Universidade de São Paulo
Instituto de Psicologia – IP
Programa de Pós-Graduação em Neurociência e Comportamento

**O Processamento de Informação Rítmica
em Pessoas com Ouvido Absoluto**

Fabrício Veloso Rodrigues

São Paulo, S.P.

Fevereiro de 2017

Universidade de São Paulo

Instituto de Psicologia

Programa de Pós-Graduação em Neurociência e Comportamento

**O Processamento de Informação Rítmica
em Pessoas com Ouvido Absoluto**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neurociência e Comportamento do Instituto de Psicologia como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Neurociência e Comportamento

Orientador: Prof. Dr. Ronald Dennis Paul K. C. Ranvaud

São Paulo, S.P.

2017

O Processamento de Informação Rítmica em Pessoas com Ouvido Absoluto

Tese avaliada por banca examinador constituída por:

Prof. Dr. Ronald Dennis Paul Kenneth Clive Ranvaud (Presidente)

Departamento de Fisiologia Humana

Universidade de São Paulo (USP)

Prof. Dra. Patricia Maria Vanzella

Departamento de Música

Universidade de Brasília (UnB)

Prof. Dr. Fábio Leão Figueiredo

Departamento de Musicologia

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

Prof. Dra. Christina Joselevitch

Departamento de Psicologia Experimental

Universidade de São Paulo (USP)

Prof. Dr. Marcelo Fernandes da Costa

Departamento de Psicologia Experimental

Universidade de São Paulo (USP)

Agradecimentos

- Ao Prof. Dr. Ronald Ranvaud, pelos ensinamentos técnicos e de vida.
- Aos colegas Shiro Takashima, Mariana Verzaro, Camilo Rodegheri e Pedro Paulo Kohler, pela disponibilidade no auxílio teórico e prático para a implementação e finalização deste trabalho.
- À minha esposa, Anne Tarine, por toda compreensão, confiança e apoio incondicional, essenciais nesta etapa.
- À minha família, por toda parceria, a todo momento.
- A Deus, por sua infinita Graça.

SUMÁRIO

1. Resumo	vi
2. Abstract	vii
3. Introdução	1
4. Método	11
4.1. Ensaio Experimental	11
4.2 Tarefa Experimental	18
5. Resultados	25
6. Discussão	37
7. Referências Bibliográficas	41
8. Anexos	47

RESUMO

O ouvido absoluto é descrito como a habilidade de nomear ou produzir notas musicais sem uma referência externa. Estudos recentes sugerem o processamento mais rápido de informação linguística em pessoas que possuem a habilidade. Sabe-se que conteúdo rítmico é um elemento essencial para o processamento linguístico. No entanto, não se sabe se pessoas com ouvido absoluto processam informação rítmica de maneira distinta. O objetivo deste trabalho foi verificar as possíveis diferenças entre portadores e não portadores de ouvido absoluto no processamento de padrões rítmicos em estímulos sonoros. Dezesseis participantes, sendo 8 com ouvido absoluto e 8 sem a habilidade foram submetidos a uma tarefa psicofísica, na qual deveriam reproduzir sequências rítmicas, com acurácia. Como critério de comparação, consideraram-se o número de intervalos produzidos e a evolução da acurácia temporal ao longo da tarefa. Não se observaram diferenças significativas entre os grupos. Os resultados sugerem que, no processamento de informação rítmica não há participação significativa de processos nervosos especificamente presentes apenas em pessoas com ouvido absoluto.

Palavras-chave: Ouvido absoluto, Percepção rítmica e Cognição musical

ABSTRACT

Absolute pitch is described as the ability to name or produce musical notes without an external reference. Recent studies suggest faster processing of linguistic information in people with this skill. It is known that rhythmic content is an essential element for linguistic processing. However, it is not known whether people with absolute pitch process rhythmic information differently. The objective of this work was to verify whether differences exist between absolute pitch and non-absolute pitch possessors in processing rhythmic patterns in sound stimuli. Sixteen participants, 8 with absolute pitch and 8 without the ability, underwent a psychophysical task, in which they were asked to reproduce as accurately as possible rhythmic sequences presented to them. As a criterion of performance, we considered the number of intervals produced and the evolution of temporal accuracy as the task was carried out. No significant difference was found between the two groups. The results suggest that in the processing of rhythmic information there is no significant participation of nervous circuitry specifically present only in absolute pitch possessors.

Keywords: Absolute pitch, rhythmic perception and music cognition

Introdução

O ouvido absoluto é descrito como a capacidade de produzir ou nomear uma nota musical específica, sem uma referência externa (Bachem, 1955; Ward, 1999), caracterizando uma habilidade diferenciada no processamento da informação auditiva

“The ultimate in musical endowment is commonly regarded by musicians to be the possession of ‘absolute pitch’ (AP), also called ‘perfect pitch’ or ‘positive pitch’: the ability to identify the frequency or musical name of a specific tone, or, conversely, the ability to produce some designated frequency, frequency level, or musical pitch without comparing the tone with any objective reference tone (i.e., without using relative pitch [RP]).” (Ward, 1999, pp. 265).

Há evidências de uma estreita relação entre a ocorrência deste fenômeno e o treinamento formal em música (Bachem, 1937; Profita & Bidder, 1988). Por exemplo, verifica-se um número maior de possuidores dessa habilidade em músicos que iniciaram treinamento musical formal antes dos 6 anos de idade, sugerindo a possível existência de um período sensível para o seu desenvolvimento (Gregersen, Kowalski, Kohn & Marvin, 2000). Também, há maior incidência de ouvido absoluto em populações onde a linguagem tonal prevalece (Deutsch, Dooley, Henthorn & Head, 2009), assim expondo crianças à discriminação fina de frequências sonoras.

Dois aspectos parecem exercer papel fundamental para a sua ocorrência: a codificação diferenciada de frequências de sinais acústicos, sejam elas relacionadas a conteúdo musical (Bachem, 1937) ou não musical (Ross, Gore & Marks, 2005), e sua associação automática a um rótulo linguístico (Levitin & Rogers, 2005) que as identifique. Em outras palavras, se uma qualquer nota de um piano for tocada, o ouvinte que apresenta ouvido absoluto é capaz de dizer imediatamente e corretamente que a nota tocada é, por exemplo, um sol.

Ao se monitorar a atividade cerebral em tarefa de escuta de trechos musicais por meio de exame de imageamento funcional por ressonância magnética (fMRI), Loui, Zamm & Schlaug (2012) observaram ativação de regiões temporais secundárias (giro temporal superior) do córtex tanto em pessoas com ouvido absoluto quanto em pessoas com sinestesia (condição em que a estimulação de uma determinada

modalidade sensorial gera a ativação de grupos neuronais de uma outra modalidade sensorial), quando comparados a músicos sem ouvido absoluto e não-músicos sem sinestesia. Os participantes sinestetas desse estudo atribuíam cores específicas às notas musicais apresentadas. Considerando-se que áreas secundárias do córtex cerebral exercem papel essencial no processamento de informações em nível perceptual, supõe-se que o funcionamento neuronal observado nesses estudos indicam uma forte participação perceptual na ocorrência do ouvido absoluto. (Dohn, Garza-Villareal, Chakravarty, Hanse, Lerch & Vuust, 2015).

Em outro estudo (Wengenroth, Blatow, Heinecke, Reinhardt, Stippich, Hofmann & Schneider, 2014), músicos com e sem ouvido absoluto, todos com um mínimo de cinco anos de estudos formais em música e com prática instrumental semanal superior a quatro horas, foram submetidos a um teste de reconhecimento de sons musicais com timbres diversos. O objetivo do estudo foi verificar se havia alguma correlação entre a acurácia na reprodução de sons previamente apresentados e estruturas neuroanatômicas cerebrais ativadas durante a execução da tarefa. A atividade cerebral foi monitorada por meio de magnetoencefalografia e imageamento funcional por ressonância magnética. Em pessoas que apresentavam maior habilidade na tarefa, observou-se aumento na atividade de algumas regiões, a saber: Giro de Heschl do hemisfério direito, planum temporale do hemisfério direito, córtex secundário somatossensorial e pré-motor do hemisfério direito, bem como da área de Broca do hemisfério esquerdo. Isso sugere que pessoas com ouvido absoluto apresentam ativação específica tanto em zonas primárias quanto em secundárias do córtex auditivo, (Jancke, Langer & Hanggi, 2012; Kim & Knosche, 2016). Regiões primárias e secundárias do cérebro são responsáveis por processar informações que chegam no cérebro pela ativação dos neurônios dos órgãos sensoriais (Luria, 1983). Lesões nessas regiões normalmente produzem sintomas característicos de distúrbios perceptuais, em vez de sensoriais. Assim, de acordo com as informações apresentadas, o fenômeno do ouvido absoluto envolve processamento de caráter perceptual distinto.

Outro aspecto relevante na discussão do ouvido absoluto diz respeito à sua gênese. Argumentos constitucionais e ambientais têm sido considerados e encontram respaldo em estudos controlados. Theusch & Gitschier (2011), por exemplo, observaram uma taxa elevada de ocorrência de ouvido absoluto em gêmeos monozigóticos em relação a gêmeos dizigóticos. Em outro estudo, Baharloo et al.

(1998) verificaram que entre os familiares de entrevistados com ouvido absoluto a frequência de ocorrência de possuidores da habilidade era quatro vezes maior do que entre os familiares de entrevistados que não possuíam a habilidade. Em contrapartida, o mesmo estudo verificou que a prevalência de pessoas com ouvido absoluto que iniciaram estudos musicais formais após os 9 anos de idade é cerca de dez vezes menor do que aqueles que iniciaram em idade mais tenra, favorecendo uma explicação ambiental. Uma abordagem possível para explicar estes resultados é que a rotulação linguística dos sons musicais aprendidos antes dos 6 anos de idade coincidem com o desenvolvimento da linguagem, o que facilitaria o desenvolvimento da habilidade (Deutsch, 2002).

Adotando-se uma leitura integrativa, tanto o histórico familiar quanto o início do treinamento formal em música produzem efeitos no desenvolvimento das estruturas cerebrais podendo assim facilitar o aparecimento do ouvido absoluto (Zatorre, 2003). Estudos recentes relatam maior assimetria inter-hemisférica do *planum temporale* em pessoas com ouvido absoluto (Schlaug et al., 2005). Também há diferenças na dominância hemisférica para identificação de alturas (Brancucci, Di Nuzzo & Tommasi, 2009), com maior participação do hemisfério esquerdo em possuidores com ouvido absoluto. Quando expostas a estímulos linguísticos com variação léxica ou prosódica, pessoas com ouvido absoluto (Oeschlin et al., 2009), apresentam maior ativação de regiões posteriores do giro temporal medial e reduzida em regiões mesiais do giro temporal superior, comparados com não possuidores de ouvido absoluto. Tal achado sugere a existência de vias distintas no processamento de conteúdo musical e linguístico de possuidores de ouvido absoluto.

Até o presente momento, não há consenso sobre eventuais vantagens que possuidores de ouvido absoluto apresentem, tanto na expressão ou desempenho musical, quanto nos possíveis efeitos dessa habilidade em tarefas não-musicais. Ao que se sabe, as diferenças se limitam ao desempenho de tarefas musicais de reconhecimento de notas apresentadas isoladamente e velocidade na identificação e nomeação dessas notas (Miyazaki, 1988; Miyazaki & Rakowski, 2002; Takeuchi & Hulse, 1993).

Complementarmente, estudos sobre discriminação de timbres sugerem atividade cerebral distinta em pessoas com ouvido absoluto no processamento da informação musical, evidenciada por exame de potencial evocado. Em um estudo (Crummer, Walton, Wayman, Hantz & Frisina, 1994), músicos com e sem ouvido absoluto foram

solicitados a identificar os timbres característicos dos estímulos apresentados. Como resultado, observou-se uma latência média mais curta e amplitude menor do sinal, em pessoas com ouvido absoluto. Estes resultados reforçam a ideia de que a habilidade favorece processamento de informação acústica que extrapola o conteúdo de frequência, como no tempo de reação e taxa de acerto em tarefa de discriminação de timbres de voz e de instrumentos musicais (Chartrand & Belin, 2006).

Ritmo, Métrica e elementos linguísticos:

É importante dizer que ritmo é um termo que extrapola a mera aplicação a conteúdos musicais. Da mesma forma, não se restringe à fala, principalmente abordado em estudos de prosódia. Os contextos nos quais o termo ritmo é aplicado são diversos, como batimento cardíaco, respiração, locomoção, ritmo circadiano, padrão de ondas cerebrais etc. Talvez, pela aplicação difusa do termo a diversas situações, a definição explícita de ritmo é controversa na literatura. Fraisse (1982) chama atenção para o fato de que ritmo pressupõe a predição ou antecipação de eventos sucessivos e organizados. Elliot (1986) propõe que a definição de ritmo depende do contexto e da disciplina dos quais derivam sua definição, envolvendo unidades de tempo, espaço, resposta motora a uma fonte externa e diferenciação entre padrões rítmicos.

Considerando-se aspectos musicais e linguísticos, Patel (2008) propõe que se trata de um padrão sistemático do som, em termos de tempo, acentuação e agrupamento. Esse é um posicionamento oriundo do pensamento de Lerdahl & Jackendoff (1983) que propunham o ritmo como o conjunto de informações advindas, inicialmente, das propriedades métricas (agrupamento de sons que se repetem em intervalos temporais específicos) e da organização hierárquica desses elementos (sons mais fortes e mais fracos em uma sequência rítmica), conforme representado na figura 1.

“Thus I will define rhythm as the systematic patterning of sound in terms of timing, accent, and grouping.” (Patel, 2008, pp. 96)

A métrica pode ser definida como o agrupamento de pulsos e pode pressupor uma hierarquia de batimentos fortes e fracos em um trecho musical (Iyer, 1998;

McAuley, 2010). Trata-se, assim, de pistas que auxiliam a percepção da informação musical e facilitam sua compreensão (London, 2012), como ocorre, por exemplo, ao se acompanhar uma determinada melodia batendo palmas.

Meter

Fig. 1 – Estrutura métrica em uma sequência rítmica de sons (Sioros, G., 2013). Na figura superior (periodic grouping), as barras vermelhas e cinzas representam sons apresentados ao longo do tempo. As barras vermelhas caracterizam o andamento da sequência, ou seja, sons repetidos em intervalos fixos de tempo. As barras cinzas representam sons apresentados em momentos distintos, em intervalos múltiplos de uma fração fixa ($1/4$) dos intervalos de apresentação dos sons em vermelho. As 2 primeiras barras em cinza e a barra vermelha mais próxima a elas tendem a ser percebidas como pertencentes a um mesmo grupo de sons. Na figura inferior (Hierarchical Structure of Pulses), o eixo horizontal indica tempo e as possíveis subdivisões (barras verdes, vermelhas e azuis) em intervalos iguais, indicando possíveis andamentos. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/georgesioros/sioros-presentation>.

A identificação dos padrões temporais que compõem um trecho musical também é formado pela acentuação, que pode ocorrer por meio de aumento da intensidade, mudança da altura ou duração de um som dentro de uma sequência de sons rítmicos. Elementos acentuados em um trecho musical, , como aqueles em que uma nota apresenta duração maior, tendem a ser descritos como mais fortes e, além da percepção rítmica, podem determinar a expressão de sentidos diferentes de uma interpretação musical, de maneira semelhante ao que ocorre com a fala por alterações prosódicas.

Em linguística, o termo “prosódia” traduz a ideia de musicalidade, ou seja, a produção de padrões de acentuação e metrificação da fala que comunicam uma intenção afetiva (dúvida, certeza, questionamento, raiva etc.). Portanto, descreve aspectos rítmicos e melódicos da fala, considerando-se elementos suprasegmentais (contorno melódico, estresse e entonação) (Mullen & Saffran, 2004).

Patel & Daniele (2003) analisaram estruturas rítmicas e melódicas de peças musicais de compositores cuja primeira língua era francesa e inglesa, a fim de verificar se há alguma tendência à transposição dos elementos rítmicos e melódicos da fala para as composições dos músicos destas culturas. Constatou-se que os temas musicais de origem francesa e inglesa são significativamente distintos no que diz respeito aos aspectos rítmicos e melódicos, refletindo os padrões prosódicos característicos da língua nativa de seus compositores e indicando uma interação entre os componentes musicais e linguísticos daquelas culturas. Hausen, Torppa, Salmela, Vainio & Sarkamo (2013) verificaram, em um teste prosódico, uma correlação positiva entre o estresse da palavra (acentuação) e percepção de tempo fora do batimento (sincopação), sugerindo que informações musicais e linguísticas podem dividir mecanismos comuns para o seu processamento. Com base nesses estudos, é possível dizer que o ritmo é um elemento presente tanto no conteúdo musical quanto linguístico (Bidelman et al., 2013).

Há evidências que o treinamento musical formal em idades tenras favorece melhor desempenho em tarefas rítmicas. Bailey & Penhume (2010) analisaram o desempenho de 34 músicos, com idade entre 18 e 34 anos, em uma tarefa de percepção métrica, em que cada participante deveria ouvir e reproduzir uma sequência rítmica apresentada pressionando o botão de um mouse. O objetivo do estudo era verificar se a idade em que os participantes iniciaram o treinamento formal em música influenciaria o desempenho na tarefa. Como resultado, observou-se que aqueles que começaram o estudo musical em idade anterior aos 7 anos apresentavam desempenho melhor do que aqueles cujo início dos estudos se deu após essa idade, sugerindo a existência de um período sensível para o desenvolvimento da atividade de sincronização sensorio-motora, via treinamento musical. Conforme a literatura, este também é um período sensível para o desenvolvimento do ouvido absoluto. No entanto, o trabalho de Bailey e Penhume não levou em conta a variável “possuidor ou não de ouvido absoluto”. Outros estudos indicam que é possível que as regras de acentuação métrica sejam aprendidas e que os ouvintes tendem a gerar um relógio

interno, favorecendo a extração do conteúdo métrico (Povel & Essens, 1985). De acordo com estes estudos, quando exposto a sequências temporais compostas por sons idênticos, há uma tendência a se perceber, subjetivamente, acentuados sons relativamente isolados, o segundo som de um conjunto isolado de dois sons consecutivos e o primeiro e último som de uma sequência isolada composta por três ou mais sons (Povel & Okkerman, 1981). Portanto, estas seriam regras gerais aplicadas ao processamento da informação métrica e essencial na compreensão de conteúdo rítmico.

Em estudos de percepção de desvios rítmicos (sincopação) conduzido por Herdener et al. (2014) sobre as respostas cerebrais (fMRI) de bateristas experientes em Jazz foram comparadas às de pessoas sem treinamento musical. Observou-se ativação proeminente em todos os participantes, sendo que bateristas jazzistas apresentaram ativação mais intensa do que não músicos no giro supramarginal esquerdo e da área de Broca. É importante ressaltar que estas regiões também são ativadas em tarefas relacionadas à análise de conteúdo sintático em tarefas de linguagem.

Em músicos com ouvido absoluto, as principais alterações neuroanatômicas encontradas ocorrem na região do *planum temporale*. Keenan, Thangaraj, Halpern & Schlaug (2001) observaram assimetria em músicos com ouvido absoluto, quando comparados a pessoas que não a possuem. De acordo com estes resultados, há redução desta região no hemisfério direito, enquanto no hemisfério esquerdo não se encontraram diferenças significativas. Complementarmente, é importante notar que esta estrutura neuroanatômica corresponde à área de Wernicke (Shapleske, Rossell, Woodruff & David, 1999; Steinmetz, 1996), que exerce papel fundamental no processamento de informação linguística, especificamente na compreensão da fala.

A percepção métrica tem sido alvo de pesquisas em cognição musical e tem exercido papel essencial na compreensão dos mecanismos que permeiam o processamento de conteúdo rítmico, bem como para estabelecer possíveis correlações entre o conteúdo musical e a linguagem formal.

É curioso notar, ainda, que estudos recentes também investigaram correlações entre o ouvido absoluto e o processamento da linguagem, haja vista o processamento diferenciado da informação de frequência em contexto musical. É possível, portanto, pensar em eventuais vantagens de pessoas com ouvido absoluto no processamento de conteúdo linguístico. Masataka (2011) realizou um estudo com população japonesa

em que músicos profissionais com e sem ouvido absoluto deveriam identificar rapidamente sílabas isoladas (relacionadas ou não ao nome de notas musicais), apresentadas previamente, pressionando um botão de resposta. Os resultados apontaram que pessoas com ouvido absoluto produziam respostas mais rápidas do que pessoas sem a habilidade, ainda que exames audiométricos não tenham revelado diferenças significativas entre os participantes da pesquisa. O resultado sugere um efeito estendido da habilidade ao processamento de conteúdo linguístico.

Embora tais estudos embasem a noção de um processamento rítmico distinto de pessoas com ouvido absoluto, não há um corpo consistente de estudos com este propósito. Sendo assim, o presente trabalho se propõe averiguar se existem habilidades diferenciadas de percepção rítmica em pessoas com ouvido absoluto, a fim de contribuir com os avanços do tema e uma melhor compreensão do fenômeno do ouvido absoluto.

Memória e Ouvido Absoluto:

A associação direta entre uma determinada frequência musical e um rótulo linguístico a ela vinculado é o principal argumento para se considerar o ouvido absoluto como um fenômeno em que propriedades mnemônicas estão presentes. Especificamente, pontua-se a participação efetiva de um sistema de memória de longo prazo, uma vez que a informação aprendida é armazenada, consolidada e evocada livremente em situações futuras (Levitin & Rogers, 2005; Parncutt & Levitin, 2001; Schulze, Muller & Koelsch, 2012).

De acordo com Levitin (1994), pessoas sem ouvido absoluto são capazes de cantar uma melodia conhecida na mesma altura que a melodia original, ainda que esta tenha sido apresentada apenas uma vez. Isto sugere que a retenção da informação relativa à altura pode ser consolidada em um sistema de memória de longo prazo, ou seja, evidenciando a representação mental das frequências dos sons característica de uma melodia. Portanto, é importante considerar dois aspectos distintos na participação da memória em pessoas com ouvido absoluto. O primeiro refere-se à existência de uma memória para a frequência do som ouvido, ou seja, relacionada à capacidade de manter a sua representação mental em um sistema de memória de longo prazo. Esta seria uma habilidade compartilhada em certo grau entre ambos os grupos (com ouvido absoluto e sem ouvido absoluto). O segundo aspecto refere-se à rotulação linguística da frequência. Esta seria a habilidade exclusiva de pessoas com ouvido absoluto. Em

uma tarefa de identificação de tons de melodias conhecidas e não conhecidas, Schellenberg & Trehub (2003) verificaram que pessoas sem treinamento musical também eram capazes de identificar o tom de melodias conhecidas, embora não mantivessem o mesmo desempenho quanto a melodias desconhecidas. Segundo os autores, essa dificuldade estaria relacionada à capacidade limitada na nomeação de notas isoladas.

As diferenças assinaladas reforçam a ideia de uma ativação diferente de estruturais cerebrais de possuidores e não possuidores de ouvido absoluto. No entanto, apesar de serem poucos os estudos nessa área, os resultados obtidos até o momento indicam caminhos distintos.

Por exemplo, em uma tarefa de memória para notas musicais (Schulze, Gaab & Schlaug, 2009), músicos com e sem ouvido absoluto foram expostos a uma sequência de 6 a 7 sons com duração total de 4,6 segundos e, em seguida, foram questionados quanto ao último ou o penúltimo som apresentado era igual ou diferente do primeiro som daquela sequência. Não se observaram diferenças significativas no desempenho da tarefa experimental, embora o exame de imageamento cerebral tenha revelado ativação de regiões cerebrais distintas, como o aumento da atividade em região do sulco temporal esquerdo, sulco intraparietal e lobo parietal superior direito, em pessoas com ouvido absoluto.

Por outro lado, trabalhos com populações de língua tonal, indicam melhor desempenho desses participantes em provas de memória verbal do que pessoas que desenvolveram sua linguagem em regiões onde não há uso de língua tonal. Sendo assim, pode-se questionar se pessoas com ouvido absoluto também apresentariam melhor desempenho em tarefas de memória verbal, uma vez que há uma prevalência maior de possuidores de ouvido absoluto em populações com língua tonal. Até onde se sabe, não há controle destas variáveis em trabalhos envolvendo músicos com ouvido absoluto e desempenho em tarefas de memória verbal.

O ouvido absoluto é um fenômeno com prevalência de aproximadamente 1 para cada 10.000 indivíduos, considerando-se a população da Europa e América do Norte (Deutsch, 2006). Notadamente, essa habilidade é observada especialmente em músicos com treinamento formal e que iniciaram os estudos musicais antes dos seis anos de idade (Baharloo, 1998).

Há envolvimento de componentes cognitivos nas habilidades de pessoas com ouvido absoluto, pois a identificação de alturas tonais está diretamente relacionada a

um componente de aprendizagem, em que uma sílaba (nome da nota) é associada ao som que está sendo identificado. Não está esclarecida a relação entre ouvido absoluto e outros atributos musicais, tal qual o ritmo. Também, pouco foram estudadas as possíveis diferenças em outras áreas não musicais da cognição humana, em pessoas com ouvido absoluto.

Há evidências de que a regularidade rítmica, assim como a frequência característica de um estímulo musical, contribuem de forma interdependente para a formação da percepção musical (Jones, Moynihan, MacKenzie & Puente, 2002). Krumhansl (2000) sublinha que a construção de padrões temporais, conjuntamente à informação de contorno melódico, origina as representações psicológicas complexas da música. O estudo destas interações pode levar a uma melhor compreensão da cognição musical, identificando, na população de portadores de ouvido absoluto, características mais complexas que o mero reconhecimento dos nomes das notas tocadas.

Ainda, há evidências de que a prática musical formal promove benefícios relativos à inteligência (Schellenberg, 2004) e ao humor (Husain, Thompson & Schellenberg, 2002). Estudos dessa natureza promovem melhor compreensão da forma como música e componentes não musicais se relacionam. Parece coerente supor que há atributos essenciais e comuns à percepção de conteúdos musicais e não musicais, tal qual o ritmo, presente e significativo tanto na música quanto na prosódia e na percepção da fala (Thompson, Housain & Schellenberg, 2004). A esse respeito, há evidências neuroanatômicas e comportamentais que sugerem possíveis vantagens de pessoas com ouvido absoluto no processamento de informação linguística.

Sendo assim, e havendo convergência entre estas dimensões do comportamento humano, podem-se supor, a priori, possíveis vantagens em pessoas com tal habilidade no processamento de conteúdo rítmico, o que é objeto de estudo do presente trabalho.

Foram estabelecidas duas etapas do experimento:

Na primeira parte, um ensaio experimental foi realizado, com objetivo de testar a validade interna do protocolo utilizado, considerando-se a sua adequação na detecção de diferenças sistemáticas entre os grupos estudados e flagrar possíveis

necessidades de ajustes para a aplicação definitiva do protocolo definitivo em todas as suas etapas. Nesse sentido, é importante ressaltar que o trabalho de Povel & Essens (1985) serviu como base para a construção da tarefa experimental. Adequações foram introduzidas, a fim de evitar possíveis erros de interpretação no protocolo experimental, conforme descrito na seção seguinte.

Na segunda parte, considerando-se os ajustes para o protocolo definitivo, foi apresentada uma tarefa psicofísica de reprodução de sequências rítmicas. Posteriormente, foram medidas a acurácia na reprodução das respostas, os desvios temporais na reprodução dos intervalos de cada sequência rítmica, erros e os possíveis efeitos do número de vezes em que cada sequência rítmica foi apresentada. Inicialmente, suspeitava-se que pessoas com ouvido absoluto poderiam processar informação rítmica com mais acurácia e mais acertos do que pessoas sem a habilidade.

Ensaio Experimental Exploratório

Método

Participantes

Foram selecionados dois participantes, sendo um do sexo masculino, sem ouvido absoluto (Sem OA); e um participante, do sexo feminino, possuidor de ouvido absoluto (Com OA). Ambos, com treinamento musical formal superior a 5 anos em piano..

Materiais e Equipamentos

Para o ensaio experimental, utilizou-se um MacBook Air com processador Intel de 1,4 GHz, 4 GB de memória, sistema operacional OS X, versão 10.9.5, fone de ouvido stereo e um mouse para registro das respostas motoras. Foram utilizados os softwares livres Audacity 2.0.0 para a geração dos tons senoidais e das sequências rítmicas, bem como o software livre PsychoPy, versão 1.82.00, para a programação, apresentação da tarefa experimental e registro das respostas dos participantes.

Construção dos Estímulos

Para a geração dos estímulos, tomou-se como referência o protocolo experimental realizado por Povel & Essens (1985), em que sequências rítmicas foram geradas a fim de verificar o seu efeito na percepção de padrões temporais, em função do componente métrico. Foram selecionados 6 estímulos, balanceando-se o grau de dificuldade sugerido pelos autores, em seu trabalho. A presença de sons em intervalos de 1 segundo facilitaria a percepção rítmica da sequência. A manipulação do número de ocorrências de sons a cada segundo indicaria sequências mais fáceis ou mais difíceis de serem aprendidas.

Cada estímulo foi composto por uma sequência rítmica tocada em repetição (*looping*) de apresentação, perfazendo uma duração total de 1 minuto e 4 segundos. Cada sequência rítmica foi composta de 9 sons senoidais com frequência de 440 Hz, correspondente à nota Lá4 da escala temperada, com duração de 50 ms e intensidade de 65 dB. Os intervalos adotados para a apresentação de cada som senoidal (Inter Onset Interval - IOI) foram distribuídos da seguinte forma: 5 intervalos com duração

de 250 ms, 2 intervalos de 500 ms, 1 intervalo de 750 ms e 1 intervalo de 1 s. Ou seja, cada sequência rítmica teve duração de 4 segundos (fig. 2). O número máximo de apresentação de cada sequência, portanto, foi de 16 vezes em cada estímulo apresentado.

Fig. 2 – Exemplo de sequência rítmica e estímulo gerado para a programação da tarefa experimental. As barras em vermelho indicam os sons senoidais apresentados. A penúltima barra indica o início da repetição da mesma sequência rítmica, após o intervalo de 1 segundo de silêncio.

Por fim, cada estímulo gerado possuía os mesmos intervalos na apresentação dos sons senoidais (IOI). No entanto, permutações foram realizadas, a fim de que a distribuição dos intervalos entre os tons pudesse produzir sequências rítmicas distintas para a tarefa experimental.

Todos os estímulos foram gerados a partir do software Audacity 2.0.0. Posteriormente, cada estímulo foi transformado em arquivo de formato Wave (.wav) e utilizado na programação da tarefa experimental, por meio do software PsychoPy. Todos os estímulos foram apresentados aos participantes binauralmente, em ordem randômica.

Tarefa Experimental

Uma vez sentado em posição confortável e munido de fones de ouvido e mouse, o participante ouviu a explicação verbal da tarefa, foi instruído a ler a tela inicial com as instruções escritas, relativas ao experimento. Na apresentação do experimento, uma tela de boas-vindas apresentou as seguintes instruções:

“Seja bem-vindo! Este é um teste de ritmo. Você ouvirá uma sequência rítmica

que se repetirá várias vezes ao longo de alguns segundos. Quando julgar que ela foi aprendida, aperte a tecla “ESPAÇO” para interromper a sequência que você está escutando. Em seguida, tente reproduzir a sequência rítmica com a maior precisão possível, com auxílio do botão esquerdo do “mouse”, por quatro vezes seguidas. Após, aguarde até que comece a ouvir outra sequência rítmica. Quando quiser iniciar o experimento, aperte a tecla ESPAÇO.”.

Com o início do experimento, uma tela azul foi apresentada, com duração de 3 segundos, indicando a primeira tentativa. Em seguida, o primeiro estímulo foi tocado. Reforçou-se a ideia de que o participante interrompesse a escuta quando julgasse ter aprendido a sequência rítmica, a fim de reproduzi-la. Uma vez interrompida a sequência, o tempo máximo de 20 segundos foi estipulado para que o participante reproduzisse a sequência rítmica por quatro vezes ininterruptas, em acordo com o estímulo apresentado. Caso o participante terminasse sua tentativa antes dos 20 segundos, uma tela preta permanecia à sua frente, completando os 20 segundos. As respostas foram gravadas e, transcorridos os 20 segundos, uma tela azul era reapresentada por mais 3 segundos, indicando que uma nova tentativa se iniciaria. Após a sexta tentativa, o experimento era finalizado. Não foi oferecido *feedback* sobre o desempenho em qualquer tentativa.

Todo o ensaio experimental foi rodado em apenas um bloco e teve duração aproximada de 10 minutos. Com os resultados obtidos, um relatório foi gerado para a análise de dados.

Resultados

O primeiro aspecto a ser observado foi o tempo utilizado para que cada estímulo fosse interrompido, visando registrar o processamento da informação rítmica sem a execução motora associada. Para esta análise, foram comparados os tempos de escuta para cada estímulo apresentado, sendo que o participante sem ouvido absoluto (Sem OA) (figura 3) apresentou um tempo menor de escuta dos estímulos do que o participante com ouvido absoluto (Com OA), à exceção do estímulo descrito como o mais fácil.

Fig. 3 – Comparação do tempo total de escuta entre participante com ouvido absoluto (Com OA), em azul, e sem ouvido absoluto (Sem OA), em vermelho, em função de cada sequência rítmica apresentada (de 1 a 6).

Os resultados obtidos indicam uma variabilidade no tempo de escuta. No entanto, um tempo maior de escuta poderia se dever a alguns aspectos como o gênero dos participantes ou a própria habilidade do ouvido absoluto como variáveis relevantes.

Outra forma de observar a interação entre as características da informação rítmica e o seu processamento nas populações estudadas é por meio do número de vezes em que cada sequência rítmica foi apresentada. A figura 4 mostra quantas vezes cada participante ouviu cada sequência, em cada estímulo.

Fig. 4 – Número de vezes em que cada sequência rítmica foi ouvida pelo participante sem ouído absoluto (azul) e com ouído absoluto (vermelho), em função das sequências rítmicas apresentadas (da primeira à sexta sequência).

Uma segunda análise investigou a acurácia na reprodução dos intervalos de cada sequência rítmica. Para isso, foram consideradas todas as respostas realizadas pelos participantes. Consideraram-se todos os intervalos produzidos pelos participantes ao final da escuta de cada sequência rítmica. Posteriormente, calculou-se a média dos intervalos produzidos e dividiu-se pelos intervalos originais de cada sequência, por meio de cálculo de razão simples. Sendo assim, procedeu-se à análise dos desvios dos intervalos produzidos, conforme indicado na figura 5.

Fig. 5 – Média da razão entre os intervalos produzidos e os apresentados em cada sequência rítmica pelo participante sem ouvido absoluto (azul) e com ouvido absoluto (vermelho). A sequência 5 foi invalidada pelo participante sem ouvido absoluto, por este ter desistido de reproduzir a sequência rítmica ainda no início da tentativa.

Conforme se observa na figura 5, os resultados obtidos com o participante sem ouvido absoluto (Sem OA) apresenta maior acurácia e menor variabilidade na reprodução que o participante com ouvido absoluto (Com OA). Ao final da tarefa, o participante alegou que não conseguiu se recordar adequadamente da sequência rítmica 5 e a resposta foi invalidada.

Observações gerais

Com base no ensaio experimental proposto, alguns aspectos evidenciaram-se importantes a se considerar para a elaboração do protocolo experimental definitivo, a fim de averiguar o processamento de informação rítmica em pessoas com ouvido absoluto. O protocolo mostrou-se eficaz na coleta dos intervalos produzidos pelos participantes e no registro do tempo necessário para que cada participante iniciasse suas tentativa, a fim de comparação do desempenho.

No entanto, limitações também foram identificadas, motivando posteriores ajustes.

O tempo necessário para a interrupção da escuta de cada sequência rítmica pode relacionar-se a outros fatores que não apenas a capacidade perceptiva. Uma possível interpretação é a de que os participantes estudados apresentem comportamento distinto, a fim de garantir que suas respostas estivessem sendo produzidas com o mínimo de incerteza, caracterizando aspectos cognitivos de tomada de decisão. Este comportamento pode estar associado à aversão ao risco (Chen, Sim, Levi & Sun, 2007; Duffie & Pan, 1997), uma característica individual descrita como a relutância com que uma pessoa emite determinada resposta quando exposto a uma situação que gere incertezas, a fim de minimizar os riscos em sua ação. A aversão ao risco interfere diretamente no processo de tomada de decisão e não se relaciona à capacidade perceptual de um indivíduo diante de uma tarefa proposta. No entanto, é sabido que fatores de gênero também transcorrem com processos de tomada de decisão (Reber & Tranel, 2017). Em resumo, a adoção de um protocolo experimental que controle esta variável mostrou-se fundamental para interpretações plausíveis dos resultados obtidos em etapas posteriores do experimento.

A fim de controlar as variáveis e a amostra obtida, as seguintes ações foram adotadas para a elaboração da tarefa experimental:

Mantiveram-se 6 estímulos (sequências rítmicas) para o estudo, balanceando-se o grau de dificuldade sugerido por Povel & Essens (1985). Para cada sequência, foi adotada a seguinte estratégia:

- Após a apresentação da tela de boas vindas e início do experimento, a primeira sequência rítmica foi apresentada uma única vez. Então, o participante deveria reproduzi-la, logo em seguida, com a tela azul indicando o início da tentativa. Depois de realizar sua resposta, deveria aguardar o início da próxima tentativa;
- Na nova tentativa, a mesma sequência rítmica foi tocada 2 vezes consecutivas (em repetição). Em seguida, o participante deveria reproduzi-la;
- O mesmo ocorreu posteriormente, sendo que, desta vez, a sequência foi tocada 4 vezes consecutivas (em repetição);
- Uma nova tentativa ocorreu, sendo que, agora, apresentaram-se 8 repetições em repetição da sequência rítmica;

Após a apresentação das repetições para a primeira sequência rítmica, o mesmo foi adotado para as demais sequências. Sendo assim, a apresentação aleatória de cada sequência rítmica foi eliminada, a fim de verificar os possíveis efeitos no desempenho dos participantes, em função do número de apresentações de cada sequência rítmica. Também eliminou-se a liberdade da escolha do número de vezes que cada sequência seria repetida antes de sua reprodução. Mantiveram-se as quatro tentativas de reprodução para cada tentativa.

Tarefa experimental

Método

Participantes

Foram recrutados 16 músicos, entre alunos e professores de instituições públicas e particulares de ensino musical da cidade de São Paulo, bem como músicos profissionais da Orquestra Sinfônica Municipal do Teatro Municipal da cidade de São Paulo, de ambos os sexos e com faixa etária entre 18 e 50 anos de idade. Os participantes foram distribuídos em 2 grupos, compostos por 8 participantes cada. O primeiro grupo “ouvido absoluto” foi composto por músicos profissionais em canto ou instrumentos musicais, com idade entre 18 e 31 anos e com estudo musical formal entre 11 e 22 anos, com ouvido absoluto. O grupo “não-ouvido absoluto” foi formado por músicos cantores ou instrumentistas, com idade entre 19 e 42 anos com estudo musical formal entre 5 e 20 anos, sem ouvido absoluto.

O grupo com ouvido absoluto foi composto por: 6 músicos que têm como instrumento principal o piano, 1 violonista e 1 flautista;

O grupo sem ouvido absoluto foi por composto por: 4 violonistas, 1 pianista, 1 violoncelista e 1 cantor.

Materiais e Equipamentos

Para o experimento, utilizou-se um PC com processador modelo Intel 1.60 GHz, 2GB de memória RAM, sistema operacional LINUX, fone de ouvido estéreo e um mouse para registro das respostas motoras. Foram utilizados os softwares livres Audacity 2.0.0 para a geração dos tons senoidais e das sequências rítmicas, bem como o software livre PsychoPy, versão 1.82.00, para a programação, apresentação da tarefa experimental e registro das respostas dos participantes.

Procedimento experimental

Todos os participantes foram submetidos a uma tarefa cujo objetivo era reproduzir sequências rítmicas com o máximo de acurácia possível. A realização do

experimento se deu em um encontro, constituído das seguintes etapas: explicação do experimento e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, preenchimento de questionário demográfico (Anexo I); aplicação de teste de ouvido absoluto; aplicação de teste de memória verbal (Anexo II); aplicação do teste experimental. O tempo aproximado da sessão foi de 50 minutos. Todos os participantes da pesquisa assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo III) em acordo com as normas apresentadas na Resolução 196/96 do CNS.

Questionário demográfico:

A fim obter dados sobre o treinamento musical, formação musical, local e idade de início dos estudos formais em música, todos os participantes responderam a um questionário (Anexo I).

Teste de memória verbal

Adotou-se a aplicação de um teste de memória – RAVLT (Rey Auditory Verbal Learning Test) (Anexo II), a fim de controlar esta variável e sua possível influência no desempenho dos participantes.

O teste é composto por uma lista de 15 substantivos. Esta lista é lida em voz alta para o participante, com intervalo aproximado de um segundo entre uma palavra e a próxima. Após a leitura, pede-se para que a lista seja repetida, sem a necessidade de que as palavras sejam ditas na mesma ordem de apresentação. Este procedimento é repetido por 5 vezes, em que se observam memória de curto prazo e a curva de aprendizado. Após a quinta apresentação, uma nova lista de 15 outros substantivos é lida uma vez e pede-se para que esta seja repetida. Logo em seguida, pede-se para que o participante evoque o maior número de palavras que compunham a primeira lista. Após 30 minutos, pede-se novamente para que o participante evoque espontaneamente a primeira lista, a fim de mensurar os possíveis efeitos da memória de longo prazo.

O desempenho dos grupos estudados foi quantificado e comparado em termos de consolidação da informação, memória de curto e longo prazo.

Teste de ouvido absoluto

Todos os participantes se submeteram a um teste online de nomeação de notas musicais apresentadas aleatoriamente (Vanzella & Schellenberg, 2010), disponível em “<http://perfectpitch.freehostia.com/>”. Pediu-se para que o participante se acomodasse em uma cadeira posicionada em frente a um monitor situado em uma mesa. Com o auxílio de um fone de ouvido e mouse, cada participante seguiu as instruções apresentadas na tela do computador. O ajuste do volume dos sons apresentados também foi feito por cada participante. A duração aproximada foi de 15 minutos.

Na tela do computador, a seguinte instrução foi apresentada:

“O teste de ouvido absoluto é dividido em quatro etapas. Em cada etapa serão apresentadas 24 notas musicais (do Lá 3 ao Sol b 5) de maneira aleatória. Cada uma das diferentes etapas apresenta um som instrumental ou timbre específico. Após ouvir uma nota, você terá três segundos para clicar na resposta que você achar correta. Decorrido esse tempo, uma outra nota será apresentada. Entre as etapas, você poderá descansar durante o tempo que julgar necessário. Quando estiver pronto para começar a etapa seguinte, clique em "próximo teste". O procedimento completo tem duração aproximada de 15 minutos. Seus resultados serão apresentados quando você terminar a quarta etapa do teste. Você receberá 1 ponto para cada resposta correta e 0,75 para cada resposta que estiver desviada de um semitom. A pontuação máxima em cada etapa é de 24 pontos.”

A pontuação das pessoas que declararam possuir ouvido absoluto foi comparada às obtidas pelos que declararam não possuir a habilidade, a fim de confirmar a alocação no grupo correto.

A literatura não discorre sobre pontuações e pontos de corte específicos em testes de ouvido absoluto, a fim de classificar pessoas com e sem a habilidade. É comum que, mesmo em pessoas com ouvido absoluto se observem desvios iguais ou superiores a meio tom na nomeação das notas, embora isso ocorra com frequência significativamente maior em pessoas sem ouvido absoluto. Sendo assim, a comparação se dá com base na declaração do músico sobre possuir ou não desempenho superior em tarefas de nomeação de notas musicais e as posteriores diferenças flagradas em testes estatísticos quando seu desempenho nessa tarefa é

comparada a músicos sem a habilidade.

Construção das sequências rítmicas

Foram selecionados 6 estímulos, balanceando-se o grau de dificuldade sugerido por Povel & Essens (1985). A primeira sequência rítmica (mais fácil) possui, como principal característica, a presença de sons senoidais a cada 800 ms, induzindo a percepção da acentuação para essa sequência rítmica. As demais sequências rítmicas diferenciaram-se pela manipulação na presença dos sons e silêncios, facilitando ou dificultando a sua percepção..

Cada sequência rítmica foi composta de 9 sons senoidais com frequência de 440 Hz, correspondente à nota Lá da escala temperada, com duração de 50 ms, intensidade de 65 dB e rampa de subida e descida de 10 ms. Os intervalos adotados para a apresentação de cada som senoidal (IOI) foram distribuídos da seguinte forma: 5 intervalos com duração de 200 ms, 2 intervalos de 400 ms, 1 intervalo de 600 ms e 1 intervalo de 800 ms. Cada sequência rítmica, portanto, apresentou duração de 3.2 segundos (fig. 6). Em cada tentativa, o número de repetições de cada sequência variou de 1, 2, 4 ou 8 vezes, do menor para o maior número de repetições. Dessa forma, cada sequência rítmica era repetida, sem randomização, da seguinte maneira:

- (i) Primeira vez: o participante escutava a sequência uma única vez;
- (ii) Segunda vez: o participante escutava a mesma sequência duas vezes consecutivas;
- (iii) Terceira vez: o participante escutava a mesma sequência quatro vezes consecutivas;
- (iv) Quarta vez: o participante escutava a mesma sequência oito vezes consecutivas;

Fig. 6 - Exemplo da primeira sequência rítmica. As barras em vermelho indicam os sons senoidais apresentados, com os intervalos em cada apresentação. As sequências rítmicas entram em repetição após o último intervalo (800ms).

Cada sequência rítmica gerada foi composta pela combinação dos intervalos descritos. (IOI). No entanto, permutações (tabela 1) foram realizadas, a fim de que a distribuição destes intervalos entre os sons produzissem sequências rítmicas distintas.

Tabela 1: Sequências rítmicas e duração dos intervalos originais (em milissegundos), em ordem de dificuldade

Sequência	Intervalo (ms)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,8
2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,6	0,2	0,8
3	0,2	0,6	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,8
4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,4	0,6	0,8
5	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,2	0,2	0,8
6	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,6	0,4	0,8

Todas as sequências foram geradas a partir do software Audacity 2.0.0. Posteriormente, transformou-se cada sequência em arquivo de formato WAVE (.WAV) para utilizar na programação da tarefa experimental.

A tarefa experimental foi programada por meio do software PsychoPy. Todas as sequências foram apresentadas binauralmente.

Tarefa Experimental

Uma vez sentado em posição confortável e munido de fones de ouvido e mouse, o participante ouviu a explicação verbal da tarefa, foi instruído a ler a tela inicial com as instruções escritas, relativas ao experimento. Portanto, uma tela de início da tarefa apresentou as seguintes instruções:

“Seja bem-vindo! Esta é uma tarefa de ritmo. Você ouvirá sequências rítmicas. Ao final da apresentação de cada sequência, uma tela azul irá aparecer. Então, tente

reproduzir a sequência rítmica com a maior precisão possível, com auxílio do botão esquerdo do “mouse”, por quatro vezes seguidas. Aguarde até que comece a ouvir outra sequência rítmica. Quando quiser iniciar o experimento, aperte a tecla ESPAÇO.”.

Adotou-se uma etapa de treino, anterior à exposição das sequências rítmicas válidas para a análise. Esta consistiu da permutação dos mesmos intervalos que compuseram as demais sequências, obedecendo a mesma ordem no número de apresentação: 1, 2, 4 e 8 vezes. Os intervalos produzidos na sessão de treino não foram coletados e, portanto, não utilizados para a análise dos dados. Após o treino, iniciaram-se as tentativas a serem computadas para análise dos dados.

No início do experimento, uma tela cinza foi apresentada durante a apresentação da sequência rítmica. Após ouvir a sequência, uma tela azul era apresentada, com duração de 20 segundos, indicando que o participante deveria reproduzir a sequência ouvida, por quatro vezes ininterruptas e com a maior acurácia possível. Após 20 segundos, uma tela cinza com duração de 2 segundos indicava o início da próxima tentativa. Não foi oferecido *feedback* sobre o desempenho em qualquer tentativa.

Toda etapa experimental foi rodada em apenas um bloco com duração aproximada de 20 minutos. Com os resultados obtidos, um relatório foi gerado pelo PsychoPy e utilizado para a análise de dados.

Análise de dados

Foram registrados o tempo e o número de vezes que cada participante pressionou o botão do mouse ao longo de cada tentativa. Foram utilizadas duas medidas, para fins de comparação do desempenho dos participantes na tarefa experimental: o número de vezes em que o botão do mouse foi pressionado em cada tentativa e a duração dos intervalos gerados por cada participante, para comparação com os intervalos originais de cada estímulo apresentado.

As tentativas em que o número de intervalos produzidos por um participante foi

igual ao número de intervalos de uma sequência rítmica ouvida em, pelo menos, 3 reproduções, foram consideradas válidas. Qualquer tentativa em que o número de intervalos produzidos por um participante foi menor ou maior do que o número de intervalos de uma sequência rítmica original em, pelo menos, 2 reproduções, foi considerada como inválida e, portanto, computada como erro, para fins estatísticos. Assim, o número de erros de cada participante também foi utilizado para comparação de desempenho entre os grupos.

Para o estudo da acurácia, observou-se a diferença dos intervalos entre a resposta do participante e os intervalos originais de cada sequência. Considerando-se as respostas válidas, calculou-se a média dos intervalos apresentados e produzidos ao longo de uma sequência rítmica. Posteriormente, foi calculada a razão entre a média dos intervalos produzidos em uma sequência e os intervalos correspondentes, nas sequências rítmicas originais. Assim, mediu-se a diferença entre o intervalo produzido e o intervalo original. Em seguida, foi calculada a média das razões obtidas em cada sequência rítmica, considerando-se as 4 repetições ininterruptas de cada sequência apresentada.

Após a compilação dos resultados obtidos, identificou-se a necessidade de aplicação de teste estatístico capaz de comparar o desempenho dos grupos em termos de acurácia na reprodução dos intervalos produzidos em cada sequência. Foram aplicadas ANOVA e MANOVA, considerando as 6 sequências rítmicas e as 4 repetições de cada sequência. Considerando todas as combinações, o objetivo da análise foi testar se o valor médio do tempo apresenta diferença significativa entre os dois grupos.

Para análise foram utilizados os softwares Minitab (versão 14) e SPSS (versão 20).

Resultados

Antes de iniciar as análises, dois participantes foram excluídos da amostragem final. O primeiro, por idade superior a 50 anos e o segundo por relatar, durante a entrevista inicial, que possuía prótese auditiva nas duas orelhas, o que poderia influenciar nos resultados obtidos. As duas amostras foram compostas, portanto, de 8 participantes com ouvido absoluto (ABS), com idade média de 23 anos ($dp=4,44$), sendo 4 homens e 4 mulheres, com média de 15 anos de estudo formal em música ($dp=4,43$), e 8 participantes sem ouvido absoluto (NOA), com idade média de 29 anos ($dp=7,81$), sendo 6 homens e 2 mulheres, com média de 13 anos de estudo formal em música ($dp=5,70$). Um teste de normalidade da distribuição da amostra não revelou diferença significativa entre os grupos, em relação à idade ($p=0,09$) e aos anos de estudo formal em música ($p=0,38$).

Fig. 7 - Histograma de distribuição dos grupos por anos de estudo formal em música

Todos os participantes se submeteram ao teste de ouvido absoluto (figura8). Inicialmente, cada participante declarou ser possuidor ou não da habilidade. O teste online revelou que os participantes que declararam possuir ouvido absoluto, obtiveram pontuação média de 21,2 ($dp=3,28$) e os que declararam não possuir a habilidade 5,2 ($dp=2,5$) para a nomeação de notas musicais com o timbre de piano.

Quando o timbre utilizado foi o de ondas senoidais, o grupo com ouvido absoluto obteve escore médio de 19,7 (dp=4,22) e o grupo sem ouvido absoluto 5,0 (dp=2,35). Para o timbre de voz sintetizada, o grupo com ouvido absoluto alcançou pontuação média de 20,1 (dp=3,44), enquanto o grupo sem ouvido absoluto obteve 6,7 pontos (dp=2,24). Por fim, para o timbre de voz, músicos com ouvido absoluto obtiveram pontuação média de 18,6 (dp=5,68) e aqueles sem a habilidade pontuaram 4,29 (dp=2,43), em média.

Fig. 8 – Média, mediana e erro padrão dos escores obtidos no teste online de

ouvido absoluto, por timbre (piano, ondas senoidais, voz sintetizada e voz)

A fim de controlar o desempenho em tarefas de memória (figura 9), uma ANOVA foi realizada. Os resultados apontaram não haver diferença significativa entre os grupos, tanto para memória de curto prazo (A1-A5), com pontuação média de 52,87 para o grupo com ouvido absoluto [F (1, 14)=0,01; p=0,97] e 53,00 para o grupo sem ouvido absoluto, memória de longo prazo (A7), com pontuação média de 11,25 e 11,38 para os grupos com e sem ouvido absoluto, respectivamente [F (1, 14)=0,01; p=0,92], e reconhecimento com pontuação média de 13,75 para ambos os grupos [F (1, 14)=0; p=1].

Fig. 9 - Pontuação média e erro padrão obtidos pelos grupos com ouvido absoluto (ABS) e sem ouvido absoluto (NOA) no teste de memória de curto prazo (A1-A5), longo prazo (A7) e reconhecimento.

Tarefa Experimental

Para esta etapa, 76 tentativas tiveram menos de 3 reproduções com número de intervalos produzidos inferior ou superior a 9. Assim, foram consideradas como erro e, portanto, descartadas.. A tabela 2 resume a distribuição das tentativas inválidas, por grupo e por sequência rítmica.

Tabela 2: Distribuição das tentativas inválidas (erros) por grupo (ouvido absoluto – ABS e sem ouvido absoluto – NOA) por sequência rítmica (de 1 a 6) e por número de repetições (1, 2, 4 e 8 vezes).

GRUPO	SEQUÊNCIA1				TOTAL
	1.1	1.2	1.4	1.8	
ABS	2	0	0	0	2
NOA	2	1	0	1	4
	SEQUÊNCIA2				
	2.1	2.2	2.4	2.8	
ABS	5	4	0	1	10
NOA	2	1	0	1	4
	SEQUÊNCIA3				
	3.1	3.2	3.4	3.8	
ABS	3	4	0	2	9
NOA	3	2	2	1	8
	SEQUÊNCIA4				
	4.1	4.2	4.4	4.8	
ABS	5	0	1	1	7
NOA	4	2	1	2	9
	SEQUÊNCIAS5				
	5.1	5.2	5.4	5.8	
ABS	4	2	0	0	6
NOA	2	3	0	0	5
	SEQUÊNCIA6				
	6.1	6.2	6.4	6.8	
ABS	2	2	1	0	5
NOA	1	2	2	2	7
TOTAL	35	23	7	11	

Consideraram-se como válidas as tentativas em que 3 ou 4 reproduções de uma sequência rítmica apresentaram o mesmo número de intervalos das sequências originais. No total, 384 tentativas foram computadas, sendo que 308 foram consideradas válidas, ou seja, 76,4% das reproduções coletadas. Destas, o grupo com ouvido absoluto (ABS) validou 152 (50,4%) e o grupo sem ouvido absoluto (NOA) 156 tentativas (50,6%). A sequência rítmica 1 foi a que apresentou maior índice de tentativas válidas em ambos os grupos (14 no grupo ABS e 12 no grupo NOA). As sequências que obtiveram o menor índice de tentativas válidas foram as sequências 3 (11 validadas no grupo ABS e 12 no grupo NOA) e 4 (13 validadas no grupo ABS e 11 no grupo NOA). Considerando-se o número de apresentações das sequências rítmicas, em todas elas observou-se um número menor de tentativas válidas quando apresentadas apenas uma vez, em ambos os grupos. A sequência 1.1 e a sequência 6.1 foram as que obtiveram o maior índice de respostas validadas ao longo do experimento. As sequências 2.1 e 4.1 foram as que apresentaram o menor número de tentativas válidas., em ambos os grupos.

Não se observaram diferenças significativas entre os grupos em termos de durações dos intervalos produzidos [$F(1, 1200) = 0,89$; $p=0,34$]. O grupo ABS apresentou duração de intervalo média de 1,0496 (ms) com desvio padrão de 0,1260. Já o grupo NOA apresentou duração de intervalo média de 1,0428 (ms) com desvio padrão de 0,1229.

Considerando apenas os efeitos das quatro reproduções para cada sequência ouvida, a análise mostra que não há diferença significativa em relação à duração dos intervalos (ms) [$F(3, 1200) = 1,26$; $p=0,21$]. Observou-se que a primeira reprodução de cada sequência apresentou duração média menor do que a quarta reprodução, indicando maior acurácia no início da tentativa do que no final. Seguem os valores do tempo de duração média (ms) e desvio padrão para cada uma das quatro tentativas:

- Reprodução 1: média de 1,0278(ms) e desvio padrão de 0,1108;
- Reprodução 2: média de 1,0479(ms) e desvio padrão de 0,1266;
- Reprodução 3: média de 1,0545(ms) e desvio padrão de 0,1197;
- Reprodução 4: média de 1,0556(ms) e desvio padrão de 0,1384.

Considerando todas as amostras estudadas, não há indícios de diferenças significativas quanto à duração dos intervalos produzidos nas seis sequências rítmicas. Abaixo, seguem os valores da média de desvio padrão da duração média do intervalo (ms) para cada uma das seis sequências:

- Sequência 1: média 1,0336 (ms) e desvio padrão de 0,0968;
- Sequência 2: média 1,0585 (ms) e desvio padrão de 0,1152;
- Sequência 3: média 1,0651 (ms) e desvio padrão de 0,1919;
- Sequência 4: média 1,0344 (ms) e desvio padrão de 0,1009;
- Sequência 5: média 1,0620 (ms) e desvio padrão de 0,1339;
- Sequência 6: média 1,0269 (ms) e desvio padrão de 0,0807.

A análise das tentativas válidas focalizou o desempenho de cada grupo em relação às seis sequências rítmicas. Utilizando-se a razão entre os intervalos produzidos e os intervalos originais de cada sequência, uma ANOVA revelou diferença significativa na acurácia para reprodução da sequência 3, no grupo com ouvido absoluto [F (5, 617) = 4,02; $p \leq 0,001$], como apresentado na figura 10. Nesta sequência, a razão entre os intervalos produzidos e os intervalos originais foi maior do que nas demais. Considerando-se todos os intervalos produzidos na sequência 3, a tentativa 3.1 foi a que apresentou o maior desvio na produção dos intervalos, sugerindo diferença significativa em comparação com a produção dos demais intervalos [F (23, 617) = 2,81; $p \leq 0,001$].

Fig10 - Desempenho do grupo com ouvido absoluto em cada sequência rítmica, considerando-se a média das razões produzidas pelos participantes.

O grupo sem ouvido absoluto não apresentou diferenças significativas na acurácia de reprodução das sequências [F (3, 582) = 1,21; $p = 0,306$], considerando-se a média da razão dos intervalos produzidos e os intervalos originais (figura 11).

Fig. 11 – Desempenho do grupo sem ouvido absoluto em cada sequência rítmica, considerando-se a média das razões produzidas pelos participantes.

Considerando-se a média das razões entre os intervalos produzidos e os intervalos originais gerados em cada sequência rítmica, uma MANOVA não revelou índice de significância superior ao intervalo de confiança adotado ($p \leq 0,05$). Nesta condição (figura 12), não se observou diferença significativa [$F(1, 23) = 1,01$; $p = 0,45$] no desempenho dos grupos com e sem ouvido absoluto.

Fig. 12 – Média das razões produzidas pelos grupos com ouvido absoluto (ABS) e sem ouvido absoluto (NOA), nas sequências rítmicas apresentadas. No eixo X, observam-se as sequências rítmicas com o respectivo número de apresentações em cada tentativa (1.1, 1.2, 1.4, 1.8 etc.). O eixo Y apresenta a média das razões entre os intervalos produzidos e os intervalos originais de cada sequência rítmica.

Comparando-se o desempenho de ambos os grupos em cada sequência rítmica isolada, os resultados encontrados são descritos a seguir:

Sequência 1 – não foi encontrada diferença significativa em relação à média das razões produzidas entre as tentativas [$F(1, 225) = 1,59$; $p = 0,208$], conforme figura 13.

Fig. 13 – Média das razões produzidas pelos grupos, nas tentativas válidas da sequência 1.

Sequência 2 – não se observaram diferenças significativas, considerando-se a média das razões produzidas [$F(1, 190) = 0,05$; $p = 0,829$], conforme figura 14.

Fig. 14 – Média das razões produzidas pelos grupos, nas tentativas válidas da sequência 2.

Sequência 3 – observou-se que o grupo sem ouvido absoluto obteve desempenho melhor do que o grupo com ouvido absoluto [$F(1, 183) = 4,29$; $p \leq 0,05$], conforme figura 15.

Fig. 15 - Média das razões produzidas pelos grupos, nas tentativas válidas da sequência 3.

Sequência 4 – não se observou diferença significativa entre os grupos [$F(1, 187) = 0,07$; $p = 0,791$, conforme figura 16.

Fig. 16 - Média das razões produzidas pelos grupos, nas tentativas válidas da sequência 4.

Sequência 5 – também não se observou diferença significativa no desempenho dos grupos [$F(1, 208) = 0,15$; $p = 0,703$, de acordo com figura 17.

Fig. 17 - Média das razões produzidas pelos grupos, nas tentativas válidas da sequência 5.

Sequência 6 – não houve diferença significativa no desempenho, de acordo com os resultados obtidos [$F(1, 202) = 0,74$; $p = 0,392$, conforme figura 18.

Fig. 18 - Média das razões produzidas pelos grupos, nas tentativas válidas da sequência 6.

Realizou-se, ainda, uma ANOVA para medir a evolução do desempenho dos participantes, em função do número de apresentações de cada sequência rítmica (figura 19). De acordo com os resultados, o número de apresentações não exerceu efeito na acurácia para a reprodução das sequências apresentadas, tanto para o grupo ABS [$F(23, 133) = 1,341$; $p = 0,154$], quanto para o grupo NOA [$F(23, 127) = 1,3$; $p = 0,181$].

Fig. 19 – Evolução do desempenhos dos grupos em função do número de apresentações das sequências rítmicas.

Discussão

A adoção da tarefa psicofísica permitiu medir, de forma objetiva, o desempenho de ambos os grupos. A aplicação do procedimento experimental com apresentações não-randomizadas das sequências rítmicas também propiciou que as respostas dos participantes estivessem sob controle dos estímulos, o que, por si, aponta uma vantagem relevante em comparação ao ensaio experimental.

No entanto, os resultados observados no desempenho dos grupos podem ser devidos a algum entre os fatores discutidos a seguir: considerando-se a necessidade de reprodução de intervalos com valores entre 200ms e 800ms, a utilização de mouse para registro das respostas pode exercer algum efeito na precisão do registro temporal da resposta do participante (Plant, Hammond & Whitehouse, 2003). No entanto, é importante salientar, que estudos relativos à latência da resposta obtida em softwares psicofísicos indicam o aumento dessa latência quando forem utilizadas as teclas de um teclado. Assim, embora o comportamento de percutir, com auxílio do teclado, aparente ser mais natural na reprodução rítmica, as possíveis perdas de precisão no registro temporal das respostas pode produzir vieses na coleta de dados, bem como na interpretação dos resultados. Ainda, embora munidos de fones de ouvido, a percussão de teclas em um teclado também podem gerar ruído que funcionaria como um estímulo distrator para os participantes.

Embora o experimento tenha se baseado em estudos prévios (Povel & Essens, 1985) e, ao final de cada sessão experimental, tanto o conforto no uso dos equipamentos quanto a dificuldade na execução da tarefa tenham sido registrados, um dos participantes relatou que, ao longo da reprodução de algumas sequências, não teve certeza do bom funcionamento do mouse. Outro aspecto a se considerar é o número de participantes da amostra que pode, em maior ou menor grau, refletir a ausência de efeito no desempenho da tarefa psicofísica. Estudos posteriores que possibilitem a utilização de periféricos que gerem dados com uma menor latência no registro das respostas produzidas em equipamentos de computador, como *drum pad* (instrumento percussivo eletrônico utilizado para a geração de padrões rítmicos), podem fornecer um controle maior dessas variáveis e, conseqüentemente, produzir dados que possibilitem conclusões mais seguras a esse respeito.

O controle da variável mnemônica teve como objetivo discutir os possíveis efeitos da memória no resultado obtido na reprodução de sequências rítmicas em ambos os grupos. Desempenhos superiores na tarefa poderiam ser justificados por uma melhor memória. Assim, os dados refletiriam um efeito mnemônico, ao contrário da habilidade meramente rítmica na reprodução dos padrões apresentados. Complementarmente, também não se observaram diferenças significativas em relação ao processamento de informação mnemônica linguística.

Embora estudos linguísticos sugiram processamento distinto de informação rítmica em pessoas com ouvido absoluto, os resultados encontrados neste estudo sugerem processamento semelhante de ritmo em pessoas com e sem a habilidade. Nesse sentido, a identificação mais acurada de uma determinada frequência sonora não parece implicar no processamento diferenciado do ritmo, ao menos, no que diz respeito à reprodução de sequências rítmicas.

Inicialmente, é importante destacar que tarefas linguísticas pressupõem características distintas das encontradas em contexto musical. Magne et al. (2005), por exemplo, salientam o fato de que ritmo, em contexto musical, refere-se à forma como um ou mais sons são agrupados em relação a um determinado batimento. Em contrapartida, na linguagem, ritmo pode ser definido como a organização temporal de elementos que participam da estruturação prosódica de enunciados (contorno melódico e acentuação). Em outras palavras, a periodização dos elementos para a compreensão rítmica é essencial no processamento musical enquanto, na fala, esta não é uma condição essencial para sua compreensão, como ocorre, por exemplo, em línguas em que o início das palavras tendem a ser acentuadas (Patel, 2003).

Outro aspecto a se considerar é a modularidade cerebral para atividades linguísticas e musicais. Há evidências de sobreposição significativa de estruturas cerebrais para o processamento de informações de ambos os conteúdos. Por exemplo, Koelsch, Kasper, Sammler, Schulze, Gunter & Friederici (2004) observaram a ativação das mesmas estruturas para o processamento de informação semântica musical e linguística. Brown, Martinez e Parsons (2006) observaram ativação das áreas de Broca, córtex motor, tálamo, ínsula nas tarefas de produção de melodias e frases; Koelsch, Schulze, Sammler, Fritz, Muller & Gruber (2009) notaram a mesma topografia de ativação de estruturas corticais e subcorticais em tarefa de recordação de conteúdos verbais e melódicos. Em conjunto, estes achados sugerem estruturas

comuns para o processamento de ambos os conteúdos e que ocorre, normalmente, no hemisfério esquerdo, ou dominante.

No entanto, Peretz (2009) chama atenção para o fato de que a arquitetura funcional cerebral envolvida na análise rítmica, métrica e expressão emocional ainda é pouco conhecida, o que expõe limitações quanto ao papel das estruturas cerebrais na resolução de tarefas de ritmo. O conjunto de estudos até o momento publicados permite apontar evidências de que, em músicos, o recrutamento de áreas do hemisfério esquerdo ocorra preferencialmente para o processamento de informações rítmicas, enquanto o hemisfério direito se mostra mais ativo para o processamento de informações métricas (Penhume, Zatorre & Feindel, 1999; Wilson, Pressing & Wales, 2002). Uma vez que o presente estudo se propôs estudar o fenômeno rítmico, sem considerar aspectos métricos de forma isolada, não é possível inferir quaisquer diferenças no processamento de informação estritamente métrica nesta população. . No entanto, vale ressaltar que estudos futuros são essenciais para verificar se tais afirmativas encontram suporte em dados controlados em laboratório.

Levando-se em conta o fenômeno do ouvido absoluto, a literatura indica assimetria na região do *planum temporale*. O volume diminuído desta estrutura no hemisfério direito poderia pressupor desempenho menos acurado, em pessoas com ouvido absoluto, uma vez que há estudos que sublinham a participação desta região no processamento de informação não-verbal e prosódica, na qual a informação rítmica é um componente importante (Shapleske et al., 1999; Skeide & Friederici, 2016). Entretanto, a expertise musical também influencia a forma como se processam os elementos da música. Pantev (1998), por exemplo, identificou a reorganização do córtex somatossensorial à medida em que músicos desenvolviam suas habilidades musicais. Elbert, Pantev, Wienbruch, Rockstroth & Taub (1995) observaram um aumento da representação cortical dos dedos em instrumentistas de cordas; Hirose, Kubota, Kimura & Sakakihara (2005) verificaram que crianças com ouvido absoluto apresentam ativação do hemisfério direito mais proeminente do que adultos com a mesma habilidade, em tarefa de rotulação de notas musicais. Assim, uma possibilidade é a de que a informação rítmica é processada da mesma forma em músicos, independentemente da habilidade de possuir ou não ouvido absoluto, sublinhando a participação do *planum temporale* no hemisfério esquerdo.

Traçando-se uma comparação com o protocolo adotado nesse estudo e aquele aplicado originalmente por Povel & Essens (1985), é possível apontar a ausência de

efeito semelhante quanto à melhora do desempenho na reprodução das sequências rítmicas em função do número de apresentações. Entretanto, é importante sublinhar que o experimento desses autores não se propunha a observar a acurácia na reprodução das sequências. Originalmente, testavam a evidência a hipótese de haver uma representação interna de padrões rítmicos, em função de regras de acentuação e agrupamento.

Outro fator implícito na obtenção dos resultados dessa pesquisa é sua realização com voluntários exclusivamente brasileiros. Comumente, a variação cultural e sua exposição a uma série de manifestações culturais musicais e linguísticas específicas podem refletir desempenho diferente daqueles observados no trabalho de Povel & Essens. Tomando-se como base os estudos de Cagliari (2009), é possível descrever os aspectos rítmicos da fala em duas categorias distintas. Na primeira, a acentuação das sílabas ocorre de maneira aproximadamente igual, conhecidas como línguas de ritmo silábico, como a língua francesa, por exemplo. Na segunda, a acentuação de cada sílaba depende de sua posição na palavra, como ocorre no português. É recorrente que cada língua, como ocorre no Brasil, possua propriedades rítmicas que variam de região para região. Ou seja, dentro de uma mesma cultura é possível desenvolver especificidades prosódicas bastante distintas que interferem diretamente na percepção e na produção da fala.

Como previamente citado, Danielle & Patel (2003) observaram que músicos compositores transferem elementos prosódicos característicos de sua linguagem materna para suas composições. Portanto, uma abordagem possível seria entender que as influências linguísticas de uma determinada cultura também possam interferir no desempenho de tarefas de reprodução rítmica de maneira distinta.

É importante, ainda, assinalar que neste estudo, tanto participantes com ouvido absoluto quanto os não portadores são músicos que não têm, em sua prática, o desenvolvimento ou aprimoramento da habilidade musical em instrumentos percussivos. Não se sabe, até o momento, se músicos com ouvido absoluto e que desenvolveram suas habilidades musicais em instrumentos percussivos poderiam apresentar um desempenho distinto daqueles aqui observados. Também, não foram controladas as habilidades rítmicas dos participantes. Estudos posteriores poderiam adotar como critério a apresentação de tarefas de ditado rítmico em participantes, a fim de comparar e observar o grau de habilidade nessas tarefas. Com isso, é possível estabelecer se a experiência prévia e o desenvolvimento da habilidade em tarefas

rítmicas podem influenciar os resultados observados na reprodução de sequências rítmicas.

Outro ponto relevante encontrado diz respeito à peculiaridade de que pessoas com ouvido absoluto encontraram dificuldade maior na sequência rítmica 3.1, não somente quando comparado a pessoas sem ouvido absoluto, mas considerando-se o desempenho das demais sequências no mesmo grupo. Ao mesmo tempo, observa-se que pessoas sem ouvido absoluto não apresentaram esse mesmo padrão de desempenho. Inicialmente, a característica que diferencia essa sequência rítmica das demais é que, enquanto o primeiro intervalo é de 200 ms e o segundo é de 600 ms, nas demais sequências rítmicas, os dois primeiros intervalos são de 200 ms ou 400 ms. Da mesma forma, é possível notar que o número de apresentações da sequência nas tentativas posteriores não indica qualquer diferença significativa, nem comparando-se com pessoas sem ouvido absoluto, nem dentro do próprio grupo de possuidores de ouvido absoluto.

Não foram encontradas publicações que discorram sobre a relação entre ouvido absoluto e habilidades rítmicas. Desta forma, a principal contribuição dos achados apresentados diz respeito à caracterização do fenômeno. Nesse sentido, destaca-se que o processamento diferenciado no processamento de frequências sonoras não exerce efeito na forma como a informação rítmica é percebida, sugerindo a participação de processos nervosos da mesma forma como ocorre em músicos sem ouvido absoluto.

Como conclusão, sugere-se que pessoas com ouvido absoluto não processam informações rítmicas de maneira distinta e que o processamento mais rápido de informações linguísticas (Masataka, 2011) não exerce efeito relevante no processamento de informação rítmica em contexto musical. Por fim, a investigação do processamento de componentes métricos em possuidores de ouvido absoluto pode ser uma investigação relevante para a ampliação da forma como a música é processada em pessoas com esta habilidade, considerando-se os achados destacados ao longo deste estudo.

Referências Bibliográficas

- Bachem, A. (1937). Various types of absolute pitch. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 9, 146-157.
- Bachem, A. (1955). Absolute pitch. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 27, 1180-1185.
- Baharloo, S., Johnston, P. A., Service, S. K., Gitschier, J. & Freimer, N. B. (1998). Absolute pitch: an approach for identification of genetic and nongenetic components. *The American Journal of Human Genetics*, 62(2), 224-231.
- Bailey, J. A. & Penhume, V. B. (2010). Rhythm synchronization performance and auditory working memory in early- and late-trained musicians. *Experimental Brain Research*, 204, 91-101.
- Bidelman, G. M., Hutka, S., Moreno, S. (2013). Tonal language speakers and musicians share enhanced perceptual and cognitive abilities for musical pitch: evidence for bidirectionality between the domains of language and music. *PLoS One*, 8(4), e60676. DOI: 10.1371/journal.pone.0060676.
- Brancucci, A., di Nuzzo, M. & Tommasi, L. (2009). Opposite hemispheric asymmetries for pitch identification in absolute pitch and non-absolute pitch musicians. *Neuropsychologia*, 47(13), 2937-2941.
- Brown, S., Martinez, M. & Parsons, L.M. (2006). Music and language side by side in the brain: a PET study of the generation of melodies and sentences. *European Journal of Neuroscience*, 23(10), 2791-2803.
- Cagliari, L. C. (2009). *Elementos da fonética do português brasileiro*. Paulistana Editora Limitada. São Paulo, SP.
- Chartrand, J.-P. & Belin, P. (2006). Superior voice timbre processing in musicians. *Neuroscience Letters*, 405(3), 164-167.
- Chen, X., Sim, M., Levi, D. S. & Sun, P. (2007). Risk averse in inventory management. *Operations Research*, 55(5), 828-842.

- Crummer, G. C., Walton, J. P., Wayman, J. W., Hantz, E. C. & Frisina, R. D. (1994). Neural processing of musical timbre by musicians, nonmusicians and musicians possessing absolute pitch. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 95(5), 2720-2727.
- Deutsch, D. (2002). The puzzle of absolute pitch. *Current Directions in Psychological Science*, 11(6), 200-204.
- Deutsch, D. (2006). The enigma of absolute pitch. *Acoustics Today*, 2, 11-19.
- Deutsch, D., Dooley, K., Henthorn, T. & Head, B. (2009). Absolute pitch among students in an American music conservatory: Association with tone language fluency. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 125(4), 2398.
- Diniz, L. F. M., Cruz, M. F., Torres, V. M. & Cosenza, R. M. (2000). O teste de aprendizagem auditivo-verbal de Rey: normas para uma população brasileira. *Revista Brasileira de Neurologia*, 36(3), 79-83.
- Dohn, A., Garza-Villareal, E. A., Chakravarty, M., Hansen, M., Lerch, M & Vuust, P. (2015). [Gray- and White-Matter Anatomy of Absolute Pitch Possessors](#). *Cerebral Cortex*, 25(5), 1379-1388.
- Duffie, D., Pan, J. (1997). An overview of value at risk. *Journal of Derivatives*, 7-49.
- Elbert, T., Pantev, C., Wienbruch, C., Rockstroh, B., and Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science* 270, 305–307.
- Elliot, C. A. (1986). Rhythmic phenomena – Why the fascination? In Evans & Clynes (Ed.). *Rhythmic in psychological, linguistic and musical processes*. Illinois, Charles Thomas Publisher.
- Fraisse, P. (1982). Rhythm and tempo. In Deutsch (Ed.), *The psychology of music*. New York: Academic Press.
- Gregersen, P., Kowalsky, E., Kohn, N. & Marvin, E. (2000). Early childhood music education and predisposition to absolute pitch: Teasing apart genes and environment. *American Journal of Medical Genetics*, 98, 280-282.

- Hausen, M., Torppa, R., Salmela, V. R., Vainio, M. & Sarkamo, T. (2013). Music and speech prosody: a common rhythm. *Frontiers in Psychology*, 4. DOI: 10-3389/fpsyg.2013.00566.
- Herdener, M., Humbel, T., Esposito, F., Habermeyer, B, Ludewig, K., C. & Seifritz, E. (2014). Jazz drummers recruit language-specific areas for the processing of rhythm structures. *Cerebral Cortex*, 24, 836-843.
- Hirose, H., Kubota, M., Kimura, I. & Sakakihara, Y. (2005). Increased right auditory cortex activity in absolute pitch possessors. *Neuroreport*, 16(6), 1775-1779.
- Husain, G., Thompson, W. F. & Schellenberg, E. G. (2002). Effects of musical tempo and mode on arousal, mood and special abilities. *Music Perception*, 20(2), 151-171.
- Iyer, V. S. (1998). *Microstructures of feel, macrostructures of sound: embodied cognition in west african and african-american musics*. Thesis: University of California, Berkeley. Disponível em: <http://archive.cnmat.berkeley.edu/People/Vijay/%20THESIS.html>
- Jancke, L., Langer, N. & Hanggi, J (2012). Diminished Whole-brain but Enhanced Peri-sylvian Connectivity in Absolute Pitch Musicians. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(6), 1447-1461.
- Jones, M. R., Moynihan, H., MacKenzie, N. & Puente, J. (2002). Temporal aspects of stimulus- driven attending in dynamic arrays. *Psychological Science*, 13(4), 313-319.
- Keenan, J. P., Thangaraj, V., Halpern, A. R. & Schlaug, G. (2001). Absolute pitch and planum temporale. *Neuroimage*, 14, 1402-1408.
- Kim, S. G & Knosche, T. R. (2016). Intracortical myelination in musicians with absolute pitch: Quantitative morphometry using 7-T MRI. *Human Brain Mapping*, 37(10), 3486-3501.
- Koelsch, S., Kasper, E., Sammler, D., Schulze, K., Gunter, T. & Friederici, A. (2004).

- Music, language and meaning: brain signatures of semantic processing, *Nature*, 7(3), 302-307.
- Koelsch, S., Schulze, K., Sammler, D., Fritz, T., Muller, K. & Gruber (2009). Functional architecture of verbal and tonal working memory: an fMRI study. *Human Brain Mapping*, 30(3), 859-873.
- Krumhansl, C. L. (2000). Rhythm and pitch in music cognition. *Psychological Bulletin*, 126(1), 159-179.
- Lerdahl, F. & Jackendoff, R. S. (1983). *A generative theory of tonal music*. The MIT Press: Cambridge, London.
- Levitin, D. J. (1994). Absolute memory for musical pitch: evidence from the production of learned memories. *Perception & Psychophysics*, 56(4), 414-423.
- Levitin, D. J. & Rogers, S. E. (2005). Absolute pitch: perception, coding, and controversies. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(1), 26-33.
- London, J. (2012). *Hearing in time: psychological aspects of musical meter*. Oxford University Press: New York.
- Luria, A. R. (1981). *Fundamentos de Neuropsicologia*. EDUSP, São Paulo, SP.
- Masataka, N. (2011). Enhancement of speech-relevant auditory acuity in absolute pitch possessors. *Frontiers in Psychology*, DOI: 10.3389/fpsyg.2011.00101
- McAuley, J. D. (2010). *Tempo and rhythm*. In: M. R. Jones et al. (Eds.). Springer Handbook of Auditory Research (pp. 165-199). DOI: 10.1007/978-1-4419-6114-3
- Miyazaki, K. (1998). Musical pitch identification by absolute pitch possessors. *Perception & Psychophysics*, 44(6), 501-512.
- Miyazaki, K. & Rakowski, A. (2002). Recognition of notated melodies by possessors and nonpossessors of absolute pitch. *Perception & Psychophysics*, 64, 1337-1345.
- Oeschlin, M. S., Meyer, M. & Jancke, L. (2009). Absolute pitch: functional evidence

- of speech relevant auditory acuity. *Cerebral Cortex*, 20(2), 447-455.
- Pantev, C., Oostenveld, R., Engelien, A., Ross, B., Roberts, L. E., and Hoke, M. (1998). Increased auditory cortical representation in musicians. *Nature* 392, 811–814.
- Parncutt, R. & Levitin, D. J. (2001). Absolute pitch. In: SADIE, S. (Ed.), *New Grove Dictionary of Music and Musicians*, New York: St. Martins Press, 37-39.
- Patel, A. D. (2008). *Music, language and the brain*. Oxford University Press: New York, New York.
- Patel, A.D. (2003b). Rhythm in language and music: parallels and differences. *Annual New York Academy of Science*, 999, 140-143.
- Patel, A. D. & Daniele, J. R. (2003). An empirical comparison of rhythm in language and music. *Cognition*, 87, B35-B45.
- Penhune, V.B.; Zatorre, R.J. & Feindel, W.H. (1999). The role of auditory cortex in retention of rhythmic patterns as studied in patients with temporal lobe removals including Heschl's gyrus. *Neuropsychologia*, 37 (3), 315-331.
- Peretz, I. (2009). Music, language and modularity frame in action. *Psychologica Belgica*, 49(2&3), 157-175.
- Plant, R. R., Hammond, N. & Whitehouse, T. (2003). How choice of mouse may affect response timing in psychological studies. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 35(2), 276-284.
- Povel, D. J. & Essens, P. (1985). Perception of temporal patterns. *Music Perception*, 2(4), 411-440.
- Povel, D. J. & Okkerman, H. (1981). Accents in equitone sequences. *Perception & Psychophysics*. 30, 565-572.
- Profita, J. & Bidder, T. G. (1988). Perfect pitch. *American Journal of Human Genetic*, 29, 763- 771.

- Ross, D. A., Gore, J. C. & Marks, L. E. (2005). Absolute pitch: Music and beyond. *Epilepsy & Behavior*, 7, 578-601.
- Schellenberg, E. G. (2004). Music lessons enhance IQ. *Psychological Science*, 15, 511-514.
- Schellenberg, E. G. & Trehub, S. (2003). Good pitch memory is widespread. *Psychological Science*, 14(3), 262-266.
- Schlaug, G., Jancke, L., Huang, Y. & Steinmetz, H. (2009). In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians. *Science*, 267, 699-701.
- Schulze, K., Gaab, N. & Schlaug, G. (2009). Perceiving pitch absolutely: comparing absolute and relative pitch possessors in a pitch memory task. *Neuroscience*, 10:106. DOI: 10.1186/1471-2202-10-106
- Schulze, K., Mueller, K. & Schulze, S. (2012). Auditory stroop and absolute pitch: an fMRI study. *Human Brain Mapping*, DOI: 10.1002/hbm.22010.
- Shapleske, J., Rossell, S.L., Woodruff, P.W.L & David, A.S. (1999). The planum temporale: a systematic, quantitative review of its structural, functional and clinical significance. *Brain Research*, 29, 26-49.
- Skeide, M. A., Friederici, A. (2016). The ontogeny of the cortical language network. *Nature Reviews, Advance Online Publication*, 1-10.
- Steinmetz, H. (1996). Structure, function and cerebral asymmetry: in vivo morphometry of the planum temporale. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 20(4), 587-591.
- Takeuchi, A. H. & Hulse, S. H. (1993) Absolute pitch. *Psychological Bulletin*, 113, 345-361.
- Theusch, E. & Gitschier, J. (2011). Absolute pitch twin study and segregation analysis. *Twin Research and Human Genetics*, 14(2), 173-178.
- Thompson, W. F., Schellenberg, G., Husain, G. (2004). Decoding speech prosody: do music lessons help? *Emotion*, 4(1), 46-64.

- Ward, W. D. (1999). Absolute pitch. In D. Deutsch (Ed.), *The Psychology of Music* (pp. 265-294). San Diego, California: Academic Press.
- Wengenroth, M., Blatow, M., Heineck, A., Reinhardt, J., Stippich, C., Hofmann, E. & Schneider, P. (2014). Increased volume and function of right auditory cortex as a marker for absolute pitch. *Cerebral Cortex*, 24(5), 1127-1137.
- Wilson, S.J.; Pressing, J.L. & Wales, R.J. (2002). Modelling rhythmic function in a musician post-stroke. *Neuropsychologia*, 40 (8), 1494-1505.
- Zatorre, R. J. (2003). Absolute pitch: a model for understanding the influences of genes and development on neural and cognitive functions. *Nature Neuroscience*, 6(7), 692-695.

ANEXO I

Questionário Demográfico

Nome:

Sexo: () Masculino () Feminino

Idade:

Profissão:

Local de Nascimento:

Telefones para contato e E-mail:

Assinale a(s) alternativa(s) que melhor se aplicam a você, referente a estudos musicais:

Possuo somente estudo teórico em música ()

Possuo somente estudo prático em música ()

Possuo tanto estudo teórico quanto estudo prático em música ()

Leio partitura ()

Não leio partitura ()

Em relação à sua prática musical vocal:

() *Não sou cantor*

() *Sou cantor eventual*

() *Sou estudante de canto*

() *Sou cantor profissional*

Especifique o seu tempo de estudo formal em canto, caso seja cantor:

Você toca ou pratica algum instrumento musical? () Sim () Não

Qual (ou quais) instrumentos musicais você toca profissionalmente ou já estudou formalmente? _____

Qual seu instrumento principal, atualmente?

Há quanto tempo você estuda esse instrumento? _____

Com que idade iniciou estudos musicais? _____

Qual foi o instrumento em que você aprendeu teoria musical? _____

Em que cidade você iniciou sua educação musical?

Se você não é natural do Brasil, há quanto tempo mudou-se para cá?

Você possui Ouvido Absoluto? () Sim () Não

Obrigado por responder a este questionário!

ANEXO II

TESTE DE APRENDIZAGEM AUDITIVO-VERBAL (DE REY) RAVLT

Nome: _____

Examinador: _____ Data: _____

Lista A	A1	A2	A3	A4	A5	Lista B	B1	A6	A7	Lista A
Tambor						Carteira				Tambor
Cortina						Guarda				Cortina
Sino						Ave				Sino
Café						Sapato				Café
Escola						Forno				Escola
Pai						Montanha				Pai
Lua						Óculos				Lua
Jardim						Toalha				Jardim
Chapéu						Nuvem				Chapéu
Cantor						Barco				Cantor
Nariz						Carneiro				Nariz
Peru						Canhão				Peru
Cor						Lápis				Cor
Casa						Igreja				Casa
Rio						Peixe				Rio

N- Corretas										
-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Lista para testar o reconhecimento

Sino (A)	Lar (SA)	Toalha (B)	Barco (B)	Óculos (B)
Janela (SA)	Peixe (B)	Cortina (A)	Estola (FA)	Bota (SB)
Chapéu (A)	Lua (A)	Flor (SA)	Pai (A)	Sapato (B)
Musica (SA)	Pino (FA)	Cor (A)	Água (SA)	Professor (SA)
Guarda (B)	Rua (FA)	Carteira (B)	Cantor (A)	Forno (B)
Nariz (A)	Ave (B)	Canhão (B)	Bule (SA)	Ninho (SB)
Chuva (SB)	Montanha (B)	Giz (SA)	Nuvem (B)	Filho (SA)
Escola (A)	Café (A)	Igreja (B)	Casa (A)	Tambor (A)

Papel (FA)

Asa (FA)

Peru (A)

Feixe (FB)

Rape (FA)

Lápis (B)

Rio (A)

Torno (FB)

Jardim (A)

Carneiro (B)

ANEXO III

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido do Participante

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa sobre ritmo, realizada junto ao Programa de Pós- Graduação em Neurociência e Comportamento da Universidade de São Paulo - USP, que tem por objetivo verificar como músicos processam ritmo, contribuir para a melhor caracterização da habilidade de ouvido absoluto e promover avanços nos estudos sobre como o cérebro processa a música.

Esta participação é voluntária, o que significa que não haverá qualquer tipo de benefício financeiro, em troca de sua participação. Você poderá desistir de participar desta pesquisa a qualquer momento, sem a necessidade de justificar acerca das razões de sua desistência. Da mesma forma, você poderá recusar-se a responder a qualquer pergunta ou questionário, caso sinta-se desconfortável com alguma pergunta. Ainda, perguntas que possam influenciar nos resultados só serão respondidas ao final da sessão.

Ocorrerá um único encontro para a realização da pesquisa. Nele, será realizado um teste de ouvido absoluto, em que se deverá identificar as notas musicais apresentadas; será aplicado, ainda, um teste de memória; após, será aplicado um experimento com tarefas de ritmo.

Durante o experimento, você será solicitado a ouvir uma sequência rítmica e, posteriormente, repetir o que você escutou, com o auxílio do botão de um mouse. O estudo levará cerca de 40 minutos.

Não haverá desconfortos ou riscos envolvidos em participar deste estudo. Durante os encontros, não lhe será pedido para fazer qualquer coisa que o deixe constrangido.

Suas respostas nesta pesquisa são sigilosas. As informações pessoais sobre o que você responderá neste estudo serão mantidas somente pelo investigador e seus colaboradores. Ninguém mais terá acesso aos seus dados.

Se o resultado desta pesquisa possibilitar uma publicação ou outro uso científico ou educacional, nenhum participante será identificado em nenhum destes materiais, sejam eles publicados ou não, bem como as informações que possibilitariam identificações serão substancialmente modificadas. Ainda, caso deseje, você poderá tomar conhecimento dos resultados deste estudo, após a sua conclusão.

Não haverá custos para você nesta participação, a não ser o tempo envolvido durante os procedimentos.

Caso concorde em participar deste estudo, por favor, rubrique a primeira página deste termo e assine no local adequado abaixo, indicando que: você leu ou que tenham lido para você e que está ciente deste “Termo de Consentimento”; concordando na participação do estudo, cuja descrição, natureza, riscos e benefícios foram devidamente explicados.

Este termo de consentimento livre e esclarecido foi elaborado em duas vias, sendo que uma é do participante e a outra ficará sob a guarda do pesquisador, sendo que esclarecimentos adicionais e reclamações poderão, a qualquer etapa de sua participação, ser obtidos junto ao pesquisador responsável ou ao Comitê de Ética, nos telefones e endereços eletrônicos abaixo informados.

Eu, _____
declaro concordar em participar dessa pesquisa de livre e espontânea vontade.

São Paulo, ____/____/____

Assinatura do participante

Assinatura do pesquisador

Pesquisador Responsável:

- Fabrizio Veloso Rodrigues, psicólogo e doutorando do curso de pós-graduação do Programa de Neurociência e Comportamento da Universidade de São Paulo - USP
Telefones: (11) 95219-1058
E-mail: velosof@usp.br

Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências Biomédicas - USP

Telefone: 11 3091-7733

E-mail: cep@icb.usp.br