



# Potencial evocado auditivo *Mismatch Negativity* em músicos adultos

## Mismatch Negativity auditory evoked potentials in adult musicians

## Potencial evocado auditivo Mismatch Negativity en músicos adultos

Lissandro Werlang do Nascimento\* 

Laura Flach Schwade\* 

Dayane Domeneghini Didoné\*\* 

Pricila Sleifer\*\*\* 

### Resumo

**Introdução:** *Mismatch Negativity* (MMN) é um exame objetivo que não depende da realização de tarefas nem da atenção do sujeito. Tem sido utilizado para estudar o processamento auditivo relacionado à detecção automática de mudanças auditivas. **Objetivo:** Analisar latências e amplitudes do MMN em músicos adultos e comparar os resultados com um grupo controle de não músicos normouvintes. **Método:** Estudo transversal e comparativo. A amostra foi composta por 69 sujeitos, 40 sujeitos não músicos (grupo controle) e 29 sujeitos músicos (grupo estudo) todos com no mínimo três anos de experiência musical e idades superiores a 18 anos. Todos realizaram avaliação auditiva periférica e o MMN. **Resultados:** A média das latências e amplitudes do grupo controle foram, respectivamente, 173,61ms ( $\pm 49.80$ ) e  $4,25\mu V$  ( $\pm 3.60$ ) e do grupo estudo foram, respectivamente, 144,23ms ( $\pm 17.58$ ) e  $5,12\mu V$  ( $\pm 2.73$ ). Houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos por orelha ( $p < 0,05$ ), sendo a média das latências e amplitudes do grupo estudo de 140,08ms na orelha direita e 148,37ms na orelha esquerda, e  $4,83\mu V$  na orelha direita e  $5,41\mu V$  na orelha esquerda. **Conclusão:** O grupo de músicos apresentou melhores resultados, como menor latência e maior amplitude do MMN, evidenciando melhor processamento do estímulo acústico em nível central.

**Palavras-chave:** Potenciais evocados auditivos; Eletrofisiologia; Música.

\* Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

\*\* Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

\*\*\* Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Saúde e Comunicação Humana, Porto Alegre, RS, Brasil.

### Contribuição dos autores:

LWN: elaboração da pesquisa, coleta e análise dos dados, elaboração do artigo.

LFS: coleta e análise dos dados, elaboração do artigo.

DDD: análise dos dados, revisão crítica, submissão e trâmites do artigo.

PS: elaboração da pesquisa, análise dos dados, revisão crítica do artigo, orientação geral do trabalho.

**E-mail para correspondência:** Dayane Domeneghini Didoné - [dayanedidone@yahoo.com.br](mailto:dayanedidone@yahoo.com.br)

**Recebido:** 17/10/2020

**Aprovado:** 16/04/2021



## Abstract

**Introduction:** Mismatch Negativity (MMN) is an objective exam that does not depend on the subjects' task performance or attention. It is regularly used to study auditory processing relative to the automatic detection of auditory changes. **Objective:** To analyze the latencies and amplitudes of MMN in adult musicians and compare the results with those of the control group of normal hearing non-musicians. **Methods:** This is a cross sectional and comparative study. The sample consisted of 69 subjects, aged between 18 and 59 years, with 40 non-musician subjects (control group) and 29 musicians (study group) with at least 3 years of musical expertise, and ages over 18 years. All patients were assessed by peripheral auditory evaluation and MMN. **Results:** The mean latencies and amplitudes were 173.61 ms ( $\pm 49.80$ ) and 4.25 $\mu$ V ( $\pm 3.60$ ) in the control group, and 144.23 ms ( $\pm 17.58$ ) and 5.12 $\mu$ V ( $\pm 2.73$ ) in the study group. There was a significant difference between the groups per ear ( $p < 0.05$ ), and the mean latencies and amplitudes in the study group were 140.08 ms in the right ear and 148.37 ms in the left while the values of amplitude were 4.83 $\mu$ V in the right ear and 5.41 $\mu$ V in the left ear. **Conclusion:** The musicians presented better results for MMN, such as lower latency and greater amplitude, showing evidence of improved acoustic stimulus processing at the central level.

**Keywords:** Evoked Potentials Auditory; Electrophysiology; Music.

## Resumen

**Introducción:** Mismatch Negativity (MMN) es un examen objetivo que no depende del desempeño de las tareas ni de la atención del sujeto. Se ha utilizado para estudiar el procesamiento auditivo relacionado con la detección automática de cambios auditivos. **Objetivo:** Analizar las latencias y amplitudes del MMN en músicos adultos y comparar los resultados con un grupo de control de músicos normales. **Metodos:** Estudio transversal y comparativo. La muestra estuvo compuesta por 69 sujetos, 40 sujetos no musicales (grupo de control) y 29 sujetos músicos (grupo de estudio) todos con al menos tres años de experiencia musical y mayores de 18 años. Todos se sometieron a evaluación de audición periférica y MMN. **Resultados:** El promedio de las latencias y amplitudes del grupo control fueron, respectivamente, 173.61ms ( $\pm 49.80$ ) y 4.25 $\mu$ V ( $\pm 3.60$ ) y del grupo de estudio, respectivamente, 144.23ms ( $\pm 17.58$ ) y 5.12  $\mu$ V ( $\pm 2,73$ ). Hubo una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos por oído ( $p < 0.05$ ) y el promedio de las latencias y amplitudes del grupo estudiado fue de 140.08ms en el oído derecho y 148.37ms en el oído izquierdo, y 4.83 $\mu$ V en el oído derecho y 5.41  $\mu$ V en el oído izquierdo. **Conclusión:** El grupo de músicos presentó mejores resultados, como menor latencia y mayor amplitud MMN, mostrando un mejor procesamiento del estímulo acústico a nivel central.

**Palabras clave:** Potenciales evocados auditivos; Electrofisiología; Música.

## Introdução

A percepção do ambiente é uma experiência multissensorial e informações de diferentes sistemas são constantemente integradas<sup>1</sup>. A audição é o sentido mais importante na comunicação humana, uma vez que, por meio da mesma, é possível reconhecer pessoas pela identidade vocal e perceber as oscilações sonoras da voz, além de outras habilidades como diferenciar frequências, tonalidades, intensidades e tempo de duração dos variados sons que compõem uma música, por exemplo. Por isso, para desenvolver essas competências, se faz necessário que o sistema auditivo periférico e

central estejam em pleno funcionamento<sup>2,3</sup>. Dessa forma, a avaliação auditiva é fundamental para que se obtenham informações sobre a funcionalidade da audição<sup>4</sup>.

As habilidades auditivas são essenciais, principalmente em sujeitos músicos. Para que haja harmonia na música tocada ou cantada o indivíduo necessita de desenvolvimento adequado dessas habilidades, sendo que alterações relacionadas ao processamento auditivo central prejudicam a percepção dos estímulos, e conseqüentemente a reprodução musical<sup>2,3</sup>.

A música exige alta demanda cognitiva e neuronal, sendo necessário sincronismo preciso e

exato de muitas ações acústicas e auditivas simultâneas<sup>5</sup>. Dentre essas ações, destaca-se o controle de parâmetros acústicos relacionados ao tempo, frequência e intensidade, o que contribui para que indivíduos músicos tenham melhores habilidades de discriminação auditiva e memória auditiva<sup>6</sup>. Tais habilidades podem ser avaliadas por meio dos potenciais evocados auditivos de longa latência<sup>7</sup>.

Os potenciais evocados auditivos de longa latência representam a atividade cerebral correspondente a processos auditivos específicos e têm sido utilizados para investigar o processamento de estímulos auditivos no córtex cerebral<sup>7-10</sup>. Dentre esses potenciais destaca-se o *Mismatch Negativity* (MMN), o qual reflete a detecção de mudança auditiva, ou seja, refere-se à uma resposta cerebral elétrica desencadeada por uma mudança discriminável em algum aspecto da estimulação auditiva, que aparece independente da atenção do sujeito<sup>11</sup>.

De acordo com a literatura, o MMN é identificado no ponto de maior negatividade, no período de latência entre 100 e 250 ms, por meio da subtração entre as respostas obtidas para os estímulos frequentes e raros<sup>9,11-13</sup>. A latência do MMN é obtida pelo tempo em que o sistema auditivo central leva para que o estímulo raro seja diferenciado do estímulo frequente, enquanto a amplitude é diretamente proporcional à magnitude da resposta<sup>13</sup>.

Uma das aplicações clínicas do MMN é o estudo de disfunções do sistema auditivo central, sendo um instrumento importante para a investigação e avaliação objetiva da detecção e da habilidade de discriminação auditiva, desde o nervo auditivo até o córtex cerebral. Não depender da realização de tarefas e nem da atenção do sujeito para a realização do exame são as principais características do MMN<sup>2,9,11,13</sup>.

Pesquisadores têm utilizado o MMN para avaliar a plasticidade cerebral<sup>8,9</sup>. Estudos recentes<sup>10,12</sup> utilizando o MMN para avaliar as vantagens do processamento auditivo central em indivíduos músicos e não-músicos evidenciaram que a habilidade de discriminação auditiva é melhor nos indivíduos com habilidades musicais.

Apesar das evidências científicas comprovarem melhores resultados em músicos, ainda não há consenso em relação aos protocolos utilizados para obtenção do MMN, sendo essa escolha atribuída aos objetivos de cada estudo. Dessa forma, pesquisas com diferentes protocolos são necessárias para corroborar com os estudos existentes.

A fim de contribuir com a literatura científica sobre os achados do MMN, esse estudo teve por objetivo mensurar as respostas do *Mismatch Negativity* em músicos adultos normouvintes e compará-las com as respostas de indivíduos não músicos.

## Método

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sob o protocolo 2011039, respeitando na integralidade a Resolução nº 466/12, que trata de pesquisas com seres humanos. Desta forma, participaram deste estudo apenas os sujeitos que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), sendo especificado o objetivo, metodologia do estudo proposto, bem como riscos, possíveis desconforto e sigilo quanto a sua identificação.

Trata-se de um estudo observacional, transversal e comparativo. A amostra por conveniência foi composta por indivíduos do sexo feminino e masculino, com idade acima de 18 anos e no máximo 59 anos. Para estimar o tamanho de efeito padronizado de 0,9 (moderado), foi calculado um tamanho amostral de 28 indivíduos. Foi aceito o nível de significância de 0,05 com poder de 90% (*EpiInfo – Statcal*).

Os critérios de inclusão do grupo controle foram indivíduos com limiares auditivos normais, com idade entre 18 e 30 anos, tendo concluído o ensino médio, sem histórico de disfunções do sistema auditivo, ou seja, sem patologias otológicas e nem queixas auditivas. Foram excluídos do estudo os indivíduos com alterações de ordem genética, histórico de doenças neurológicas, deficiência intelectual ou outra doença, e os que não compreenderam ou não conseguiram, por qualquer razão, realizar os procedimentos e concluir o exame.

Os critérios de inclusão do grupo estudo foram indivíduos músicos profissionais, com limiares auditivos normais em ambas as orelhas, com experiência musical mínima de três anos, com idade entre 18 e 59 anos e sem histórico de queixas de disfunções do sistema auditivo. Foram excluídos do estudo os indivíduos com alterações de ordem genética, histórico de doenças neurológicas, deficiência intelectual ou outra doença, e os que não compreenderam ou não conseguiram, por qualquer razão, realizar os procedimentos e concluir as avaliações audiológicas.

Primeiramente, foi realizada anamnese abordando dados gerais como: nome, idade, sexo, nível de escolaridade, presença de alguma doença, dominância manual, tempo de experiência musical, estilo musical, instrumento, tempo de treino/uso semanal, entre outros dados.

Em seguida, foi realizada a inspeção dos meatos acústicos auditivos externos. Após, em cabina acústica, foi realizada a Audiometria Tonal Liminar (ATL), por via aérea, nas frequências de 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000 Hz e por via óssea, nas frequências de 500, 1000, 2000, 3000 e 4000 Hz. Foi utilizada a classificação de Davis e Silverman (1970)<sup>14</sup>.

Na sequência, foi realizada a Logoaudiometria com o Índice Percentual de Reconhecimento de Fala (IPRF) e Limiar de Reconhecimento de Fala (LRF). Para realizar o IPRF, foram apresentadas 25 palavras, monossilábicas, em uma intensidade fixa e confortável (40 dBNA acima do valor da média tritonal das frequências de 500, 1000 e 2000 Hz da via aérea), em cada orelha, sendo que o paciente deveria repetir as mesmas. Para realizar o LRF, a intensidade inicial utilizada também foi de 40 dBNA acima da média tritonal da via aérea, sendo essa reduzida até atingir o nível de intensidade na qual o paciente entendesse e repetisse 50% das palavras trissilábicas apresentadas. Para a realização da ATL e da Logoaudiometria utilizou-se o audiômetro da marca *Inventis*, modelo *Harp Inventis*, previamente calibrado.

Concluída a ATL, realizaram-se as Medidas de Imitância Acústica (MIA) com equipamento *Impedance Audiometer AT235h* da marca *Interacoustics*. As curvas timpanométricas foram obtidas por meio da sonda, inserida na entrada do meato acústico externo do indivíduo. Foram pesquisadas as complacências estática e dinâmica, sendo a curva traçada e caracterizada de acordo com classificação de Jerger (1970)<sup>15</sup>. Na pesquisa dos reflexos acústicos ipsilaterais e contralaterais verificou-se os limiares nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, em ambas as orelhas.

Após a avaliação auditiva periférica básica, foi realizado o exame para registro do MMN em uma sala acústica e eletricamente tratada. Para o exame, o sujeito foi posicionado em uma cadeira confortável com apoio para cabeça. O examinador fez a limpeza da pele com esfoliante (*Nuprep*®) e com gaze comum. Logo após, foram colocados eletrodos de prata com pasta eletrolítica (*Ten20*®*conductive*)

e fita adesiva. O eletrodo terra foi colocado em Fpz, o eletrodo ativo em Fz, o eletrodo (M1) foi posicionado na mastoide esquerda e (M2) na mastoide direita e, por último, foram colocados os fones de inserção (*Earphone TONE*™*GOLD*) em ambas as orelhas. Para a realização do exame, utilizou-se o equipamento *MASBE ATC Plus* da marca *Contro-nic*®. A impedância elétrica foi inferior a 5Ω em cada derivação, e a diferença entre os três eletrodos não excedeu a 2Ω.

Após a verificação da impedância, realizou-se a varredura do eletroencefalograma (EEG) para captar a atividade elétrica cerebral espontânea, a fim de verificar artefatos que pudessem interferir no exame. O indivíduo foi orientado a não tencionar os membros e não cruzar pernas, nem braços.

Para registro do MMN, foram apresentados vários estímulos iguais (estímulos frequentes) com intervalos de tempo curtos entre si, sendo intercalados por estímulos que se diferenciam em frequência (estímulo raros). Durante esse processo, os indivíduos foram condicionados a assistir a um vídeo interessante e silencioso no *tablet*, com a intenção de desviar a atenção sobre os estímulos auditivos que foram apresentados.

Em relação aos parâmetros utilizados para o registro do MMN, os estímulos auditivos foram apresentados de modo monoaural, a fim de contemplar um dos objetivos do estudo (comparar orelha direita e esquerda), com frequência de 1000 Hz (50 ciclos) para o estímulo frequente e 2000 Hz (50 ciclos) para o estímulo raro, na intensidade de 70 dBNA a 90 dBNA, conforme conforto acústico referido pelo indivíduo, com 1,8 estímulos por segundo. Foram utilizadas no mínimo 150 promediações para o estímulo raro. O paradigma utilizado foi de 90% dos estímulos frequentes e 10% raros, e a polaridade alternada. Na aquisição, o fundo de escala foi de 200μV, filtro passa-alta de 1 Hz, filtro passa-baixa de 20 Hz, janela temporal 500 ms, e amplitude do traçado de 7,5μV. Para maior confiabilidade nas análises, todos os registros eletrofisiológicos foram analisados por dois avaliadores, em momentos diferentes. O protocolo de registro do MMN foi baseado em outro estudo que utilizou o mesmo equipamento e mesma faixa etária pesquisada<sup>9</sup>.

O MMN foi obtido mediante subtração do traçado correspondente aos estímulos frequentes do traçado correspondente aos estímulos raros. A marcação da latência foi realizada na maior



**Tabela 1.** Distribuição absoluta e relativa para o sexo e preferência manual; e medidas de tendência central e de variabilidade para idade

Variáveis	Grupo controle (n=40)	Grupo estudo (n=29)
<b>Idade</b>		
Média ± DP [min-máx]	22,38±2,94[18-29]	35,83±12,18[18-59]
<b>Sexo n(%)</b>		
Feminino	20 (50%)	11 (37,93%)
Masculino	20 (50%)	18 (62,06%)
<b>Preferência manual</b>		
Destra	37 (92,5%)	23 (79,31%)
Canhota	3 (7,5%)	4 (13,79%)
Ambidestro	0 (0%)	2 (6,89%)

Legenda: DP= desvio padrão

Os resultados referentes às latências e amplitudes do MMN em ambas as orelhas, de ambos os grupos, estão apresentadas na Tabela 2. Quando comparadas as médias das latências e amplitudes

entre as orelhas no mesmo grupo, não foi detectada diferença estatisticamente significativa indicando que, a OD e a OE apresentam latências e amplitudes semelhantes dentro do mesmo grupo.

**Tabela 2.** Medidas de tendência central e de variabilidade para amplitude e latência da orelha direita e esquerda em cada grupo

Variáveis	Grupo Controle (n=40)					p-valor	Grupo Estudo (n=29)					p-valor
	Média	DP	Med	Mín	Máx		Média	DP	Med	Mín	Max	
Latência OD	171,30	52,66	159	92	308	0,701§	140,08	19,41	137,91	106,38	179,54	0,189§
Latência OE	175,87	53,55	159	108	351		148,37	27,36	142,96	112,68	230,60	
Amplitude OD	-4,40	4,48	-3,00	-1,00	-23	0,688#	-4,83	2,96	-4,19	-1,41	-16,90	0,367#
Amplitude OE	-4,12	3,89	-2,00	-1,00	-20		-5,41	3,09	-4,92	-0,98	-13,99	

Legenda: OD= orelha direita; OE= orelha esquerda; DP= desvio padrão; Med= mediana; Mín= mínimo; Máx=máximo; §Teste t de Student; ##Teste Mann-Whitney; nível de significância= p≤0.05

Na comparação entre as médias das latências e amplitudes do MMN entre os sexos em cada grupo (Tabela 3), foi detectada diferença estatisticamente significativa (p=0,013) nas latências da OD do grupo controle, sendo que a média da latência do MMN da

OD no sexo feminino mostrou-se significativamente menor quando comparada ao sexo masculino. Para as demais variáveis não foram observadas diferenças estatisticamente significantes.

**Tabela 3.** Medidas de tendência central e de variabilidade para amplitude e latência entre sexo e em cada grupo

Variáveis	Grupo	Sexo	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	p-valor
Latência OD	GC	Fem	151,09	41,12	153,68	92,5	242,61	0,013§
		Masc	191,46	56,05	171,34	112,68	308,21	
	GE	Masc	144,64	19,11	146,11	106,38	179,54	0,107§
		Fem	132,63	18,32	136,65	106,38	163,14	
Latência OE	GC	Fem	162,65	41,13	158	108	262	0,120§
		Masc	189,10	61,86	174	116	351	
	GE	Masc	155,11	29,93	149,26	116,47	230,60	0,090§
		Fem	137,34	18,91	132,87	112,68	173,23	
Amplitude OD	GC	Fem	-4,08	3,19	-3,03	-1,00	-14,97	0,516#
		Masc	-4,74	5,55	-2,16	-1,00	-23,27	
	GE	Masc	-4,87	3,48	-4,12	-1,41	-16,90	0,653#
		Fem	-4,76	1,97	-4,72	-2,39	-7,74	
Amplitude OE	GC	Fem	-4,45	4,47	-3,00	-1,00	-20	0,669#
		Masc	-3,80	3,28	-2,00	-1,00	-12	
	GE	Masc	-5,44	3,41	-4,96	-0,98	-13,99	0,822#
		Fem	-5,37	2,63	-4,92	-1,66	-11,43	

Legenda: OD= orelha direita; OE= orelha esquerda; fem= feminino; masc=masculino; GC= grupo controle; GE= grupo estudo; §Teste t de Student; #Teste Mann-Whitney; nível de significância=  $p \leq 0,05$

A Tabela 4 permite identificar a comparação das médias de latência e amplitude entre os grupos por orelha. Houve diferença estatisticamente sig-

nificante da latência entre os grupos em relação à OD e OE, e entre os grupos em relação à amplitude da OE.

**Tabela 4.** Medidas de tendência central e de variabilidade para amplitude e latência e comparação entre os grupos por orelha

		Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	p-valor
Latência OD	GC	171,30	52,66	159	92	308	0,003§
	GE	140,08	19,41	137,91	106,38	179,54	
Latência OE	GC	175,87	53,55	159	108	351	0,014§
	GE	148,37	27,36	142,96	112,68	230,60	
Amplitude OD	GC	-4,40	4,48	-3,00	-1,00	-23	0,054#
	GE	-4,83	2,96	-4,19	-1,41	-16,90	
Amplitude OE	GC	-4,12	3,89	-2,00	-1,00	-20	0,045#
	GE	-5,41	5,41	-4,92	-0,98	-13,99	

Legenda: OD= orelha direita; OE= orelha esquerda; GC= grupo controle; GE= grupo estudo; §Teste t de Student; #Teste Mann-Whitney; nível de significância=  $p \leq 0,05$

Na comparação das médias das latências e amplitudes de ambas as orelhas entre o grupo controle e o grupo estudo (Tabela 5), constatou-se valores

com diferença estatisticamente significativa, tanto para a latência quanto para a amplitude.

**Tabela 5.** Medidas de tendência central e de variabilidade para amplitude e latência em ambas as orelhas e comparação entre os grupos

		Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	p-valor
Latência	GC	173,61	49,80	158,72	107,01	329,65	0,003§
	GE	144,23	17,58	144,85	111,42	175,42	
Amplitude	GC	-4,25	3,60	-2,52	-1	-14,61	0,035#
	GE	-5,12	2,73	-4,54	-1,51	-15,44	

Legenda: GC= grupo controle; GE= grupo estudo; §Teste t de Student; #Teste Mann-Whitney; nível de significância=  $p \leq 0.05$

Não houve correlação estatisticamente significativa entre o tempo de experiência musical e a latência e amplitude do MMN (Tabela 6), tanto para

a variável tempo de experiência (anos), quanto para a variável prática semanal (horas).

**Tabela 6.** Correlação entre o tempo de experiência em anos e as horas de práticas semanais com a latência e amplitude

	Tempo de experiência (anos)	Prática semanal (horas)
Latência	0,056*	0,922*
Amplitude	0,358*	0,809*

Legenda: \*Correlação de Pearson; nível de significância=  $p \leq 0.05$

## Discussão

A partir deste estudo foi possível verificar que os indivíduos músicos apresentaram melhores resultados no MMN. Tais resultados corroboram com outros estudos envolvendo potenciais evocados auditivos de longa latência<sup>16-18</sup> que também evidenciaram que indivíduos músicos apresentam melhores respostas das habilidades auditivas, fato justificado pelas mudanças estruturais e funcionais relacionadas à neuroplasticidade, devido ao treinamento musical à longo prazo<sup>18</sup>.

Quanto à variabilidade da latência e amplitude das orelhas em cada grupo verificou-se na Tabela 2 que, quando comparadas as médias das latências e amplitudes entre as orelhas no mesmo grupo, não foi detectada diferença estatisticamente significativa, indicando que, a OD e a OE apresentam latências e amplitudes aproximadas, dentro do mesmo grupo. Estes resultados corroboram com a literatura<sup>9,21</sup> e, especialmente, com um estudo envolvendo sujeitos adultos e idosos<sup>21</sup> no qual os autores constataram não existir diferenças entre as latências e amplitudes na OD e OE.

Quando comparadas as médias das latências e amplitudes do MMN, entre os sexos e em cada grupo separadamente (Tabela 3), verificou-se

diferença estatisticamente significativa ( $p=0,013$ ) nas latências da OD do grupo controle, demonstrando valores menores de latência na OD no sexo feminino, quando comparadas ao sexo masculino. Os resultados do presente estudo vão ao encontro da literatura, que descreve valores de latências menores para o sexo feminino<sup>6,9</sup>. Um estudo<sup>22</sup> relatou que mulheres apresentam melhores respostas para discriminação de contrastes fonêmicos. Portanto, pode-se inferir que mulheres podem apresentar melhores respostas para estímulos acústicos diferentes<sup>8</sup>. Outras pesquisas também demonstram diferenças entre os sexos, em avaliações eletrofisiológicas cognitivas, como o MMN<sup>2,9,23</sup>, sendo que essas diferenças podem ser justificadas pelas mudanças acústicas temporais que ocorrem na apresentação dos estímulos, tendo o sexo feminino melhor habilidade de discriminação auditiva. As diferenças entre os sexos podem ser explicadas pelas variações neurofisiológicas, sendo que as habilidades de linguagem verbal são mais favoráveis às mulheres, as quais apresentam maior sensibilidade no espectro temporal e na discriminação auditiva de contrastes fonêmicos<sup>2,9,23</sup>.

Referente à comparação das latências por orelha, entre os grupos (Tabela 4), este estudo evidenciou diferença estatisticamente significativa em ambas as orelhas ( $p=0,003$  e  $p=0,014$ ), sendo

a latência do MMN menor no GE. Verificou-se, ainda, diferenças para a amplitude na OE entre os grupos ( $p=0,045$ ), sendo a amplitude maior para o GE. Apesar dos resultados dessa comparação entre os grupos serem especificados por orelha, corroboram com a literatura científica<sup>3,6,24</sup>, a qual evidencia melhores respostas em indivíduos músicos. Esses resultados podem ser justificados pelo fato do treinamento auditivo musical a longo prazo proporcionar agilidade e maior facilidade na identificação de mudanças acústicas.

Os principais achados da amostra estudada estão representados na Tabela 5. Nesta tabela pode-se confirmar a hipótese inicial, ou seja, o grupo de músicos apresentou melhores respostas do que o grupo de não músicos, tanto na comparação das médias das latências ( $p=0,003$ ) quanto na comparação das médias das amplitudes ( $p=0,035$ ). Em estudo<sup>3</sup> utilizando estímulos musicais apresentados nas condições de baixa incerteza (mudanças previsíveis) e alta incerteza (mudanças imprevisíveis) para eliciar o MMN em indivíduos músicos e não-músicos, pesquisadores evidenciaram que para a condição baixa incerteza os sujeitos com treinamento musical apresentaram melhores resultados, ou seja, o sistema auditivo central foi capaz de identificar facilmente as mudanças ocorridas no estímulo apresentado. Esse fato pode justificar as melhores respostas do MMN obtidas no presente estudo, já que os estímulos apresentados (1000 e 2000 Hz) podem ser classificados como de baixa incerteza, ou seja, há uma previsibilidade para o sistema auditivo central na identificação dos estímulos, já que o estímulo raro apresentado é o mesmo durante todo exame.

Diversas são as razões que justificam melhores respostas nos indivíduos músicos, tais como pré-disposição genética inata, plasticidade cerebral, aumento de habilidades cognitivas com treinamento auditivo, aumento do número de neurônios envolvidos, maior área cerebral envolvida e maior atividade cerebral durante a discriminação dos sons<sup>2,25-28</sup>.

Pesquisadores<sup>29</sup> realizaram estudo com magnetoencefalografia e verificaram que músicos e não músicos utilizam processos neurais distintos, classificam o sentido de responder da mesma forma, mas verificaram que as respostas foram diferentes, sendo melhores em músicos. Outra pesquisa com músicos<sup>30</sup> revelou que quando os estímulos são desviantes no ritmo diferenciando-se dos frequentes,

as latências são menores. Outra pesquisa refere que músicos de jazz apresentam melhores respostas que músicos de outros estilos devido à complexidade de alternância de tonalidades, as quais são muito diferentes e repentinas<sup>26</sup>. Estes achados de outros estudos, com outros tipos de procedimentos, revelam que de fato os músicos possuem habilidades auditivas diferenciadas em relação aos não músicos normouvintes comprovando a hipótese inicial deste estudo, utilizando o potencial evocado auditivo MMN em músicos.

Observou-se, também, que as latências mínimas e máximas de músicos ficaram dentro dos resultados estimados como padrão de registro do MMN, valores entre 100 ms e 250 ms<sup>2,9,11,21</sup>.

Na Tabela 6 evidenciam-se os dados referentes ao tempo de experiência e prática semanal, sendo que neste estudo, constatou-se que independente do tempo de experiência (anos) ou da prática semanal (horas) não houve diferenças entre latências e amplitudes no grupo estudo. Estes achados diferem da literatura compulsada<sup>3,25-28</sup>, sendo que uma das hipóteses é que os estudos da literatura utilizaram um tempo de experiência musical menor do que o do presente estudo, possibilitando que o treinamento auditivo musical exercesse maior influência nas respostas dos indivíduos.

De forma geral, os resultados do presente estudo evidenciam melhores respostas em indivíduos músicos, ou seja, latências menores e amplitudes maiores do MMN. Esses dados permitem inferir que o estímulo musical a longo prazo melhora a funcionalidade do sistema auditivo central, permitindo identificação eficiente de mudanças acústicas, as quais estão relacionadas ao processamento auditivo temporal.

## Conclusão

A partir dos resultados do presente estudo constatou-se diferenças entre os indivíduos músicos e não músicos, evidenciando valores de latência menores e amplitudes maiores do potencial MMN para os indivíduos com experiência musical.

## Referências bibliográficas

1. Kuchenbuch A, Paraskevopoulos E, Herholz SC, Pantev C. Audio-tactile integration and the influence of musical training. *PLoS One*. 2014; 9(1): e85743.

2. Brossi AB, Borba KC, Garcia CFD, Reis ACMB, Isaac ML. Verificação das respostas do mismatch negativity (MMN) em sujeitos adultos normais. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2007; 73(6): 793-802.
3. Quiroga-Martinez DR, C Hansen N, Højlund A, Pearce M, Brattico E, Vuust P. Musical prediction error responses similarly reduced by predictive uncertainty in musicians and non-musicians. *Eur J Neurosci.* 2020; 51(11): 2250-69.
4. Crippa BL, Aita, ADC, Ferreira, MIDC. Padronização das respostas eletrofisiológicas para o P300 em adultos normouvintes. *Distúrb Comum.* 2011; 23(3): 325-33.
5. Sanju, HK, Kumar, R. Research Suggests New Avenues for Music Training in Aural Rehabilitation. *Hearing Review.* 2015; 22(8): 34.
6. Yashaswini L, Maruthy S. Effect of Music Training on Categorical Perception of Speech and Music. *J Audiol Otol.* 2020 Jul; 24(3): 140-148.
7. Matas CG, Hataiyama NM, Gonçalves IC. Estabilidade dos potenciais evocados auditivos em indivíduos adultos com audição normal. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2011; 16(1): 37-41.
8. Perez VB, Miyakoshi M, Makeig SD, Light GA. Mismatch negativity reveals plasticity in cortical dynamics after 1-hour of auditory training exercises. *Int J Psychophysiol.* 2019; 145: 40-47.
9. Schwade LF, Didoné DD, Sleifer P. Auditory evoked potential mismatch negativity in normal-hearing adults. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2016; 20(3): 13-21.
10. Arndt C, Schlemmer K, van der Meer E. Same or different pitch? Effects of musical expertise, pitch difference, and auditory task on the pitch discrimination ability of musicians and non-musicians. *Exp Brain Res.* 2020; 238(1): 247-258
11. Roggia SM. Mismatch Negativity. In: Boéchat EM, Menezes PL, Couto CM, Frizzo ACF, Scharlach RC, Anastácio ART, eds. *Tratado de Audiologia.* São Paulo, Brasil: Santos; 2015: 151-9.
12. Sanju HK, Kumar P. Pre-attentive auditory discrimination skill in Indian classical vocal musicians and non-musicians. *J Otol.* 2016;11(3): 102-110.
13. Fitzgerald K, Todd J. Making Sense of Mismatch Negativity. *Front Psychiatry.* 2020; 11; 11: 468.
14. Davis H, Silverman RS. *Hearing and deafness.* Nova York, NY: Holt, Rinehart & Winston; 1970: 522.
15. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol.* 1970; 92(4): 311-24.
16. Kliuchko M, Brattico E, Gold BP, Tervaniemi M, Bogert B, Toivianen P, Vuust P. Fractionating auditory priors: A neural dissociation between active and passive experience of musical sounds. *PLoS One.* 2019; 3;14(5): e0216499.
17. Crespo-Bojorque P, Monte-Ordoño J, Toro JM. Early neural responses underlie advantages for consonance over dissonance. *Neuropsychologia.* 2018; 117: 188-198.
18. Mandikal Vasuki PR, Sharma M, Ibrahim RK, Arciuli J. Musicians' Online Performance during Auditory and Visual Statistical Learning Tasks. *Front Hum Neurosci.* 2017; 14: 11: 114.
19. Sanju HK, Kumar P. Enhanced auditory evoked potentials in musicians: A review of recent findings. *J Otol.* 2016; 11(2): 63-72.
20. Meha-Bettison K, Sharma M, Ibrahim RK, Mandikal Vasuki PR. Enhanced speech perception in noise and cortical auditory evoked potentials in professional musicians. *Int J Audiol.* 2018; 57(1): 40-52.
21. Buranelli G, Barbosa MB, Garcia CFD, Duarte SG, Marangoni AC, Coelho LMFR et al. Verificação das respostas do Mismatch Negativity (MMN) em sujeitos idosos. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2009; 75(6): 831-8.
22. Aerts A, Mierlo PV, Hartsuiker RJ, Santens P, Letter MD. Sex differences in neurophysiological activation patterns during phonological input processing: an influencing factor for normative data. *Arch Sex Behav.* 2015; 44(8): 2207-18.
23. Ikezawa S, Nakagome K, Mimura M et al. Gender differences in lateralization of mismatch negativity in dichotic listening tasks. *Int J Psychophysiol.* 2008; 68(1): 41-50.
24. Boh B, Herholz SC, Lappe C, Pantev C. Processing of complex auditory patterns in musicians and nonmusicians. *PLoS One.* 2011; 6(7): e21458.
25. Brown CJ, Jeon EK, Driscoll V, Mussoi B, Deshpande SB, Gfeller K, Abbas PJ. Effects of Long-Term Musical Training on Cortical Auditory Evoked Potentials. *Ear Hear.* 2017; 38(2): e74-e84.
26. Vuust P, Brattico E, Seppänen M, Näätänen R, Tervaniemi M. Practiced musical style shapes auditory skills. *Ann N Y Acad Sci.* 2012; 1252: 139-46.
27. Tang W, Xiong W, Zhang Y, Dong Q, Nan Y. Musical experience facilitates lexical tone processing among Mandarin speakers: Behavioral and neural evidence. *Neuropsychologia.* 2016; 91: 247-53.
28. Nichols ES, Grahn JA. Neural correlates of audiovisual integration in music reading. *Neuropsychologia.* 2016; 91:199-210.
29. Amemiya K, Karino S, Ishizu T, Yumoto M, Yamasoba T. Distinct neural mechanisms of tonal processing between musicians and non-musicians. *Clin Neurophysiol.* 2014; 125(4): 738-47.
30. Lappe C, Lappe M, Pantev C. Differential processing of melodic, rhythmic and simple tone deviations in musicians and MEG study. *NeuroImage.* 2016; 124(Pt A): 898-905.