FERNANDO ARAUJO NAJMAN

Percepção sensorial em contexto musical

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Humana e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

São Paulo

2017

FERNANDO ARAUJO NAJMAN

Percepção sensorial em contexto musical

Dissertação apresentada ao Departamento de Fisiologia Humana e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, para a obtenção do Título em Mestre em Ciências.

Área de concentração: Fisiologia Humana e Biofísica.

Orientador: Ronald Dennis Paul Kenneth Clive Ranvaud.

Versão corrigida. A versão original eletrônica encontra-se disponível tanto na Biblioteca do ICB quanto na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD).

São Paulo

2017

CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
Serviço de Biblioteca e informação Biomédica
do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

Ficha Catalográfica elaborada pelo(a) autor(a)

Araujo Najman, Fernando
Percepção Sensorial em Contexto Musical / Fernando Araujo Najman; orientador Ronald Dennis Paul Kenneth Clive Ranvaud. -- São Paulo, 2017.
62 p.

Dissertação (Mestrado)) -- Universidade de São Paulo, Instituto de Ciências Biomédicas.

1. cognição musical. 2. psicofísica. 3. tempo de reação. I. Dennis Paul Kenneth Clive Ranvaud, Ronald, orientador. II. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS

Candidato: Fernando Araujo Najman

Título da Dissertação: Percepção sensorial em contexto musical

Orientador: Ronald Dennis Paul Kenneth Clive Ranvaud

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa da Dissertação de Mestrado/Tese de Doutorado, em sessão publica realizada a **...../...../.....**, considerou o(a) candidato(a):

( ) Aprovado ( ) Reprovado

Examinador(a): Assinatura: .....
Nome: .....
Instituição: .....

Examinador(a): Assinatura: .....
Nome: .....
Instituição: .....

Examinador(a): Assinatura: .....
Nome: .....
Instituição: .....

Presidente: Assinatura: .....
Nome: .....
Instituição: .....

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Percepçao sensorial em contexto musical
Pesquisador: Ronald Dennis Paul Kenneth Clive Ranvaud
Área Temática:
Versão: 4
CAAE: 48347615.0.0000.5467
Instituição Proponente: Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo - ICB/USP
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.527.152

Apresentação do Projeto:

Percepçao sensorial em contexto musical

Pesquisador Responsável: Ronald Dennis Paul Kenneth Clive Ranvaud

Instituição Proponente: Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo - ICB/USP

Objetivo da Pesquisa:

Atendimento a pendências.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Sem alteração em razão da presente pendência

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Foram feitos vários comentários sobre o projeto que deverão ser considerados pelo Pesquisador entretanto, as pendências se ativeram ao TCLE.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE foi reescrito atendendo às observações.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências

Endereço: Av. Profº Lineu Prestes, 2415
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-7733 **Fax:** (11)3091-8405 **E-mail:** cep@icb.usp.br

Considerações Finais a critério do CEP:

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar a este Comitê, relatórios anuais (parciais e final), de acordo com a Resolução nº 466/12, item II, II.19 e II.20, do Conselho Nacional de Saúde.

Ao pesquisador cabe também finalizar o processo junto à Plataforma Brasil quando do encerramento deste.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_492391.pdf	02/05/2016 16:26:07		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEFernandoPercepcao.doc	02/05/2016 16:24:20	Fernando Araujo Najman	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoM3.pdf	05/08/2015 13:35:13		Aceito
Folha de Rosto	img002.jpg	05/08/2015 13:34:07		Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 03 de Maio de 2016

Assinado por:
Regina Scivoletto
(Coordenador)

Endereço: Av. Profº Lineu Prestes, 2415
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-7733 **Fax:** (11)3091-8405 **E-mail:** cep@icb.usp.br

Dedico essa dissertação aos meus pais, que me apoiaram e acompanharam por toda essa jornada e muito mais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao professor Ranvaud, por me orientar mesmo em tempos difíceis.

Agradeço ao Shiro por me ensinar a programar e pela orientação nos momentos necessários.

Agradeço ao Instituto de Biociências pela formação que me proporcionou durante a graduação, e que me permitiu realizar esse projeto.

Agradeço ao instituto de Ciências Biomédicas pelo ambiente e estrutura para a realização das pesquisas aqui apresentadas.

Agradeço ao Seya, a Madá e ao Pri pelo apoio durante a realização da pesquisa, especialmente perto do final.

Agradeço ao pessoal de rio claro não somente pelos momentos de descanso, mas também pelas conversas acadêmicas.

Agradeço também a todos os meus amigos que me acompanharam nesses últimos anos.

“Música é o espaço entre as notas”

Claude Debussy

RESUMO

NAJMAN, F. A. **Percepção sensorial em contexto musical.** 2017. 44 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Humana e Biofísica) – Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Uma sequência melódica não depende apenas de eventos discretos, mas também da tonalidade, uma estrutura holística que hierarquiza a expectativa dos ouvintes para as notas que devem ocorrer. Para melhor compreender o funcionamento dos mecanismos cognitivos responsáveis pelo processamento dessa hierarquia, dois experimentos foram propostos. O primeiro experimento, pelo qual se verificou se o tempo de resposta simples de um participante a uma nota é influenciado pela sua relação tonal com o trecho apresentado, não encontrou nenhuma relação entre os tempos de resposta e as características melódicas dos estímulos. O segundo experimento testou se os tempos de resposta dos participantes para discriminarem uma determinada altura em iguais ou diferentes a uma altura apresentada em um momento anterior ao momento da coleta. Os resultados mostraram que os participantes foram capazes de realizar a tarefa, e apresentaram um tempo de resposta menor para uma nota um tom abaixo da nota esperada, um achado novo.

Palavras-chave: Cognição musical. Psicofísica. Tempo de resposta.

ABSTRACT

NAJMAN, F. A. **Sensory perception in musical context.** 2000. 44 p. Masters thesis (Human Physiology and Biophysics) – Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

A melodic sequence not only depends on discrete events, but also on the tonality, a holistic structure that hierarchize the listener expectancy to notes that should occur. To better understand the cognitive mechanisms responsible for this hierarchy, two experiments were developed. Through the first experiment, it's been tested if the simple reaction time of the participants in response to a note is influenced by its tonal characteristics, not finding any correlation between the collected reaction times and the melodic characteristics of the stimuli. The second experiment tested if the participant choice reaction time to discriminate a relative pitch presented in a different moment than a pitch presented earlier to the gathering. The results show that the participants, independently of musical training, are capable of performing the task, and present a smaller reaction time to the note one tone bellow the expected note, a new finding that didn’t match the expected characteristics used to guide the participant reaction.

Keywords: Musical Cognition. Psycophysics. Reaction time.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Cordas vibrando nas três primeiras frequências da série harmônica.....**18**

Figura 2 – Média dos valores atribuídos pelos participantes para cada nota ao final de uma escala de Dó maior.....**22**

Figura 3 – Caixa de resposta da marca PST e fone de ouvido da marca Sony utilizados nos dois experimentos.....**27**

Figura 4 – Média do tempo de resposta para cada nota ao fim da sequência 1, ordenas de mais dissonante em relação à nota esperada para menos dissonante.....**33**

Figura 5 – Média do tempo de resposta para cada nota ao fim da sequência 2 de mais dissonante em relação à nota esperada para menos dissonante.....**34**

Figura 6 – Média do tempo de resposta para cada nota ao fim da sequência 3, da mais aguda para a mais grave.....**35**

Figura 7 – *Boxplot* do experimento 2 contendo os tempos de resposta em segundos para cada nota.....**36**

Figura 8 – *Boxplot* do experimento 2 contendo os tempos de resposta dos particiapantes em segundos para ambas as sequências.....**37**

Figura 9 – *Boxplot* do experimento 2 contendo do tempo de resposta em segundos para todas as notas ao final de ambas as sequências:.....**38**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – A primeira coluna indica as sequências apresentadas em cada bloco de experimento 2…….....……**30**

Tabela 2 – Resultados das ANOVAS para cada condição do experimento 1, e para as interações entre as condições.…….....…..**32**

Tabela 3 – Resultados das ANOVAs realizadas com todas as notas coletadas no experimento 2.…….....…..**39**

Tabela 4 – Resultados das ANOVAs realizadas sem a nota 3 no experimento 2.....**39**

Tabela 5 – Média dos tempos de resposta após cada condição do experimento 2..**39**

Tabela 6 – Acurácia de cada participante no experimento 2.....…**39**

Tabela 7 – Acurácia média dos participantes para N1, N2, N3, N4 e N5.....**39**

Tabela 8 – Relações de frequência entre notas.…….....…**60**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....**15**
1.1 Cognição rítmica e melódica.....**16**
1.2 Conceitos teóricos.....**17**
1.2.1 Características de uma altura.....**17**
1.2.2 Tonalidade.....**18**
1.2.3 Elementos melódicos.....**20**
1.2.4 Estabilidade de uma nota.....**21**
1.2.5 Tempo de resposta como medida de estabilidade de uma altura.....**23**
1.3 Justificativa teórica dos experimentos.....**24**
1.3.1 Justificativa teórica do experimento 1.....**24**
1.3.2 Justificativa teórica do experimento 2.....**25**
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....**26**
2.1 Materiais.....**26**
2.2 Experimento 1.....**27**
2.2.1 Estímulos do experimento 1.....**27**
2.2.2 Participantes do experimento 1.....**28**
2.3 Experimento 2.....**29**
2.3.1 Estímulos do experimento 2.....**29**
2.3.2 Estímulos do experimento 2.....**29**
3 RESULTADOS.....**32**
3.1 Resultados do experimento 1.....**32**
3.2 Resultados do experimento 2.....**35**
4 DISCUSSÃO.....**40**
4.1 Discussão do experimento 1.....**40**
4.2 Discussão do experimento 2.....**40**
4.2.1 Acurácia.....**40**
4.2.2 Tempos de resposta.....**41**
5 CONCLUSÕES.....**43**
6 REFERÊNCIAS.....**44**

ANEXOS

A – TCLE.....**48**

B – SCRIPT EXPERIMENTO 1 .....**51**

C – SCRIPT EXPERIMENTO 2.....**55**

APÊNDICE

A – GLOSSÁRIO.....**59**

1 INTRODUÇÃO

Dentre os comportamentos musicais do ser humano “ouvir música”, ao contrário da produção desta, não depende de treinamento musical. A presença deste comportamento em todas as culturas dos últimos trinta mil anos (CONARD; MALINA; MÜNZEL, 2009) indica que a habilidade de compreender e apreciar músicas é natural de *Homo sapiens*, e, portanto, utiliza mecanismos cognitivos inatos. Ao mesmo tempo existe um fator de aprendizado na forma como apreciamos música, tanto culturalmente (BALKWILL; THOMPSON, 1999) quanto individualmente (CRUMMER et al., 1994). Diferenciar o que é aprendido do que é inato é desafiador em qualquer comportamento humano, e a música não é uma exceção, pois uma pessoa ao ouvir uma música reage a ela como um todo, e não somente a cada elemento apresentado individualmente, tornando a formulação de uma definição universal do termo música algo difícil (THOMPSON et al., 2009), em especial pela existência de estilos musicais que tentam criar um efeito musical ignorando propositalmente algum aspecto (ex.: música atonal) (FORTE, 1973). Porém, ritmo e melodia, fora exceções pontuais, são características presentes na música independentemente de variações culturais, sendo consideradas as duas dimensões primarias da música (KRUMHANSL, 2001). Muitas músicas são somente trechos melódicos (que apresentam, de forma implícita, ritmo). Os processamentos dessas duas características não necessariamente evoluíram concomitantemente, dado que o registro arqueológico apresenta achados de possíveis instrumentos rítmicos anteriores (HUYGE, 1990) ao aparecimento de instrumentos melódicos (MORLEY, 2004) no gênero *Homo*, e estudos comportamentais e eletrofisiológicos mostram que somente partes do processamento cognitivo rítmico e melódico se sobrepõem (KRUMHANSL, 2000). Similaridades entre os dois tipos de processamento, no entanto, também existem, um exemplo sendo a capacidade de se reconhecer padrões em sequências repetitivas simples (NÄÄTÄNEN et al., 2007) e complexas (HONING, 2012).

1.1 Cognição rítmica e melódica

Nos estudos de cognição rítmica, verificou-se em humanos e em algumas espécies de aves a capacidade de se perceber um pulso regular (*beat*) em ritmos variantes (GRAHN; BRETT, 2007; PATEL et al., 2009). Essa capacidade não foi observada em macacos Rhesus (MERCHANT; HONING, 2014), o que mostra que essa característica humana não é uma sinapomorfia (característica presente no ancestral comum à ambas as espécies) do clado Catarrhini (macacos do velho e do novo mundo), que contém ambas as espécies. Isso é um forte indicio de que parte do processamento cognitivo musical humano é resultante do processo evolutivo que ocorreu na etapa mais recente da história evolutiva da espécie. Dado o comportamento complexo e diferenciado de *Homo sapiens*, pode-se conjecturar a existencia de um evento evolutivo que tenha resultado em um cenário mais amplo de mudanças comportamentais, niso incluso a música. Já se observou ao menos uma vez um chimpanzé em cativeiro apresentando um comportamento rítmico semelhante ao comportamento rítmico humano (DUFOUR et al., 2015), o que indica que esse comportamento específico, ritmco, pode ter surgido em um antepassado do gênero *Homo*. A cognição melódica também depende da capacidade de reconhecer padrões em sequências variantes, o que pode ser verificado em qualquer música tonal, obras nas quais os ouvintes são capazes de identificar, pela ordem e probabilidade de ocorrência das notas apresentadas, uma característica holística chamada tonalidade, caracterizada por uma hierarquização das notas no contexto apresentado.

A semelhança entre esses dois processamentos, rítmico e melódico, que ocorrem paralelamente no cérebro ao se ouvir uma música (KRUMHANSL, 2000), permite que o autor levante uma hipótese que o mecanismo de predição de eventos é o mesmo para ambos os casos. Porém ainda faltam evidências que confirmem tal afirmação, pois tanto os mecanismos cognitivos de predição rítmica como o mecanismo de predição melódica ainda não são completamente compreendidas. Os experimentos desse projeto foram realizados com cognição melódica, visando melhor compreender os mecanismos cognitivos desencadeados em resposta a melodias.

1.2 Conceitos teóricos

1.2.1 Características de uma altura

Para compreender de forma plena a cognição melódica é necessário estudar o processo cognitivo pelo qual um ouvinte identifica e classifica a frequência de um estímulo apresentado. Por mais que as tecnologias atuais permitam a produção de frequências puras, também chamadas de senoidais, na natureza esse tipo de evento sonoro é raro. Quando, por exemplo, pinçamos uma corda com extremidades fixas, ela vibra em uma frequência, f, resultado da oscilação de toda a corda. Observamos que a corda vibra também nos múltiplos de f (2f, 3f, 4f, 5f, …). Na frequência 2f o ponto central da corda não vibra, na frequência 3f dois pontos da corda não vibram, a um terço e dois terços de sua extensão, e assim por diante. Cada uma dessas frequências (2f, 3f, …), múltiplo da mais baixa (f) é denominada harmônico, e o conjunto delas com a fundamental formam uma série harmônica (Figura 1). A composição sonora de uma série harmônica é percebida como um som único, identificável por uma única frequência, a mais baixa do conjunto presente, por isso denominada de frequência fundamental. Caso se filtre a fundamental de um estímulo como descrito acima, um ouvinte continuará a identificar a frequência do estímulo apresentado como sendo a fundamental, mesmo estando esta ausente (HOUTSMA; SMURZYNSKI, 1990). Essa frequência identificada pelo ouvinte é chamada altura, que portanto não necessariamente está presente no estímulo e só existe na percepção subjetiva do ouvinte. Um estímulo sonoro gera um fluxo de energia por unidade de área no ar, denominado intensidade sonora, sendo essa energia distribuída entre as frequências presentes.

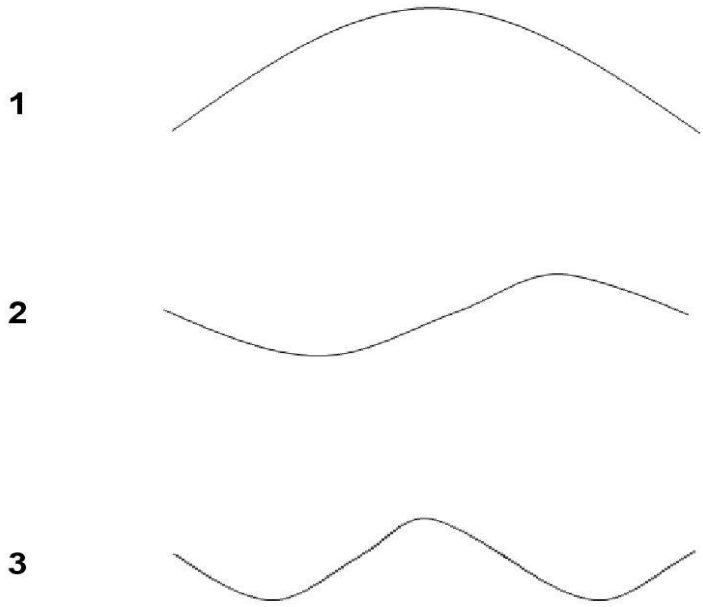

Figura 1 – Cordas vibrando nas três primeiras frequências da série harmônica: *Uma corda com extremidades fixas pinçada vibra em diferentes frequências, formando uma série harmônica. 1 representa a situação em que a corda vibra em f, 2 em 2f e 3 em 3f.*

1.2.2 Tonalidade

Outro conceito necessário para compreender o objetivo do presente trabalho é o conceito de tonalidade, terminologia originaria da teoria musical ocidental, e de grande interesse nos estudos de cognição musical (DAHLHAUS, 2014). A grande maioria das pessoas, ao ouvir ou produzir uma melodia usa como referências estruturas melódicas comuns em sua população. Uma fração pequena da população, porém, apresenta um quadro de amusia, não sendo capaz de reconhecer melodias, mesmo que familiares e muito comuns (AYOTTE; PERETZ; HYDE, 2002). Tais estruturas incluem a tonalidade de uma peça de música e são, em grande parte, aprendidos implicitamente, principalmente durante a infância (MATSUNAGA;

HARTONO; ABE, 2015). A tonalidade gera uma hierarquização das alturas identificadas em uma peça musical. As alturas que apresentam prioridade nessa hierarquia são usualmente relatadas por ouvintes como mais agradáveis ou mais estáveis, e a altura mais estável ao longo de uma melodia é denominado tônica (KRUMHANSL; SHEPARD, 1979).

A tônica de uma peça de música define sua tonalidade. Por exemplo, uma peça cuja tonalidade é Dó, tem Dó como nota mais comum na obra. Multiplicando-se a frequência de uma tônica por 3/2, obtêm-se uma frequência chamada de dominante, separada da tônica por um intervalo denominado quinta na música ocidental, que é a segunda altura mais estável quando usada como conclusão de uma sequência melódica (KRUMHANSL, 1979). Uma frequência entre a frequência de uma tônica e a da sua dominante resulta em uma altura considerada a menos estável dentre as três. Isso mostra que que alturas que apresentam uma similaridade por serem mais estáveis não necessariamente apresentam as frequências das suas fundamentais próximas.

Portanto, existem duas características que podem ser utilizadas para identificar similaridade entre duas alturas. A primeira, que se baseia em uma métrica logarítmica de frequências que gera um eixo percebido como grave/agudo. A segunda característica, é ligada à percepção dos intervalos entre as frequências sucessivamente apresentadas, é chamada de altura relativa (SHEPARD, 1964). O intervalo quinta é identificado pela altura relativa ao se apresentar qualquer par de notas com a mesma relação de frequências, mesmo que uma quinta seja entre notas graves, e a outra entre notas agudas. A melodia de “parabéns pra você” é corretamente identificada por qualquer ouvinte humano que a conheça independente da frequência em que se inicia, pois o que caracteriza a melodia para o ouvinte é a sequência de alturas relativas, e não se ela é tocada em frequências graves ou agudas.

Macacos Rhesus não são capazes de identificar a melodia como semelhante caso se inicie em frequências diferentes, com exceção das situações onde todas as frequências da melodia são multiplicadas por 2^n, (n inteiro, diferente de 0) (WRIGHT et al., 2000). Isso se deve ao efeito oitava, uma similaridade entre frequências separadas por esse intervalo, denominado de oitava, de modo que na teoria musical frequências separadas por oitavas fazem parte de uma mesma classe e recebem o mesmo nome, (Dó, Ré, Mi, etc.) (ALLEN, 1967), e se denomina que

essas frequências tem o mesmo croma. O efeito oitava foi verificado também em outras espécies, incluindo ratos (BLACKWELL; SCHLOSBERG, 1943). O fato de macacos Rhesus apresentarem dificuldade em perceber *beat* em sequências rítmicas e alturas relativas em melodias, corrobora a hipótese da existência de mecanismos evolutivamente recentes necessários para se identificar certos tipos de padrões na música.

1.2.3 Elementos melódicos

Os arquétipos mais comuns de estrutura melódica em diversas culturas são as escalas, outra terminologia própria da teoria musical e de interesse para os estudos de cognição musical. Escalas são construídas escolhendo algumas frequências entre as obtidas dividindo um intervalo de oitava em partes iguais. O número em que é dividida uma oitava varia de acordo com a cultura. Na cultura ocidental cada oitava é dividida em doze partes iguais, gerando doze alturas. A separação entre essas doze alturas sucessivas é chamada semitom. Se for começar com um Dó, seguem, na ordem, Do#, Ré, Ré#, Mi, Fá, Fá#, Sol, Sol#, La, La# e Si. Note-se que alterando a frequência da primeira nota, mudam todas as demais frequências, mas são preservadas as relações entre as doze frequências. Na tradição ocidental, dentre essas 12 alturas, são escolhidas sete para formar uma escala denominada heptatônica, como por exemplo a escala de Dó maior: [Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, La, Si].

Diferentes notas apresentadas simultaneamente são percebidas pelo ouvinte como um estímulo único, que apresenta propriedades não verificadas nas notas individualmente (PATEL, 2003). Três ou mais notas de cromas apresentadas simultaneamente são denominadas de acorde. Sequências de acordes são sequências harmônicas, que podem resultar em respostas distintas das respostas a sequências melódicas. Estudos com eletroencefalografia encontraram diferenças nas respostas a uma quebra de padrão entre sequências melódicas e sequências harmônicas (KOELSCH, 2010), o que indica a existência de diferenças no processamento cognitivo dessas duas características.

1.2.4 Estabilidade de uma nota

Diversos experimentos psicofísicos permitiram medir quantitativamente características subjetivas da percepção de estímulos sonoros. Uma destas características é o quão bem uma nota completa um trecho melódico, característica que aqui vamos denominar de estabilidade. A estabilidade de uma nota em um contexto melódico tonal é essencial tanto na composição de melodias quanto na compreensão da cognição melódica. Um experimento pioneiro em propor uma medição quantitativa para a estabilidade foi o de Krumhansl e Kessler (1982) (Figura 2), em que se apresentaram diversas notas ao final de uma sequência melódica, e se pediu aos participantes que atribuíssem um valor entre 0 e 7 para o quão bem a nota apresentada completava a sequência. Encontrou-se um padrão que se mantinha entre os participantes. Verificou-se esse padrão mais nitidamente entre músicos do que entre não músicos, mas presente em todos. Esse experimento permitiu uma primeira quantificação da hierarquização das notas em um contexto melódico. Seguiram outros experimentos reforçando os achados deste primeiro experimento (BHARUCHA; KRUMHANSL, 1983; CASTELLANO; BHARUCHA; KRUMHANSL, 1984; DEUTSCH; FEROE, 1981). Alguns destes outros experimentos testaram a estabilidade em contextos harmônicos, em vez de melódicos. Notas com baixa estabilidade apresentaram respostas eletrofisiológicas (EEG) similares (KOELSCH et al., 2001), porém não idênticas (KOELSCH, 2009), às respostas encontradas em outras quebras de padrões auditivos. Na área de cognição musical há forte tendência de associar notas que apresentam maior estabilidade com notas mais esperadas, o que implica a presença de algum mecanismo de predição no processamento neural de tonalidade.

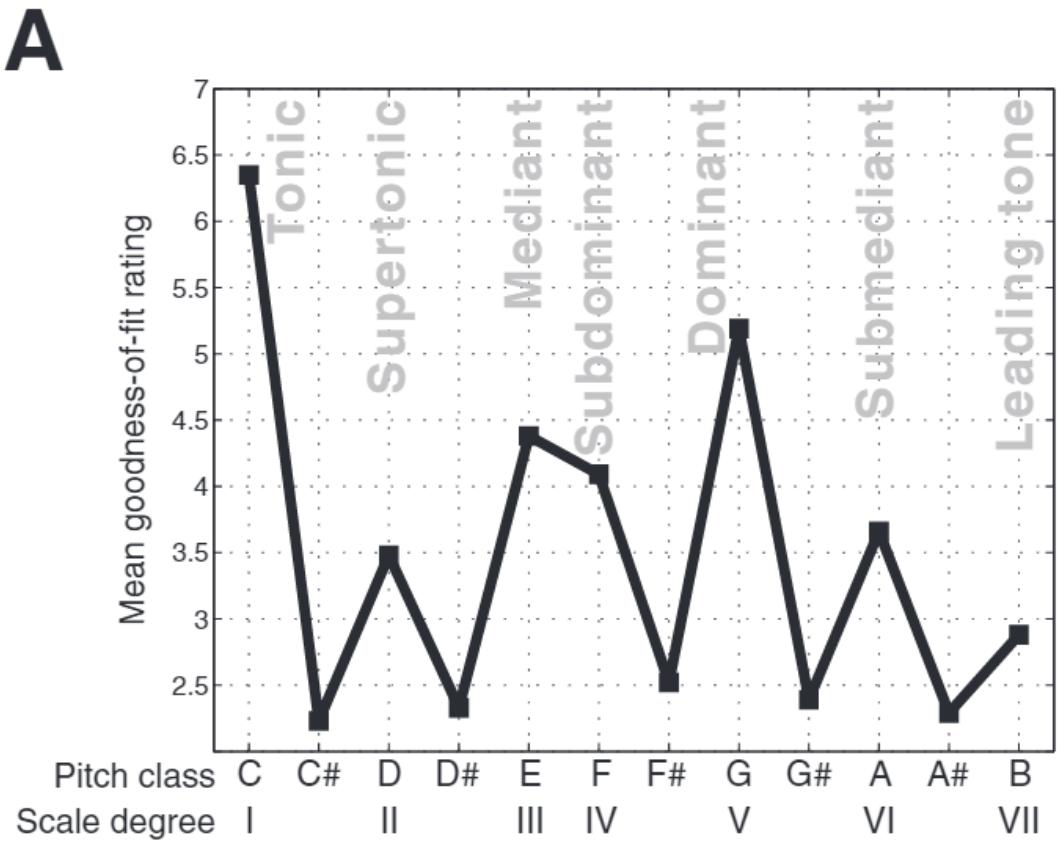

Figura 2 – Média dos valores atribuídos pelos participantes para cada nota ao final de uma escala de Dó maior (Krumhansl; Kessler, 1982).

1.2.5 Tempo de resposta como medida de estabilidade de uma altura

Uma metodologia psicofísica clássica que testa a similaridade entre sons percebidos, são experimentos que medem o tempo de resposta de participantes a diferentes estímulos sonoros em dado contexto musical (MARMEL; TILLMANN, 2009; MARMEL; TILLMANN; DELBÉ, 2010; TILLMANN; BHARUCHA, 2000). Um participante necessita de mais *feedback* sensorial para diferenciar dois estímulos similares, o que por sua vez levará a um maior processamento cognitivo que influenciaria os tempos de resposta dos participantes, resultando em respostas mais rápidas na hora de reagir a sons menos similares, e mais lentas ao reagir a estímulos similares. Verificou-se em diversos experimentos que a discriminação de notas cuja estabilidade é próxima, é mais difícil do que a discriminação de notas cujas estabilidades sejam muito diferentes (HYMAN, 1953).

Diversos estudos têm evidenciado a contribuição de dois fatores na discriminação de alturas: o fator sensorial e o fator cognitivo (COLLINS et al., 2014). O primeiro fator decorre do padrão das notas antecedentes, gerando uma expectativa quanto ao que segue, usando mecanismos de memória operacional. Tais expectativas decorrem do número de vezes que uma dada altura ocorreu recentemente, e da séria harmônica associada à peça musical, com um papel central da memória de curto prazo na expectativa melódica (BIGAND; TILLMANN; POULIN-CHARRONNAT, 2006). O fator cognitivo é a influência dos arquétipos melódicos implicitamente aprendidos pelos ouvintes ao longo da vida, que formam estruturas cognitivas que influenciam a resposta dos participantes, utilizando mecanismos de memória de longo prazo (COLLINS, 2014). Leman (2000) desenvolveu um modelo teórico que explica os achados de Krumhansl e Kessler (1982) usando apenas mecanismos de memória de curto prazo utilizando características presentes nas notas anteriores à nota de interesse.

1.3 Justificativa teórica dos experimentos

Na presente pesquisa foram realizados dois experimentos com o objetivo de melhor compreender os processos cognitivos desencadeados ao se ouvir uma melodia.

1.3.1 Justificativa teórica do experimento 1

O experimento 1 testou se existem diferenças nos tempos de resposta a notas com diferentes valores de estabilidade em um dado contexto melódico. Isso foi medido em um experimento de tempo de resposta simples, em que foram registrados tempos que participantes demoravam para responder a ocorrência de diferentes notas ao final de um mesmo trecho melódico. Considera-se que as diferenças nos tempos de resposta encontrados em outros experimentos sejam causadas pela necessidade de um maior processamento cognitivo para diferenciar dois estímulos percebidos como semelhantes, e não por diferenças no tempo que os participantes necessitam para responder a ocorrência do evento. Para realizar esse experimento, foram apresentadas notas ao final de três diferentes contextos, em que dois foram sete notas da escala maior, prevalente na música ocidental, começando da tônica, tanto com contorno ascendente quanto descendente, e o terceiro foi um contexto onde se apresentaram sete vezes um ruído branco. Os participantes foram instruídos a pressionar um botão o mais rápido possível, assim que ouvissem a nota de interesse. As notas apresentadas variaram em relação a ser consonantes com a tônica ou não, diatônicas ou não e em suas frequências. Sendo que o mecanismo de discriminação de alturas relativamente é evolutivamente recente (WRIGHT, 2000), se espera que sua atuação não apresente influencias sobre mecanismos evolutivamente antigos, como por exemplo o sistema de ativação reticular, mecanismo presente em diversos vertebrados responsável por respostas de alerta (KINOMURA et al., 1996), e portanto que os tempos de resposta obtidos para cada nota não sejam significativamente diferentes entre si.

1.3.2 Justificativa teórica do experimento 2

O experimento 2 teve como objetivo verificar se os tempos de resposta a eventos iguais ou diferentes de eventos ocorridos anteriormente seguem o padrão de estabilidade das notas como relatado nos achados da literatura. Considerando-se a existência de dois fatores na discriminação de notas em um contexto melódico, o fator sensorial e o fator cognitivo, questiona-se a caracterização deste processo cognitivo como sendo um mecanismo único de discriminação. Esse experimento parte de dois pressupostos. O primeiro é que, se os mecanismos de discriminação de altura relativa dependem exclusivamente de acontecimentos temporalmente próximos, os participantes não serão capazes de realizar uma tarefa em que devem decidir se uma nota é a mesma ou diferente de uma nota apresentada algum tempo antes. O segundo é que se os participantes são capazes de realizar esta tarefa, então existem dois mecanismos de discriminação de altura, um deles envolvendo memória de longo prazo no processamento melódico. Para isso, foi elaborado um experimento dividido em duas partes. Na primeira parte, chamada de fase de apresentação, uma nota, no caso a tônica, é apresentada repetidas vezes para um participante ao final de um contexto melódico. O contexto melódico escolhido foi uma escala maior, que é o mais familiar para ouvintes ocidentais. Para eliminar efeitos de contorno melódico, foram apresentadas escalas tanto ascendentes como descendentes. Em um segundo momento, chamado de fase de coleta, os participantes foram instruídos a identificar se a nota ao final de cada escala apresentada era idêntica ou não à nota que terminava as escalas da fase de apresentação. A resposta dos participantes foi coletada por meio de uma caixa de resposta, na qual botões diferentes deveriam ser pressionados caso a nota fosse igual ou diferente da nota da fase de apresentação, e se instruiu os participantes a responderem o mais rápido possível. Esperava-se que os tempos de resposta variassem de acordo com a nota apresentada, tempos de resposta menores sendo um indício de notas percebidas como menos similares pelos participantes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Os experimentos foram programados em GNU Octave, com o uso de scripts do Psychtoolbox v.3 (KLEINER; BRAINARD; PELLI, 2007), em um computador com sistema operacional Ubuntu. Os estímulos sonoros foram apresentados por um fone de ouvido supra-auricular da marca Sony (Sony Corporation, Minako, Japão), modelo MDR-10R/BME. Uma caixa de respostas Serial Response Box TM (Psychology Software Tools, PST Inc., Shapsburg, PA, Estados Unidos da América) foi utilizada para o registro de tempos de resposta (Figura 3). As intensidades sonoras foram medidas através de um decibelímetro Minipa MSL-1351 (Minipa, Bogotá, Colômbia). No primeiro experimento os estímulos sonoros foram frequências puras sinusoidais sintetizadas. No segundo experimento foram utilizadas gravações de notas de piano *mezzo forte* obtidas do site da University of Iowa (UNIVERSITY OF IOWA ELECTRONIC MUSIC STUDIOS, 2016). Os arquivos em formato aiff oferecidos foram convertidos em arquivos em formato estéreo (2 canais), à taxa de 44100 por segundo, com 1 segundo de duração, utilizando o pacote Audioread para MATLAB, e essas matrizes foram utilizadas para gerar os estímulos do segundo experimento. Recortes foram feitos quinhentas amostragens antes do início do som do instrumento.

Figura 3 – Caixa de resposta da marca PST e fone de ouvido da marca Sony utilizados nos dois experimentos: *Os participantes foram instruídos a responder com a mão direita pressionando com o indicador o botão mais à direita da sequência de botões, e com indicador mão esquerda o botão mais à esquerda da sequência.*

2.2 Experimento 1

2.2.1 *Participantes do experimento 1*

Na realização do experimento participaram 12 pessoas sem treinamento musical, conforme a definição de Müllensiefen et al. (2014). Os participantes tinham idade entre 18 e 33 anos, com média de 20 +- 4 anos, idade ideal para a percepção e identificação das notas em contexto melódico segundo Minghella, Russo e Pichora-fuller (2007). Em ambos os experimentos os participantes preencheram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), (Anexo A). Todos os participantes de ambos os experimentos eram alunos de graduação de algum dos cursos oferecidos pela Universidade de São Paulo.

2.2.2 Estímulos do experimento 1

Em ambiente silencioso e com luminosidade reduzida, foram apresentadas as seguintes duas sequências de notas com intensidades sonoras de ~60 dB e duração de 150 ms com rampas de subida e descida de 30 ms, tocadas em alternância, cinco vezes cada uma:

-[C3, D3, E3, F3, G3, A3, B3, C4]: sequência A;

-[C5, B4, A4, G4, F4, E4, D4, C4]: sequência B;

onde a sequência A é uma escala em Dó Maior ascendente, e a sequência B uma escala em Dó Maior descendente, ambas terminando na mesma nota.

Em seguida, um ponto de fixação do olhar aparecia na tela do computador e, após uma breve pausa de 500 ms, era apresentada uma das seguintes sequências (escolhidas aleatoriamente), compostas das primeiras 7 notas das sequências A e B, ou de ruídos brancos:

-[C3, D3, E3, F3, G3, A3, B3] - Sequência 1;

-[C5, B4, A4, G4, F4, E4, D4] - Sequência 2;

-[XX, XX, XX, XX, XX, XX, XX] - Sequência 3.

Nas sequências XX representa o som de ruído branco com mesma duração, intensidade sonora e rampa de subida e descida que as notas das sequências A ou B.

Finalmente, depois de um intervalo aleatório entre 300 e 1300 ms, era apresentada uma nota de mesma intensidade, duração e rampas de subida e descida, escolhida aleatoriamente entre:

{C4}, {C#4}, {B3}, {G4}, {G#4}, {G3}, {F#3}.

A tarefa do participante era pressionar um botão assim que escutasse essa última nota, sempre mantendo o olhar no ponto de fixação.

Cada uma das sete notas foi apresentada sete vezes ao final de cada uma das 3 possíveis sequências (1, 2 ou 3), totalizando cento e quarenta e sete tentativas ao longo de cada bloco (7 notas x 7 apresentações x 3 sequências prévias). A ordem de apresentação dessas notas foi escolhida de forma aleatória. Caso o participante tivesse respondido com um tempo de reação fora de um intervalo de 70 a 500 ms, o tempo de resposta não foi coletado e a tentativa foi reposta. Foram coletadas 294 respostas divididas em dois blocos de 147 tentativas cada, sendo as respostas em um bloco executada com a mão direita e no outro com a mão esquerda. Antes de

cada um desses blocos o participante passava por uma fase de treino de quinze tentativas, na qual era apresentado um *feedback* do tempo de resposta no fim de cada tentativa, sendo que esse tempo não era coletado. Esse treino tinha o objetivo de verificar se o participante entendeu corretamente as instruções, e se estava disposto a colaborar no experimento.

Todas as notas apresentadas eram tons sinusoidais, com rampas de subida e de descida lineares da intensidade sonora subindo/descendo de 0 dB a 60 dB nos primeiros/últimos 30 ms. O script utilizado no experimento 1 se encontra no anexo B.

2.3 Experimento 2

2.3.1 Participantes do experimento 2

O segundo experimento foi realizado com dez participantes, independente de treinamento musical prévio, de idades entre 19 e 28, com média de 23.45+-2.7 anos. Quatro participantes do experimento 1 também realizaram o experimento 2.

2.3.2 *Estímulos do experimento 2*

Em uma primeira fase, no mesmo ambiente do experimento 1, foram apresentadas alternadamente duas sequências (A’ e B’) compostas por notas com mesma intensidade sonora de ~60 dB e rampas de descida do experimento 1, mas com as seguintes diferenças:

a) eram gravações de notas de piano com durações de 300 ms;

b) 10 e não 5 apresentações, alternadas.

Essa fase foi chamada de fase de apresentação.

-[C3, D3, E3, F3, G3, A3, B3, C4]: sequência A’,

-[C5, B4, A4, G4, F4, E4, D4, C4]: sequência B’.

onde a sequência A' é uma escala em Dó Maior ascendente, e a sequência B' uma escala em Dó Maior descendente, ambas terminando na mesma nota.

Na segunda fase foi apresenta uma sequência de 7 notas, como no experimento 1, ascendente ou descendente, mas desta vez havia três sequências possíveis, tanto no caso ascendente como no caso descendente. Uma sequência era a mesma que

no experimento um, as outras duas eram transposições um semitom acima e um semitom abaixo:

Sequências ascendentes:

-[C3, D3, E3, F3, G3, A3, B3]: sequência 1';

-[B2, Db3, Eb3, E3, F#3, Ab3, Bb3]: sequência 1'b;

-[C#3, D#3, F3, F#3, G#3, Bb3, C4]: sequência 1'#.

Sequências descendentes:

-[C5, B4, A4, G4, F4, E4, D4]: sequência 2';

-[B4, Bb4, Ab4, Gb4, E4, Eb4, Db4]: sequência 2'b;

-[C#5, C5, Bb4, G#4, F#4, F4, D#4]: sequência 2'#.

A seguir era apresentado um ponto de fixação na tela do computador, e, depois de um intervalo entre 300 e 1300 ms era apresentada uma nota à qual o participante tinha que responder, sempre mantendo o olhar no ponto de fixação. A tarefa do participante (tempo de reação escolha) era pressionar um botão em resposta à última nota, escolhendo o botão de acordo com as seguintes instruções: um dos botões deveria ser pressionado caso a nota fosse igual à última nota das melodias, A' ou B' apresentadas ao começo do experimento, caso contrário deveria pressionar o outro botão. Caso o participante respondesse fora do intervalo entre 300 e 1300 ms após a apresentação da última nota, sua resposta era ignorada e a tentativa era reposta. As possíveis notas apresentadas após a sequência eram (Tabela 1):

	N1	N2	N3	N4	N5
[C3, D3, E3, F3, G3, A3, B3]/ [C5, B4, A4, G4, F4, E4, D4]	C4	B3	Bb3	C#4	D4
[B2, Db3, Eb3, E3, F#3, Ab3, Bb3]/ [B2, Db3, Eb3, E3, F#3, Ab3, Bb3]	B3	Bb3	A3	C4	C#4
[C#3, D#3, F3, F#3, G#3, Bb3, C4]/ [C#5, C5, Bb4, G#4, F#4, F4, D#4]	C#4	C4	B3	D4	D#4

Tabela 1 – A primeira coluna indica as sequências apresentadas em cada bloco de experimento 2: *As colunas dois a seis apresentam, nesta ordem, as notas 1, 2, 3, 4 e 5 de cada bloco.*

O objetivo era verificar se havia diferenças nas respostas aos diferentes estímulos imperativos (Ex: C4, Db4, D4, B3 e Bb3). Para cada vez que era apresentada uma das notas não tônicas, a tônica era apresentada, formando conjuntos de apresentação de oito tentativas (1 + 1 + 1 + 1 + 4 = 8 tentativas). Para conseguir uma amostra suficientemente representativa, esses conjuntos foram repetidos cinco vezes (8 x 5 = 40 tentativas) para cada uma das duas sequências: ascendente ou descendente (40 x 2 = 80 tentativas), totalizando um total de oitenta tentativas por bloco, e havendo três blocos (um igual ao experimento 1 e os outros dois transcritos um semitom acima ou abaixo) para um total de duzentos e quarenta tentativas ao final dos três blocos (3 x 80 = 240 tentativas).

Cada participante realizou o experimento duas vezes (em dias distintos, em um período de no máximo duas semanas). Para metade dos participantes, no primeiro experimento o botão direito deveria ser pressionado caso a nota apresentada fosse igual à última nota da fase de apresentação, e o botão esquerdo caso fosse diferente, invertendo isso no segundo experimento. A outra metade realizava os experimentos na ordem inversa.

Antes de cada experimento, foi realizada uma fase de treino na qual o participante deveria realizar vinte repetições da tarefa. Ao final das vinte repetições, caso o participante acertasse a acurácia de cinco tentativas seguidas, a fase de treino se encerrava, caso contrário, a fase de treino continuava até o participante conseguir acertar a resposta cinco vezes seguidas. No treino após cada resposta, o participante recebia visualmente um *feedback* que indicava o tempo de resposta na cor vermelha caso o participante tivesse errado o botão, e na cor azul caso tivesse acertado. O script utilizado no experimento 2 se encontra no anexo C.

3 RESULTADOS

3.1 Resultados do experimento 1

A análise do experimento 1 não encontrou diferenças significativas entre as respostas apresentadas pelos participantes. Realizou-se uma ANOVA, analisando o possível efeito de três parâmetros sobre o tempo de (Tabela 2):

a) A mão utilizada pelo participante para responder;
b) Se a escala (ou sequência de ruídos brancos) apresentada antes do estímulo imperativo era ascendente ou descendente;
c) Qual a nota à qual o participante está respondendo.

Nenhum dos parâmetros apresentou um efeito significativo nos tempos de resposta coletados, nem foram encontradas interações entre os parâmetros. Os resultados da análise encontram-se na tabela 2. As figuras 4, 5 e 6 apresentam as médias e desvios padrão dos tempos de resposta para cada nota após cada sequência (1, 2 e 3).

efeito mão	p=0.392	F(1.00,11.00)=0.795	epslon = 1.0000
efeito escala	p=0.186	F(1.05,11.50)=1.980	epslon = 0.5229
efeito nota	p=0.452	F(2.80,30.78)=0.889	epslon = 0.4664
interação (mão x escala)	p=0.629	F(1.44,15.84)=0.369	epslon = 0.4664 epslon = 0.7199
Interação (mão x nota)	p=0.684	F(3.46,38.04)=0.538	epslon = 0.5764
interação (escala x nota)	p=0.518	F(3.89,42.79)=0.819	epslon = 0.3242
interação (mão x escala x nota)	p=0.552	F(4.81,52.93)=0.798	epslon = 0.4010

Tabela 2 – Resultados das ANOVAS para cada condição do experimento 1, e para as interações entre as condições.

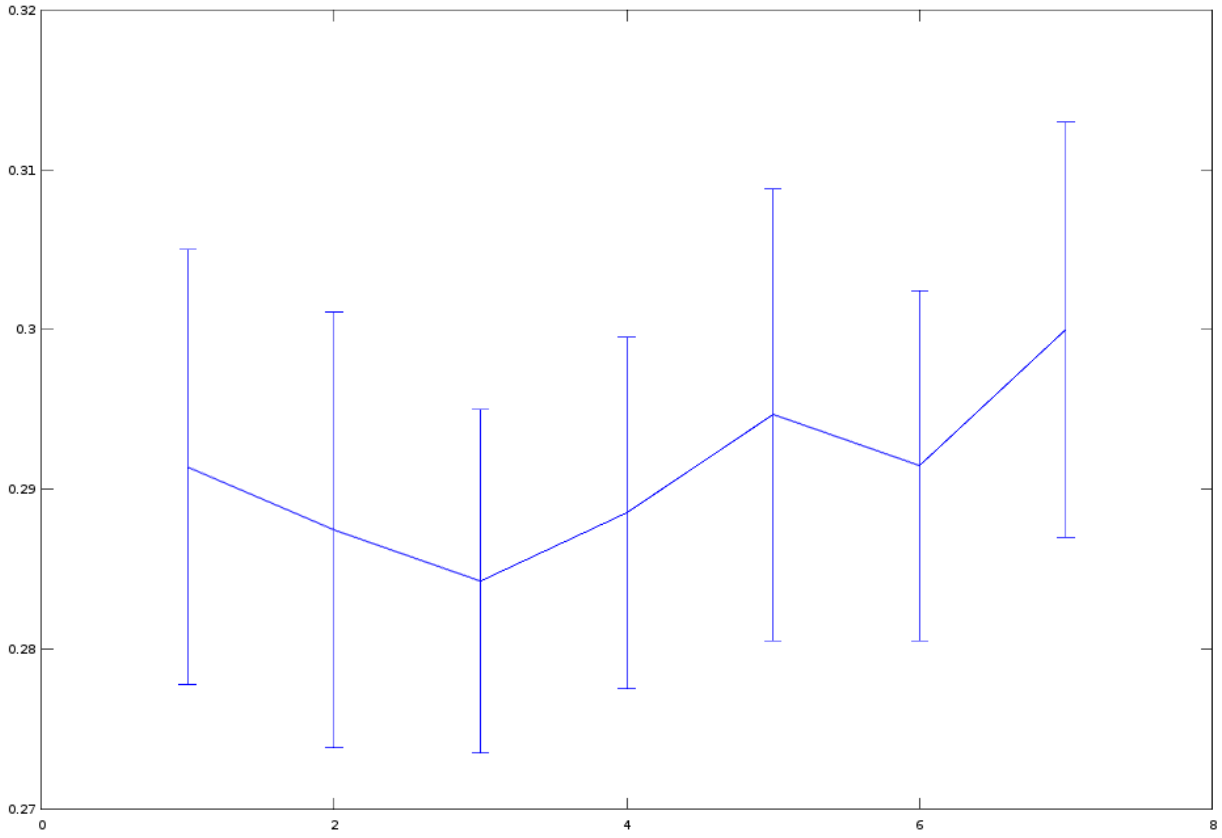

Figura 4 – Média do tempo de resposta para cada nota ao fim da sequência 1, ordenadas de mais para menos dissonante em relação à nota esperada. Em ordem: C4, G3, G4, B3, C#4, G#4, F#3.

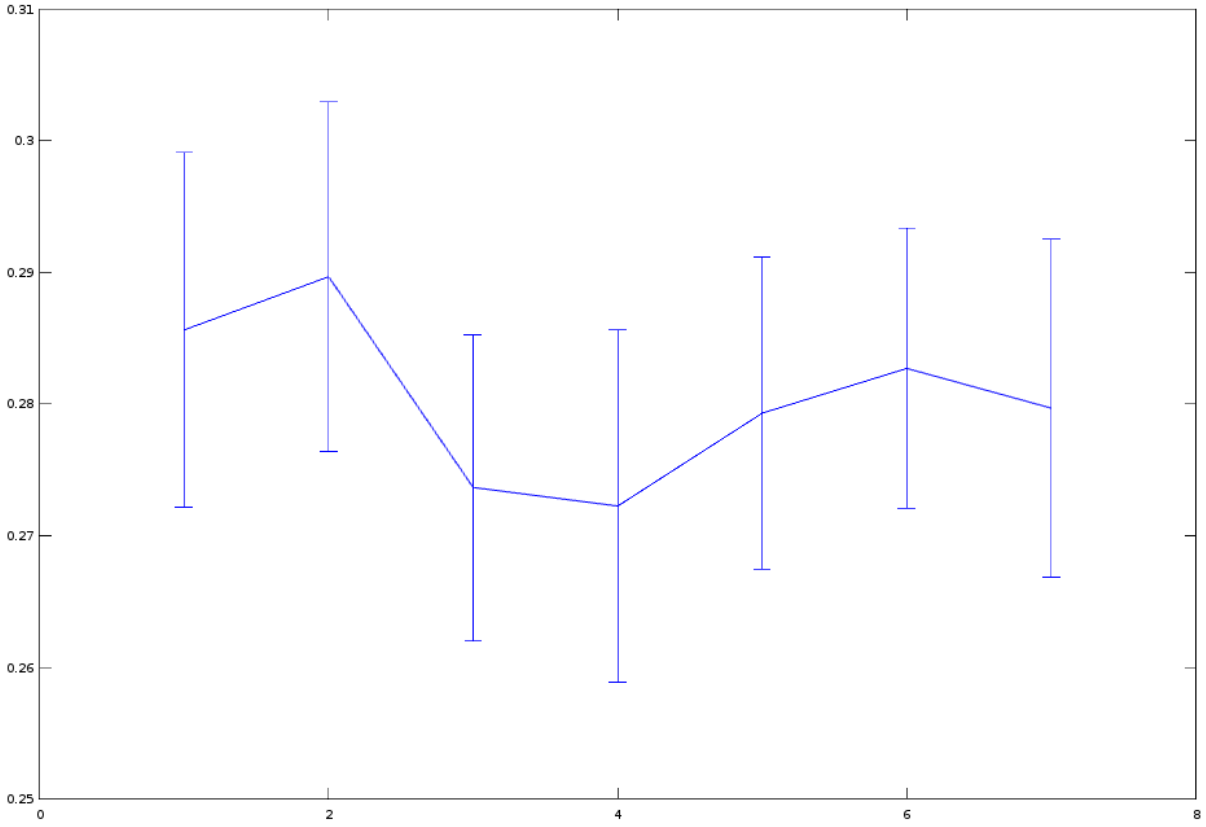

Figura 5 – Média do tempo de resposta para cada nota ao fim da sequência 2 de mais para menos dissonante em relação à nota esperada. Em ordem: C4, G3, G4, B3, C#4, G#4, F#3.

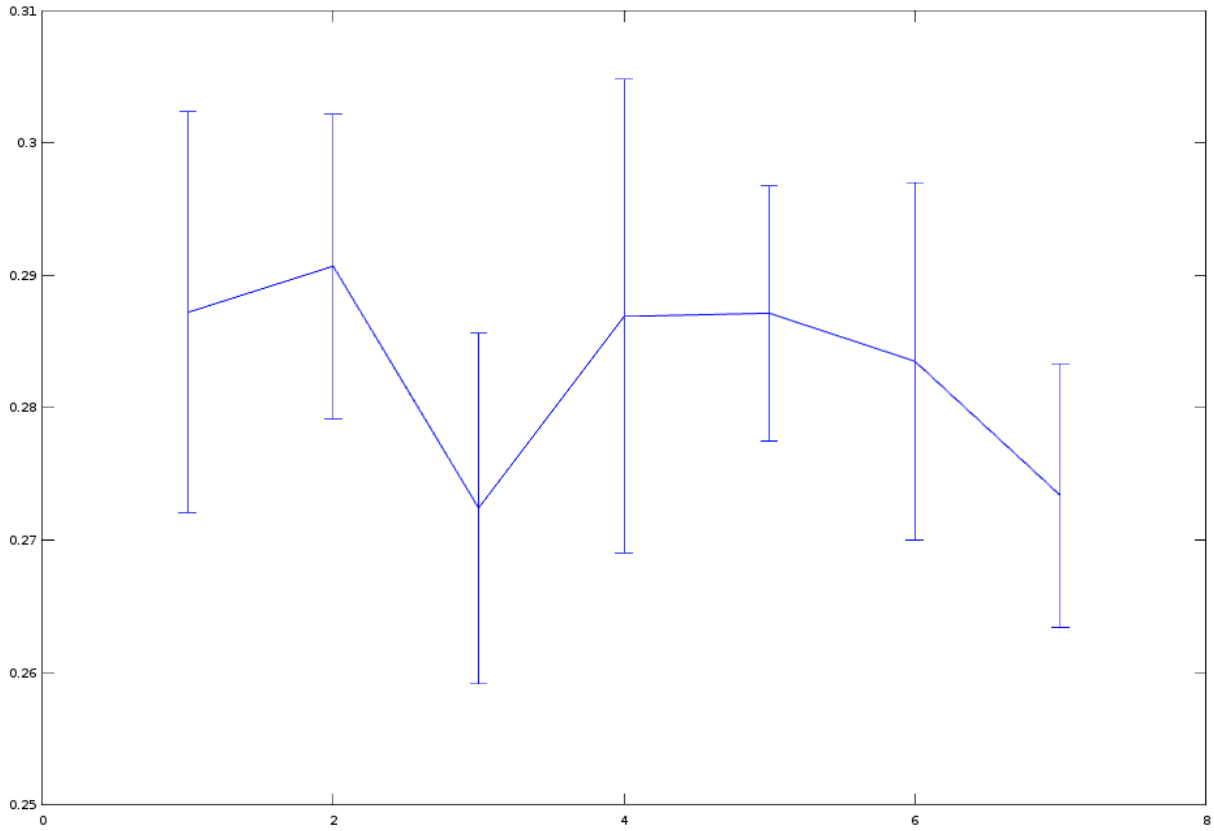

Figura 6 – Média do tempo de resposta para cada nota ao fim da sequência 3, da mais aguda para a mais grave. Em ordem: C4, G3, G4, B3, C#4, G#4, F#3.

3.2 Resultados do experimento 2

A análise do experimento 2 encontrou diferenças significativas no tempo de resposta da nota três em relação as outras notas apresentadas. Realizou-se uma ANOVA com dois parâmetros: sequência e nota, não havendo dados suficientes para analisar confiavelmente efeitos de mão e bloco. Os resultados desta análise encontram-se na tabela 3, e sem a nota 3 na tabela 4. A média dos tempos de resposta para cada nota está na tabela 5. A média da acurácia dos participantes foi de 91% de acerto, com um desvio padrão de 0.09%. As acurácias de cada participante individualmente estão presentes na tabela 6. As acurácias médias dos participantes para cada nota foram: Nota 1 – 91%; Nota 2 – 90%; Nota 3 – 98%; Nota 4 – 93%; Nota 5 – 89%. As figuras 7, 8 e 9 apresentam *boxplots* com o tempo de resposta em cada condição.

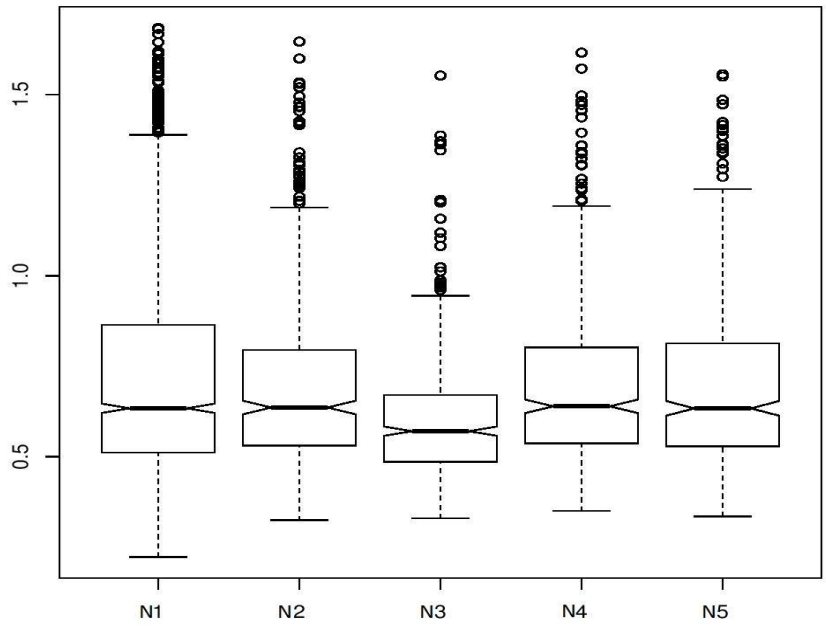

Figura 7 – *Boxplot* do experimento 2 contendo os tempos de resposta em segundos para cada nota (N1 – Tônica; N2 – Um semitom abaixo da tônica; N3 – Um tom abaixo da tônica; N4 – Um semitom acima da nota; N5 – Um tom acima da tônica).

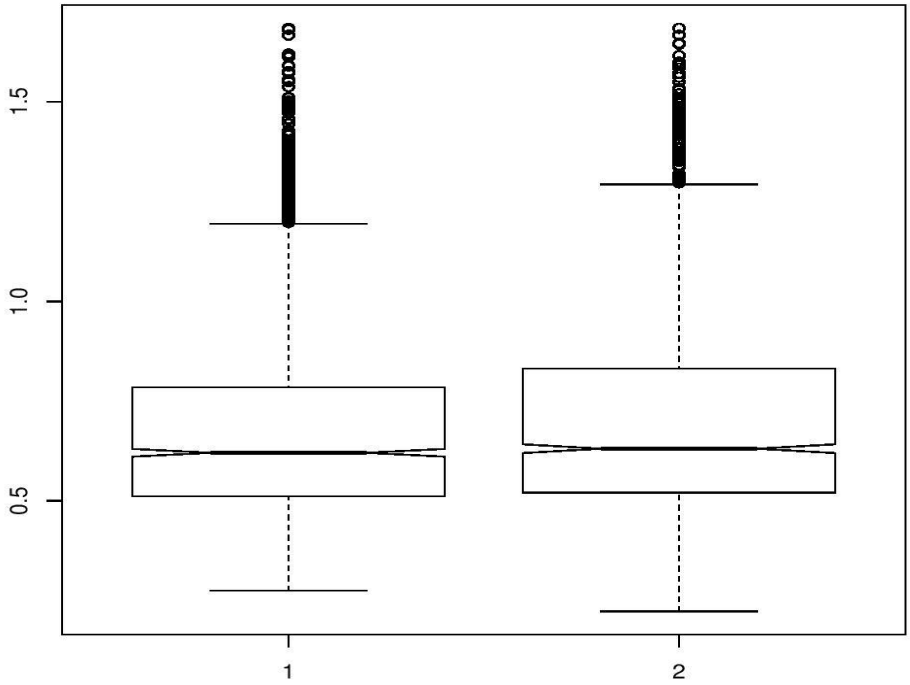

Figura 8 – *Boxplot* do experimento 2 contendo os tempos de resposta dos participantes em segundos para ambas as sequências: *1 = sequência ascendente e 2 = sequência descendente*.

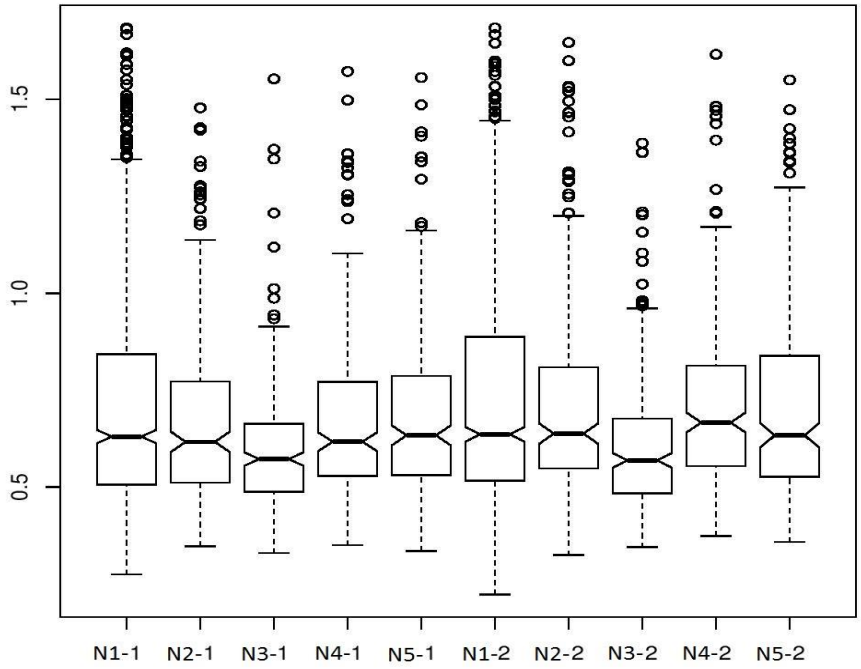

Figura 9 – *Boxplot* do experimento 2 contendo do tempo de resposta em segundos para todas as notas (N1 – Tônica; N2 – Um semitom abaixo da tônica; N3 – Um tom abaixo da tônica; N4 – Um semitom acima da nota; N5 – Um tom acima da tônica) ao final de ambas as sequências: *1 = sequência ascendente e 2 = sequência descendente.*

Tabela 3 – Resultados das ANOVAs realizadas com todas as notas coletadas no experimento 2.

Efeito sequência	p=0.104	F(1.00,8.00)=3.353	epsilon: 1.0000
Efeito nota	p=0.006	F(2.52,20.15)=6.089	epsilon: 0.6296
Interação (sequência x nota)	p=0.779	F(2.50,20.04)=0.316	epsilon: 0.6261

Tabela 4 – Resultados das ANOVAs realizadas sem a nota 3 no experimento 2.

Efeito sequência	p=0.078	p=0.104	epsilon: 1.0000
Efeito nota	p=0.878	p=0.006	epsilon: 0.7862
Interação (sequência x nota)	p=0.893	p=0.779	epsilon: 0.7684

Tabela 5 – Média dos tempos de resposta após cada condição do experimento 2: *Coluna A contém a média das notas apresentadas após todas as escalas, enquanto as colunas B e C apresentam as médias dos tempos de resposta após as sequências ascendentes e descendentes, respectivamente.*

	A – Total	B – Ascendente	C – Descendente
Nota 1	0.712 +- 0.277 segundos	0.72 +- 0.281 segundos	0.704 +- 0.272 segundos
Nota 2	0.701 +- 0.249 segundos	0.723 +- 0.266 segundos	0.679 +- 0.227 segundos
Nota 3	0.605 +- 0.175 segundos	0.61 +- 0.181 segundos	0.599 +- 0.168 segundos
Nota 4	0.696 +- 0.227 segundos	0.711 +- 0.224 segundos	0.68 +- 0.229 segundos
Nota 5	0.702 +- 0.235 segundos	0.716 +- 0.241 segundos	0.689 +- 0.218 segundos

Tabela 6 – Acurácia de cada participante no experimento 2.

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
88.%	96%	89%	87%	98%	96%	97%	69%	94%	99%

Tabela 7 – Acurácia média dos participantes para N1, N2, N3, N4 e N5

	N1	N2	N3	N4	N5
Acurácia	91.9%	90.9%	98%	93.1%	89.2%

4 DISCUSSÃO

4.1 Discussão do experimento 1

Como esperado, não se encontrou nenhuma correlação entre o tempo de resposta dos participantes e as notas apresentadas ao final das sequências 1, 2 e 3. Isso corrobora a hipótese que o mecanismo cognitivo utilizado na discriminação de alturas não apresenta um efeito significativo sobre a detecção da ocorrência do estímulo, nem sobre a resposta motora condicionada à ocorrência. Pode-se inferir a existência de uma via neural entre a cóclea e o córtex motor funcionalmente independente do mecanismo de discriminação de alturas. As frequências das notas apresentadas também não apresentaram efeito sobre o tempo de resposta. É importante lembrar que o espectro audível é consideravelmente maior do que o que foi amostrado no experimento, e, portanto, um experimento onde os participantes tenham que responder à notas muito distantes (em altura absoluta) do esperado pode apresentar efeitos que não puderam ser verificados neste experimento.

4.2 Discussão do experimento 2

4.2.1 Acurácia

Os resultados do segundo experimento mostraram que a metodologia utilizada apresenta achados claros, porém parcialmente diferentes do esperado. A acurácia dos participantes mostra que estes compreenderam as instruções, com somente um participante (participante 8) apresentando taxa de acertos inferior à 75%, o que nos levou a desconsiderar seus dados na análise final. A acurácia dos participantes se manteve ao longo dos experimentos, indicando a capacidade dos participantes de diferenciar a tônica de outras notas independentemente de esta estar presente no contexto (lembrando que uma nota da classe da tônica é apresentada como a primeira nota de ambos os contextos, mas em oitavas diferentes da nota controle apresentada). A baixa acurácia do participante 8 é possivelmente resultado de amusia congênita, que é caracterizada por dificuldade de realizar tarefas que necessitem da capacidade de identificar alturas relativas, e que acomete aproximadamente 1.5% (TILLMANN, 2005) da população. Outra possibilidade é a de

que o participante não compreendeu as instruções, apesar de não ter apresentado nenhuma confusão durante a fase de treino.

4.2.2 Tempos de resposta

Os tempos de resposta apresentaram um padrão diferente do esperado. Somente uma das notas de interesse (a dois semitons abaixo da tônica) apresentou um tempo de resposta significantemente diferente da nota controle com uma média 0.107 segundos menor do que a média das outras notas. Era esperado que, caso se encontrasse diferenças entre os tempos de resposta das notas de interesse, a nota um semitom acima da nota esperada (nota 4) apresentasse um tempo de resposta menor do que as outras notas de interesse, por dois motivos. Primeiro, era dissonante em relação à nota esperada e segundo não era uma nota diatônica, e, portanto, pouco esperada no contexto melódico usado.

Nenhuma das características normalmente correlacionadas com achados em experimentos que medem estabilidade e diferença em tempos de resposta explicam a diferença no tempo de resposta encontrada no presente trabalho, exclusivamente na nota 3:

a) As notas 2 e 4 apresentam uma maior dissonância com a tônica, comparadas à nota 3;

b) A nota 4 não é diatônica da mesma forma que a nota 3, e, portanto, o efeito encontrado não é explicado pela presença/ausência da classe na escala;

c) O efeito se manteve nas duas sequências, ascendente e descendente. Os relatos da literatura, incluindo o experimento da Kruhmnskal e Shepard (1979), que testa a estabilidade das notas em uma escala, descrevem padrões mais claros nas respostas de participantes com treinamento musical do que nas dos sem treinamento musical. Uma possibilidade é a de que o mecanismo que caracteriza as alturas percebidas como mais ou menos similares, que segue o padrão do que é mais agradável ao longo de uma melodia, seja aprendido inconscientemente pelos músicos pelo hábito de identificar e responder a melodias, e que não seja uma habilidade intrínseca do processo de predição de eventos. Porém, experimentos de discriminação de acordes (TILLMANN; BHARUCHA; BIGAND, 2000) apresentaram diferenças nos tempos de resposta coerentes com os achados da Kruhmskal e Shepard (1979), mesmo com participantes sem treinamento musical. Isso, no

entanto, pode ser consequência da existência de mecanismos distintos acionados em resposta a melodias e a harmonias. Um teste para tal hipótese seria uma repetição desse experimento com dois grupos: músicos e não músicos.

Outra possibilidade é que os resultados encontrados são consequência das diferenças metodológicas entre os experimentos. Apenas no experimento aqui descrito pediu-se aos participantes julgar uma nota como similar ou diferente de uma nota apresentada em outro momento. Essa metodologia pede aos participantes que se recordem de um evento que ocorreu em um momento anterior, o que exige apresentação da nota esperada fora da janela da memória operacional. O único experimento encontrado com melodias em que a tarefa realizada pelos participantes não pedia uma comparação de uma nota presente no contexto com uma referência foi o de Ranvaud et al. (2001). Os dois experimentos, porém, apresentam diferenças por conta de diferenças metodológicas, já que Ravaud et al. realizaram o experimento exclusivamente com participantes com treinamento musical, onde eram coletados tempos de reação *go no-go*, que envolve decidir pressionar ou não um botão. Por fim, nos dois experimentos foi pedido aos participantes que respondessem a eventos diferentes, em Ranvaud et al. (2001), os participantes deveriam identificar se a altura das notas apresentadas estaria dentro de uma faixa restrita de frequências ou não, enquanto este experimento pedia aos participantes para comparar a nota apresentada com uma nota apresentada em outro momento.

Como outro possível desdobramento dessa pesquisa, sugere-se uma repetição desta metodologia apresentando um maior número de notas de interesse, com o intuito de identificar padrões mais claros de diferenças nos tempos de resposta de acordo com a nota apresentada. Para isso, se recomendaria uma repetição do experimento em, pelo menos, três dias distintos, para garantir condições de conforto dos participantes e uma amostra representativa para cada condição. Sendo que foi evidenciada uma resposta diferente para uma nota inesperada, seria interessante ampliar a gama de notas testadas, para verificar a possível presença de outras anomalias.

5 CONCLUSÕES

Os tempos de resposta encontrados pelo experimento 2 foram uma surpresa para o autor, pois não somente não seguiam os padrões relatados na literatura, mas como apresentaram um novo padrão que não parece interagir com os elementos musicais normalmente considerados como parte da tonalidade. No entanto, esse achado é intrigante e permite diversos desdobramentos com o potencial de expandir nosso conhecimento sobre a cognição musical.

Caso sequências ao presente trabalho corroborem os resultados aqui descritos, indicando assim a descoberta de um efeito novo, seria recomendável a adoção de outras metodologias, como EEG e técnicas de mapeamento (por exemplo ressonância magnética) para ampliar a possibilidade de encontrar as razões por trás das diferenças verificadas nos tempos de resposta em cada situação.

Por fim, espera-se que os estudos dos mecanismos cognitivos desencadeados ao se ouvir uma melodia permitam não somente uma melhor compreensão do que fundamenta uma melodia, mas também perguntas mais amplas sobre o funcionamento e evolução do cérebro, e, como consequência, do comportamento humano.

REFERÊNCIAS*

ALLEN, D. Octave discriminability of musical and non-musical subjects. **Psychonomic Science**, v. 7, n. 12, p. 421-422, 1967.

AYOTTE, J.; PERETZ, I.; HYDE, K. Congenital amusia. **Brain**, v. 125, n. 2, p. 238-251, 2002.

BALKWILL, LL.; THOMPSON, W. F. A cross-cultural investigation of the perception of emotion in music: Psychophysical and cultural cues. **Music perception: an interdisciplinary journal**, v. 17, n. 1, p. 43-64, 1999.

BHARUCHA, J.; KRUMHANSL, C. L. The representation of harmonic structure in music: Hierarchies of stability as a function of context. **Cognition**, v. 13, n. 1, p. 63-102, 1983.

BIGAND, E.; TILLMANN, B.; POULIN-CHARRONNAT, B. A module for syntactic processing in music?. **Trends in cognitive sciences**, v. 10, n. 5, p. 195-196, 2006.

BLACKWELL, H. R.; SCHLOSBERG, H. Octave generalization, pitch discrimination, and loudness thresholds in the white rat. **Journal of Experimental Psychology**, v. 33, n. 5, p. 407, 1943.

CASTELLANO, M. A.; BHARUCHA, J. J.; KRUMHANSL, C. L. Tonal hierarchies in the music of north India. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 113, n. 3, p. 394, 1984.

COLLINS, T. et al. A combined model of sensory and cognitive representations underlying tonal expectations in music: from audio signals to behavior. **Psychological review**, v. 121, n. 1, p. 33, 2014.

CONARD, N. J.; MALINA, M.; MÜNZEL, S. C. New flutes document the earliest musical tradition in southwestern Germany. **Nature**, v. 460, n. 7256, p. 737-740, 2009.

CRUMMER, G. C. et al. Neural processing of musical timbre by musicians, nonmusicians, and musicians possessing absolute pitch. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 95, n. 5, p. 2720-2727, 1994.

DAHLHAUS, C.: **Studies on the origin of harmonic tonality**. Princeton University Press, 2014. 406 p .

DEUTSCH, D.; FEROE, J. The internal representation of pitch sequences in tonal music. **Psychological review**, v. 88, n. 6, p. 503-522, 1981.

DUFOUR, V. et al. Chimpanzee drumming: a spontaneous performance with characteristics of human musical drumming. **Scientific reports**, v. 5, p. 11320, 2015.

*De acordo com: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR6023: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

FORTE, A. **The structure of atonal music**. Yale University Press, 1973.

GRAHN, J. A.; BRETT, M. Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. **Journal of cognitive neuroscience**, v. 19, n. 5, p. 893-906, 2007.

HONING, H. Without it no music: beat induction as a fundamental musical trait. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1252, n. 1, p. 85-91, 2012.

HOUTSMA, A. J. M.; SMURZYNSKI, J. Pitch identification and discrimination for complex tones with many harmonics. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 87, n. 1, p. 304-310, 1990.

HUYGE, D. Mousterian skiffle? Note on a Middle Palaeolithic engraved bone from Schulen, Belgium. **Rock Art Research**, v. 7, p. 125-132, 1990.

HYMAN, R. Stimulus information as a determinant of reaction time. **Journal of experimental psychology**, v. 45, n. 3, p. 188, 1953.

KINOMURA, S. et al. Activation by attention of the human reticular formation and thalamic intralaminar nuclei. **Science**, v. 271, n. 5248, p. 512, 1996.

KLEINER, M.; BRAINARD, D.; PELLI, D. What's new in Psychtoolbox-3? Perception. 36 ECVP Abstract Supplement 14. 2007.

KRUMHANSL, C. L. The psychological representation of musical pitch in a tonal context. **Cognitive psychology**, v. 11, n. 3, p. 346-374, 1979.

KRUMHANSL, C. L. Rhythm and pitch in music cognition. **Psychological bulletin**, v. 126, n. 1, p. 159, 2000.

KRUMHANSL, C. L. **Cognitive foundations of musical pitch**. Oxford University Press, 2001. 307 p.

KRUMHANSL, C. L.; KESSLER, E. J. Tracing the dynamic changes in perceived tonal organization in a spatial representation of musical keys. **Psychological review**, v. 89, n. 4, p. 334, 1982.

KRUMHANSL, C. L.; SHEPARD, R. N. Quantification of the hierarchy of tonal functions within a diatonic context. **Journal of experimental psychology: Human Perception and Performance**, v. 5, n. 4, p. 579, 1979.

KOELSCH, S. Music- syntactic processing and auditory memory: Similarities and differences between ERAN and MMN. **Psychophysiology**, v. 46, n. 1, p. 179-190, 2009.

KOELSCH, S.; JENTSCHKE, S. Differences in electric brain responses to melodies and chords. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 22, n. 10, p. 2251-2262, 2010.

KOELSCH, S. et al. Differentiating ERAN and MMN: an ERP study. **NeuroReport**, v. 12, n. 7, p. 1385-1389, 2001.

LEMAN, M. An auditory model of the role of short-term memory in probe-tone ratings. **Music Perception: An Interdisciplinary Journal**, v. 17, n. 4, p. 481-509, 2000.

MARMEL, F.; TILLMANN, B. Tonal priming beyond tonics. **Music Perception: An Interdisciplinary Journal**, v. 26, n. 3, p. 211-221, 2009.

MARMEL, F; TILLMANN, B; DELBÉ, C.: Priming in melody perception: tracking down the strength of cognitive expectations. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 36, n. 4, p. 1016, 2010.

MATSUNAGA, R.; HARTONO, P.; ABE, J. I. The acquisition process of musical tonal schema: implications from connectionist modeling. **Frontiers in psychology**, v. 6, 2015.

MERCHANT, H.; HONING, H. Are non-human primates capable of rhythmic entrainment? Evidence for the gradual audiomotor evolution hypothesis. **Frontiers in neuroscience**, v. 7, p. 274, 2014.

MINGHELLA, D.; RUSSO, F.; PICHORA-FULLER, M. K. Effect of age on sensitivity to tonality. **Canadian Acoustics**, v. 35, n. 3, p. 58-59, 2007.

MORLEY, I. R. M. R. **The evolutionary origins and archaeology of music, or, an investigation into the prehistory of human musical capacities and behaviours, using archaeological, anthropological, cognitive and behavioural evidence**. 2004. P.H. D. thesis (Archaeology). University of Cambridge, Cambridge, 2004.

MÜLLENSIEFEN, D. et al. The musicality of non-musicians: an index for assessing musical sophistication in the general population. **PloS one**, v. 9, n. 2, p. e89642, 2014.

NÄÄTÄNEN, R. et al. The mismatch negativity (MMN) in basic research of central auditory processing: a review. **Clinical Neurophysiology**, v. 118, n. 12, p. 2544-2590, 2007.

PATEL, A. D. Language, music, syntax and the brain. **Nature neuroscience**, v. 6, n. 7, p. 674-681, 2003.

PATEL, A. D. et al. Experimental evidence for synchronization to a musical beat in a nonhuman animal. **Current biology**, v. 19, n. 10, p. 827-830, 2009.

RANVAUD, R. et al. The speed of pitch resolution in a musical context. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 109, n. 6, p. 3021-3030, 2001.

SHEPARD, R. N. Circularity in judgments of relative pitch. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 36, n. 12, p. 2346-2353, 1964.

THOMPSON, W. F. et al. **Music, thought, and feeling: Understanding the psychology of music**. Oxford University Press, 2014. 320 p.

TILLMANN, B. Implicit investigations of tonal knowledge in nonmusician listeners. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1060, n. 1, p. 100-110, 2005.

TILLMANN, B.; BHARUCHA, J. J.; BIGAND, E. Implicit learning of tonality a self-organizing approach. **Psychological review**, v. 107, n. 4, p. 885, 2000.

WRIGHT, A. A. et al. Music perception and octave generalization in rhesus monkeys. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 129, n. 3, p. 291, 2000.

UNIVERSITY OF IOWA ELECTRONIC STUDIOS, **Electronic Music Studios**. Iowa. Disponível em: <http://theremin.music.uiowa.edu/MISpiano.html>. Acesso em: 1 ago. 2016.

ANEXO A - TCLE

Universidade de São Paulo
Instituto de Ciências Biomédicas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Modelo padrão

ESTUDO: Percepçao sensorial em contexto musical

Você está sendo convidado (a) a participar do projeto de pesquisa acima citado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas se desistir a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo a você.

Eu,

Nome:

Profissão:

Residencia:

R.G.:

CPF:

Data de Nascimento: _____ / _____ /_____

abaixo assinado(a), concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário(a) do estudo '***Percepçao sensorial em contexto musical***", realizado no laboratório 'Fisiologia do Comportamento" (243) do prédio I (um) do Intituto de Ciências Biomédicas da USP. Declaro que obtive todas as informações necessárias, bem como todos os eventuais esclarecimentos quanto às dúvidas por mim apresentadas.

Estou ciente que:

I) O estudo se faz necessário para que se possam descobrir os processos cognitivos que ocorrem quando se se houve uma melodia.

II) Serão feitas coletas do tempo de reação que você, participante, irá necessitar para

pressionar um botão indicado em resposta à um estimulo auditivo. Essa coleta será feita de forma não invasiva e durante um experimento de no máximo uma hora. Parte dos experimentos utilizarão eletroecefalografia (EEG), e caso esse seja o caso, isso será explicitamente avisado, sendo que o uso do EEG não acarreta nenhum risco a saúde. O gel utilizado na colocação da touca com os eletrodos é hipoalergênico e o equipamento percebe mudanças eletricas que ocorrem na pele da cabeça, assim coletando de forma também não invasiva.

III) A participação neste projeto não tem objetivo de me submeter a um tratamento, bem como não me acarretará qualquer despesa financeira com relação aos procedimentos médico-clínico-terapêuticos efetuados no estudo;

IV) Tenho a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação;

V) A desistência não causará nenhum prejuízo à minha saúde ou bem estar físico.

VI) Os resultados obtidos durante este ensaio serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados;

VII) Caso eu desejar, poderei pessoalmente tomar conhecimento dos resultados, ao final desta pesquisa.

( ) Desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

( ) Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

VIII) Concordo que o material possa ser utilizado em outros projetos desde que autorizado pela Comissão de Ética deste Instituto e pelo responsável por esta pesquisa. Caso minha manifestação seja positiva, poderei retirar essa autorização a qualquer momento sem qualquer prejuízo para mim.

( ) Sim ou ( ) Não

IX *)* Poderei contatar a Secretaria da Comissão de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – ICB/USP -, no Fone 3091.7733 (e-mail: *cep@icb.usp.br*) ou o mestrando Fernando Araujo Najman no Fone (11) 974140753 (e-mail: *fanajman@gmail.com*) para recursos ou reclamações em relação ao presente estudo.

X) O sujeito de pesquisa ou seu representante, quando for o caso, deverá rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE - apondo sua assinatura na última página do referido Termo.

XI) O pesquisador responsável deverá da mesma forma, rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE– apondo sua assinatura na última página do referido Termo.

XII) Resolução 196/96 - Estou recebendo uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

São Paulo, de de 201_

Responsável .....

Testemunha 1 : _____

Nome / RG / Telefone:

Testemunha 2 : _____

Nome / RG / Telefone:

Responsável pelo Projeto:

_____

Fernando Araujo Najman, Mestrando pelo Instituto de Ciências Biomedicas da Universidade de São Paulo

ANEXO B – SCRIPT EXPERIMENTO 1

```
#Iniciacao
#LIM
#RESPbox = CMUBox('Open', 'pst', '/dev/ttyS2', 'norelease', .005);
#ICB
RESPbox = CMUBox('Open', 'pst', '/dev/ttyS6', 'norelease', .005);
PsychPortAudio('Close');
InitializePsychSound(1);
devs = PsychPortAudio('GetDevices');
fsample = devs(1).DefaultSampleRate;
pahandle = PsychPortAudio('Open', 0, [], 2, fsample, 2);
notesuse;
evt = 1;
keyIsDown = 0;
duracao = .15;
tempmax = 1.5;
tempmin = .07;
inten = .38;

#Numero de trials, tentar fazer = length(v)


#Criando as notas
#Notas usadas
NotasUP = [C3, D3, E3, F3, G3, A3, B3];onda
NotasDW = [C5, B4, A4, G4, F4, E4, D4];
ProbeUP = [C4, Cs4, B3, G4, Gs4, G3, As3];
ProbeDW = [C4, Cs4, B3, G4, Gs4, G3, As3];
ProbeXX = [C4, Cs4, B3, G4, Gs4, G3, As3];
#Tranformando em matriz
tamesc = length(NotasUP);
tamprb = length(ProbeUP);
if tamesc > tamprb
        tamvet = tamesc;
else
        tamvet = tamprb;
end
tam = round(fsample*duracao);
SEQup = nan(tam, tamesc);
SEQdw = nan(tam, tamesc);
SEQxx = nan(tam, tamesc);
SEQprup = nan(tam, length(ProbeUP));
SEQprdw = nan(tam, length(ProbeDW));
SEQprxx = nan(tam, length(ProbeXX));

#ruidobranco = ruido(fsample, duracao);
#Preenchendo a matrix
for x = 1:tamvet;
        SEQup(:, x) = onda(NotasUP(x), fsample, duracao);
        SEQdw(:, x) = onda(NotasDW(x), fsample, duracao);
        SEQxx(:, x) = ruido(fsample, duracao, inten);
        SEQprup(:, x) = onda(ProbeUP(x), fsample, duracao);
        SEQprdw(:, x) = onda(ProbeDW(x), fsample, duracao);
        SEQprxx(:, x) = onda(ProbeXX(x), fsample, duracao);
end;



#Notas prontas
```

```
for size = 1:tamprb
	up(size) = 10 + size;
	dw(size) = 20 + size;
	xx(size) = 30 + size;
end

v = [up dw xx up dw xx up dw xx up dw xx up dw xx up dw xx up dw xx];
ntrial = length(v);
nv = randperm(ntrial);


while isempty(evt) == 0
	evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 0);
end

#####Tela
win = Screen(0, 'OpenWindow');
HideCursor;
[pixw, pixh] = Screen('WindowSize', win);
flipint = Screen('GetFlipInterval', win);
white = WhiteIndex(win);
black = BlackIndex(win);
grey = [255 255 255] * .5;
red = [255 0 0];
cx = pixw/2;
cy = pixh/2;
Centr = [cx cy cx cy];

##### Inicio
Screen('FillRect', win, grey);
Screen('DrawText', win,'Inicio', 100, 100, black);
Screen(win, 'Flip');
evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 1);
#KbWait([], 2);
while isempty(evt) == 0
	evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 0);
end




Screen('FillRect', win, grey);
Screen('DrawText', win,'Ouca as escalas', 100, 100, black);
Screen(win, 'Flip');

#Tocar n vezes
ntocar = 5;

for tocar = 1:ntocar
	for esc = 1:tamesc
			PsychPortAudio('FillBuffer', pahandle, [SEQup(:, esc) SEQup(:, esc)]');
			PsychPortAudio('Start', pahandle);
	end
	PsychPortAudio('FillBuffer', pahandle, [SEQprup(:, 1) SEQprup(:, 1)]');
	PsychPortAudio('Start', pahandle);
	WaitSecs(1);
	for esc = 1:tamesc
			PsychPortAudio('FillBuffer', pahandle, [SEQdw(:, esc) SEQdw(:, esc)]');
			PsychPortAudio('Start', pahandle);
	end
```

```
        PsychPortAudio('FillBuffer', pahandle, [SEQprdw(:, 1) SEQprdw(:, 1)]');
        PsychPortAudio('Start', pahandle);
        WaitSecs(1);
end
Screen('FillRect', win, grey);
Screen('DrawText', win,'Experimento', 100, 100, black);
Screen(win, 'Flip');
#KbWait([], 2);
evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 1);
while isempty(evt) == 0
        evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 0);
end
ordem = randperm(2);


trial = 1;

while trial <= ntrial;
if keyIsDown == 1 && KbName(keyCode) == "Escape"
        save '/home/lfcrr/Documents/Pontom/percept_datan_P12d' data;
        CMUBox('Close', RESPbox);
        PsychPortAudio('Close');
        Screen('CloseAll');
end


        while isempty(evt) == 0
                evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 0);
        end
        pausa = .3 + rand;
        Screen('FillRect', win, grey)
        Screen(win, 'Flip');
        WaitSecs(.5+rand/3);
        vetor = randperm(ntrial);
        if v(nv(trial)) < 20
                pSEQ = SEQup(:, :);
                pSEQpr = SEQprup(:, :);
        elseif v(nv(trial)) > 30
                pSEQ = SEQxx(:, :);
                pSEQpr = SEQprxx(:, :);
        else
                pSEQ = SEQdw(:, :);
                pSEQpr = SEQprdw(:, :);
        end



        playp = pSEQpr(:, mod(v(nv(trial)), 10));
        Screen('FillRect', win, grey);
        Screen('FillOval', win, black, Centr+[-4 -4 4 4]);
        Screen(win, 'Flip');
        WaitSecs(.5);
        ##################
        for play = 1:tamesc
                PsychPortAudio('FillBuffer', pahandle, [pSEQ(:, play) pSEQ(:, play)]');
                PsychPortAudio('Start', pahandle);
        end
        WaitSecs(pausa);
        PsychPortAudio('FillBuffer', pahandle, [playp playp]');
        PsychPortAudio('Start', pahandle);
```

```
        t = GetSecs;
        evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 1);
        ##################

        tt = evt.time;
        FlushEvents;
        [ keyIsDown, seconds, keyCode ] = KbCheck;
        time = tt - t;
        mao = evt.state;
        # Probe(unidade) + Escala(dezena)
        data(1, trial) = v(nv(trial));
        # Tempo
        data(2, trial) = time;
        # Mão
        data(3, trial) = mao;
        if time < 0
                Screen('FillRect', win, grey);
                Screen('FillOval', win, red, Centr+[-4 -4 4 4]);
                Screen(win, 'Flip');
                WaitSecs(1);
        end
        if time > tempmax || time < tempmin
                nd = randperm(ntrial - (trial - 1)) + trial - 1;
                v(trial : end) = v(nd);
        else
                trial = trial +1;
        end
end




save '/home/lfcrr/Documents/Pontom/percept_datan_P12d' data;
Screen('FillRect', win, grey);
Screen('DrawText', win,'Fim - Obrigado por participar', 100, 100, black);
Screen(win, 'Flip');
KbWait([], 2);
PsychPortAudio('Close');
CMUBox('Close', RESPbox);
Screen('CloseAll');
```

ANEXO C – SCRIPT EXPERIMENTO 2

```
#Iniciacao
#RESPbox = CMUBox('Open', 'pst', '/dev/ttyS2', 'norelease', .005);
#function out

RESPbox = CMUBox('Open', 'pst', '/dev/ttyS6', 'norelease', .005);
PsychPortAudio('Close');
InitializePsychSound(1);
devs = PsychPortAudio('GetDevices');
fsample = devs(1).DefaultSampleRate;
pahandle = PsychPortAudio('Open', 0, [], 2, fsample, 2);

vetr = {'B0'; 'C1'; 'Db1'; 'D1'; 'Eb1'; 'E1'; 'F1'; 'Gb1'; 'G1'; 'Ab1'; 'A1'; 'Bb1'; 'B1'; 'C2'; 'Db2'; 'D2'; 'Eb2';
'E2'; 'F2'; 'Gb2'; 'G2'; 'Ab2'; 'A2'; 'Bb2'; 'B2'; 'C3'; 'Db3'; 'D3'; 'Eb3';  'E3'; 'F3'; 'Gb3'; 'G3'; 'Ab3'; 'A3';
'Bb3'; 'B3'; 'C4';  'Db4'; 'D4'; 'Eb4'; 'E4'; 'F4'; 'Gb4'; 'G4'; 'Ab4'; 'A4'; 'Bb4'; 'B4'; 'C5'; 'Db5'; 'D5'; 'Eb5';
'E5'; 'F5'; 'Gb5'; 'G5'; 'Ab5'; 'A5'; 'Bb5'; 'B5'; 'C6'; 'Db6'; 'D6'; 'Eb6'; 'E6'; 'F6'; 'Gb6'; 'G6'; 'Ab6'; 'A6';
'Bb6'; 'B6'; 'C7'; 'Db7'; 'D7'; 'Eb7'; 'E7'; 'F7'};

results = 1;
duracao = .3;
tempmax = 1.5;
tempmin = .07;
reptrial = 5;
escolha = [11, 11, 11, 11, 12, 13, 14, 15, 21, 21, 21, 21, 22, 23, 24, 25];
ntrial = length(escolha)*reptrial;
intervalo = .3 + rand;
inten = 3.5;

notesvet = nan(2, fsample*duracao, length(vetr));
for seila = 1:length(vetr);
        caminho = '/home/lfcrr/Documents/Pontom/Todos os aiff/Nota';
        load([caminho cell2mat(vetr(seila))]);
        taillen = floor(length(nexp(1:end, 1))/10);
        cauda = nan(taillen, 2);
        cauda(:, 1)= linspace(1, 0, taillen)';
        cauda(:, 2)= linspace(1, 0, taillen)';

        nexp((end*duracao)-taillen+1:(end*duracao), :) = nexp((end*duracao)-taillen+1:(end*duracao),
:) .*cauda();
        notesvet(:, :, seila) = nexp(1:end*duracao, :)';

end

r = randperm(ntrial);

probes = repmat(escolha, 1, reptrial);
probes = probes(r);
escala = nan(2, 7);
escala(1, :) = [24, 23, 21, 19, 17, 16, 14];
escala(2, :) = [0, 2, 4, 5, 7, 9, 11];
prbs = [0, -1, -2, 1, 2];

evt = 1;
while isempty(evt) == 0
        evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 0);
end

#Tela
win = Screen(0, 'OpenWindow');
```

```
HideCursor;
[pixw, pixh] = Screen('WindowSize', win);
flipint = Screen('GetFlipInterval', win);
white = WhiteIndex(win);
black = BlackIndex(win);
grey = [255 255 255] * .5;
cx = pixw/2;
cy = pixh/2;
Centr = [cx cy cx cy];

Screen('FillRect', win, grey);
Screen('DrawText', win,'Inicio', 100, 100, black);
Screen(win, 'Flip');
evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 1);
WaitSecs(.5);
o = 25:27;
s = randperm(length(o));
o = o(s);
dados = nan(ntrial*3, 4);
for l = o;
        while isempty(evt) == 0
                evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 0);
        end

        trial = 1;
        Screen('FillRect', win, grey);
        Screen('DrawText', win,'Ouca as escalas - 3', 100, 100, black);
        Screen(win, 'Flip');
        WaitSecs(1);
        Screen('DrawText', win,'Ouca as escalas - 2', 100, 100, black);
        Screen(win, 'Flip');
        WaitSecs(1);
        Screen('DrawText', win,'Ouca as escalas - 1', 100, 100, black);
        Screen(win, 'Flip');
        WaitSecs(1);
        Screen('FillRect', win, grey);
        Screen('FillOval', win, black, Centr+[-4 -4 4 4]);
        Screen(win, 'Flip');
        for ppp = 1:10
                for lpo = 1:length(escala(1, :));
                        PsychPortAudio('FillBuffer', pahandle, notesvet(:, :, (l+escala(1, lpo)))*inten);
                        PsychPortAudio('Start', pahandle);
                end
                PsychPortAudio('FillBuffer', pahandle, notesvet(:, :, l+12));
                PsychPortAudio('Start', pahandle);
                WaitSecs(1);
                for lpo = 1:length(escala(1, :));
                        PsychPortAudio('FillBuffer', pahandle, notesvet(:, :, (l+escala(2, lpo)))*inten);
                        PsychPortAudio('Start', pahandle);
                end
                PsychPortAudio('FillBuffer', pahandle, notesvet(:, :, l+12));
                PsychPortAudio('Start', pahandle);
                WaitSecs(1);
        end

        Screen('FillRect', win, grey);
        Screen('DrawText', win,'Experimento - Aperte qualquer botão para começar', 100, 100, black);
        Screen(win, 'Flip');
        while isempty(evt) == 0
                evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 0);
```

```
        end
        evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 1);

        while trial <= length(probes);
                updw = floor(probes(1, trial)/10);
                gama = l +12

                while isempty(evt) == 0
                        evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 0);
                end

                betha = gama + prbs(mod(probes(1, trial), 10));
                notesi = notesvet(:, :, betha)*inten;
                Screen('FillRect', win, grey);
                Screen('FillOval', win, black, Centr+[-4 -4 4 4]);
                Screen(win, 'Flip');
                WaitSecs(.5);
                for notavai = 1:7
                        escalain = escala(updw, :);
                        alfa = l + escalain(notavai);
                        notaa = notesvet(:, :, alfa)*inten;
                        PsychPortAudio('FillBuffer', pahandle, notaa);
                        PsychPortAudio('Start', pahandle);
                end
                PsychPortAudio('FillBuffer', pahandle, notesi);
                WaitSecs(intervalo);
                PsychPortAudio('Start', pahandle);
                t = GetSecs;
                evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 1);
                Screen('FillRect', win, grey);
                Screen(win, 'Flip');
                WaitSecs(1+rand/3);
                tt = evt.time;
                tempo = tt - t;
                resposta = evt.state;
                dados(results, 1) = l;
                dados(results, 2) = probes(1, trial);
                dados(results, 3) = resposta;
                dados(results, 4) = tempo;
                if tempo > tempmax || tempo < tempmin
                        nd = randperm(length(probes(trial:end)))+(trial-1);
                        probes(trial:end) = probes(nd);
                else
                        results = results + 1;
                        trial = trial +1;
                end
        end
        Screen('FillRect', win, grey);
        Screen('DrawText', win,'Fim do Bloco - Descanso', 100, 100, black);
        Screen(win, 'Flip');
        WaitSecs(5);
        while isempty(evt) == 0
                evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 0);
        end
        Screen('FillRect', win, grey);
        Screen('DrawText', win,'Aperte qualquer botão para continuar', 100, 100, black);
        Screen(win, 'Flip');
        evt = CMUBox('GetEvent', RESPbox, 1);
end
```

```
Screen('FillRect', win, grey);
Screen('DrawText', win,'Fim - Muito Obrigado Por Participar!', 100, 100, black);
Screen(win, 'Flip');
WaitSecs(5);
#save '/home/lfcrr/Documents/Pontom/DataDireita10' dados;
save '/home/lfcrr/Documents/Pontom/DataEsquerda11' dados;

PsychPortAudio('Close');
CMUBox('Close', RESPbox);
Screen('CloseAll');
```

APÊNDICE A – GLOSSÁRIO

Elaborou-se um glossário com definições úteis ao estudo da cognição musical:

Acorde

Três ou mais notas apresentadas simultaneamente

Altura

Frequência percebida pelo ouvinte ao escutar um som. Surpreendentemente, pode não ser presente na análise de Fourier do som (fundamental ausente)

Altura relativa

Em contraposição a altura absoluta, quee é determinada pela frequência de um som, altura relativa se refere ao intervalo entre uma frequência de referência e outra que for apresentada. É particularmente importante no reconhecimento de melodias. Ouvintes reconhecem uma melodia familiar, qual seja ‘Parabéns pra você’, independentemente dela ser tocada com sons graves (por exemplo cantada por um homem adulto), ou com sons agudos (por exemplo, cantada por uma mulher soprano).

Croma

Característica comum de frequências separadas por intervalos de oitavas.

Dissonância sensorial

Causada por interferência entre vibrações na membrana basilar da cóclea, dissonância sensorial é associada a sons formados por duas (ou mais) frequências próximas. É geralmente descrita como uma qualidade desagradável do som.

Dissonância Tonal

Quanto maior a dissonância tonal, quanto menor a estabilidade da nota na escala, e de consequência em peças compostas na tonalidade correspondente.

Escala

Conjunto de cromas usados comumente juntos na composição de peças musicais em uma determinada cultura. Na cultura ocidental são prevalentes escalas heptatônicas, formadas de sete cromas. Por exemplo, a escala de Dó maior é formada pela seguinte sequência de cromas: Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si. A ordem desses cromas é importante, o rótulo da escala sendo o croma que inicia a escala. Peças tonais compostas usando essa escala, incluem muitos Dó, e geralmente começam e terminam com Dó.

Estabilidade/*goodness of fit*

De uma dada nota em um contexto musical tonal define o quanto a nota pertence à escala usada na composição da música. Na escolha das notas que formam uma escala, historicamente, na tradição ocidental, foram priorizados os harmônicos da nota mais grave da escala. Se considerarmos a escala de Dó, por exemplo, é possível partir da frequência 261,6256 Hz (C4) como sendo a nota mais grave, o primeiro harmônico é 2f, uma oitava acima (C5). O segundo harmônico tem frequência 3f, e corresponde à nota sol na oitava acima (G5), e assim por diante. O croma Sol em uma escala de Dó é o primeiro escolhido para entrar na escala de Dó. As outras notas seguem, entrando na escala de Dó seguindo uma ordem de entrada. Geralmente, o quanto mais cedo entrar uma nota na elaboração de uma escala, mais estável é a nota em uma composição baseada na escala de Dó.

Frequência fundamental

Termo que se aplica a um som complexo (não sinusoidal), que se refere a mais baixa das frequências presentes na análise de Fourier de tal som complexo. É, geralmente, a frequência percebida do som complexo, as outras componentes de tal som determinando o timbre (piano, violino etc)

Intensidade sonora

Fluxo de energia por unidade de área no ar.

Intervalo

Termo que se aplica a um conjunto de duas frequências f1 e f2, determinado pela razão entre ela f1/f2; o intervalo de semitom é, escala bem temperada, por uma razão de 2^1/12; portanto em um intervalo de uma oitava há 12 intervalos de 1 semitom

Melodia

Sequência de alturas relativas que, na música tonal, evocam uma hierarquia de estabilidade/expectativa (tonalidade).

Nota

Termo que define um som dentre o conjunto de sons que formam um croma: considerando, por exemplo, o croma Lá, o som cuja frequência é 440 Hz é a nota A4, usada convencionalmente como referência para afinação de instrumentos de uma orquestra. Por convenção A0 é o Lá mais grave normalmente presente nas teclas do piano, cuja frequência fundamental é 27,5 Hz, próximo do limite de percepção de sons grave para o ouvido humano. A1 é a nota uma oitava acima,, A2 a nota duas oitavas acima e assim por diante. A distância (intervalo) entre duas notas é geralmente especificada em termos do número de semitons que intercorrem entre uma nota e outra.

Tabela 8 – Relações de frequência entre notas: A primeira coluna da tabela apresenta a relação de cada nota em relação a nota C3; *a segunda coluna mostra os cromas presentes na escala das notas que fazem parte da escala de Dó; a terceira coluna apresenta a notação usada para cada nota na escala de Dó; a quarta coluna apresenta o valor da frequência das notas da escala.*

1	Dó	C3	261,6255652
1,059463094			277,1826308
1,122462048	Rá	D3	293,6647678
1,189207115			311,1269836
1,25992105	Mi	E3	329,6275568
1,334839854	Fá	F3	349,2282313
1,414213562			369,9944225
1,498307077	Sol	G3	391,9954359

1,587401052			415,3046975
1,681792831	Lá	A3	440
1,781797436			466,1637613
1,887748625	Si	B3	493,883301
2	Dó	C4	523,2511304

Oitava

Intervalo entre duas frequências, uma sendo o dobro da outra.

Semitom

Na afinação temperada, é o intervalo entre duas frequências cuja razão seja 2^1/12

Série harmônica

É o conjunto de frequências formado pela frequência fundamental, f, e seus múltiplos [f*n, com n inteiro]. Estas frequências estão normalmente presentes em sons musicais

Tonalidade

Hierarquização dos cromas que formam uma melodia, sendo alguns mais e outros menos esperados/estáveis para o ouvinte.

Tônica

Croma mais esperado em uma tonalidade