

P300 in workers exposed to occupational noise

P300 em trabalhadores expostos a ruído ocupacional

Camila Gonçalves Polo Massa¹, Camila Maia Rabelo², Renata Rodrigues Moreira³, Carla Gentile Matas⁴,
Eliane Schochat⁴, Alessandra Giannella Samelli⁵

Keywords:

electrophysiology,
event-related
potentials, p300,
speech perception.

Abstract

The harm upon the central auditory pathways of workers exposed to occupational noise has been scarcely studied. **Objective:** To assess the central auditory pathways by testing the long latency auditory evoked potentials (P300) of individuals exposed to occupational noise and controls. **Method:** This prospective study enrolled 25 individuals with normal hearing thresholds. The subjects were divided into two groups: individuals exposed to occupational noise (13 subjects; case group) and individuals not exposed to occupational noise (12 subjects; control group). The P300 test was used with verbal and non-verbal stimuli. **Results:** No statistically significant differences were found between ears for any of the stimuli or between groups. The groups had no statistically significant difference for verbal or non-verbal stimuli. Case group subjects had longer latencies than controls. In qualitative analysis, a greater number of altered P300 test results for verbal and non-verbal stimuli was seen in the case group, despite the absence of statistically significant differences between case and control subjects. **Conclusion:** Individuals exposed to high sound pressure levels had longer P300 latencies in verbal and non-verbal stimuli when compared to controls.

Palavras-chave:

eletrofisiologia,
percepção da fala,
potencial evocado
p300.

Resumo

O prejuízo do ruído para as vias auditivas centrais em trabalhadores expostos a ruído ocupacional tem sido pouco estudado. **Objetivo:** Avaliar as vias auditivas centrais por meio do potencial evocado auditivo de longa latência (P300), em indivíduos normo-ouvintes expostos a ruído. **Método:** Estudo prospectivo em que foram avaliados 25 indivíduos com limiares auditivos dentro da normalidade. Tais indivíduos foram divididos em dois grupos: expostos a ruído ocupacional (13 sujeitos, grupo pesquisa-GP) e não expostos a ruído ocupacional (12 sujeitos, grupo controle-GC). Foi realizado o P300, utilizando estímulos verbais e não verbais. **Resultados:** Não houve diferença estatisticamente significante entre as orelhas para nenhum dos estímulos, em nenhum dos grupos. Tanto para o estímulo verbal como para o não verbal houve diferença estatisticamente significante entre os grupos, sendo que o GP apresentou latências maiores que o GC. Na análise qualitativa, observou-se maior número de resultados alterados para o P300 com estímulo não verbal e verbal para o GP, apesar de não haver diferença estatisticamente significante entre eles. **Conclusão:** Os indivíduos expostos a níveis de pressão sonora elevados apresentaram, tanto para estímulo verbal quanto para estímulo não verbal, médias de latências do P300 maiores quando comparadas com as do grupo controle.

¹ Especialista em Audiologia (Fonoaudióloga clínica).

² Doutora em Ciências da Comunicação pela FMUSP (Fonoaudióloga do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP).

³ Doutora em Emergências Clínicas (Fonoaudióloga do Hospital Universitário da USP).

⁴ Livre Docente pelo Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia, e Terapia Ocupacional da FMUSP (Professora Associada do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia, e Terapia Ocupacional da FMUSP).

⁵ Doutora em Ciências pela FMUSP (Professora Doutora do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia, e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo).

Endereço para correspondência: Camila Maia Rabelo. Rua Cipotânea, nº 51. Cidade universitária - São Paulo - SP. CEP: 05360-160.

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da BJORL em 5 de julho de 2012. cod. 9329.

Artigo aceito em 6 de outubro de 2012.

INTRODUÇÃO

De acordo com o *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH)¹, nos Estados Unidos aproximadamente 30 milhões de trabalhadores são expostos a níveis elevados de pressão sonora potencialmente lesivos à saúde. A perda auditiva induzida por níveis elevados de pressão sonora (PAINPSE) é a segunda causa de doença ocupacional que mais acomete os trabalhadores americanos²⁻⁴ e a exposição ao ruído é a segunda causa mais importante de perda auditiva neurossensorial, depois da presbiacusia⁵.

Além da perda auditiva, a exposição prolongada ao ruído pode causar alterações cardiovasculares, psicológicas e respiratórias, distúrbios do sono, disfunções no sistema imunológico, irritabilidade e fadiga^{2,6,7}. O ruído pode, ainda, diminuir o desempenho do trabalhador nas suas funções, aumentando a possibilidade de ocorrerem acidentes de trabalho^{8,9}.

Assim como causa prejuízos ao sistema auditivo periférico e à saúde geral, estudos têm demonstrado que a exposição prolongada ao ruído pode alterar também o processamento cortical, afetando a velocidade, a força e a topografia das respostas auditivas centrais, bem como a produção do discurso, a tarefa de desempenho cognitivo e a memória de curto prazo. Além disso, pode também afetar a discriminação de sons verbais e não verbais, diferentemente. Esses resultados foram observados por meio dos potenciais evocados auditivos de longa latência e de respostas comportamentais, sugerindo que indivíduos expostos a ruído apresentam uma alteração na lateralização hemisférica do processamento de fala, em condições de silêncio, mesmo sem apresentarem quaisquer prejuízos auditivos periféricos^{6,7}.

Estes achados indicam que a avaliação dos limiares auditivos pela audiometria, que é o método usual preconizado por lei, é insuficiente para determinar a integridade funcional do sistema auditivo central em indivíduos expostos a ruído⁶.

O prejuízo do ruído nas vias auditivas centrais, verificado por meio de potenciais evocados auditivos de longa latência, foi pouco estudado tanto em âmbito nacional como internacional. Dada a importância do assunto em questão e visando à possibilidade de futuramente podermos prevenir os prejuízos do ruído, principalmente no que se refere ao sistema auditivo como um todo, o objetivo desse estudo foi avaliar as vias auditivas centrais por meio do potencial evocado

auditivo de longa latência (P300) com estímulos não verbal e verbal, em indivíduos normo-ouvintes expostos a níveis elevados de pressão sonora.

MÉTODO

O estudo foi realizado dentro dos padrões exigidos pela Declaração de Helsinque e foi aprovado pela Comissão de Ética da instituição (sob nº 925/09 e 0479/09). Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

A casuística do estudo foi composta por 25 indivíduos, funcionários e alunos, do gênero masculino, sem queixas auditivas e de saúde geral, e com limiares auditivos dentro da normalidade, ou seja, até 25 dB, conforme estabelecido pela Portaria 19¹⁰. Tais sujeitos foram divididos em dois grupos: expostos a ruído ocupacional (13 sujeitos - Grupo Pesquisa - GP) e não expostos a ruído ocupacional (12 sujeitos - Grupo Controle - GC). A média de idade do grupo controle foi de aproximadamente 35 anos (desvio padrão - DP = 13,76) e a do grupo pesquisa foi de aproximadamente 40 anos (DP = 6,57). Não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias de idades dos dois grupos ($p = 0,126$).

A exposição ao ruído ocupacional deveria ser superior a cinco anos, sendo o nível de pressão sonora superior a 85 dBA por 8 horas diárias. A medição do nível de ruído foi realizada pela Divisão de Higiene, Segurança e Medicina do Trabalho (DHSMT).

Todos os indivíduos realizaram avaliação audiológica básica completa e em seguida realizaram os potenciais evocados auditivos, de curta e de longa latência (com estímulo verbal e não verbal).

Para a realização dos potenciais evocados auditivos de curta e longa latência, foi realizada a limpeza da pele com pasta abrasiva e colocação dos eletrodos com pasta eletrolítica e fita adesiva. Foram considerados os valores da impedância dos eletrodos menor ou igual a 5 kohms.

Inicialmente, o Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) foi realizado como critério de inclusão. Todos os indivíduos deveriam ter PEATE dentro da normalidade garantindo, assim, a integridade do tronco encefálico, evitando distorções nos resultados das avaliações seguintes, uma vez que disfunções no sistema auditivo periférico ou no tronco encefálico podem alterar os resultados obtidos no P300. Os indivíduos somente foram submetidos à gravação do P300

quando confirmada a normalidade na morfologia das ondas e dos valores das latências absolutas das ondas I, III e V e dos interpicos I-III, III-V, I-V, a 80 dBnNA, para cliques com velocidade de 19,0 estímulos por segundo.

Para a realização do P300, os eletrodos foram posicionados no vértex (Cz - referência), na frente (Fpz - terra) e nas mastoides esquerda (A1) e direita (A2). Foi solicitado ao participante permanecer de olhos fechados (para evitar interferência de movimentos oculares) e contar, em voz alta, os estímulos raros (20% do total de estímulos) que apareciam aleatoriamente entre os estímulos frequentes (80% do total de estímulos) - paradigma *oddball*, sendo avaliada uma orelha por vez.

O equipamento utilizado para esta avaliação foi o Auditory Evoked Potential (AEP) System, da marca Bio-logic, acoplado ao computador da marca Microboard. Para a coleta do P300 foi utilizado o fone de inserção da marca Bio-logic.

Foram utilizados estímulos não verbais (*tone burst* com *plateau* de 30 ms e *rise/fall* de 10 ms) nas frequências de 1000 Hz (estímulo frequente) e 2000 Hz (estímulo raro); e verbais (sílabas /ba/ - estímulo frequente e /da/ - estímulo raro) a uma intensidade de 75 dB nNA, com velocidade de apresentação de 1,1 estímulos por segundo; tempo de análise de 800 ms; filtro passa-alto de 1 Hz e passa-baixo de 15 Hz; ganho de 50000; sensibilidade de 100 microvolts. Para cada tipo de estímulo (verbal/não verbal), foram utilizados 300 estímulos. Foi gravado apenas um registro de cada lado (ipsilateral) para cada modalidade de estímulo, não havendo registro de reprodução destas ondas, uma vez que a replicação da coleta poderia causar cansaço e comprometer o resultado da avaliação, já que esta depende da atenção.

O P300 foi identificado como uma onda com polaridade positiva com latência aproximada de 300 ms pós-estímulo, obtida após a subtração do traçado correspondente aos estímulos raros do traçado correspondente aos estímulos frequentes. Foi analisada a latência do P300, uma vez que esta medida é mais confiável do que a amplitude¹¹.

Para a análise estatística dos dados foi utilizada a técnica ANOVA - *Analysis of Variance*. Esta é uma técnica paramétrica bastante usual, que faz uma comparação das médias utilizando a variância. Para a análise qualitativa, foi utilizado o teste Exato de *Fisher*. O nível de significância assumido para o presente estudo foi de 0,05 (ou 5%). Esta técnica estatística foi escolhida por ser adequada a amostras pequenas, como é o caso do presente estudo.

RESULTADOS

Análise quantitativa - P300

Estímulo não verbal

Os resultados do P300 com estímulo não verbal mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre as orelhas direita e esquerda para ambos os grupos (Tabela 1).

Tabela 1. Média, desvio-padrão e *p*-valor dos valores de latência (em ms) para a onda P300 (estímulo não verbal) nos grupos controle (GC) e pesquisa (GP), por orelha.

P300 Não verbal	GC		GP	
	OD	OE	OD	OE
Média	313,86	328,09	340,65	340,65
DP	33,33	22,20	25,12	28,17
<i>p</i> -valor	0,232		1,000	

OD: Orelha Direita; OE: Orelha Esquerda; DP: Desvio Padrão.

Desta forma, para comparação entre os grupos, optamos por agrupar as orelhas direita e esquerda de cada grupo (Tabela 2). Os resultados mostraram diferença estatisticamente significativa entre os grupos, sendo que o GP apresentou latências da onda P300 aumentadas, quando comparado ao GC.

Tabela 2. Média, desvio-padrão e *p*-valor dos valores de latência (em ms) para a onda P300 não verbal nos dois grupos - GC (grupo controle) e GP (grupo pesquisa).

P300 não verbal	GC	GP
Média	320,97	340,65
DP	28,63	26,15
<i>p</i> -valor	0,014*	

* diferença estatisticamente significativa (ANOVA).

Estímulo verbal

Nos resultados do P300 com estímulo verbal, não houve diferença estatisticamente significativa entre as orelhas (Tabela 3).

Como não houve diferença entre as orelhas, elas foram agrupadas para comparação entre os grupos (Tabela 4). Na comparação entre grupos, houve diferença estatisticamente significativa, com o GP apresentando latências de P300 com estímulo verbal maiores quando comparado com GC.

Análise qualitativa - P300

Não houve diferença estatisticamente significativa entre a distribuição de resultados normais e alterados

DISCUSSÃO

Tabela 3. Média, desvio-padrão e *p*-valor da latência (em ms) do P300 (estímulo verbal) nos grupos controle (GC) e pesquisa (GP), por orelha.

P300 - verbal	GC		GP	
	OD	OE	OD	OE
Média	356,02	341,88	362,27	369,08
DP	24,06	33,99	32,62	41,08
<i>p</i> -valor	0,252		0,643	

OD: Orelha Direita; OE: Orelha Esquerda; DP: Desvio Padrão.

Tabela 4. Média, desvio-padrão e *p*-valor da latência (em ms) do P300 (estímulo verbal), nos dois grupos - GC (grupo controle) e GP (grupo pesquisa).

P300 - verbal	GC	GP
Média	346,45	365,67
DP	29,97	36,51
<i>p</i> -valor	0,048*	

* diferença estatisticamente significativa. DP: Desvio Padrão.

na comparação entre os grupos, tanto para P300 com estímulo não verbal (Tabela 5) como para P300 com estímulo verbal (Tabela 6). No entanto, para ambos os estímulos, o grupo pesquisa apresentou maior quantidade de resultados alterados, sendo este fato mais expressivo, considerando-se o P300 com estímulo verbal (média \pm 1 DP).

Tabela 5. Distribuição dos resultados normais e alterados referentes ao P300 com estímulo não verbal para os grupos GP (grupo pesquisa) e GC (grupo controle) - (considerando-se os valores de referência propostos por McPherson¹²).

	Alterado	Normal	Total
GP	2	11	13
GC	0	12	12
Total	2	23	25

p-valor = 0,52.

Tabela 6. Distribuição dos resultados normais e alterados referentes ao P300 com estímulo verbal para os grupos GP (grupo pesquisa) e GC (grupo controle) - (considerando-se os valores propostos por Massa¹³).

	Alterado	Normal	Total
GP	7	6	13
GC	3	9	12
Total	10	15	25

p-valor = 0,172.

No caso dos trabalhadores expostos a ruído, já é conhecido o prejuízo na via auditiva periférica, que pode ser registrado pela audiometria tonal. No entanto, o prejuízo do ruído para o processamento auditivo central foi pouco estudado nessa população. Alguns estudos demonstraram que a exposição prolongada a ruído pode alterar também o processamento cortical, bem como a produção do discurso, a tarefa de desempenho cognitivo e a memória de curto prazo.

Alterações na lateralização hemisférica do processamento de fala em condições de silêncio foram encontradas em indivíduos expostos a ruído com audição periférica normal^{6,7}. Desta forma, o estudo em questão buscou avaliar a porção central da via auditiva, utilizando o P300 em indivíduos normo-ouvintes expostos a ruído ocupacional.

Não houve diferença entre as orelhas direita e esquerda dentro de cada grupo, tanto para estímulo não verbal quanto para estímulo verbal. Esses achados estão de acordo com relatos na literatura que não encontraram diferenças estatisticamente significantes entre as orelhas para a latência do P300 com estímulo clique, em adultos com audição normal¹⁴. Em relação ao P300 com estímulo verbal, não foram encontrados achados na literatura comparando as duas orelhas. Poucos estudos envolvem estímulo verbal e os estudos encontrados não mencionam diferenciação nem entre orelhas nem entre hemisférios cerebrais¹³.

Entretanto, na comparação entre os grupos, tanto para estímulo não verbal quanto para estímulo verbal, foi observada diferença estatisticamente significativa, com latências aumentadas para o GP.

Considerando a distribuição dos resultados normais e alterados do P300 com estímulo não verbal, tomando-se como referência a classificação proposta por McPherson¹², não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Contudo, utilizando-se essa classificação, foram encontrados dois sujeitos com resultados alterados no GP e nenhum no GC.

Em seguida, tomando-se como referência os valores médios encontrados para a latência do P300 com estímulo verbal, sugeridos por Massa¹³, observamos que também não houve diferença estatisticamente significativa para distribuição dos resultados normais e alterados entre os grupos. No entanto, o grupo pesquisa

apresentou uma maior quantidade de resultados alterados (sete indivíduos) quando comparado ao grupo controle (três indivíduos).

Estudos vêm mostrando que indivíduos com lesão cerebral podem apresentar atraso e/ou alteração na onda P300, apesar de conseguirem realizar corretamente a tarefa de contar os estímulos raros, sugerindo que existe uma interferência da plasticidade neural nestes casos¹⁵. Baseando-se nesta hipótese, podemos inferir que os indivíduos expostos a ruído possuem maior probabilidade de apresentarem disfunções no processamento auditivo, em virtude das maiores latências do P300, bem como do maior número de alterações, visualizadas no presente estudo.

Considerando-se os resultados do P300 com estímulo não verbal e com estímulo verbal foram observadas médias de latências maiores para o GP, quando comparadas ao GC. Este fato pode indicar que o GP apresenta um processamento do estímulo acústico lentificado quando comparado ao GC; desta forma, poderíamos inferir que a exposição ao ruído ocupacional está modificando a forma de processamento do estímulo acústico, principalmente, para a fala, o que poderia causar alterações do processamento auditivo central em sujeitos com exposição prolongada a ruído ocupacional^{6,7}.

Embora as análises quantitativa e qualitativa tenham apresentado resultados diferentes e não tenha havido diferença significativa na análise qualitativa, a análise quantitativa mostrou diferença importante entre os dois grupos avaliados. Sugere-se que estudos sejam feitos com amostras maiores para que diferenças na análise qualitativa possam ser investigadas.

É importante enfatizar que o P300 com estímulos verbais e não verbais verificou a existência de uma diferença no processamento central da informação auditiva entre indivíduos expostos e não expostos ao ruído.

Estudos recentes demonstraram que a introdução de ruído durante a gravação dos potenciais evocados pode afetar negativamente a amplitude e/ou latência das ondas dos potenciais de curta, média e/ou longa latência¹⁶⁻¹⁸. Este efeito do ruído sobre os potenciais evocados auditivos poderia ser mediado pelo sistema auditivo eferente¹⁹. Com base nesta afirmação e considerando os resultados do presente estudo, poder-se-ia supor que o aumento das latências verificado no GP seria consequência de plasticidade do sistema nervoso auditivo decorrente da exposição prolongada a ruído ocupacional, que causaria uma modificação no proces-

samento da informação auditiva, a qual seria visualizada pelo aumento da latência do P300, tanto para estímulo clique quanto de fala. Sendo assim, seria interessante que estudos futuros utilizassem ruído durante a coleta dos Potenciais Evocados Auditivos (PEA) na avaliação desta população, verificando o comportamento do processamento do estímulo acústico em grupos expostos a ruído.

CONCLUSÃO

Os indivíduos expostos a níveis de pressão sonora elevados apresentaram, tanto para estímulo verbal quanto para estímulo não verbal, médias de latências do P300 maiores quando comparadas com as do grupo controle, com diferença estatisticamente significativa.

REFERÊNCIAS

1. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Disponível em: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/>
2. Penney PJ, Earl CE. Occupational noise and effects on blood pressure: exploring the relationship of hypertension and noise exposure in workers. *AAOHN J.* 2004;52(11):476-80.
3. Lynch ED, Kil J. Compounds for the prevention and treatment of noise-induced hearing loss. *Drug Discov Today.* 2005;10(19):1291-8.
4. Shen H, Zhang B, Shin J, Lei D, Du J, Gao X, et al. Prophylactic and therapeutic functions of T-type calcium blockers against noise-induced hearing loss. *Hear Res.* 2007;226(1-2):52-60.
5. Nor Saleha IT, Noor Hassim I. A study on compliance to hearing conservation programme among industries in Negeri Sembilan, Malaysia. *Ind Health.* 2006;44(4):584-91.
6. Kujala T, Shtyrov Y, Winkler I, Saher M, Tervaniemi M, Sallinen M, et al. Long-term exposure to noise impairs cortical sound processing and attention control. *Psychophysiology.* 2004;41(6):875-81.
7. Brattico E, Kujala T, Tervaniemi M, Alku P, Ambrosi L, Monitillo V. Long-term exposure to occupational noise alters the cortical organization of sound processing. *Clin Neurophysiol.* 2005;116(1):190-203.
8. Cordeiro R, Clemente ANG, Diniz CS, Dias A. Exposição ao ruído ocupacional como fator de risco para acidentes do trabalho. *Rev Saúde Pública.* 2005;39(3):461-6.
9. Chioyenda P, Pasqualetti P, Zappasodi F, Ercolani M, Milazzo D, Tomei G, et al. Environmental noise-exposed workers: Event-related potentials, neuropsychological and mood assessment. *Int J Psychophysiol.* 2007;65(3):228-37.
10. Brasil. Ministério do Trabalho. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. Portaria nº 19, de 9 de Abril de 1998. D.O.U de 22/04/1998 - Seção 1 - págs. 64 a 66. Disponível em: http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEEB7F30751E6/p_19980409_19.pdf
11. Schochat E. Respostas de Longa Latência. In: Carvallo, RMM. *Fonoaudiologia: Informação para Formação-Procedimentos em Audiologia.* Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan; 2003. p.71-7.

-
12. McPherson DL. Late Potentials of the Auditory System (Evoked Potentials). San Diego: Singular Publishing Group; 1996.
 13. Massa CGP, Rabelo CM, Matas CG, Schochat E, Samelli AG. P300 with verbal and nonverbal stimuli in normal hearing adults. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2011;77(6):686-90.
 14. Frizzo AC, Alves RPC, Colafêmnia JF. Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência: um estudo entre hemisférios cerebrais. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2001;67(5):618-25.
 15. Magliaro FCL, Matas SLA, Matas CG. Cognitive Potential - P300 in patients with right hemisphere ischemic lesion. *Pró-Fono.* 2009;21(4):285-90.
 16. Salisbury DF, Desantis MA, Shenton ME, McCarley RW. The effect of background noise on P300 to suprathreshold stimuli. *Psychophysiology.* 2002;39(1):111-5.
 17. Ozdamar O, Bohórquez J. Suppression of the P(b) (P(1)) component of the auditory middle latency response with contralateral masking. *Clin Neurophysiol.* 2008;119(8):1870-80.
 18. Weihing J, Musiek FE. An electrophysiological measure of binaural hearing noise. *J Am Acad Audiol.* 2008;19(6):481-95.
 19. Matas CG, Silva FN, Leite RA, Samelli AG. Estudo do efeito de supressão no potencial evocado auditivo de tronco encefálico. *Pró-Fono.* 2010;22(3):281-6.