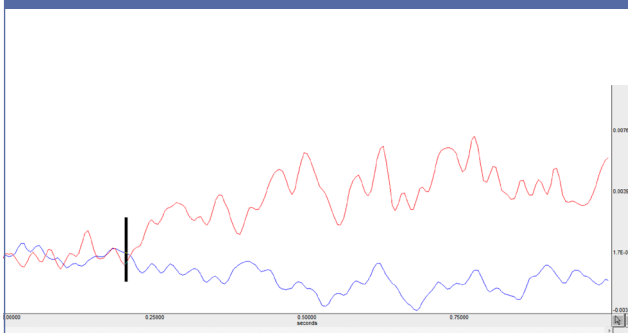


FIG. 9

FORMA DE ONDA DOS ERPs. GRANDE MÉDIA PARA O CANAL Cz DOS INDIVÍDUOS COM PPAC. CURVA AZUL REFERENTE AOS ITENS CONGRUENTES E CURVA VERMELHA PARA OS ITENS INCONGRUENTES

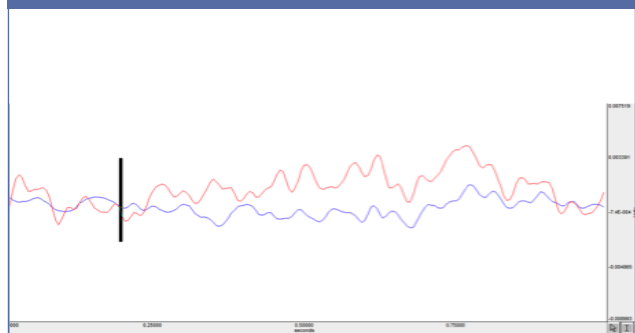


FIG. 10

FORMA DE ONDA DOS ERPs. GRANDE MÉDIA PARA O CANAL T4 DOS INDIVÍDUOS SEM PPAC. CURVA AZUL REFERENTE AOS ITENS CONGRUENTES E CURVA VERMELHA PARA OS ITENS INCONGRUENTES

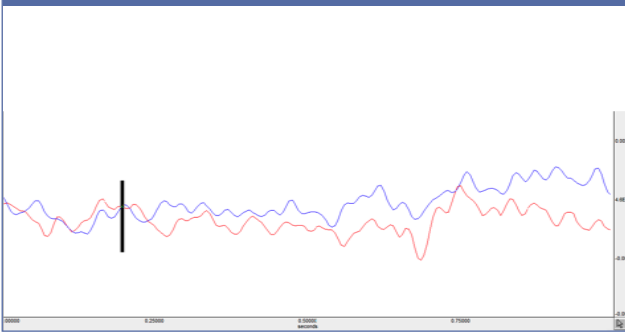
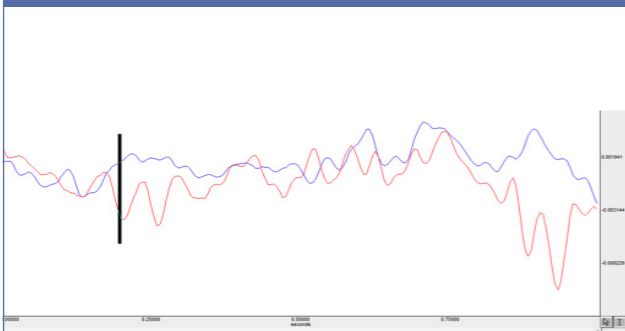


FIG. 11

FORMA DE ONDA DOS ERPs. GRANDE MÉDIA PARA O CANAL T4 DOS INDIVÍDUOS COM PPAC. CURVA AZUL REFERENTE AOS ITENS CONGRUENTES E CURVA VERMELHA PARA OS ITENS INCONGRUENTES



DISCUSSÃO

Nos indivíduos sem PPAC, as formas de onda dos ERPs correlacionadas com palavras incongruentes foram marcadas por uma maior negatividade com uma latência de aproximadamente 400 ms - o N400. É para nós interessante a resposta ao ERP para a condição de incongruência de indivíduos com PPAC, que é marcada por uma positividade mais elevada na latência de 500 ms (LPP). Estes resultados corroboram parte da hipótese inicialmente colocada, na medida em que se observou o efeito N400 nos indivíduos sem PPAC. Na mesma linha dos nossos resultados, Bentin e colaboradores (1985) concluíram que quando uma palavra alvo é precedida por uma palavra semanticamente associada (sal - pimenta), a amplitude do N400 é menor do que quando uma palavra alvo é precedida por uma palavra não relacionada (carro - pimenta).

O significado das palavras assim como o conhecimento do mundo são recrutados e integrados muito rapidamente, numa janela de análise de cerca de 400 ms, durante a compreensão dos estímulos linguísticos. Os nossos resultados sustentam a tese de que as terminações imprevisíveis mostram um N400 maior do que as terminações mais previsíveis, o que vai ao encontro dos trabalhos de Kutas e colaboradores (1984). O facto da palavra desviante/incongruente gerar uma forma de onda negativa (N400), com maior amplitude comparativamente às palavras que pertencem ao mesmo campo semântico (con-

gruentes), sugere que a amplitude deste ERP é inversamente proporcional à probabilidade de adequação (*cloze*) da palavra no contexto (Brown e Hagoort, 2004; Kutas & Federmeier, 2010).

Existem vários estudos sobre a aplicação do N400 em indivíduos com perturbações específicas da linguagem, em perturbações do espectro do autismo e em outro tipo de perturbações. Porém, relativamente às PPAC, apenas se encontram recomendações para o incluir na avaliação do Processamento Auditivo (Central) (Katz et al., 2002).

No estudo do PAC é comumente utilizado um outro tipo de ERP - o P300 em detrimento do N400. Chiappa (1997) refere que a latência do P300 está diretamente relacionada com a velocidade de processamento da informação do indivíduo, ou seja, se o indivíduo apresentar um processamento de informação rápido, com um rápido reconhecimento do estímulo, menor será a latência. Pelo contrário, quanto mais complexa e exigente é a tarefa proposta ao indivíduo, maior será a latência. Nos indivíduos com PPAC, o P300 costuma estar ausente e quando está presente apresenta baixa amplitude e um tempo de latência mais aumentado (Chermak et al., 1999). Talvez estes resultados levem à exclusão do N400 na avaliação do Processamento Auditivo, no entanto estes dois tipos de ERPs refletem processos distintos e são desencadeados em diferentes paradigmas, diferentes estruturas anatómicas envolvidas e diferentes níveis de processamento linguístico.

No nosso estudo usamos o paradigma experimental do N400 para estudar o processamento semântico em indivíduos com PPAC. Efetivamente, nos sujeitos sem PPAC o nosso paradigma desencadeava um ERP compatível com o N400. Nos sujeitos com PPAC, apesar dos indicadores comportamentais indicarem que estes conseguem realizar tarefas de categorização semântica, não observamos o N400, mas uma forma de onda compatível com um LPP - o que sugere que o processo pelo qual ocorre a integração semântica é distinto do dos sujeitos sem PPAC.

É de notar um estudo de Pijnacker e colaboradores (2010) sobre o processamento semântico em adultos com perturbações do espectro do autismo. Os autores recorreram a frases congruentes e incongruentes, sendo que os resultados apontam para ausência do efeito N400 e da negatividade sustentada. No entanto, e contrariamente às expectativas os resultados mostraram um componente positivo tardio, que foi maior para as frases semanticamente incongruentes do que para as frases congruentes. Porque o contexto da frase teve um efeito modulador numa fase posterior, a integração semântica é talvez menos automática em indivíduos com perturbações do espectro do autismo, e presumivelmente são necessários processos mais elaborados para se chegar a uma interpretação da frase. Como comentamos acima, no nosso estudo este foi o perfil de resposta para o grupo de indivíduos com PPAC, usando as séries de palavras congruentes *versus* incongruentes como estímulo linguístico. Nos indivíduos com PPAC, ao invés de um esperado N400 para os itens incongruentes, obtivemos ondas positivas tardias com amplitude mais elevada para os itens incongruentes.

CONCLUSÃO

Neste estudo foi comprovada, em parte, a nossa hipótese de investigação na medida em que conseguimos despoletar o efeito N400 em indivíduos sem PPAC nos canais F3, T3, T5, Cz e T4. Todavia, nos indivíduos com PPAC as palavras incongruentes desencadearam um ERP com uma forma de onda positiva mais ampla. Ou seja, não conseguimos registrar um N400 nos indivíduos com PPAC.

Se seguirmos a hipótese de que o N400 indexa a difusão da excitação pelas redes semânticas do cérebro (Halgren & Marinkovic, 1995), podemos pensar que estas redes são excitadas nos indivíduos sem PPAC, o que não se observa nos indivíduos com PPAC. Será que a integração da informação semântica, nos indivíduos com PPAC, implica processos distintos? E de que modo diferem estes processos de integração semântica nos indivíduos com PPAC? Quais as estruturas cerebrais implicadas no processamento semântico dos indivíduos com PPAC?

Integrando estes dados eletrofisiológicos com os resultados comportamentais, relatados em Silva e colaboradores (2014), mostramos que embora ambos os grupos realizassem a tarefa semântica com precisão, os processos pelos quais alcançam o acesso são diferentes e apontam para a importância de incluir, na avaliação do Processamento Auditivo, o N400 como um marcador eletrofisiológico do processamento semântico.

São necessários mais estudos de processamento semântico em indivíduos com PPAC, no sentido de perceber se este perfil de resposta se mantém. É preciso determinar os mecanismos e/ou correlatos neurais envolvidos no processamento semântico dos indivíduos com PPAC, que certamente são diferentes dos indivíduos sem PPAC, e que podem estar na origem das queixas sentidas no que se refere à compreensão e discriminação da palavra em ambientes de escuta difícil ou com degradação do sinal (*input*).

A aplicação de programas de treino auditivo permite o aumento da neuroplasticidade e a reorganização sináptica da via auditiva. Tendo por base que o P300 antes do treino auditivo está ausente ou bastante alterado (reduzida amplitude e com latência aumentada), e que após o treino auditivo os resultados evidenciam um P300 com maior amplitude e latência mais reduzida (Salil et al., 2005), seria interessante em estudos futuros a repetição do N400 após o treino auditivo, para verificar se conseguimos desencadear o efeito N400, nos indivíduos com PPAC, à semelhança do que acontece com o P300.

BIBLIOGRAFIA

1. ASHA, American Speech Language Hearing Association (2005). (Central) Auditory Processing Disorders. www.URL:http://www.asha.org/members/deskref-journals/deskref/default. [Online] 2005.
2. BARAN, J. A. & MUSIEK, F. E. (2001). Avaliação comportamental do sistema nervoso auditivo central. In F E Musiek & W. F. Rintelmann (Eds.), *Perspectivas Atuais em Avaliação Auditiva* (pp. 371-410). São Paulo: Manole.
3. BELLIS, T. J. e B. R. BECK (2000). Central auditory processing in clinical practice. Audiological on-line, inc.
4. BENTIN, S., MCCARTHY, G. & WOOD, C. (1985). Event-related potentials, lexical decision and semantic priming. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 60(4):343-355.
5. BROWN, C. AND HAGOORT, P. (1993). The processing nature of the N400: evidence from masked priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 5, 1993, pp. 34-44.
6. CARAMAZZA, A.; MAHON, B. (2009). Concepts and categories: A cognitive Neuropsychological Perspective. *Annual Review of Psychology*. 60:27-51.
7. CHERMAK, G.; HALL, J.; MUSIEK, F. (1999). Differential Diagnosis and Management of Central Auditory Processing Disorder and Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *J Am Acad Audiol*. 10:289-303.
8. CHIAPPA, K. (1997). *Evoked Potentials in Clinical Medicine*. 3ª Edição. Lippincott-Raven Publishers. ISBN: 0-397-51659-2.
9. DUNCAN, C. et al. (2009). Event-related potentials in clinical research: Guidelines for eliciting, recording, and quantifying mismatch negativity, P300, and N400. *Clinical Neurophysiology*. 2009, 120, pp. 1883-1908.
10. FRANÇA, A.; LEMLE, M.; CAGY, M.; CONSTANT, P.; INFANTOS, A. (2004). Discriminating among different types of verb-complement merge in Brazilian Portuguese: an ERP study of morpho-syntactic sub-processes. *Journal of Neurolinguistics*, Vol. 23, Nº 2, pp 97-119.
11. FRIEDERICI (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *TRENDS in Cognitive Sciences*. February de 2002, Vol. 6 Nº 2, pp. 78-84.
12. GEERAERTS (2010). *Theories of Lexical Semantics*. Oxford University Press.
13. HALL, J. (2007). *New Handbook of Auditory Evoked Responses*. Editora Person Education. Boston. New York. ISBN: 978-0-205-36104-5.
14. KATZ, J., R. A. BASIL, et al. (1963). A Staggered Spondaic Word Test for Detecting Central Auditory Lesions. *Annals of Otolaryngology, Rhinology and Laryngology*. 72:908-918.
15. KATZ, J. et al. (2009). *Handbook of Clinical Audiology*. 6ª Edição. s.l.: Lippincott Williams & Wilkins, 2009.
16. KUTAS, M E A., & HILLYARD S. (1980). Reading senseless: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*. 207, 1980, pp. 203-205.
17. KUTAS, M. e & FEDERMEIER, K. D. (2000). Electrophys-

- iology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*. 4, pp. 463-70.
18. KUTAS, M. & FEDERMEIER, K. D. (2010). Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). *Annual Review of Psychology*. Vol. Vol. 62, pp. 14.1-14.27.
 19. LAU, E. et al. (2009). A lexical basis for N400 context effects: Evidence from MEG. *Brain & Language*. Vol. Vol.111, pp. 161-172.
 20. LEFEBVRE C, MARCHAND Y, SMITH SM, CONNOLLY JF (2007). Determining eyewitness identification accuracy using event-related brain potentials (ERPs). *Psychophysiology*. 44:894-904.
 21. LUCK, S. J. (2005). *An introduction to the event-related potential technique*. Cambridge, MA. MIT Press.
 22. MARCHAND Y, LEFEBVRE C, CONNOLLY JF (2006). Correlating digit span performance and event-related potentials to assess working memory. *Int J Psychophysiol*. 62:280-9.
 23. MARTINS, J.; TEIXEIRA, A.; VIEIRA, J. (2008). Testes de Avaliação do Processamento Auditivo Central” *Revista Clínica e Investigação em Otorrinolaringologia*, Volume 2, número 1, Janeiro-Março.
 24. MARTINS, J.; ALVES, M.; PEREIRA, C.; TEIXEIRA, A. (2013). Bateria de Testes de Processamento Auditivo Central – Dados Normativos para a população adulta – Dados preliminares. Poster apresentado no 60º Congresso Nacional da SPORL, 15 a 18 de Maio de 2013 – Porto.
 25. MUSIEK, F. & CHERMAK, G. (2007). *Handbook of (Central) Auditory Processing Disorder*. San Diego: Plural Publishing Inc. San Diego. pp. 13-51. ISBN 1-59756-056-1.
 26. OSTERHOUT, L., & HOLCOMB, P. J. (1995). Event-related potentials and language comprehension. [book auth.] M.D. Rugg & M.G.H. Coles. *Electrophysiology of mind: event-related brain potentials and cognition*. New York: Oxford University Press. pp. 171-215.
 27. PIJNACKER, J.; GEURTS, B.; VAN LAMBALGEN, M.; BUITELAAR, J.; HAGOORT, P. (2010). Exceptions and anomalies: An ERP study on context sensitivity in autism. *Neuropsychologia*. 48:2940-2951.
 28. PUTTER-KATZ, H., SAID, L. FELDMAN, I.; MIRAN, D.; KUSHNIR, D.; MUCHNIK, C.; HILDESHEIMER, M. (2002). Treatment and Evaluation Indices of Auditory Processing Disorders. *Seminars in hearing*/Volume 23, Number 4.
 29. SALIL, H. P.; PIERRE, N. A. (2005). Characterization of N200 and P300: Selected Studies of the Event-Related Potential. *International Journal of Medical Sciences* 2(4):147-154. ISSN 1449-1907.
 30. SCHOCHAT, E. (1997). Sons Ambientais Competitivos (CES). In PEREIRA, Liliane; SCHOCHAT, Eliane. *Processamento Auditivo Central - Manual de Avaliação*. São Paulo: Lovise. ISBN: 85-85274-44-1.
 31. SILVA, C.M.; COSTA, A.; FONSECA, I (2014). Electrophysiological and behavioral correlates of semantic processing in subjects with and without auditory processing disorders. Poster apresentado no HEaring Across the Lifespan (HEAL). Cernobbio. 5-7 June 2014.