

Felipe Viegas Rodrigues

Orientação encoberta da atenção visual em  
não-músicos e músicos com estudo  
formal em música

Covert orienting of visual attention in non-  
musician and musician with  
formal music training

São Paulo

2011

Felipe Viegas Rodrigues

Orientação encoberta da atenção visual em  
não-músicos e músicos com estudo  
formal em música

Covert orienting of visual attention in non-  
musician and musician with  
formal music training

Tese apresentada ao Instituto de  
Biotecnologia da Universidade de São  
Paulo, para a obtenção de Título de  
Doutor em Ciências, na Área de  
Fisiologia Geral.

Orientador(a): Gilberto Fernando Xavier

São Paulo

2011

# Ficha Catalográfica

Rodrigues, Felipe Viegas

Orientação encoberta da atenção visual em não-músicos e músicos com estudo formal em música.

116 p. : il.

Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Fisiologia.

1. Atenção encoberta 2. Assimetria 3. Músico.  
I. Xavier, Gilberto Fernando. II. Título.  
III. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Fisiologia.

## Comissão Julgadora:

---

Prof. Dr. Ronald D. P. K. C. Ranvaud

---

Prof. Dr. Luiz Eduardo Ribeiro do Valle

---

Prof. Dr. José Lino Oliveira Bueno

---

Profa. Dra Leonor Bezerra Guerra

---

Prof. Dr. Gilberto Fernando Xavier

Orientador

Aos meus pais, Jorge e Rúbia, ao meu irmão, Gustavo,  
e ao meu padrasto, Giovanni, por todo amor,  
suporte e incentivo incondicional.

*Instead of justifying music on the basis of its connection with other skills,  
it is essential to engender an appreciation for the unique and  
powerful role that music plays in all of our lives.*

Willian F. Thompson (2009)

## Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Gilberto Xavier, pela maestria na regência; por todo o conhecimento compartilhado durante esse tempo; pelo “timing” perfeito, nunca falhando no momento do elogio, da bronca, da festa ou do trabalho; por jamais dizer não a uma explicação rápida; pela dedicação e genialidade dos equipamentos montados; por não desistir e apostar nesse projeto, apoiando e fazendo-o valer a pena. Pela amizade que fica.

Ao prof. Ranvaud, por todas as dicas, sempre mostrando uma “acentuação” diferente; as *misconceptions*; em especial, pela amizade sincera que surgiu dos interesses em comum.

Aos meus mais de cem voluntários. “Notas” essenciais, sem as quais nada disso seria possível!

À minha família, pelo cuidado em não desviar a atenção, preocupando-se em saber a hora de oferecer um ombro, uma palavra carinhosa ou logo um tranco que me fizesse voltar ao “compasso” certo. Ao meu irmão, por dividir um lar durante essa jornada.

A todos os meus amigos na USP e fora dela, que me incentivaram de forma direta ou indireta. Ao Pavão e ao Frazão, por todo o apoio no começo dessa história, na construção de programas e no encorajamento a novos desafios. A grandes amigos que permanecerão: Leopoldo, Ilton, Cyrus, Diego, Erika e Renata, agradáveis “melodias” na reta final dessa jornada, transformando toda a correria fatigante dos últimos meses de trabalho nos melhores meses de todos.

Por fim, mas de forma alguma por menos, à Carol e à Lilian, por terem aceitado o desafio de estar tão próximas nesses últimos (quase) três anos, suportando os melhores e também piores momentos. Vocês foram essenciais. E a música mais bela.

A todos estes, mais do que tudo, por mostrar que a amizade é a fundação de toda história de sucesso.

Obrigado.

# Índice\*

<b>Introdução Geral</b> .....	<b>1</b>
CIRCUITOS NEURAIS ENVOLVIDOS NO PROCESSAMENTO MÚSICAL .....	2
ESTUDO MUSICAL FORMAL E ALTERAÇÕES ESTRUTURAIS .....	5
ESTUDO MUSICAL FORMAL E ALTERAÇÕES COGNITIVAS .....	8
POSSÍVEIS RELAÇÕES ENTRE MÚSICA, MEMÓRIA OPERACIONAL E ATENÇÃO.....	13
ATENÇÃO E MEMÓRIA OPERACIONAL.....	15
A ATENÇÃO É ASSIMÉTRICA?.....	22
<b>Objetivos e justificativa para as abordagens propostas</b> .....	<b>31</b>
<b>Capítulo 1</b> .....	<b>32</b>
<b>Assimetria na orientação encoberta da atenção visual em voluntários saudáveis</b> .....	<b>32</b>
1.1 INTRODUÇÃO .....	33
1.2 OBJETIVOS.....	43
1.3 METODOLOGIA .....	43
1.3.1 <i>Voluntários</i> .....	43
1.3.2 <i>Aparelho</i> .....	45
1.3.3 <i>Teste de identificação do limiar</i> .....	46
1.3.4 <i>Teste de atenção</i> .....	47
1.4 RESULTADOS .....	49
1.4.1 <i>Tempos de reação</i> .....	49
1.4.2 <i>Acurácia</i> .....	51
1.5 DISCUSSÃO .....	54
1.6 AGRADECIMENTOS.....	62
1.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
<b>Capítulo 2</b> .....	<b>65</b>
<b>Orientação encoberta da atenção em músicos com estudo formal em música</b> .....	<b>65</b>

2.1 INTRODUÇÃO	66
2.2 OBJETIVOS	70
2.3 METODOLOGIA	70
2.3.1 <i>Voluntários</i>	70
2.3.2 <i>Aparelho</i>	72
2.3.3 <i>Teste de identificação do limiar</i>	73
2.3.4 <i>Teste de atenção</i>	73
2.4 RESULTADOS	73
2.4.1 <i>Tempos de reação</i>	73
2.4.2 <i>Acurácia</i>	75
2.5 DISCUSSÃO	77
2.6 AGRADECIMENTOS	81
2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
<b>Capítulo 3</b>	<b>84</b>
<b>Desempenho de músicos e não-músicos em uma tarefa de memória operacional.</b>	<b>84</b>
3.1 INTRODUÇÃO	85
3.2 OBJETIVOS	90
3.3 METODOLOGIA	91
3.3.1 <i>Voluntários</i>	91
3.3.2 <i>Teste na tarefa "2-back".</i>	93
3.4 RESULTADOS	94
3.4.1 <i>Tempos de reação</i>	94
3.4.2 <i>Acurácia</i>	95
3.5 DISCUSSÃO	96
3.6 AGRADECIMENTOS	98
3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
<b>Discussão Geral e Conclusões</b>	<b>102</b>



<b>Resumo</b>	<b>106</b>
<b>Abstract</b>	<b>107</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>108</b>
<b>Anexos</b>	<b>117</b>

\*Esta tese foi estruturada segundo o formato de capítulos/artigos da USP. Ela contém uma introdução e uma discussão geral que abrange todos os assuntos presentes, além de introduções e discussões específicas para cada capítulo/artigo. Alguma repetição de conteúdo será encontrada nesses tópicos.

## Introdução Geral

Teoria e prática musical reúnem conhecimentos de diferentes disciplinas, entre elas, Matemática, Física, Fisiologia, Anatomia, Genética, Antropologia e Psicologia. A integração desses conhecimentos levou a construção de uma nova ciência aplicada, chamada Psicologia da Música, a ciência da experiência e do comportamento musical (SEASHORE, 1942). Mais recentemente, o termo Cognição Musical tem sido comumente empregado para descrever as relações entre o funcionamento encefálico e a capacidade de percepção e produção musical.

Embora o interesse formal nestas capacidades exista há mais de um século (e.g., HELMHOLTZ, 1885, 1954), apenas nas últimas décadas a música tem sido intensamente estudada de um ponto de vista biológico. Zatorre (2005) argumenta que a música proporciona uma ferramenta para estudar vários aspectos da neurociência, da aprendizagem de habilidades motoras à emoção.

Uma das razões para essa afirmação é a universalidade da música. Ainda que a excelência na execução de um instrumento esteja restrita a alguns poucos indivíduos, como defendido por Trehub (2003) e Peretz e Zatorre (2005), diversos autores concordam que a música pode ser encontrada em todo o mundo, seja pela sua apreciação ou produção (PERETZ e HYDE, 2003; RENTFROW e GOSLING, 2003; TREHUB, 2003; BIGAND e POULIN-CHARRONNAT, 2006; SACKS, 2007; WARREN, 2007; TRAINOR 2008). Sacks (2007) defende:

*“Não é preciso possuir conhecimentos formais de música – na verdade, nem sequer é preciso ser particularmente ‘musical’ – para apreciá-la e responder a ela nos níveis mais profundos. A música é parte do homem e não existe cultura humana na qual ela não seja altamente desenvolvida e valorizada. Sua própria ubiquidade pode banalizá-la no cotidiano: ligamos e desligamos o rádio, cantarolamos uma melodia, acompanhamos o ritmo com o pé, vasculhamos nossa mente procurando a letra de uma velha canção e não damos a menor importância a tudo isso.” (pág. 329-330).*

Não surpreende, portanto, a publicação de volumes completos de revistas importantes inteiramente dedicadas ao tema (e.g., Cognition,

volume 100, edição 1 de 2001; Annals of the New York Academy of Sciences, volumes 930 e 999, de 2001 e 2003, respectivamente, e Nature Neurosciences, volume 6, edição 7, de 2003).

### **Circuitos neurais envolvidos no processamento musical**

Janata, Tillmann e Bharucha (2002) defendem que escutar música causa aumento de fluxo sanguíneo bilateralmente no giro temporal superior, na região do sulco intraparietal e regiões frontais (regiões do sulco pré-central, regiões do sulco e do giro frontal inferior e opérculo frontal), em relação à condição de descansar passivamente (sem música). Escutar música ativamente, segundo eles, recruta circuitos neurais subjacentes a múltiplas formas de memória operacional, atenção, processamento semântico, detecção de alvo e imageamento motor. Mais do que isso, ouvir música parece ativar áreas do sistema nervoso úteis a funções gerais, ao invés de apenas módulos corticais específicos para música.

Lesões no córtex frontal direito são suficientes para causar a perda da capacidade de reconhecer e acompanhar melodias, mesmo aquelas anteriormente conhecidas, uma condição conhecida como amusia. Em conjunto com a conhecida afasia gerada por lesões na área de Broca, localizada no córtex frontal esquerdo (ver tópico “A atenção é assimétrica?”), esses resultados levam a uma dupla dissociação entre o processamento da fala e da música (PERETZ, 2002).

Embora alguns autores defendam que a atividade musical envolve circuitos encefálicos de outras funções cognitivas cujas vantagens adaptativas são óbvias, e.g., linguagem (PINKER, 1998, pág. 534), casos de amusia levam à sugestão de que o encéfalo possui redes neurais específicas para o processamento da música (PERETZ, 2002), uma vez que o prejuízo se dá numa função específica, a percepção musical, sem prejuízos aparentes de outras funções.

A dupla dissociação defendida por Peretz (2002) seguramente não envolve uma distinção completa entre fala e música. Estudos mais recentes defendem que as áreas cerebrais frontais envolvidas no processamento de sintaxe são comuns aos dois processos (PATEL,

2003a). Num estudo por eletroencefalografia, esse autor revelou que tanto o processamento sintático musical quanto o processamento verbal geram um potencial evocado P600, indistinto em amplitude e distribuição no escalpo do ponto de vista estatístico. Potenciais evocados são produzidos pela média de vários registros eletroencefalográficos produzidos, por exemplo, imediatamente após um determinado estímulo. Neste caso, essa média resultou num componente positivo que ocorreu 600 ms após a estimulação. Esse potencial evocado ocorreu após a apresentação de sentenças verbais ou sequências de acordes musicais com incongruências de sintaxe (baseadas em regras de estrutura verbal para os estímulos verbais e regras harmônicas para os estímulos sonoros).

Patel (2003a) sugere ainda uma distinção entre representação sintática e processamento sintático para explicar o aparente conflito entre as evidências neuropsicológicas e de neuroimagem. Segundo ele, diversos estudiosos da sintaxe verbal têm sugerido “modelos-duplos” que separam regiões envolvidas com representação sintática de regiões envolvidas com processamento sintático. As representações verbal e musical seriam diferentes, mas o processamento não. As regiões envolvidas no processamento fariam a integração sintática, i.e., a ligação entre a sequência de palavras em uma frase e também da sequência de notas ou acordes em uma melodia.

Evidência semelhante foi encontrada por Koelsch et al. (2004). Esses autores mostraram que “a música pode não apenas influenciar o processamento de palavras, mas ela pode também pré-ativar representações de conceitos, sejam eles abstratos ou concretos, independente do conteúdo emocional desses conceitos” (p.306), isto é, assim como a linguagem, a música pode facilitar a compreensão de significados (de palavras e, provavelmente, também contextos). Na pesquisa realizada pelos autores, palavras aleatórias foram apresentadas aos indivíduos após eles terem ouvido uma frase ou um trecho musical. Mensurações de potenciais evocados mostraram que um componente N400 foi causado por palavras semanticamente não relacionadas às frases

e um N400 muito semelhante foi encontrado para os trechos musicais também não relacionados.

Patel (2003b) estabelece também paralelos entre a rítmica da linguagem e a da música. A comparação de sub-componentes do ritmo da linguagem e da música revela que o agrupamento rítmico é semelhante na linguagem e na música, mas não sua estrutura periódica (que é mais organizada na música). Patel (2003b) ressalta também que “novas evidências sugerem que a rítmica de linguagem de uma cultura deixa impressões na sua rítmica musical” (p. 140).

Segundo revisão de Samson (2003), trabalhos recentes relacionados a timbre mostram que o processamento dessa propriedade do som envolve redes neurais próprias, incluindo regiões anteriores e posteriores do giro temporal superior, e, possivelmente, áreas frontais também. A autora defende que o timbre musical é uma propriedade multidimensional do som que nos permite distinguir instrumentos musicais.

A evolução da discriminação de timbres certamente não é produto da necessidade de reconhecimento de diferentes instrumentos musicais. Zatorre (2005b) defende que o reconhecimento de tonalidades (característica gerada por vibrações sonoras periódicas) é importante para reconhecer diferentes vocalizações de animais na natureza; elas seriam uma boa indicação para distinguir as vocalizações de outros ruídos. As tonalidades e o timbre certamente serviriam também à identificação de vozes. Sabe-se, por exemplo, que mesmo bebês recém-nascidos discriminam a voz da mãe de outras vozes (TREHUB e HANNON, 2006). Relativamente à música, a capacidade de reconhecimento de timbre seria utilizada no reconhecimento de diferentes instrumentos musicais e as tonalidades no reconhecimento de diferentes notas.

Apenas recentemente passamos a entender como o encéfalo processa tonalidades musicais. Bendor e Wang (2005) encontraram, no córtex cerebral de macacos, neurônios com a capacidade de responder a tonalidades (não a frequências como seria esperado); portanto, neurônios ativados tanto pelo estímulo de um “Lá” grave quanto de um “Lá” agudo (e.g., uma oitava acima). Dessa forma, esses neurônios respondem a

diferentes timbres de instrumentos (mesmo que eles se caracterizem por espectros de frequências completamente diferentes) e respondem também a uma tonalidade ainda que a frequência fundamental não esteja presente. Os neurônios registrados por Bendor e Wang (2005) encontram-se próximos à borda anterolateral do Córtex Auditivo Primário.

A música gera ainda a ativação de circuitos neurais relacionados à emoção e à recompensa, como os córtices orbitofrontal, cíngulo subcaloso e polar frontal, ativados em resposta a sensações prazerosas, e o giro parahipocampal e região do pré-cuneus, ativados por sensações negativas (BLOOD et al., 1999). A música pode até mesmo eliciar respostas de intenso prazer associadas à ativação de circuitos neurais, de modo semelhante às respostas relacionadas ao uso de drogas de abuso e atividade sexual, incluindo o corpo estriado ventral (particularmente o núcleo accumbens), ínsula, tálamo e mesencéfalo dorsal (BLOOD e ZATORRE, 2001). A escolha da música que envolve prazer e recompensa por parte do ouvinte parece ser também importante (BLOOD e ZATORRE, 2001). Segundo esses autores, a seleção pessoal da música é a maneira mais confiável de se obter respostas de intenso prazer no ouvinte.

### **Estudo musical formal e alterações estruturais**

A prática musical envolve períodos de concentração intensa, disciplina (de estudos) e memorização de diversos fatores incluindo escalas musicais, tonalidades relativas e/ou absolutas, trechos musicais propriamente ditos e leitura musical. Ela envolve ainda uma tradução sensório-motora em que características espaciais da notação musical servem de guias para uma atividade motora, por exemplo, quais teclas apertar ou quais cordas digitar e tocar – atividades que levam a um desenvolvimento motor fino devido ao treino específico e repetitivo (STEWART et al., 2003).

De fato, Elbert et al. (1995) mostraram, por meio de Imageamento Funcional por Ressonância Magnética (fMRI), que violinistas profissionais possuem maior representação cortical dos dedos da mão esquerda do que não-músicos. Os autores realizaram estimulações

somatosensoriais no dedo opositor e, em sessões separadas, no dedo mínimo de ambas as mãos dos voluntários. Os resultados mostraram que o centro de ativação cortical em resposta à estimulação tátil estava alterado nos músicos, de forma que a distância entre os centros de ativação para cada um dos dois dedos era maior nos músicos em relação a não-músicos, sugerindo que a representação cortical estava aumentada. Mais do que isso, os dedos da mão esquerda apresentaram maior atividade neuronal em resposta às estimulações táteis nos músicos e essa resposta foi significativamente maior para o dedo mínimo em relação ao dedo opositor (que não entra em contato com as cordas durante a execução do instrumento).

Os autores descartaram a possibilidade de que as alterações encontradas fossem decorrentes de diferenças prévias no encéfalo dos músicos, pois experimentos prévios com macacos mostraram a ocorrência de aumento de mapas corticais somatosensoriais sob condições de maior necessidade de discriminação tátil (e.g. RECANZONE et al., 1992 *apud* ELBERT et al., 1995). Ademais, houve correlação entre o tempo de estudo de violino e a atividade neuronal em resposta à estimulação tátil (ELBERT et al., 1995). Esse experimento foi posteriormente replicado por Pantev et al. (2001), que encontraram resultados muito semelhantes aos de Elbert et al. (1995) com seis violinistas, dois violoncelistas e um guitarrista.

Experimentos de Schlaug (2001) ampliaram esses resultados ao mostrar a ocorrência de diferenças estruturais na região anterior do corpo caloso, córtex motor e cerebelo em músicos profissionais. Mensurações envolvendo fMRI mostraram maior área de secção transversal na região anterior do corpo caloso de músicos, em relação a não-músicos. Pessoas que iniciaram o estudo musical formal até os sete anos de idade exibem diferenças maiores do que as que o iniciaram depois. A escolha da idade de sete anos para formar os subgrupos seguramente não foi casual, já que em média nessa idade há uma melhora gradual do controle de movimentos, coordenação motora e a maturação do corpo caloso (entre 4 e 11 anos).

A região anterior do corpo caloso comunica principalmente regiões frontais e pré-frontais dos hemisférios direito e esquerdo. O

aumento na área de secção transversal está relacionado a um aumento no número de fibras que compõe o corpo caloso (PANDYA e SELTZER, 1986 apud SCHLAUG, 2001). Schlaug (2001) defende que a alteração do corpo caloso decorre da maior necessidade de comunicação inter-hemisférica em músicos, dadas as complexas sequências motoras bimanuais aprendidas.

Essa hipótese levou o autor a indagar se o treinamento extensivo também levaria a alterações macroscópicas detectáveis no córtex motor de músicos. Schlaug (2001) comparou o córtex pré-central de músicos e não-músicos por meio de fMRI e mostrou diferenças anatômicas notadamente pronunciadas na região que corresponde ao controle motor das mãos e dedos, com músicos apresentando uma diferença menor entre os córtices direito e esquerdo, isto é, uma maior representação cortical motora também da mão não-dominante. Também neste caso, quanto mais cedo se deu o início do treinamento musical maiores foram as alterações encontradas no córtex motor.

Schlaug (2001) mostrou que o volume cerebelar relativizado (em relação ao córtex) de homens músicos é maior em relação a homens não-músicos, o mesmo não ocorrendo em relação às mulheres. Este último resultado negativo, segundo o autor, foi atribuído (1) à amostra menor e menos homogênea que o grupo masculino, (2) ao grande número de atletas entre as mulheres não-musicistas, e (3) ao ciclo menstrual, que não foi levado em conta no estudo e que parece promover uma regulação na densidade sináptica mensalmente.

Gaser e Schlaug (2003) também investigaram o encéfalo de músicos por MRI. Eles encontraram diferenças na distribuição da substância cinzenta de músicos, em relação a não-músicos, em regiões que são de “importância crítica para o desempenho dos músicos” (p.516). Essas regiões incluem a área sensório-motora primária, área pré-motora, cerebelo, córtex parietal superior bilateral e giro temporal inferior bilateral. As alterações eram maiores conforme maior intensidade da prática musical, segundo os autores.

Resultados semelhantes foram descritos por Sluming et al. (2002) em imagens feitas por MRI. Esses autores verificaram que músicos



possuem maior densidade de substância cinzenta na Área de Broca, comparados a não-músicos compatíveis em gênero, destreza e QI. Assim, defendem que o estudo de música possivelmente promove a retenção de maior quantidade de substância cinzenta nessas regiões ao longo do envelhecimento. Ademais, observaram redução no volume de substância cinzenta cortical que se correlacionava positivamente com a idade em não-músicos, mas não em músicos. Os estudos de Elbert et al. (1995), Schlaug (2001), Gaser e Schlaug (2003) e Sluming et al. (2002) consideram músicos as pessoas que tocam por profissão e treinam seu instrumento de preferência diariamente, pelo menos por uma hora.

Esses resultados parecem concordar com a ousada afirmação de Peretz e Zatorre (2005), de que “Músicos parecem recrutar mais tecido neural ou usá-lo mais eficientemente que o fazem não-músicos” (p. 105). Assim, o estudo de música, pelo seu treino repetitivo e possivelmente associado à mobilização frequente da atenção, promove alterações em circuitos neurais específicos, especialmente em áreas motoras e, possivelmente, também em outras regiões do sistema nervoso.

### **Estudo musical formal e alterações cognitivas**

Thompson (2009) defende que a exposição à música pode resultar em efeitos de curta e de longa duração. Efeitos de curta duração, resultantes da apreciação musical, seriam tipicamente efeitos secundários da música sobre o humor e a vigília. Efeitos de longa duração, resultantes da prática musical, corresponderiam a uma instância de transferência cognitiva, isto é, a experiência ou o treino em uma determinada habilidade melhoraria o desempenho de uma outra habilidade.

Um efeito de curta duração gerado pela música é o chamado “Efeito Mozart”, noção segundo a qual escutar músicas de Mozart gera uma melhora de curto prazo no desempenho de tarefas de raciocínio espaço-temporal (RAUSCHER et al., 1993; 1995). Husain et al. (2002) variaram o tempo e o modo da música para investigar alterações no humor, estado de vigília e habilidades espaciais de indivíduos. Seus resultados mostram que (1) o desempenho de tarefas que requerem habilidade espacial melhora

quando as músicas apresentadas são mais rápidas (tempo) e/ou são apresentadas em modo maior; (2) as variações de tempo alteraram o estado de vigília, mas não o humor; (3) as variações de modo tiveram o efeito inverso; e (4) o desempenho de tarefas que requerem habilidade espacial foi paralelo às mudanças no humor e no estado de vigília, isto é, quanto maiores estes fatores (indivíduo mais animado ou mais atento), melhor o desempenho naquelas tarefas.

De maior interesse, entretanto, são os efeitos de longa duração gerados pela prática musical. Schellenberg (2004) comparou quatro grupos de crianças com idade de seis anos, sendo dois deles com educação musical extracurricular (aulas de teclado ou canto), um com aulas extracurriculares de teatro e outro sem qualquer aula extracurricular. A avaliação foi baseada em três testes, (1) o Wechsler Intelligence Scale for Children – Third Edition” (WISC-III) (WECHSLER, 1991 *apud* SCHELLENBERG, 2004), que avalia o desempenho das crianças em diversos tipos de habilidades intelectuais, (2) o “Kaufman Test of Educational Achievement” (K-TEA) (KAUFMAN e KAUFMAN, 1985 *apud* SCHELLENBERG, 2004), que evidencia melhora no desempenho escolar (para avaliar se a melhora no QI evidenciada pelo WISC-III associava-se a melhoras em atividades comuns da escola), e (3) o “Behavior Assessment System for Children” (BASC) (REYNOLDS e KAMPHAUS, 1992 *apud* SCHELLENBERG, 2004), que evidencia melhoras no comportamento social. Esses testes foram aplicados antes e depois de um período de seis meses de exposição àquelas condições. Os resultados mostraram que o desempenho no teste de inteligência WISC-III foi superior em todos os grupos depois dos seis meses; porém, a melhora foi significativamente superior nos grupos com educação musical.

Música, *per se*, parece ter profundas relações com a Matemática. Desde Pitágoras (582-497 a.C.) as relações entre notas musicais e as raízes da harmonia são entendidas do ponto de vista da Matemática (THOMPSON, 2009). Essa ligação próxima entre as duas áreas parece também resultar em efeitos de longa duração nos estudantes de música. Whitehead (2001) distribuiu alunos de ensino básico e médio em três

grupos: “Ensino Completo” (aulas de música de 50 min, cinco dias por semana), “Ensino Parcial” (uma aula de música de 50 min por semana) e “Sem Ensino” musical. Após vinte semanas, o grupo “Ensino Completo” obteve melhor desempenho matemático e o grupo “Sem Ensino” musical o pior desempenho matemático.

Efeitos de longa duração também seriam esperados entre o estudo musical formal e habilidades verbais, dadas as íntimas relações entre música e fala, já descritas. De fato, Ho et al. (2003) verificaram que crianças e adolescentes (6 a 15 anos) que estudavam um instrumento musical pelo menos uma hora por dia, sob supervisão de instrutores, tiveram melhor desempenho que crianças da mesma idade sem treino musical em um teste verbal de memorização de palavras. À época do teste, o tempo médio de estudo musical era de 2,6 anos.

Almejando fortalecer seu argumento sobre as relações causais entre estudo musical e desempenho verbal, os autores aplicaram o mesmo teste após um ano em três grupos de crianças, (1) crianças que continuaram o estudo musical, (2) crianças sem treino musical prévio e que começaram o mesmo programa da escola e (3) crianças que interromperam o estudo musical. Os resultados mostraram que o desempenho das crianças dos Grupos 1 e 3 foi semelhante, mas apenas os Grupos 1 e 2 (que tiveram treinamento musical no período) melhoraram de um ano para outro. Esse resultado sugere que, de fato, o treinamento musical pode ter sido o fator de melhora da memória verbal encontrada nessas crianças.

Estudos de Anvari et al. (2002) e Lamb e Gregory (1993 apud SCHELLENBERG, 2004) defendem que aptidão musical está relacionada à proficiência de leitura e escrita. Anvari et al. (2002) realizaram uma série de testes com crianças em idade pré-escolar (4 e 5 anos) em cinco sessões distintas. Os testes visavam investigar consciência fonológica, habilidade de leitura, vocabulário, percepção musical (rítmica e melódica), memória operacional e desempenho matemático. Os resultados indicam que habilidade de percepção musical se correlaciona positivamente com consciência fonológica e habilidade de leitura precoce. Mais do que isso, os autores defendem que *“a percepção musical é indicativa de habilidade de*

*leitura mesmo quando a variância compartilhada com consciência fonológica é removida, sugerindo que a habilidade de percepção musical está relacionada a mecanismos auditivos ou cognitivos além daqueles apontados pela consciência fonológica” (p.126).*

Músicos também parecem se desempenhar melhor que não-músicos em testes de habilidade visuoespacial. Costa-Giomi et al. (2001) avaliaram (1) músicos com ouvido absoluto (característica na qual um indivíduo é capaz de reconhecer uma nota musical e classificá-la qualitativamente sem qualquer referência a outra nota musical externa), (2) músicos sem ouvido absoluto e (3) não-músicos no Teste da Figura Escondida. Os resultados mostraram que músicos possuidores de ouvido absoluto tiveram os melhores resultados dentre os três grupos. Os autores afirmam ainda que o desempenho no teste se correlaciona positivamente com a idade de início do estudo musical, de forma que os melhores resultados foram dos indivíduos que começaram mais cedo.

Em outro teste para avaliar habilidades visuo espaciais (“Benton Judgement of Line Orientation”, BENTON et al., 1978 *apud* SLUMING et al., 2002), que envolve a correta identificação do ângulo de inclinação de uma linha, Sluming et al. (2002) encontraram melhor desempenho de músicos em relação a não-músicos, além da maior densidade de substância cinzenta na Área de Broca (já relatada). Segundo os autores, esse resultado pode estar relacionado ao desenvolvimento e ao uso da habilidade de análise visuoespacial necessária à leitura “à primeira vista” de partituras, que funcionaria como treinamento para outras tarefas espaciais (SLUMING et al., 2002).

Mais recentemente, Brochard, Dufour e Després (2004) compararam o desempenho de músicos e não-músicos em uma tarefa visuoespacial em duas condições, uma perceptual e outra imaginativa. Na condição perceptual, os voluntários precisavam discriminar em qual lado de uma linha referencial um pequeno alvo pontual era piscado, tanto verticalmente, onde o ponto aparecia acima ou abaixo de uma linha horizontal, quanto horizontalmente, com o ponto piscando para o lado direito ou esquerdo de uma linha vertical. Na condição imaginativa a linha

de referência desaparecia 1000 ms antes do aparecimento do ponto. Tempos de reação para cada tentativa eram mensurados e a resposta era dada utilizando as setas de um teclado (correspondendo a cada uma das posições possíveis). Cada uma das condições era utilizada em quatro blocos de teste. A posição da linha de referência na tela (5 posições possíveis), o intervalo entre o aparecimento da linha e do ponto (500, 700, 900 ou 1100 ms) e a distância do ponto em relação à linha (duas posições possíveis) eram aleatoriamente variados a cada tentativa. Os resultados de Brochard, Dufour e Després (2004) mostraram que músicos desempenham melhor que não músicos em todas as condições, especialmente na condição de discriminação vertical (em ambas as condições perceptual e imaginativa), o que os autores atribuíram à tarefa de leitura de partituras que eles consideram uma tarefa bem menos linear que a leitura de um texto, mas que se baseia no eixo vertical para codificar a tonalidade de uma nota.

Brochard, Dufour e Després (2004) investigaram ainda se o melhor desempenho dos músicos na tarefa visuoespacial poderia ser devido a melhores habilidades sensório-motoras. Os autores fizeram um segundo experimento no qual expuseram músicos e não-músicos a uma tarefa de tempo de reação simples (responder a um pequeno círculo que aparecia em uma de quatro possíveis posições na tela) e uma tarefa de tempo de reação com escolha, em que os indivíduos precisavam discriminar entre um círculo verde ou vermelho no centro da tela, respondendo com botões diferentes para cada um deles. Os resultados mostraram que músicos foram melhores que não-músicos na tarefa de tempo de reação com escolha, mas não na tarefa de tempo de reação simples. Esses resultados levaram os autores a concluir que o desempenho dos músicos no teste visuoespacial pode refletir um melhor desempenho visuo-motor. Músicos seriam melhores que não músicos em associar um estímulo visual com uma resposta motora específica, um resultado que seria suportado pelas alterações possivelmente promovidas nos circuitos motores pela prática diária de um instrumento musical. Interessantemente, Brochard, Dufour e Després (2004) não descartam que o melhor

desempenho de músicos possa ser atribuído, pelo menos em parte, a mecanismos atencionais, embora argumentem que seus resultados não permitam qualquer conclusão nesse sentido.

Em resumo, esses resultados sugerem que uma série de funções cognitivas encontra-se alteradas em músicos expostos ao estudo formal, além das alterações estruturais já relatadas. Esses achados implicam em duas possibilidades: condições pré-existentes em indivíduos que, em virtude dessas alterações, acabam se engajando em atividades que envolvem música ou que o treino musical leva a reorganizações corticais em seus praticantes, úteis à prática musical e a outras funções mais gerais como aquelas descritas aqui.

Como defendido por Schlaug (2001), esta última possibilidade é apoiada por trabalhos de neuroplasticidade (e.g. ANDERSON et al. 2002), que mostram alterações estruturais após longos períodos de aprendizagem motora e também pelas correlações entre desempenho ou nível de reorganização cortical e tempo de treino musical (ELBERT et al., 1995; SCHLAUG, 2001; WHITEHEAD, 2001; SLUMING et al. 2002; ANVARI et al., 2002; GAUSER e SCHLAUG, 2003; HO et al. 2003; SCHELLENBERG, 2004).

### **Possíveis relações entre música, memória operacional e atenção**

Efeitos de longa duração relacionados ao estudo formal de música parecem ocorrer também como produto secundário de ganhos em habilidades mais gerais como memória operacional e atenção (BROCHARD, DUFOUR e DESPRÉS, 2004).

Chen et al. (2008), num estudo sobre a integração auditório-motora envolvendo diferentes ritmos, verificaram que músicos tem desempenho superior a não-músicos em uma tarefa de bater o dedo em acompanhamento a ritmos progressivamente mais complexos. Mensurações envolvendo fMRI revelaram o envolvimento de uma região relacionada a memória operacional (córtex frontal anterior dorso lateral), o que levou os autores a argumentarem que o melhor desempenho de músicos poderia ser atribuído à mobilização de mais tecido nervoso

envolvido na memória operacional nesses indivíduos, contribuindo para a melhor resposta comportamental. Interessantemente, esse estudo também encontrou maior ativação na Área de Broca de músicos, região na qual Sluming et al. (2002) verificaram maior densidade de substância cinzenta nos músicos em relação a não-músicos.

Memória operacional também é necessária para o armazenamento temporário de uma determinada tonalidade (de uma nota musical). A troca ou mudança para um novo tom gera uma atualização na memória operacional que pode ser verificada por um potencial evocado P300 bem evidente e relacionado à atividade registrada por eletrodos posicionados no escalpo em região do Lobo Parietal. Mais interessante é o fato de que esse componente P300 é reduzido, ou até mesmo ausente, em possuidores de “ouvido absoluto” (KLEIN et al., 1984).

A associação entre música e memória operacional certamente não se resume apenas à retenção de uma determinada tonalidade musical. Para simplesmente escutar músicas, acompanhando o desenvolvimento de uma peça clássica ou ainda percebendo as diferenças entre a melodia tema e as variações realizadas durante um solo, é preciso realizar uma série de processamentos cognitivos superiores. Bigand (2005) defende que “esse processamento requer operações cognitivas abstratas que colocam em atividade capacidades de atenção e memória, e operações de categorização e raciocínio.” (p. 60). Para músicos, a complexidade vai mais além, pois a execução musical exige, além de tudo isso, planejamento da execução musical e atividade motora coordenada (DRAKE e PALMER, 2000; PALMER e MEYER, 2000).

Peretz (2002) defende que o treinamento musical gera alterações não apenas em regiões nervosas específicas, mas na dinâmica do funcionamento das regiões necessárias à execução musical. Isso certamente incluiria circuitos de atenção.

Stewart et al. (2003), utilizando fMRI em estudantes de música, mostraram que o treino em leitura musical por 15 semanas ativa os córtices parietal superior direito e esquerdo, córtex parietal superior medial direito, giro fusiforme esquerdo, giro supramarginal esquerdo, córtex frontal anterior

direito e sulco frontal inferior esquerdo, durante a tarefa de leitura musical (STEWART et al., 2003). Os córtices parietal superior e frontal anterior, e o giro supramarginal são conhecidos pelo seu envolvimento em orientação da atenção visual (CORBETTA e SHULMAN, 2002).

Seria então possível que o treinamento em leitura musical levasse a ganhos no desempenho da atenção visual em músicos profissionais, confirmando a hipótese de Brochard, Dufour e Després (2004) de que o melhor desempenho de músicos no teste visuoespacial realizado por eles pode ser atribuído, em parte, a mecanismos atencionais mais eficientes.

De fato, Rodrigues et al. (2007) mostraram que músicos tem melhor desempenho do que não-músicos em um teste de atenção dividida. Os autores utilizaram um teste de tempo de reação com múltipla escolha (MCRT, sigla em Inglês) em duas situações: (1) o MCRT aplicado sozinho e (2) o MCRT aplicado concomitante a uma tarefa de nomeação de figuras geométricas, que eram apresentadas aleatoriamente em uma tela à parte. Na condição “1” os autores verificaram que músicos erram menos que não-músicos e na condição “2” os músicos tiveram desempenho semelhante ao de não-músicos, mas foram mais rápidos para nomear as figuras geométricas apresentadas. Os autores atribuem o melhor resultado na tarefa de atenção dividida à prática diária dos músicos, na qual eles estão constantemente reorientando a atenção entre seu instrumento, um maestro, a partitura e os outros companheiros na orquestra.

### **Atenção e memória operacional**

A atenção tem sido investigada desde o século XIX. Willian James (1842-1910), em seu livro “Os princípios de Psicologia” (1890), cunhou a mais famosa definição de atenção:

*“Todos sabem o que é atenção. É tomar posse da mente, de forma clara e vívida, de um dos que parecem ser vários objetos ou linhas de raciocínios simultaneamente possíveis. A essência da consciência é a focalização e a concentração. Isto implica um retraimento de algumas coisas para lidar de maneira efetiva com outras”* (pág. 403-404).



Um dos marcos no estudo da atenção foi a publicação da teoria do Filtro Atencional de Broadbent (1958). Segundo Broadbent (1958) os sistemas de processamento de informação são limitados e os mecanismos de atenção atuam filtrando o estímulo mais relevante dentre uma série de estímulos que constantemente atingem os sistemas sensoriais. Isso evitaria uma sobrecarga dos sistemas encefálicos que fazem o processamento de informações. Os estímulos que passariam pelo filtro atencional seriam selecionados com base em características físicas pré-estabelecidas.

Os estudos de Broadbent (1958) basearam-se em testes com escuta dicótica (sons apresentados independentemente a cada ouvido, através de fones). O autor percebeu que as pessoas eram capazes de relatar o que elas haviam escutado em um ouvido, mas poucas vezes nos dois. Isso o levou a postular que nós processamos informações num canal (ouvido) por vez. As pessoas normalmente relatam o conteúdo apresentado a um ouvido primeiro e, depois, o conteúdo do outro ouvido.

Demorou algum tempo para que fossem encontrados problemas na teoria de Broadbent (1958). Novos experimentos com escuta dicótica, no entanto, revelaram duas novas observações: (1) se duas categorias diferentes são apresentadas, misturadas em cada ouvido, e.g. números e palavras, o relato do voluntário obedecerá à ordem das categorias e não à ordem de apresentação em cada ouvido (GRAY e WEDDERBURN, 1960); e (2) se pedido a voluntários que não atendam um dos ouvidos, palavras apresentadas no ouvido ignorado podem ser processadas se uma determinada palavra for apresentada dentro do contexto do ouvido atendido (TREISMAN, 1960).

Esses novos resultados levaram Deutsch e Deutsch (1963) a propor a Teoria Atencional da Seleção da Resposta. Esses autores defenderam que todos os estímulos passam pelos níveis perceptuais mais básicos e que o estímulo que será atendido é uma função do nível de alerta do sistema. Em estágios de alerta mais baixos, como o sono, nem mesmo estímulos com alta relevância seriam processados. De forma geral, ambas as teorias admitem a existência de um componente selecionador, diferindo apenas no momento de seleção: inicial (BROADBENT, 1958) ou tardia

(DEUTSCH e DEUTSCH, 1963); ambas admitem competição pelos sistemas de processamento de capacidade limitada, de forma que só os estímulos selecionados tornar-se-iam conscientes e contribuiriam para o controle da resposta (HELENE e XAVIER, 2003).

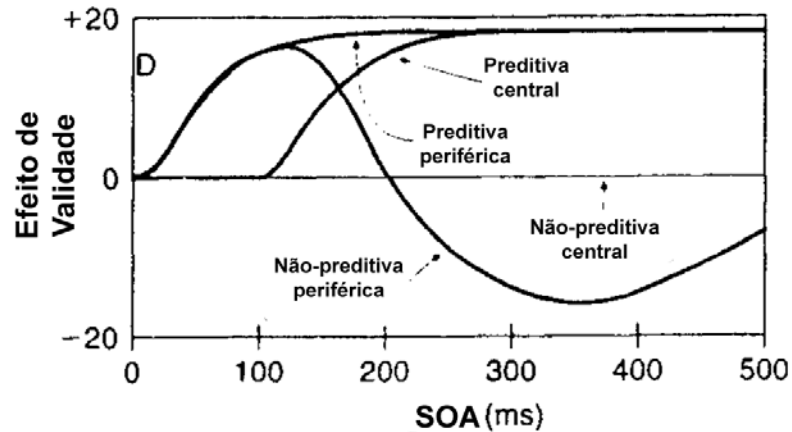
As teorias de atenção não sofreram grandes progressos até o começo da década de 80, quando novos paradigmas experimentais começaram a utilizar pistas que direcionavam a atenção para locais em que alvos seriam apresentados. Um teste que tem sido usado extensivamente é o Paradigma da Atenção Encoberta de Posner (1980), que avalia o efeito do direcionamento encoberto (sem movimento ocular) da atenção visual sobre o tempo de reação a estímulos apresentados no campo periférico de visão (o foco visual é mantido em um ponto central de visão, minimizando a contribuição de efeitos sensoriais); esse tempo é menor quando o voluntário recebe uma sinalização correta (pista válida) sobre a posição em que aparecerá o estímulo alvo ao qual deve reagir, em relação à condição de ausência de sinalização sobre sua posição (pista neutra) ou à condição de sinalização incorreta (pista inválida), isto é, em que o alvo aparece em local diferente do sinalizado. A diferença de tempo de reação entre pistas inválidas e válidas é denominada efeito de validade, sendo da ordem de algumas dezenas de milissegundos.

Esses resultados sugerem que o aparecimento da sinalização válida leva a uma facilitação da resposta pelo direcionamento prévio da atenção para o lado sinalizado. Na condição de pista neutra, em que há uma pista informativa relacionada ao tempo de aparecimento do estímulo, mas não à sua posição, não há o direcionamento localizado da atenção, e na condição com pista inválida há um atraso da resposta devido à necessidade de inibir a atenção direcionada invalidamente para um local e sua reorientação para um outro local do campo visual onde o estímulo alvo efetivamente aparece (NAHAS e XAVIER, 2004). O “Paradigma de Posner” também tem a vantagem de permitir a comparação entre atenção automática e voluntária, pela manipulação das condições de apresentação da pista e do alvo (KINGSTONE, 2003).

A orientação automática da atenção parece ocorrer por estímulos abruptos e inesperados que, tendo ocorrido, facilitam o processamento de informações oriundas daquele setor do campo visual. Esse processo parece depender de poucos recursos cognitivos e gera efeitos rápidos de orientação da atenção, que não podem ser voluntariamente inibidos (JONIDES, 1981). Corbetta e Shulman (2002) defendem que esse processo é “guiado pelo estímulo”, i.e., um processo “de-baixo-para-cima”. Alternativamente, a orientação voluntária da atenção é um processo induzido pelo próprio sujeito, mais lento que o processo de orientação automática da atenção, e passível de inibição (JONIDES, 1981). Corbetta e Shulman (2002) defendem que esse processo é “direcionado ao objetivo”, i.e., um processo “de-cima-para-baixo”.

De fato, a manipulação do local onde uma pista é apresentada e da expectativa que ela cria gera efeitos favoráveis a essas interpretações. Pistas periféricas (apresentadas no espaço extra-foveal) geram efeito de validade mesmo quando não-preditivas, i.e., quando a validade da pista é de 50%, mesmo com intervalos de tempo relativamente pequenos entre a pista e o alvo. Diferentemente, pistas centrais resultam em efeito de validade apenas quando predictivas (validade da pista maior que 50%, usualmente 80%) e com intervalos de tempo entre a pista e o alvo relativamente maiores (JONIDES, 1981) (ver adiante).

Luck e Vecera (2002) resumiram os efeitos de validade usualmente observados nas diferentes condições de previsibilidade (i.e., predictiva ou não-predictiva) e com a utilização de pistas centrais (i.e., de natureza simbólica, não raro apresentadas próximo ao ponto de fixação) e periféricas (i.e., apresentadas na região extra-foveal) (Figura 1).



**Figura 1** – Diferenças no efeito de validade (tempo de reação nas tentativas inválidas “menos” o tempo de reação nas tentativas válidas) resultante de pistas centrais ou periféricas, preditivas ou não-preditivas, em função do SOA (do inglês “Stimulus Onset Asynchrony”, i.e., assincronia entre o início da pista e o início do alvo). Modificado de Luck e Vecera (2002).

Pistas centrais não-preditivas não geram qualquer efeito de validade. Na ausência de previsibilidade sobre o local em que o alvo aparecerá, os voluntários mantêm a atenção difusa entre os hemisférios visuais direito e esquerdo. Já pistas centrais preditivas desencadeiam um processo voluntário de orientação da atenção, que gera efeito de validade máximo cerca de 250 ms após o aparecimento da pista. Note que pistas periféricas não-preditivas levam a uma reversão do efeito de validade, já que os tempos de reação para pistas inválidas torna-se menor do que aquele exibido para as pistas válidas, com pico ao redor de 350 ms. Esse efeito, denominado inibição de retorno, é atribuído à inibição da atenção para um local recentemente atendido no qual não houve estimulação adicional relevante. Em contraste, pistas periféricas preditivas causariam, inicialmente, o engajamento da atenção automática, seguida do engajamento da atenção voluntária. Esse fenômeno também foi demonstrado em estudos envolvendo ratos (MAROTE e XAVIER, 2011).

Os mecanismos atencionais ainda guardam íntima relação com a memória operacional, um sistema de memória de curta duração que envolve alterações transitórias do padrão de ativação cortical (FUSTER, 1997).

Baddeley (2000) defende que o funcionamento da memória operacional envolve uma Central Executiva que seria responsável, entre outras funções, pela seleção de estratégias e planos. Seu funcionamento seria explicado pelo modelo neuropsicológico de Norman e Shallice (1986), descrito como Sistema Atencional Supervisor (SAS).

De acordo com Shallice (1982, 1988), o SAS corresponderia a um modulador de ações previamente treinadas pelo sistema nervoso. A maioria das ações automatizadas é desempenhada com pouco esforço atencional; mesmo assim, há monitoramento constante pelo SAS, o que é revelado pela interferência gerada ao se adicionar uma tarefa concorrente (desempenhada simultaneamente) ou pelo prejuízo no desempenho da própria tarefa concorrente (YOGEV-SELIGMANN et al., 2007). Na ocorrência de um evento inesperado, o SAS inibiria o funcionamento do programa automático em curso e planejaria uma ação apropriada, sobrepondo-se a ações pré-treinadas e automatizadas (SHALLICE, 1982, 1988). No contexto das ideias de Drake e Palmer (2000) e Palmer e Meyer (2000), a execução musical envolveria a utilização constante de processos atencionais.

A Central Executiva seria ainda auxiliada por três componentes que permitem o processamento de novos estímulos e de informações já armazenadas nos sistemas de memória de longa duração, que seriam (1) a alça fonológica, que faz a manipulação de informações de natureza verbal e auditiva; (2) a alça visuoespacial, relacionada a informações de natureza visual e espacial e (3) o retentor episódico, relacionado a informações da memória de longa duração explícita (informações sobre fatos e eventos) (BADDELEY, 2000).

De fato, estudos recentes apontam que memória operacional se correlaciona com atenção. Por exemplo, Hall e Blasko (2005) realizaram um teste de atenção com interferência no qual se avaliou a extensão da memória operacional em voluntários que deveriam monitorar, concomitantemente, o que escutavam em um ouvido (uma nota musical C4 ou F#4 executadas por um violino ou uma clarineta, portanto quatro possibilidades de som) e ao mesmo tempo ignorar qualquer som (também

formado por uma das duas notas daqueles instrumentos) apresentado no outro ouvido. Com isso, os autores provocaram três possibilidades de interferência: condição de instrumento único, em que um mesmo instrumento era apresentado tocando a mesma nota musical; condição de mesmo instrumento tocando notas musicais diferentes; e condição de instrumentos diferentes tocando notas musicais diferentes. Os resultados mostraram maior interferência da atenção na condição de instrumentos diferentes e nos indivíduos com menor extensão de memória operacional. Os autores defendem que memória operacional envolve a habilidade de controlar atenção para inibir informações irrelevantes. Tais resultados evidenciam que menor capacidade de memória operacional implica em menor capacidade de atenção. Hall e Blasko (2005) ainda escrevem:

*“Esse achado contribui com pesquisas anteriores, pois sugere que memória operacional está relacionada ao controle executivo de atenção em um domínio auditivo, o processamento de timbre musical. Também apoia o argumento de que o processo de controle de atenção, refletido na capacidade de memória operacional, pode ser de domínio geral”* (pág. 108).

Vale ressaltar que tanto quanto os mecanismos de atenção, memória operacional seria um sistema de capacidade limitada, noção defendida desde Miller (1956), que reuniu uma série de evidências experimentais de que a capacidade de armazenamento de itens na memória de curta duração (memória operacional) do homem seria de cerca de sete itens, interessante, não importando se fossem sete números, sete letras ou sete palavras (que seguramente somariam mais que o dobro do que sete letras).

Testes que avaliam a capacidade de memória operacional envolvem variar o número de itens que conseguem ser arquivados por um indivíduo e/ou a manipulação de itens, permitindo investigar a extensão de memória operacional e a capacidade de funções executivas, que por sua vez envolvem planejamento e manipulação em tempo real de informações. O tempo de reação aos estímulos e a acurácia da resposta são parâmetros comumente utilizados para avaliar o desempenho dos sujeitos.

Cohen et al. (1994) investigaram as regiões corticais envolvidas com a memória operacional através de um teste que envolvia a apresentação de uma sequência aleatória de letras aos voluntários. Estímulos alvo eram definidos como uma letra X no teste-controle e no teste de memória, os alvos eram letras que consistiam numa repetição da letra duas vezes para trás na sequência (i.e., com uma letra entre a letra atual e a penúltima letra, e.g. A, T, A). Os resultados apontaram ativações dos giros frontais inferior e médio durante a tarefa que envolvia a memória operacional. Os autores ainda defendem que esse teste maximiza a demanda sobre a memória operacional, pois os indivíduos precisam lembrar tanto da identidade quanto da ordem das últimas duas letras apresentadas, além de constantemente atualizar essa informação a cada nova letra apresentada.

Esse teste ficou posteriormente conhecido como “n-back”, onde “n” é um número inteiro que pode variar entre zero e quatro. O estímulo alvo a ser respondido é aquele que está “n” vezes atrás na sequência apresentada, i.e., se “n” for igual a zero, o alvo será pré-determinado; se “n” for maior que zero, o alvo será variável ao longo do teste e dependente da sequência de estímulos, exigindo *“monitoramento em tempo real, atualização, manipulação da informação armazenada e assume-se, portanto, que exerça grandes demandas em processos chave da memória operacional.”* (OWEN et al., 2005 – pág. 47).

### **A atenção é assimétrica?**

A preferência manual é a característica mais óbvia de que nosso Sistema Nervoso exibe especializações hemisféricas e uma suposta dominância hemisférica à esquerda. No século XIX, essa dominância foi aceita como verdadeira desde que o médico e anatomista Paul Pierre Broca (1824-1880) descobriu que a produção da fala era dependente de uma região do Lobo Frontal no hemisfério cerebral esquerdo apenas, o que mais tarde se verificou ser consistente para destros e canhotos (BADZAKOVA-TRAJKOV et al., 2010). Essa região ficou conhecida como Área de Broca, em homenagem ao pesquisador que a caracterizou.

Ringo et al. (1994) defendem que as especializações hemisféricas funcionais podem ter surgido como uma solução para o crescimento do encéfalo, que tornou a passagem de informações através das fibras axonais do corpo caloso tão lentas quanto 25 ms, em média, embora existam também algumas poucas fibras especiais rápidas, com tempos de condução de menos de 5 ms. Alguns autores ousam propor que *“a assimetria cerebral é o resultado de uma mutação genética que levou não somente a essa assimetria, mas também à linguagem, teoria da mente, uma vulnerabilidade às psicoses e à especiação do Homo sapiens”* (CROW, 2002 *apud* CORBALLIS, 2007, pág. 380).

Corballis (2007) defende que o problema de velocidade de condução poderia ser resolvido pela seleção de organismos que tivessem velocidades de condução maiores. De fato, a existência de fibras com tempo de transmissão inter-hemisférica de apenas 5 ms apoia esse raciocínio. O autor defende ainda que as especializações hemisféricas estão presentes em várias outras espécies não-humanas, como em camundongos e outros primatas, sugerindo origens evolutivas antigas para essas especializações. Ainda segundo esse autor, a explicação mais razoável para o surgimento de especializações hemisféricas seriam as relações entre boca e a ingestão de alimentos, uma vez que alguns animais apresentam preferências na utilização do membro anterior direito para a alimentação, como as Morsas e talvez os Hominídeos não-humanos. Portanto, as especializações hemisféricas não seriam uma exclusividade humana, mas seriam mais evidentes no homem pela presença de funções únicas, como a linguagem (CORBALLIS, 2007).

A fala não é a única função lateralizada em um dos hemisférios. Como já citado, a capacidade de percepção musical parece depender de estruturas do hemisfério direito, numa região homóloga à Área de Broca (PERETZ, 2002). Esses achados implicam que as pessoas podem perder a capacidade de falar, sem perder a capacidade para produzir e perceber melodias, e de forma inversa, perder a capacidade de perceber melodias sem perder a capacidade de falar.



Tarefas de natureza espacial também parecem ter seu processamento lateralizado no hemisfério direito. Badzakova-Trajkov et al. (2010) investigaram por meio de fMRI ativações encefálicas relacionadas à linguagem, funções espaciais e reconhecimento de faces. Voluntários saudáveis, destros e canhotos, realizaram (1) uma tarefa de geração de palavras, que consistia em gerar palavras encobertamente (sem verbalização); (2) o teste “Landmark”, no qual os voluntários deveriam julgar se uma linha vertical dividia outra horizontal corretamente ao meio e (3) uma tarefa de identificação de faces, em que os voluntários deveriam observar faces de homens e mulheres com expressões felizes ou tristes. Os resultados mostraram que a tarefa de geração de palavras levou a maiores ativações do hemisfério esquerdo, enquanto que tanto o teste Landmark, quanto a tarefa de identificação de faces, levaram a ativações predominantemente do hemisfério direito. Essas lateralizações foram consistentes para destros e para canhotos.

Os circuitos neurais que controlam a orientação da atenção também parecem ser assimétricos e encontram-se lateralizados no hemisfério direito, pelo menos quando orientamos a atenção para um local do espaço (a orientação da atenção para um momento no tempo parece ser lateralizada no hemisfério esquerdo – NOBRE, 2001).

Brain (1941) descreve perda parcial da visão à esquerda e uma incapacidade de orientar a atenção para este lado do espaço, em três pacientes com lesão do lobo parietal e occipital direito. Essa condição ficou posteriormente caracterizada como heminegligência contralateral e os relatos de casos clínicos mostraram que ela acontece com maior frequência após lesões do lobo parietal direito, mas não do esquerdo (MESULAM, 1999). É importante ressaltar que essa condição acontece mesmo em pacientes sem perda de visão e a incapacidade de atentar para o lado esquerdo do espaço pode envolver as modalidades sensoriais visual, tátil e auditiva (GAINOTTI, 2010).

Como já mencionado, a todo instante os sistemas sensoriais são atingidos por uma miríade de estímulos e a maior parte deles é ignorada por não serem relevantes ao comportamento. No entanto, estímulos muito

salientes, i.e., distintos desse “ruído sensorial”, seriam processados em níveis conscientes, contribuindo para o controle da resposta, como defendido por Helene e Xavier (2003). Pacientes heminegligentes, por outro lado, comportam-se como se estímulos à esquerda do espaço tivessem perdido a saliência, especialmente quando estímulos concorrentes são apresentados no lado direito do espaço. Esse aspecto da negligência pode ser facilmente comprovado através de testes de extinção, testes de bissecção de linhas e testes de orientação encoberta da atenção (MESULAM, 1999).

A extinção existe quando pacientes respondem adequadamente tanto para o lado direito, quanto para o lado esquerdo, com estímulos unilaterais, mas falham em detectar o estímulo à esquerda com estimulações bilaterais (BROZZOLI et al., 2004). Esse fenômeno é recorrente para a atenção visual, mas a existência de extinção em outras modalidades sensoriais ainda é discutível diante os casos clínicos descritos na literatura (GAINOTTI, 2010), inclusive existindo relatos de duplas dissociações entre extinção visual e auditiva (e.g., De RENZI et al., 1984, 1989 *apud* GAUINOTTI, 2010).

Uma observação interessante é que os tempos de reação para estímulos unilaterais à direita são maiores do que aqueles para estímulos bilaterais, ainda que ambos sejam reportados pelo voluntário como sendo unilaterais (apenas à direita). Isso sugere que o estímulo apresentado para o lado esquerdo do espaço está sendo processado pelo sistema nervoso, ainda que em níveis não conscientes, mas sendo capaz de influenciar o comportamento (Di PELLEGRINO e De RENZI, 1995 *apud* MESULAM, 1999). Esse dado reforça a ideia de que a heminegligência contralateral é um problema de ordem atencional e não sensorial. Testes de bissecção de linhas requerem que indivíduos marquem o meio de linhas horizontais desenhadas em uma folha de papel. Os resultados com pacientes heminegligentes mostram erros pela extrema lateralização à direita do centro, sugerindo que a representação do lado esquerdo está diminuída, então um tamanho maior à esquerda é necessário para compensar a (alta) saliência do segmento à direita da linha. Essa interpretação é apoiada pelos

resultados do teste “Landmark”, no qual os pacientes apontam como menor o lado esquerdo de uma linha horizontal corretamente dividida ao meio, também sugerindo menor representação para este lado do espaço (MESULAM, 1999).

Testes de orientação encoberta da atenção revelaram que pacientes com heminegligência contralateral, especialmente com lesões do lobo parietal do hemisfério direito, respondem mais rapidamente para o lado ipsilateral à lesão, i.e., cuja orientação da atenção está sendo processada pelo hemisfério intacto. Além disso, pistas inválidas para esse mesmo lado, aumentam substancialmente o tempo de reação para os alvos subsequentes apresentados no hemicampo contralateral, indicando dificuldades em desengajar a atenção do hemicampo ipsilateral à lesão (POSNER et al., 1984).

Os casos clínicos envolvendo pacientes com heminegligência contralateral levaram Mesulam (1981, 1999) a elaborar um modelo de controle neural da atenção no qual estímulos à direita do espaço seriam processados bilateralmente, por circuitos nos lobos parietais, enquanto que estímulos à esquerda do espaço seriam processados unilateralmente, por circuitos no hemisfério direito apenas. Esse modelo permitiria explicar porque a heminegligência contralateral é mais frequente após lesões do lobo parietal direito, e menos frequente após lesões do lobo parietal esquerdo.

Essa noção da existência de uma assimetria das redes neurais que controlam atenção encontrou apoio em estudos de fMRI que encontraram maiores ativações do hemisfério direito para tarefas que envolvem atenção (CORBETTA et al., 1993, NOBRE et al., 1997, KIM et al., 1999). Corbetta et al. (1993) realizaram um teste de atenção no qual os voluntários deveriam orientar a atenção à direita ou à esquerda, para alvos que apareciam em sequência em quatro posições possíveis para o lado direito ou para o lado esquerdo. Os alvos eram apresentados nessa sequência em 80% das vezes (i.e., começavam na posição mais próxima do ponto de fixação e continuavam aparecendo até a última posição para aquele lado), porém em um local diferente nas outras tentativas. Os

voluntários pressionavam um botão com a mão esquerda a cada alvo detectado. Os resultados de imageamento mostraram que as principais ativações eliciadas pela orientação da atenção envolveram os córtices parietal e frontal superior esquerdo e o córtex temporal superior direito, para estímulos apresentados no hemisfério visual direito. Por outro lado, houve ativação bilateral envolvendo os córtices parietal superior (mais intensa no hemisfério direito), parietal inferior direito e frontal superior direito, para estímulos apresentados no hemisfério visual esquerdo. Esses resultados sugerem a existência de uma rede fronto-parietal dorsal bilateral assimétrica envolvendo ainda circuitos ventrais no hemisfério direito, na junção têmporo parietal (JTP), para a orientação da atenção. Apesar dessa assimetria de recursos neurais, os autores relataram ausência de diferenças significantes entre os tempos de reação para alvos à direita ou à esquerda do hemisfério visual.

Porém, há evidências de que a maior quantidade de recursos neurais para processamento de estímulos do lado direito do espaço poderia favorecer a orientação da atenção para este lado. Voluntários saudáveis expostos a tarefa de bissecção de linhas também falham no teste, marcando a linha horizontal ligeiramente à esquerda do centro (JEWELL, 1999). Esse viés ficou conhecido como pseudonegligência e sugere que a atenção gerada pelo hemisfério direito causa uma maior representação para este lado do espaço, favorecendo-o (ÇIÇEK et al., 2009; TOBA et al., 2011).

Variantes do teste de orientação encoberta da atenção envolvendo voluntários saudáveis também revelaram um favorecimento do espaço à direita. Castro-Barros et al. (2008) testaram voluntários em uma variante do Paradigma da Atenção Encoberta de Posner (1980) que exigia a detecção do local do alvo apenas ou do local e da forma do alvo, em condições envolvendo a apresentação de pistas válidas e inválidas, ou de pistas válidas, inválidas e neutras. Os voluntários respondiam com ambas as mãos. Em todas as condições as pistas espaciais não eram previsíveis. Isto é, no caso de não haver pistas neutras, 50% das tentativas eram válidas e 50% eram inválidas, ao passo que no caso de haver pistas

neutras havia 33% de cada tipo de pista (válida, inválida e neutra). Os resultados mostraram um efeito atencional mesmo em SOAs tão curtos quanto 34 ms, que persiste em ambos os hemisférios e que se amplia no hemisfério direito no SOA de 100 ms, sugerindo que a atenção se desenvolve diferentemente entre os hemisférios direito e esquerdo (CASTRO-BARROS et al., 2008). Esse efeito atencional foi tão mais forte quanto mais complexa era a tarefa. No teste em que era necessária a discriminação do local e da forma do alvo, com o uso de pistas neutras, o efeito atencional no SOA 100 ms foi maior do lado direito em relação ao lado esquerdo com 1% de significância. Essa condição de teste também gerou assimetria no tempo de resposta para os alvos no hemisfério direito e esquerdo, mesmo com o uso de pistas neutras, ainda que apenas no último SOA.

Efeitos atencionais mais marcados para estímulos apresentados no lado direito do espaço também foram encontrados por Castro-Barros et al. (2010). Esses autores expuseram voluntários saudáveis a uma condição envolvendo a apresentação de pistas centrais preditivas e SOAs de 100, 300 e 500 ms. Os autores realizaram quatro experimentos que eram progressivamente mais complexos: (1) detecção do lado do alvo apenas, (2) detecção do lado e da forma do alvo (os voluntários respondiam a uma linha vertical, mas não a um anel), (3) detecção do lado do alvo com o uso de distratores (estímulos apresentados no lado oposto ao do alvo), e (4) detecção do lado e da forma do alvo com o uso de distratores. Todas as condições possuíam 1/6 de tentativas com pistas neutras (bilaterais). O efeito atencional foi maior para o hemisfério visual direito no SOA 500 ms nos Experimentos 2 e 3, e nos SOAs 100 e 300 no Experimento 4, favorecendo a interpretação de um favorecimento do hemisfério visual direito em três dos quatro experimentos realizados, os quais tinham em comum maior nível de dificuldade, segundo os autores. A possibilidade de que as diferenças fossem causadas por assimetrias sensoriais ou motoras foi avaliada pelos autores por meio de outros dois experimentos, com mesmo protocolo que os Experimentos 3 e 4, porém, somente com pistas

bilaterais, e os resultados mostraram ausência de diferenças entre os hemisférios visuais, descartando essa possibilidade.

Esses autores sugerem ainda que a ausência de assimetrias atencionais nos estudos anteriores envolvendo orientação encoberta da atenção voluntária (e.g. CORBETTA et al., 1993; POSNER, 1980) podem ter ocorrido pela baixa demanda atencional das tarefas utilizadas, de forma que os mecanismos envolvidos na orientação da atenção à direita no próprio hemisfério direito não seriam mobilizados de forma significativa (CASTRO-BARROS et al., 2010).

O favorecimento à direita do espaço, evidenciado pelos experimentos de orientação da atenção, poderia estar modificado ou até mesmo ausente em sujeitos com treino extensivo em tarefas que envolvem atenção. As alterações cognitivas e estruturais encontradas em músicos já relatadas (e.g. SCHLAUG, 2003; STEWART et al., 2003; BROCHARD, DUFOUR e DESPRÉS, 2004) dão indícios de que músicos podem ser um modelo ideal para testar essa possibilidade.

Patston et al. (2006) testaram voluntários com pelo menos oito anos de treino formal em música e capacidade de leitura de partituras à primeira vista na tarefa de bissecção de linhas e verificaram que eles foram mais precisos, seccionando as linhas mais ao centro, do que não-músicos. Músicos também apresentaram uma tendência em errar para a direita e não para a esquerda, como normalmente encontrado em voluntários saudáveis nesta tarefa. Esses autores defendem que músicos exibiriam uma participação superior do hemisfério esquerdo no desempenho de tarefas cognitivas usualmente associadas ao funcionamento do hemisfério direito (PATSTON et al., 2006).

De fato, Patston, Hogg e Tippet (2007) testaram músicos na tarefa de discriminação da posição de um ponto em relação a uma linha de referência vertical (BROCHARD, DUFOUR e DESPRÉS, 2004) e verificaram que a diferença no número de erros para estímulos apresentados à direita e à esquerda é menor em músicos em relação a não músicos. Mesmo assim, similarmente aos não-músicos, os músicos erram mais para estímulos apresentados à direita em relação a estímulos

apresentado à esquerda, o que é consistente com a noção da existência de uma dominância hemisférica direita para tarefas visuo-espaciais (BADZAKOVA-TRAJKOV et al., 2010). Patston, Hogg e Tippet (2007) defendem que o melhor desempenho de músicos poderia ser atribuído à demanda cognitiva de tocar um instrumento com as duas mãos desde a infância, o que poderia facilitar o desenvolvimento de uma representação do espaço mais balanceada. Alternativamente, músicos podem ter se beneficiado da semelhança entre a tarefa realizada e as habilidades de discriminação exigidas na leitura de partituras.

Em conjunto, esses resultados reforçam a ideia de que os mecanismos de atenção visuoespacial poderiam estar alterados em músicos com treinamento formal e que a prevalência da orientação da atenção visuoespacial à direita encontrada em sujeitos não-músicos poderia estar reduzida (ou até mesmo ausente) em voluntários músicos.

Face ao exposto acima pode-se concluir que o sistema nervoso tem a capacidade de se alterar em resposta ao ambiente, armazenando informações e adquirindo novas habilidades. Possivelmente, o treino formal em música contribui para essas mudanças de longa duração, como sugerido por Thompson (2009) e apontado por diversos trabalhos na literatura (ver acima). Brochard, Dufour e Després (2004) defendem que essa melhora em habilidades visuo-espaciais pode ser secundária a melhora em outras funções como memória operacional e atenção. De fato, a tarefa de leitura à primeira vista leva a ativações de redes neurais relacionadas à orientação da atenção (STEWART et al., 2003) e também nos mecanismos que envolvem a memória operacional. Possíveis alterações nos mecanismos de orientação da atenção em músicos ainda poderiam se manifestar tanto por menores tempos de reação, indicando respostas atencionais mais rápidas, quanto por alterações na (as)simetria dos mecanismos de atenção. E as alterações da memória operacional poderiam expressar-se por meio de uma maior extensão da memória operacional, além de melhora de sua acurácia.

## **Objetivos e justificativa para as abordagens propostas**

O objetivo do presente trabalho é avaliar se o estudo formal de música leva a alterações na orientação encoberta da atenção e na memória operacional. Músicos e não-músicos foram submetidos ao teste de atenção encoberta de Posner (1980) e a um estudo longitudinal de três anos, iniciado quando do seu ingresso no curso superior, envolvendo o teste de memória operacional “n-back”.

Ainda que a orientação da atenção para estímulos no espaço visual, como realizado na tarefa de Posner (1980), seja uma forma relativamente restrita de avaliar a atenção, esse teste permite reunir elementos sobre processos de orientação de atenção no espaço e no tempo, fornecendo subsídios para avaliar modelos de cognição humana e permitir novas inferências sobre o papel da atenção em atividades humanas mais complexas. Uma vantagem única dessa tarefa é que ela permite investigar processos voluntários e automáticos de orientação da atenção, pela manipulação da natureza da pista, sua previsibilidade e o intervalo de tempo entre a pista e o alvo, minimizando o impacto de processos sensório-motores nas respostas investigadas.

Testes que avaliam a capacidade de memória operacional envolvem variar o número de itens que conseguem ser arquivados por um indivíduo e/ou a manipulação de itens, permitindo investigar a extensão de memória operacional e a capacidade de funções executivas, que envolvem planejamento e manipulação em tempo real de informações. O teste “n-back” é uma ferramenta poderosa nesse sentido pela possibilidade de se variar a quantidade de itens a ser arquivado temporariamente, variando assim a demanda (OWEN et al., 2005).

Os três capítulos a seguir descreverão experimentos envolvendo o desempenho de (1) não-músicos e (2) músicos em um teste de orientação encoberta da atenção e (3) músicos em um teste de memória operacional (teste “2-back”). O primeiro experimento investigou se voluntários saudáveis (não-músicos) exibem assimetria na orientação da atenção como apontado pela literatura, para somente depois avaliarmos o desempenho de músicos em relação ao de não-músicos.



## Capítulo 1

### **Assimetria na orientação encoberta da atenção visual em voluntários saudáveis**

Felipe Viegas Rodrigues<sup>1</sup> e Gilberto Fernando Xavier<sup>2</sup>

Palavras-chave: assimetria, atenção, atenção encoberta, hemisfério, lateralidade.

Há controvérsias sobre se a orientação da atenção visuoespacial em pessoas saudáveis é assimétrica, com favorecimento do espaço à direita. Investigamos essa hipótese testando homens e mulheres saudáveis numa versão modificada do teste de atenção encoberta de Posner (1980), envolvendo pistas centrais preditivas (80% válidas e 20% inválidas) e não-preditivas (50% válidas e 50% inválidas) em grupos independentes de voluntários. Previamente ao teste de atenção encoberta foi aplicado um teste para identificar o limiar (para 80% de detecções corretas) de cada voluntário aos estímulos a serem empregados no teste de atenção, como estratégia para aumentar a demanda atencional do teste de Posner. Os resultados mostraram que voluntários testados com pistas centrais preditivas exibem assimetria na orientação da atenção visual, com efeito de validade significativa para alvos apresentados no hemisfério visual direito e ausência de efeito de validade para alvos apresentados no hemisfério visual esquerdo. Esses resultados dão suporte a modelos que propõem a existência de assimetrias dos circuitos neurais envolvidos na orientação da atenção visuoespacial.

---

<sup>1</sup>Depto. de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. email: [rodrigues.fv@gmail.com](mailto:rodrigues.fv@gmail.com)

<sup>2</sup>Depto. de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. email: [gfxavier@usp.br](mailto:gfxavier@usp.br)

## 1.1 Introdução

Atenção refere-se aos processos que levam à seleção ou processamento preferencial de informações presentes em determinadas porções da rede nervosa (HELENE e XAVIER, 2003).

Posner (1980) defende que ainda que a orientação da atenção para estímulos no espaço visual seja uma forma restrita de atenção, o seu estudo é capaz de proporcionar tanto testes importantes da adequação dos modelos de cognição humana, quanto novas inferências no papel da atenção em atividades humanas mais complexas.

Desde o final da década de 70, o Paradigma de Atenção Encoberta de Posner tem sido utilizado para investigar a orientação encoberta (sem movimento ocular) da atenção visual sobre o tempo de reação a estímulos apresentados no campo periférico de visão. O teste consiste em (1) apresentar um ponto de fixação visual no centro de uma tela, onde o voluntário deve manter o foco visual ao longo de toda a tentativa, (2) apresentar uma pista indicativa do provável local de apresentação de um alvo, e (3) apresentar um alvo à direita ou à esquerda do ponto de fixação (incidindo sobre região extra-foveal da retina) ao qual o voluntário deve reagir, usualmente pressionando uma tecla. Séries de tentativas com essa mesma estrutura básica são apresentadas aos voluntários.

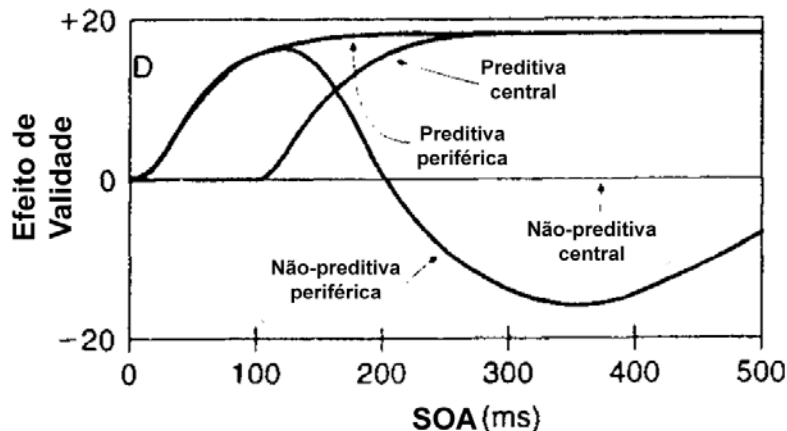
O protocolo clássico criado por Posner (1980) utilizava pistas periféricas (que estimulam a retina em regiões extra-foveais), desencadeando orientação automática da atenção. Variantes desse protocolo utilizam pistas simbólicas (ou “centrais”), apresentadas próximas ao ponto de fixação, desencadeando orientação voluntária da atenção ao local indicado pela pista. Esse paradigma tem as vantagens de permitir (1) a comparação do desempenho da orientação atencional para o hemisfério visual direito e esquerdo, por não ocorrer movimento ocular durante a tarefa (CARTER et al., 1995) e (2) a comparação entre atenção automática e voluntária, pela manipulação do local de apresentação da pista, associado a sua previsibilidade (KINGSTONE, 2003).

A orientação da atenção pode acontecer por mecanismos endógenos (atenção voluntária), gerando-se expectativas pelo uso de pistas centrais preditivas, como uma seta apresentada próxima ao ponto de fixação informando corretamente o provável local de aparecimento do alvo na maioria das tentativas, i.e., apontando para o hemisfério visual direito ou hemisfério visual esquerdo, ou por mecanismos exógenos (atenção automática), isto é, pela reorientação atencional reflexiva em resposta a estímulos periféricos apresentados de forma não preditiva (JONIDES, 1981; KIM et al., 1999; CORBETTA e SHULMAN, 2002). O uso de pistas periféricas preditivas também leva à orientação da atenção, com curso temporal rápido, denotando envolvimento da atenção exógena, pelo uso da pista periférica, e com curso temporal lento, denotando o envolvimento da atenção endógena, pela natureza preditiva da pista.

Jonides (1981) mostrou que a atenção voluntária tem efeito mais prolongado do que a atenção endógena, mas isso depende da quantidade de recursos de processamento disponíveis e está sujeito a prejuízo do desempenho quando ocorrem tarefas concomitantes. A atenção automática, por outro lado, consome poucos recursos, mas tem efeito transitório. De fato, a manipulação do local onde uma pista é apresentada e da expectativa que ela cria demonstra esses resultados. Pistas periféricas geram efeito de validade mesmo quando não-preditivas, i.e., quando a pista é válida em apenas 50% das tentativas, e pistas centrais resultam em efeito de validade apenas quando preditivas (validade da pista maior que 50%, usualmente 80%) (JONIDES, 1981). O curso temporal da orientação da atenção, ou seja, a latência para seu aparecimento após uma pista sinalizadora, e a duração do efeito, podem ser avaliados pela utilização de diferentes intervalos de tempo entre a pista e o alvo (SOA, do inglês "Stimulus Onset Asynchrony"), distribuídos aleatoriamente e em igual número pela sessão de teste.

Luck e Vecera (2002) resumiram os efeitos de validade usualmente observados nas diferentes condições de previsibilidade (i.e., preditiva ou não-preditiva) e com a utilização de pistas centrais (i.e., de

natureza simbólica, não raro apresentadas próximo ao ponto de fixação) e periféricas (i.e., apresentadas na região extra-foveal) (Figura 1.1).



**Figura 1.1** – Diferenças no efeito de validade (tempo de reação nas tentativas inválidas “menos” o tempo de reação nas tentativas válidas) resultante de pistas centrais ou periféricas, preditivas ou não-preditivas, em função do SOA (do inglês “Stimulus Onset Asynchrony”, i.e., assincronia entre o início da pista e o início do alvo). Modificado de Luck e Vecera (2002).

Pistas centrais não-preditivas não geram qualquer efeito de validade. Na ausência de previsibilidade sobre o local em que o alvo aparecerá, os indivíduos ignoram a pista e mantêm a atenção difusa para ambos os hemisférios visuais. Já pistas centrais preditivas desencadeiam um processo voluntário de orientação da atenção, que gera efeito de validade máximo cerca de 250 ms após o aparecimento da pista. Note que pistas periféricas não-preditivas levam a uma reversão do efeito de validade, já que os tempos de reação para pistas inválidas torna-se menor do que aquele exibido para as pistas válidas, com pico ao redor de 350 ms. Esse efeito, denominado inibição de retorno, é atribuído à inibição da atenção para um local recentemente atendido no qual não houve estimulação adicional relevante. Em contraste, pistas periféricas preditivas causariam, inicialmente, o engajamento da atenção automática, seguida do engajamento da atenção voluntária. Esse fenômeno também foi demonstrado em estudos envolvendo ratos (MAROTE e XAVIER, 2011).

Apesar das distinções entre mecanismos automáticos e voluntários de orientação, a atenção é comumente descrita apenas como

uma facilitação no processamento do local apontado por uma pista e uma inibição no processamento de outras regiões (POSNER, 1980; JONIDES, 1981; CASTRO-BARROS et al., 2010), sem distinguir efeitos de alerta e de orientação *per se*, que seguramente confundem-se no fenômeno comumente chamado atenção (FAN et al., 2002).

Fan et al. (2002) criaram um novo paradigma atencional chamado de Teste de Redes Atencionais (ANT, do Inglês “Attention Network Test”) que, segundo os autores, permite distinguir processos de três distintas redes atencionais: orientação, alerta e funções executivas. O teste envolve quatro condições: (1) ausência de pistas, (2) pistas centrais, (3) pistas duplas (em ambos os locais onde o alvo poderia ser apresentado) e (4) pistas espaciais (i.e., no local onde o alvo será apresentado e sempre válidas). A pista era representada por um asterisco. Os alvos são setas logo acima ou abaixo do ponto de fixação que podem estar orientadas para o lado direito ou esquerdo, acompanhadas de outras duas setas de cada lado orientadas para o mesmo lado (condição congruente), para o lado oposto (condição incongruente) ou por traços (condição neutra). O voluntário deve responder para qual lado está orientada a seta central (alvo), por meio de um botão para orientação à esquerda e outro botão para orientação à direita.

Fan et al. (2002) argumentam que uma série de “subtrações cognitivas” permitiria acessar a eficiência das três redes atencionais; processos de alerta estão envolvidos na condição de pista dupla, mas não na ausência de pistas, portanto o efeito de alerta seria calculado pela subtração dos tempos médios da condição de pista dupla dos tempos médios da condição de ausência de pista. Processos de orientação seriam calculados pela subtração dos tempos médios na condição de pista espacial dos tempos médios da condição de pista central. Segundo os autores, em ambas as pistas os efeitos de alerta estariam envolvidos, mas apenas as pistas espaciais gerariam o efeito de orientação. Por fim, processos executivos envolveriam a resolução de conflitos e, portanto, seriam calculados pela subtração dos tempos médios de todos os tipos de

pista na condição congruente, dos tempos médios de todos os tipos de pista na condição incongruente (FAN et al., 2002).

Há evidências de que a orientação voluntária da atenção visual é assimétrica. Barthélémy e Boulinguez (2002) expuseram voluntários saudáveis a uma tarefa de tempo de reação semelhante ao teste de atenção de Posner (1980). A resposta dos voluntários, no Experimento 1, era dada pela indicação do local em que apareceu o alvo (apontar com o dedo na tela). No Experimento 2, a resposta era dada por meio de dois botões pressionados com os dedos polegar e indicador, alinhados com o plano sagital do corpo. A mão direita era utilizada em metade dos blocos e a mão esquerda na metade restante dos blocos. Os alvos eram precedidos de pistas centrais válidas (37,5% das tentativas), inválidas (12,5%) e neutras (50%). Os resultados de ambos os experimentos mostraram menores tempos de reação para os alvos nas tentativas com pistas válidas em relação às tentativas com pistas neutras, que, por sua vez, exibiram menores tempos de reação em relação às tentativas com pistas inválidas. Os resultados mostraram ainda menores tempos de reação para o lado ipsilateral (i.e., menores tempos de reação para o hemisfério visual direito, quando respondendo com a mão direita e menores tempos de reação para o hemisfério visual esquerdo, quando respondendo com a mão esquerda) e menores tempos de reação para a mão esquerda, em relação à mão direita, nas tentativas inválidas e neutras, sem diferenças para as tentativas válidas. Os autores atribuíram essa assimetria a mecanismos atencionais mais eficientes no hemisfério direito, que favoreceriam a resposta com a mão esquerda.

Rhodes e Robertson (2002) requereram que voluntários saudáveis diferenciassem letras orientadas normalmente de letras espelhadas, respondendo sempre com a mesma mão, mas com dedos diferentes para letras normais ou espelhadas. Dois subgrupos foram utilizados, cada um respondendo com uma mão. O estímulo alvo foi precedido de pista central válida, inválida ou neutra (bilaterais). Os resultados mostraram tempos de reação menores para alvos à direita do hemisfério visual nas tentativas válidas e neutras, mas sem diferenças no

tempo de reação nas tentativas inválidas. Não houve diferenças entre os subgrupos quanto à mão utilizada para resposta. Esses resultados são compatíveis com um favorecimento do hemisfério visual à direita.

Evert et al. (2003) também utilizaram letras como alvos em um teste de atenção com pistas centrais válidas, inválidas e neutras. Os voluntários precisavam detectar o lado do alvo e a letra (M ou W), respondendo com o dedo indicador em um botão para a letra M e em outro para a letra W. Em dois experimentos distintos, foram utilizados alvos sozinhos ou com distratores (uma letra X) apresentados do lado oposto. Os resultados mostraram tempos de reação menores para alvos à esquerda na condição com distratores (mas não sem eles) e que ocorreram apenas na condição de pistas inválidas. Isso sugere que distratores à direita do campo visual produzem menos custos do que distratores apresentados à esquerda do campo visual, o que poderia ser interpretado como mecanismos atencionais mais eficientes para o lado direito do espaço. Uma explicação alternativa é que haveria mecanismos de inibição mais rápidos para o hemisfério visual direito, o que seria compatível com um favorecimento do lado esquerdo do espaço para pistas centrais (CASTRO-BARROS, 2010).

O uso de alvos com natureza verbal nos experimentos de Rhodes e Robertson (2002) e Evert et al. (2003), no entanto, impossibilita afirmar que a assimetria encontrada envolve puramente mecanismos atencionais. O processamento verbal no hemisfério esquerdo poderia ter contribuído para os resultados encontrados.

Mais recentemente, Castro-Barros et al. (2008) testaram voluntários saudáveis em variantes do Paradigma da Atenção Encoberta de Posner (1980), num arranjo que exigia a (1) discriminação do local do alvo apenas ou (2) do local e forma do alvo (os voluntários deveriam responder a uma linha vertical, mas não a um anel). Cada um desses experimentos, poderia ainda ter alvos precedidos por pistas periféricas não-preditivas com 50% válidas e 50% inválidas, ou por alvos precedidos por pistas válidas, inválidas ou neutras (bilaterais), cada qual em 1/3 das tentativas. O arranjo completo totalizou quatro experimentos. Os voluntários respondiam com ambas as mãos. Note que todas as condições as pistas espaciais não eram

previsíveis. Os SOAs foram variados entre 34 e 100 ms. Os resultados mostraram efeitos de validade com SOAs tão curtos quanto 34 ms, que persiste em ambos os hemisférios e que se amplia no hemisfério direito quando o SOA é aumentado para 100 ms, sugerindo que a orientação da atenção segue cursos temporais distintos nos hemisférios direito e esquerdo (CASTRO-BARROS et al., 2008). Esse efeito atencional foi tão mais forte quanto mais complexa era a tarefa. No teste em que era necessária a discriminação do local e forma do alvo, com o uso de pistas neutras, o efeito atencional no SOA 100 ms foi maior do lado direito em relação ao lado esquerdo com 1% de significância. Essa condição de teste também gerou assimetria no tempo de resposta para os alvos no hemisfério direito e esquerdo, mesmo com o uso de pistas neutras, ainda que apenas no último SOA.

Em um novo experimento envolvendo pistas centrais, Castro-Barros et al. (2010) encontraram favorecimento do lado direito do espaço em variantes do Paradigma de Posner com o uso de pistas centrais preditivas e SOAs de 100, 300 e 500 ms. Os autores realizaram quatro experimentos que eram progressivamente mais complexos: (1) detecção do lado do alvo apenas, (2) detecção do lado e da forma do alvo (os voluntários respondiam a uma linha vertical, mas não a um anel), (3) detecção do lado do alvo com o uso de distratores (estímulos apresentados no lado oposto ao do alvo), e (4) detecção do lado e da forma do alvo com o uso de distratores. Todas as condições possuíam 1/6 de tentativas com pistas neutras (bilaterais). O efeito atencional foi maior para o hemisfério visual direito no SOA 500 ms nos Experimentos 2 e 3, e nos SOAs 100 e 300 no Experimento 4, favorecendo a interpretação de um favorecimento do hemisfério visual direito em três dos quatro experimentos realizados, os quais tinham em comum maior nível de dificuldade, segundo os autores. A possibilidade de que as diferenças fossem causadas por assimetrias sensoriais ou motoras foi avaliada pelos autores por meio de outros dois experimentos, com mesmo protocolo que os Experimentos 3 e 4, porém, somente com pistas bilaterais, e os resultados mostraram ausência de diferenças entre os hemisférios visuais, descartando essa possibilidade.



Assimetrias parecem acontecer também entre a parte superior e inferior do campo visual (KRISTJANSSON e SIGURDARDOTTIR, 2008). Os autores pediram que voluntários respondessem se estímulos-alvo apresentados com diferentes excentricidades, em relação ao ponto de fixação, estavam orientados para a direita ou para a esquerda; os alvos eram precedidos por pistas periféricas válidas ou neutras, ou não eram precedidos por pistas nos Experimentos 1 e 2. Nos Experimentos 3 e 4 os alvos eram precedidos por pistas periféricas válidas ou por pistas neutras, e os alvos eram apresentados junto a distratores. Os resultados dos Experimentos 1 e 2 mostraram que a excentricidade do alvo influencia na acurácia, com maior número de erros para alvos mais distantes do ponto de fixação. Os resultados dos Experimentos 3 e 4, em adição ao resultado encontrado para os experimentos 1 e 2, mostraram favorecimento do hemisfério inferior do espaço na condição de pista neutra. Não há diferenças entre hemisférios (superior e inferior ou esquerdo e direito) na condição de pistas válidas.

Outros trabalhos não encontraram assimetrias no tempo de reação para alvos apresentados nos hemisférios visuais direito e esquerdo (CORBETTA et al., 1993) ou não mencionam a comparação entre os hemisférios visuais (POSNER, 1980; JONIDES, 1980; FRIESEN e KINGSTONE, 1998; RISTIC e KINGSTONE, 2006).

Castro-Barros et al. (2010) argumentam que as falhas em encontrar favorecimento do espaço à direita na orientação voluntária da atenção podem estar relacionadas à baixa demanda atencional das tarefas que têm sido comumente utilizadas, o que parece se confirmar, pelo menos em parte, nos trabalhos de Evert et al. (2003) e Kristjansson e Sigurdardottir (2008). Nas tarefas mais simples, os mecanismos para orientação da atenção à direita do hemisfério direito não seriam mobilizados de forma significativa (CASTRO-BARROS et al., 2010).

A ideia de que circuitos neurais do hemisfério direito processariam estímulos ipsi e contra-lateralmente, enquanto os circuitos neurais do hemisfério esquerdo processariam apenas estímulos contra-lateralmente, foi proposta inicialmente por Mesulam (1981, 1999). Segundo

esse autor, estímulos à direita do espaço seriam processados por circuitos de ambos os hemisférios, enquanto estímulos à esquerda do espaço seriam processados por circuitos no hemisfério direito apenas. Essa assimetria de recursos neurais foi proposta pela observação de casos clínicos de heminegligência contralateral, um problema atencional usualmente associado a lesões nervosas corticais num dos hemisférios cerebrais, sendo encontrada preponderantemente após lesões do hemisfério direito.

Essa assimetria de circuitos neurais foi posteriormente confirmada por estudos de imageamento funcional por ressonância magnética, que verificaram maiores ativações corticais nos Lobos Parietal e Frontal do hemisfério direito, formando uma rede fronto-parietal dorsal assimétrica (CORBETTA et al., 1993; KIM et al., 1999; CORBETTA e SHULMAN, 2002).

Uma possível forma de manipulação da demanda atencional do teste de atenção é utilizar estímulos que estejam próximos ao limiar de detecção individual, pela realização, com cada voluntário, de um teste prévio de detecção de limiares visuais (KAERNBACH, 2001) para os estímulos a serem utilizados nos testes de atenção. Esse arranjo tem como vantagem aumentar a demanda atencional durante a execução da tarefa, pois a orientação prévia da atenção para o local de apresentação de um tal estímulo deve favorecer a resposta ao passo que a orientação prévia da atenção para um local invalidamente indicado deve prejudicar sua detecção, dado que se tratam de estímulos próximos ao limiar de detecção do voluntário. Depreende-se, assim, que essa estratégia tornaria o teste mais sensível a assimetrias na orientação da atenção para os hemicampos visuais. Esse arranjo teria como vantagem adicional padronizar o estímulo para todos os voluntários: uma vez que todos trabalham com os estímulos próximos ao seu próprio limiar, estes passam a ser proporcionalmente similares para todos os voluntários.

O presente trabalho propõe investigar se voluntários saudáveis exibem assimetria na orientação voluntária da atenção numa versão modificada do Teste de Atenção Encoberta de Posner (1980). Para tanto

uma tela composta por LEDs (sigla em inglês para “Diodo Emissor de Luz”) foi utilizada para gerar as estimulações visuais necessárias. A utilização de LEDs garante uma precisão temporal para estimulação visual de menos de 1 ms (dado que o tempo necessário para que um LED atinja brilho máximo é da ordem de nanossegundos), portanto, muito abaixo das telas convencionais de computador. Considerando a magnitude de alguns dos efeitos comumente encontrados em testes de atenção, de apenas 10 ms, a utilização de LEDs é uma estratégia que garante a precisão necessária aos estímulos gerados. Um teste prévio de detecção de limiares foi realizado com todos os voluntários, para que o teste de atenção utilize estímulos-alvo que estejam próximos ao limiar de detecção visual (para 80% de detecções corretas, aumentando a demanda atencional durante o teste). A utilização de uma tela composta por LEDs também foi fundamental para que se pudesse gerar estímulos que estivessem no limiar de detecção visual.

A possibilidade de que o favorecimento à direita do espaço seja dependente da previsibilidade da pista também foi investigada. Os resultados encontrados na literatura envolvendo o uso de pistas centrais limitaram-se ao uso de pistas preditivas, que geram efeito de validade pelo benefício gerado pelo maior número de pistas válidas. Note na Figura 1.1 que pistas centrais não-preditivas não geram qualquer efeito de validade em SOAs curtos ou longos, pois, uma vez que não há o benefício de previsibilidade, os voluntários não orientam a atenção voluntariamente, segundo a pista, mas esperam pelo alvo para gerar uma resposta. Se esse comportamento implica na atenção difusa entre hemisfério visuais direito e esquerdo, o favorecimento do espaço na condição de pistas preditivas não é esperado.

Apesar disso, estudos recentes de Kingstone (2003) e Ristic e Kingstone (2006) sugerem que mesmo pistas centrais podem gerar orientação exógena (automática) da atenção. Neste caso, o favorecimento à direita do espaço seria esperado mesmo com o uso de pistas centrais não-preditivas. Dessa forma, o teste de atenção foi realizado com dois grupos: um com pistas preditivas (Grupo 80:20, 80% de pistas válidas *versus* 20% de pistas inválidas) e outro grupo com pistas não-preditivas

(Grupo 50:50). Intervalos entre pista e alvo (SOA) foram de 100, 300 e 700 ms.

São esperados (1) menores tempos de reação para os alvos apresentados no hemisfério visual direito e (2) maior número de erros por omissão para os alvos apresentados no hemisfério visual esquerdo em ambos os grupos, porém com maior número de erros para as tentativas inválidas em relação às válidas no Grupo 80:20, pelo direcionamento da atenção gerado pela pista preditiva associado ao uso de estímulos-alvo que encontram-se no limiar de detectabilidade individual. Esse resultado, se ocorrer, favoreceria a noção de que existe maior quantidade de recursos neurais para processamento de estímulos apresentados no hemisfério visual direito. Um favorecimento à direita do espaço também poderia se revelar através de maiores efeitos de validade para alvos apresentados no hemisfério visual direito, em relação a alvos apresentados no hemisfério visual esquerdo.

## **1.2 Objetivos**

Investigar a ocorrência de possíveis assimetrias na orientação da atenção visual encoberta, incluindo o efeito de validade, em voluntários saudáveis, pela sua exposição a pistas centrais preditivas e não-preditivas, assim como o curso temporal da orientação da atenção, pela utilização de SOAs variando entre 100 e 700 ms.

## **1.3 Metodologia**

### *1.3.1 Voluntários*

Participaram do experimento 32 homens e 38 mulheres saudáveis. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo e todos os voluntários preencheram um Termo de Consentimento livre, com esclarecimento prévio, concordando em participar do experimento e tomando ciência da possibilidade de desistência a qualquer momento. Responderam ainda a uma versão modificada do questionário de Edinburg para avaliar destreza

(OLDFIELD, 1971). Uma cópia desses formulários pode ser vista nos Anexos I e II.

**Tabela 1.1** – Idade, gênero, destreza e escolaridade dos voluntários incluídos nos grupos expostos a pistas preditivas (Grupo 80:20) ou a pistas não-preditivas (Grupo 50:50), durante o teste de atenção encoberta. A idade média dos voluntários é de  $24,72 \pm 3,53$  anos.

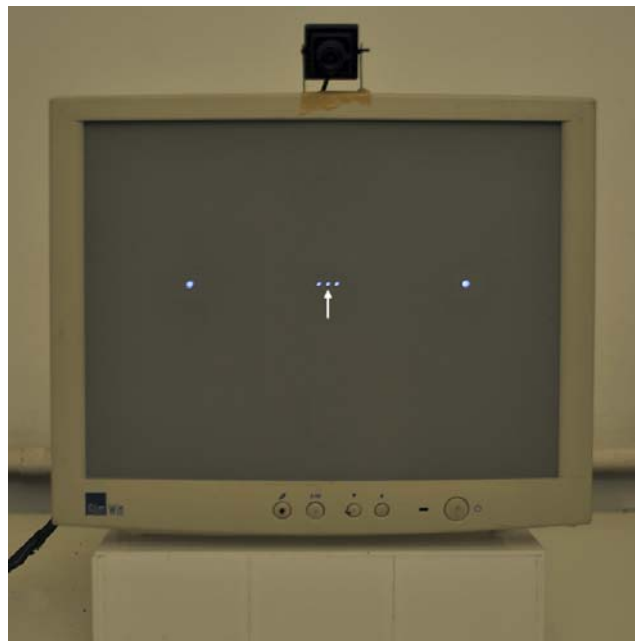
GRUPO 80:20				GRUPO 50:50			
Idade	Gênero	Destreza	Escolaridade	Idade	Gênero	Destreza	Escolaridade
25	Feminino	Destro	Superior Completo	24	Feminino	Destro	Superior Completo
32	Masculino	Canhoto	Superior Completo	25	Feminino	Destro	Superior Completo
23	Feminino	Destro	Superior Completo	27	Feminino	Destro	Mestrado
25	Masculino	Destro	Superior Completo	27	Masculino	Ambidestro	Superior Completo
26	Feminino	Destro	Mestrado	28	Masculino	Destro	Mestrado
19	Masculino	Destro	2º Ano Ens. Superior	26	Masculino	Destro	Superior Completo
25	Masculino	Canhoto	Superior Completo	27	Feminino	Destro	Superior Completo
19	Feminino	Destro	2º Ano Ens. Superior	22	Feminino	Destro	Superior Completo
25	Masculino	Destro	Superior Completo	23	Masculino	Destro	2ª Ano do Ens. Superior
20	Masculino	Destro	2º Ano Ens. Superior	22	Feminino	Canhoto	2ª Ano do Ens. Superior
27	Feminino	Destro	Superior Completo	25	Masculino	Destro	4ª Ano do Ens. Superior
22	Feminino	Destro	Superior Completo	26	Masculino	Destro	Mestrado
24	Masculino	Destro	Superior Completo	22	Feminino	Destro	Superior Completo
23	Masculino	Destro	4º Ano Ens. Superior	26	Feminino	Destro	Superior Completo
25	Masculino	Destro	Superior Completo	26	Masculino	Destro	Superior Completo
24	Masculino	Destro	Superior Completo	39	Feminino	Destro	Doutorado
27	Masculino	Destro	Superior Completo	22	Feminino	Destro	Superior Completo
23	Masculino	Destro	4º Ano Ens. Superior	21	Feminino	Destro	Superior Completo
31	Masculino	Destro	Superior Completo	27	Feminino	Destro	Mestrado
22	Masculino	Destro	Superior Completo	26	Masculino	Destro	Superior Completo
23	Feminino	Canhoto	2º Ano Ens. Superior	23	Feminino	Destro	Superior Completo
26	Feminino	Destro	Mestrado	25	Feminino	Destro	Mestrado
21	Feminino	Destro	2º Ano Ens. Superior	24	Masculino	Destro	Superior Completo
26	Feminino	Destro	Superior Completo	22	Masculino	Destro	Superior Completo
22	Feminino	Destro	Superior Completo	23	Feminino	Destro	3º Ano Ens. Superior
36	Masculino	Destro	Doutorado	23	Feminino	Destro	Superior Completo
24	Masculino	Destro	4º Ano Ens. Superior	28	Masculino	Destro	Superior Completo
25	Feminino	Destro	Mestrado	22	Masculino	Destro	Mestrado
				27	Feminino	Destro	Superior Completo
				22	Feminino	Destro	Superior Completo
				20	Feminino	Destro	2º Ano Ens. Superior

Após análise dos dados, três homens e sete mulheres foram excluídos do estudo: um homem e uma mulher por estarem sob a ação de medicamentos estimulantes do Sistema Nervoso Central, uma mulher por idade (53 anos), e dois homens e cinco mulheres por desempenho anômalo (excesso de erros e/ou respostas excessivamente lentas). O total final de voluntários em cada grupo foi: N=28 para o Grupo 80:20 e N=31 para o

Grupo 50:50. Os detalhes sobre os participantes em cada grupo podem ser vistos na Tabela 1.1.

### 1.3.2 Aparelho

Foi utilizada uma tela de seda com LEDs montados por trás, em pontos específicos de interesse. A tela imita uma tela comum de computador (Figura 1.2). Os LEDs foram montados com um circuito de estabilização e controle da corrente, de forma que o brilho de cada um era controlado independentemente. Um LED com  $0,1^\circ$  de ângulo visual, no centro da tela, funcionava como ponto de fixação visual. LEDs com  $0,1^\circ$  de ângulo visual situados  $0,5^\circ$  à direita ou à esquerda do ponto de fixação funcionavam como pistas. Os alvos foram LEDs com  $0,3^\circ$  de ângulo visual, situados  $8^\circ$  à direita e à esquerda do ponto de fixação (Figura 1.2).



**Figura 1.2** – Fotografia da tela com a disposição dos LEDs utilizados no Teste de Atenção. Pontos maiores: Alvos. Pontos menores: pistas centrais e ponto de fixação (ao centro, indicado pela seta). Para esta fotografia os LEDs foram acesos conjuntamente apenas para exemplificar sua localização. Em condições experimentais apenas o ponto de fixação permanece ligado ao longo da tentativa, sendo as pistas e alvos apresentados conforme descrição específica (ver texto principal).

Os voluntários sentavam-se à frente da tela, com a cabeça em um apoiador de frente e mento, de tal forma que a distância entre os olhos e o ponto de fixação era conhecida e igual a 57 cm (assim, 1 cm na tela corresponde a 1° de ângulo visual). Os testes foram realizados numa sala de experimentos com atenuação acústica e iluminação de 2 Lux ao nível dos olhos.

Instruções foram apresentadas aos voluntários em uma tela comum de computador, à parte. Tanto o controle do acendimento e apagamento dos LEDs, quanto a coleta das respostas do voluntário foi feito por um programa desenvolvido em “QuickBASIC” (v. 4.5, Microsoft Corporation, 1988) em um computador com o “clock” acelerado para controle dos eventos, com precisão de milissegundos.

No teste de identificação do limiar (ver abaixo), utilizou-se um painel com três botões de resposta marcados como “sim” (detectei), “não” (não detectei) e “não sei”. No teste de atenção, foi utilizada uma chave óptica para registrar as respostas, garantindo alta precisão temporal.

### *1.3.3 Teste de identificação do limiar*

Um teste de identificação de limiar baseado num protocolo de escolha não-forçada (KAERNBACH, 2001), com probabilidade de detecção do estímulo que converge para 80%, foi aplicado em todos os voluntários. Eles deveriam responder a estímulos apresentados aleatoriamente, um por vez, em doze locais diferentes da tela, incluindo os estímulos utilizados no presente experimento. Os voluntários eram instruídos a perceberem a tela toda, mantendo a fixação visual no ponto central.

O brilho dos LEDs era mantido constante e variava-se o tempo de acendimento do mesmo. O tempo de estimulação inicial era de 16 ms. A cada tentativa, o ponto de fixação aparecia e, após um tempo variável entre 1.000 e 1.500 milissegundos, qualquer um dos doze pontos piscava na tela. O ponto de fixação desaparecia na sequência, sinalizando que o voluntário deveria emitir a resposta, escolhendo apertar no controle “sim” (para indicar detecção do estímulo), “não” (para indicar não detecção do estímulo) ou “não sei” (dúvida sobre detecção do estímulo). A cada resposta “não” ou

“não sei” o tempo de apresentação daquele ponto específico era aumentado e a cada “sim”, diminuído, seguindo o protocolo descrito por Kaernbach (2001). Dez reversões entre “sim” e “não/não sei” eram necessárias para cada um dos pontos para que o programa calculasse automaticamente o valor de limiar, dado pela média de valores entre a quarta e a décima reversões. Uma vez que os limiares foram identificados, eles foram gravados e utilizados para o teste de atenção daquele voluntário no dia seguinte.

#### 1.3.4 Teste de atenção

O experimento foi realizado com pistas centrais e alvos dispostos na mesma linha horizontal em relação às pistas. A cada tentativa (1) o ponto de fixação era apresentado no centro da tela; (2) após um intervalo de tempo variando aleatoriamente entre 1050 e 1550 milissegundos, a pista era apresentada pelo dobro do tempo identificado como limiar daquele voluntário (assegurando que o voluntário veria a mesma); (3) após um intervalo de tempo (SOA - do inglês “Stimulus Onset Asynchrony”) que poderia ser 100, 300 ou 700 ms, (4) o alvo com duração igual àquela identificada no teste de limiar era apresentado. Os voluntários dispunham de até 1000 ms para responder. O ponto de fixação era mantido na tela até o final desse tempo ou até que uma resposta fosse apresentada. O intervalo entre as tentativas era de 1000 ms.

Os voluntários foram instruídos a (1) manter o olhar no ponto de fixação, (2) de que a pista informa o provável local de aparecimento do alvo e a (3) responderem ao alvo o mais rápida e precisamente possível, com a mão de preferência (e de que teriam apenas 1000 ms para fazê-lo). Respostas emitidas até oitenta milissegundos após o aparecimento do alvo (incluindo os eventos anteriores da tentativa, i.e., apresentação do ponto de fixação, intervalo entre o ponto de fixação e a pista, apresentação da pista, SOA e apresentação do alvo) foram consideradas erros por antecipação. Após 1000 ms a ausência de resposta do voluntário era registrada como um erro por omissão. Os voluntários não recebiam qualquer *feedback* sobre seu desempenho entre as tentativas. Uma câmera sobre a tela de LEDs



(Figura 1.2) permitia ao experimentador monitorar o movimento ocular dos voluntários, fora da sala de experimentos.

Cada voluntário respondeu a 600 tentativas distribuídas em cinco blocos de 120 tentativas, aleatorizadas por SOA e por condição de validade, resultando em 100 tentativas para cada lado e para cada SOA. O número de tentativas válidas e inválidas era uma função dependente do grupo do voluntário (480 tentativas válidas para o Grupo 80:20 e 300 tentativas válidas para o Grupo 50:50, aleatoriamente distribuídas). Os intervalos de tempo entre os blocos eram livres, isto é, o voluntário podia descansar pelo tempo que julgasse conveniente; o próprio voluntário acionava uma tecla para dar prosseguimento às tentativas. O tempo total de teste era de aproximadamente 35 min.

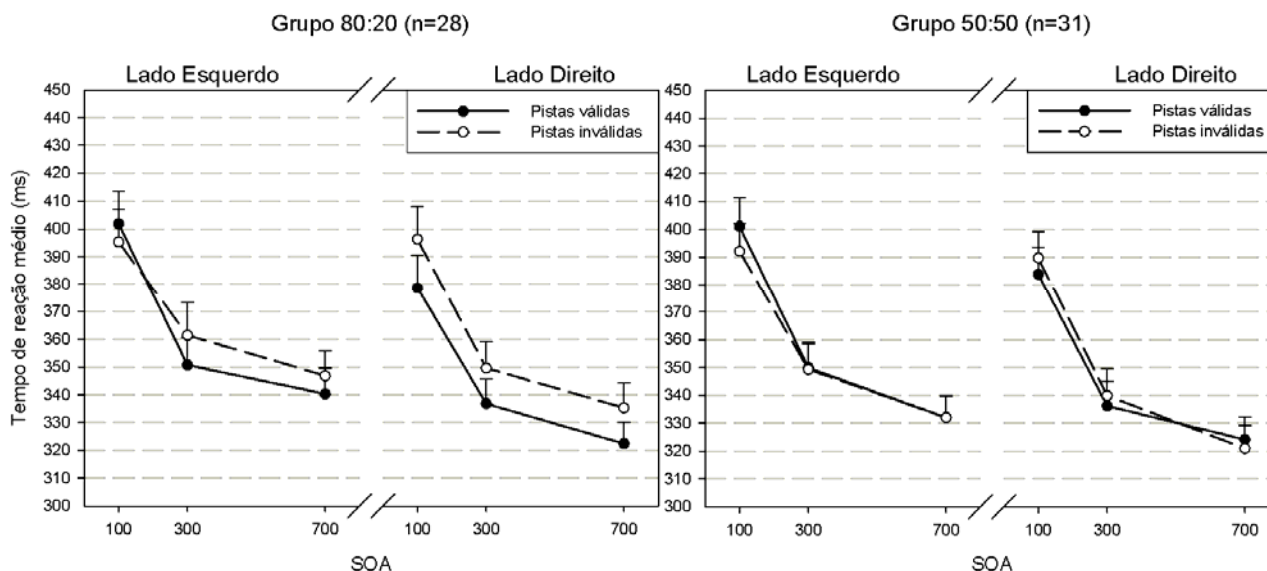
Os tempos de reação de cada voluntário considerando Validade (válida e inválida), Hemicampo (lado do alvo; direito e esquerdo) e SOA (100, 300 e 700 ms) permitiram calcular a mediana dos tempos de reação em cada condição. Na análise geral, envolvendo grupos, calculou-se a média dessas medianas. Isso foi feito incluindo apenas as tentativas cujas respostas foram corretas. Escolheu-se a mediana para expressar o desempenho dos grupos no bloco, pois esta medida está menos sujeita à influência de escores extremos esporádicos que poderiam viesar a média, representando de forma mais fiel o desempenho dos voluntários. Para avaliar a acurácia da resposta calculou-se a porcentagem de respostas corretas.

Análises de variância para medidas repetitivas (ANOVA) foram utilizadas para comparar os tempos de reação e a acurácia (porcentagem de respostas corretas em relação ao total de respostas possíveis), considerando-se Grupo e Gênero como fatores entre-sujeitos e SOA, Hemicampo e Validade como fatores intra-sujeitos. Outra ANOVA foi utilizada para comparar o efeito de validade, considerando-se Grupo e Gênero como fatores entre-sujeitos e SOA e Hemicampo como fatores intra-sujeitos. Quando necessários, testes *post-hoc* Tukey HSD foram realizados.

## 1.4 Resultados

### 1.4.1 Tempos de reação

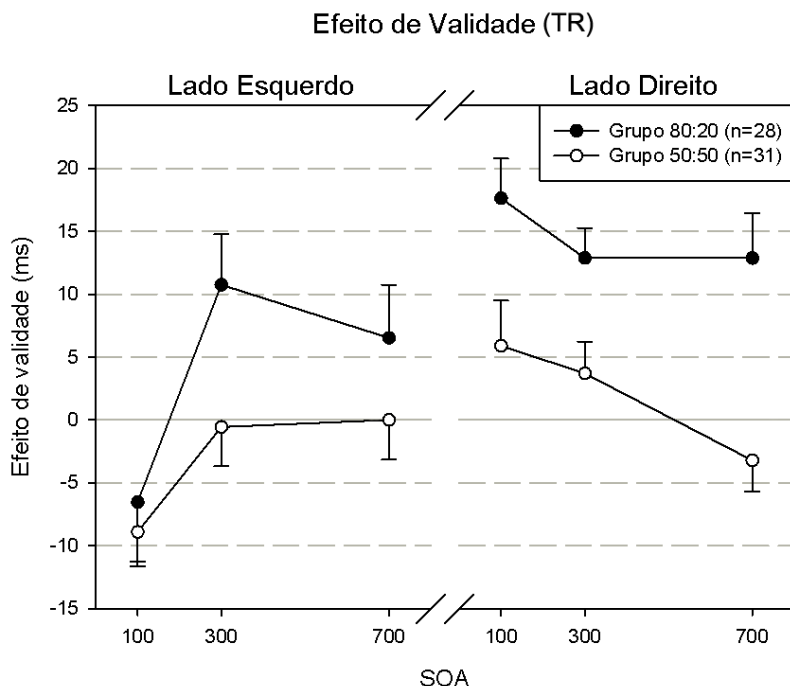
A Figura 1.3 mostra os tempos de reação e a Figura 1.4 mostra os efeitos de validade (relacionados aos tempos de reação) dos grupos expostos às condições preditiva (80:20) e não-preditiva (50:50), em função do lado do alvo (Hemicampo), Validade e SOA.



**Figura 1.3** – Média dos tempos de reação no teste de atenção em função do lado do alvo (Hemicampo), Validade e SOA, dos grupos expostos às condições preditiva (80:20) e não-preditiva (50:50).

A ANOVA revelou diferenças significantes em relação aos fatores SOA ( $F_{2,54}=174,348$ ;  $p<0,0001$ ), Hemicampo ( $F_{1,55}=29,124$ ;  $p<0,0001$ ) e Validade ( $F_{1,55}=13,404$ ;  $p=0,0006$ ), mas não em relação a Grupo ( $F_{1,55}=0,329$ ;  $p=0,5683$ ) e Gênero ( $F_{1,55}=0,829$ ;  $p=0,3664$ ). Por outro lado, a ANOVA revelou efeito significativo para as interações entre Validade e Grupo ( $F_{1,55}=16,986$ ;  $p=0,0001$ ), e Hemicampo e Validade ( $F_{1,55}=16,752$ ;  $p=0,0001$ ), indicando que o efeito de validade só ocorre para um dos grupos e para um dos hemicampos visuais, e ausência de efeito significativo na interação entre Grupo e Gênero ( $F_{1,55}=1,199$ ;  $p=0,2782$ ) (razão pela qual os dados não foram apresentados separadamente por gênero) (Figura 1.3). A ANOVA revelou ainda interação significativa entre Hemicampo, SOA e Validade ( $F_{2,54}=9,575$ ;  $p=0,0003$ ) (Figura 1.3). O teste *post-hoc* indicou diferenças no SOA de 100 ms para alvos em ambos os Hemicampos e no

SOA 300 para alvos no Hemicampo Direito, na análise global envolvendo os dois Grupos.



**Figura 1.4** – Efeito de validade (TRinválidas – TRválidas) no teste de atenção em função do lado do alvo (Hemicampo) e SOA, dos grupos expostos às condições preditiva (80:20) e não-preditiva (50:50).

A ANOVA em relação ao efeito de validade revelou diferenças significantes para os efeitos principais Grupo ( $F_{1,55}=16,986$ ;  $p=0,0001$ ), Hemicampo ( $F_{1,55}=16,752$ ;  $p=0,0001$ ) e, ainda, uma interação significativa entre SOA e Hemicampo ( $F_{2,54}=9,575$ ;  $p=0,0003$ ). O teste *post-hoc* indicou a diferença no SOA de 100 ms à esquerda (Figura 1.4). Um teste-*t* realizado para avaliar se o efeito de validade em cada SOA é significativamente diferente de zero revelou diferença significativa para o SOA 100 à esquerda no Grupo 50:50, constituindo uma inversão do efeito de validade com SOA curto nesse Grupo. Todos os outros SOAs do Grupo 50:50 são indistintos de zero. Para o Grupo 80:20, todos os SOAs à direita e o SOA 300 à esquerda são diferentes de zero.

Em conjunto, esses resultados apontam para diferenças importantes no tempo de reação à apresentação de estímulos-alvo nos hemicampos visuais direito e esquerdo, com efeito de validade apenas

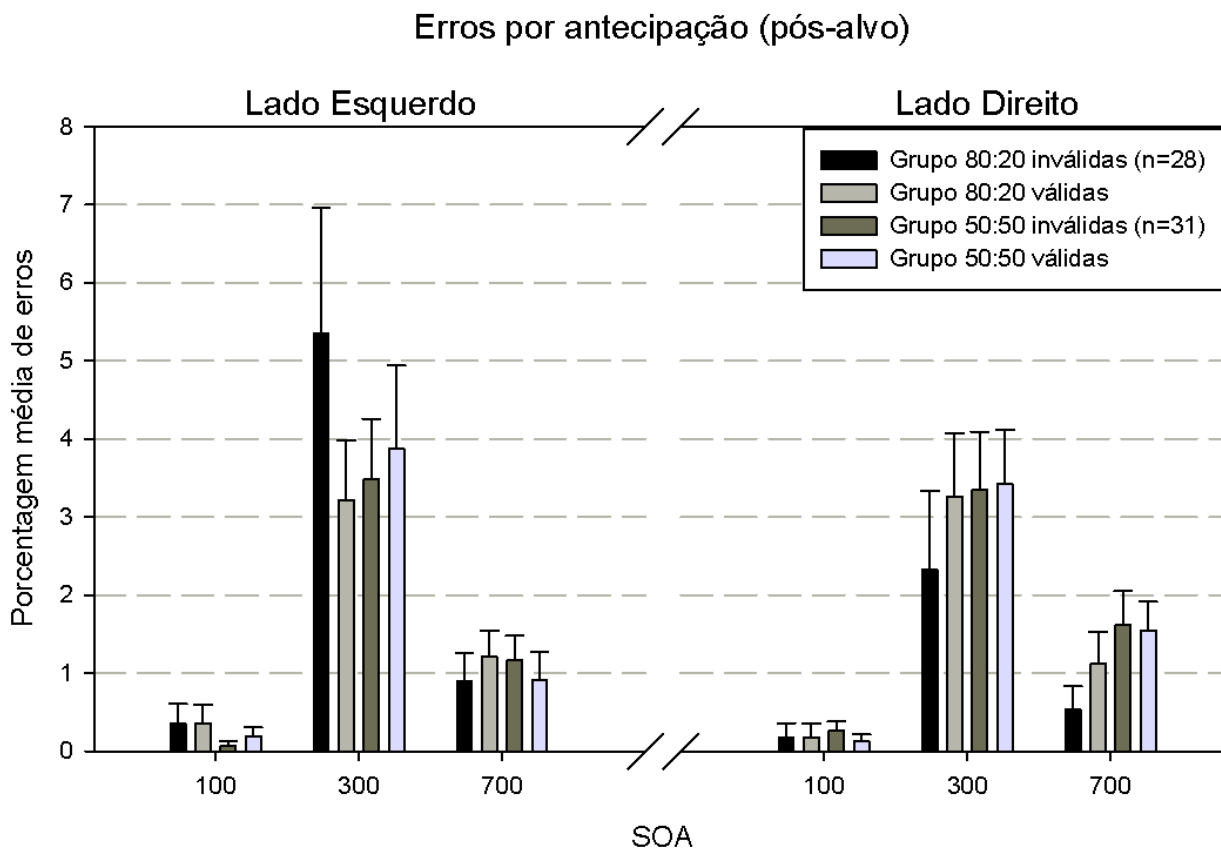
quando esses estímulos foram precedidos por pistas preditivas e apenas quando os estímulos-alvo foram apresentados no hemisfério visual direito (Figura 1.4).

A presença de efeito de validade no SOA 300 à esquerda sugere que há orientação atencional suficiente para gerar benefício também para o hemisfério visual esquerdo, porém, esse efeito é menor, com maior eficiência após 300 ms da apresentação da pista. Uma explicação alternativa é de que a orientação atencional para o hemisfério esquerdo é mais lenta, mas essa afirmação não é apoiada pela existência de efeito de validade para alvos à esquerda no SOA 700.

#### 1.4.2 Acurácia

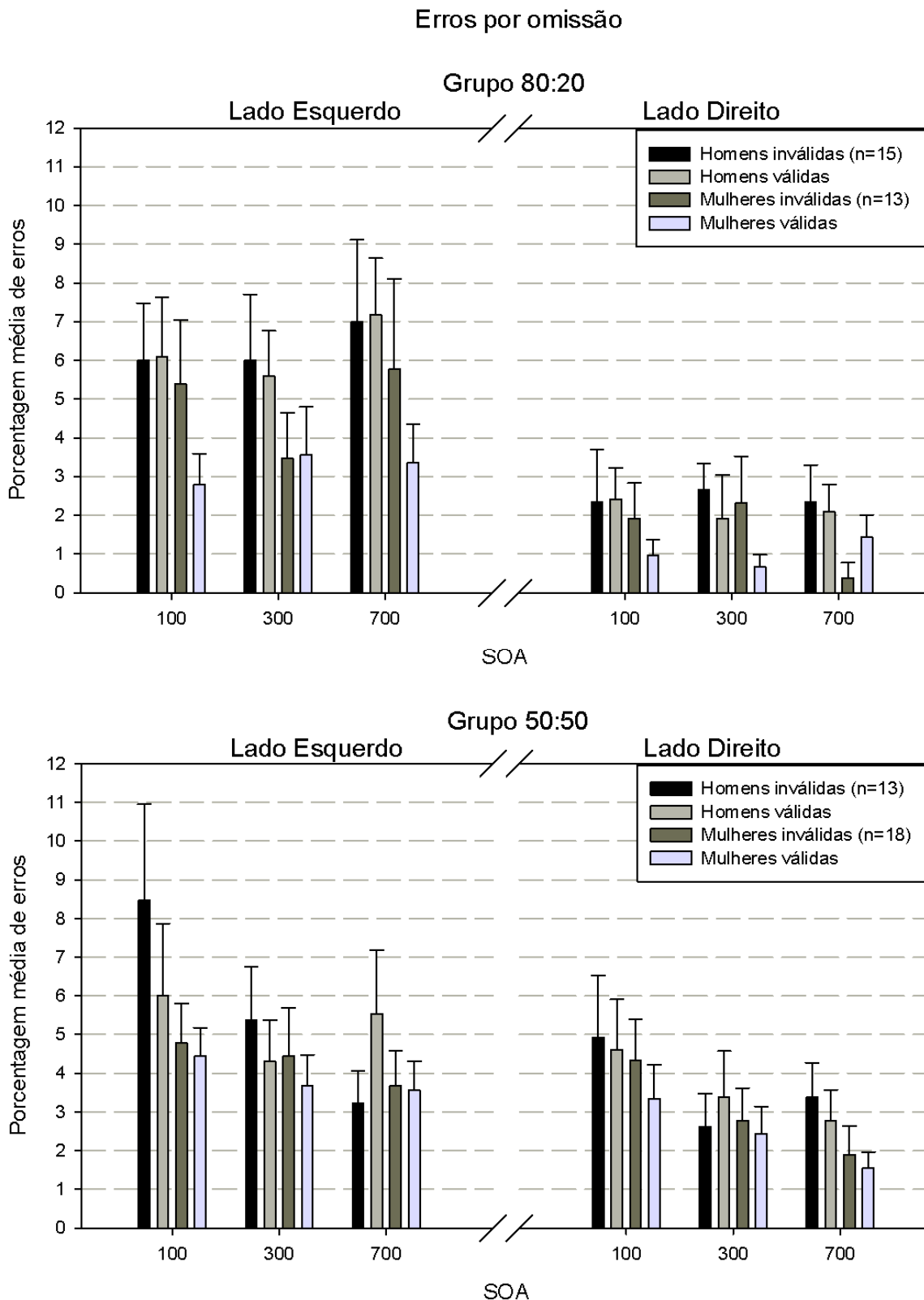
A porcentagem de erros por antecipação envolvendo respostas emitidas antes da apresentação do alvo foi menor que 4% das tentativas em ambos os grupos, sem diferenças significantes entre eles.

A ANOVA para erros de antecipação (Tipo 3, envolvendo respostas emitidas em até 80 ms após a apresentação do alvo) (Figura 1.5) revelou diferença altamente significativa para o fator SOA ( $F_{2,54}=19,437$ ;  $p<0,0001$ ), diferença significativa para o fator Hemisfério ( $F_{1,55}=5,286$ ;  $p=0,0253$ ) e diferença significativa para a interação entre Hemisfério e Grupo ( $F_{1,55}=7,642$ ;  $p=0,0078$ ). A ANOVA revelou ainda ausência de diferenças significantes para o fator Validade ( $F_{1,55}=0,043$ ;  $p=0,8372$ ), mas apresentou diferença próxima de significativa para a interação entre Hemisfério, Validade e Grupo ( $F_{1,55}=3,641$ ;  $p=0,0616$ ). Um teste *post-hoc* indicou diferença nas tentativas inválidas do lado direito e esquerdo do Grupo 80:20. Não houve diferenças significantes entre os Grupos ( $F_{1,55}=0,067$ ;  $p=0,7965$ ), entre Gêneros ( $F_{1,55}=1,001$ ;  $p=0,3214$ ), ou na interação entre Grupo e Gênero ( $F_{1,55}=0,321$ ;  $p=0,5732$ ) (razão pela qual os dados não foram apresentados separadamente por gênero). Esses resultados apontam para uma maior porcentagem de erros para o hemisfério esquerdo apenas no Grupo 80:20, possivelmente influenciado pela porcentagem de erros nas tentativas inválidas neste hemisfério (Figura 1.5).



**Figura 1.5** – Porcentagem média de erros por antecipação (Tipo 3) no teste de atenção em função do lado do alvo (Hemicampo) e SOA dos Grupos 80:20 e 50:50.

A ANOVA envolvendo erros de omissão (Tipo 4) (Figura 1.6) revelou diferenças significantes em relação aos fatores principais Hemicampo ( $F_{1,55}=18,298$ ;  $p=0,0001$ ), SOA ( $F_{2,54}=5,231$ ;  $p=0,0084$ ), Validade ( $F_{1,55}=4,031$ ;  $p=0,0496$ ) e Gênero ( $F_{1,56}=4,057$ ;  $p=0,0489$ ). A ANOVA revelou ainda diferença significativa para a interação entre SOA e Grupo ( $F_{2,54}=4,267$ ;  $p=0,0190$ ) e diferença próxima de significativa para a interação entre os fatores Hemicampo, SOA, Validade e Grupo ( $F_{2,54}=2,909$ ;  $p=0,0631$ ) (Figura 1.6). Não houve diferença significativa entre os Grupos ( $F_{1,55}=0,518$ ;  $p=0,4745$ ), nem para a interação entre Grupo e Gênero ( $F_{1,55}=0,125$ ;  $p=0,7253$ ).



**Figura 1.6** – Porcentagem média de erros por omissão (Tipo 4) no teste de atenção em função do lado do alvo (Hemicampo), Gênero, Validade e SOA dos Grupos 80:20 e 50:50

Em conjunto, esses resultados apontam para diferenças importantes na acurácia das respostas a estímulos apresentados nos hemisférios visuais direito e esquerdo, com menor quantidade de erros dos voluntários para estímulos à direita, além de uma maior quantidade de erros para alvos precedidos por pistas inválidas em relação àqueles precedidos de pistas válidas, em ambos os grupos. Os resultados ainda mostraram um maior número de omissões dos homens em relação às mulheres e, no Grupo 50:50, maior número de omissões no SOA 100 em relação ao SOA 300, que por sua vez possui maior percentagem de erros que o SOA 700 (Figura 1.6).

### 1.5 Discussão

Os resultados mostraram menores tempos de reação para alvos apresentados no hemisfério visual direito em relação ao tempo de reação para alvos apresentados no hemisfério visual esquerdo em ambos os grupos e em todos os SOAs, além de efeito de validade, consistente para homens e mulheres, em voluntários expostos a pistas centrais preditivas (80:20), mas não naqueles expostos a pistas centrais não-preditivas (50:50) (Figura 1.3). Esse resultado é consistente para dois de três canhotos que estavam no grupo exposto a pistas preditivas e que responderam com a mão esquerda. Os resultados apontam ainda que o efeito de validade ocorreu apenas para os alvos apresentados no hemisfério visual direito, havendo uma inversão pequena, porém significativa do efeito de validade no SOA igual a 100 ms do Grupo 50:50, para alvos apresentados no hemisfério visual esquerdo (Figura 1.4). Essa assimetria na orientação da atenção, com favorecimento do hemisfério visual direito também foi revelada pela percentagem de erros por omissão, menor para alvos apresentados no hemisfério visual direito em relação a alvos apresentados no hemisfério visual esquerdo (Figura 1.6).

Assim, a associação de um teste de atenção visuoespacial com o uso de estímulos próximos ao limiar de detecção individual permitiu revelar esses efeitos em voluntários saudáveis. O favorecimento da

detecção de alvos apresentados no hemisfério direito do espaço, confirma a existência de uma assimetria entre os hemisférios visuais.

Esses resultados apontam no mesmo sentido dos de Rhodes e Robertson (2002) e também Evert et al (2003), que encontraram menores tempos de reação para letras apresentadas no hemisfério visual direito em relação a letras apresentadas no hemisfério visual esquerdo. Diferentemente destes estudos, no entanto, aqui utilizamos estímulos pontuais simples tanto como pistas para gerar o efeito atencional quanto como alvos aos quais os voluntários deveriam reagir, eliminando qualquer possibilidade de interpretação dos resultados em termos das conhecidas assimetrias hemisféricas decorrente do uso de estímulos verbais.

Interessantemente, no trabalho de Evert et al (2003) a assimetria foi detectada apenas quando os estímulos-alvo foram apresentados concomitantemente a distratores no hemisfério contralateral, sugerindo que uma maior demanda atencional é necessária para que assimetrias na orientação da atenção sejam detectadas. Essa mesma sugestão foi apresentada por Castro-Barros et al (2010), que verificaram menores tempos de reação para estímulos apresentados no hemisfério direito, em relação ao esquerdo, apenas quando o alvo era apresentado concomitante a um distrator no hemisfério contralateral ou quando a detecção do local e a forma de um alvo eram requeridas para a emissão da resposta correta. Os resultados aqui apresentados são consistentes com os de Castro-Barros et al (2010) e com a noção da necessidade de uma maior demanda atencional para que se verifique uma assimetria na orientação encoberta da atenção, um efeito que foi atingido pelo uso de estímulos próximos ao limiar de detecção individual, ao invés do uso de distratores.

Os resultados mostram ainda que menores tempos de reação são observados para estímulos apresentados no Hemisfério direito também no Grupo 50:50, em que as pistas não são preditivas, sugerindo que a assimetria na orientação da atenção é uma condição persistente do mecanismo atencional humano, que se manifesta mesmo quando os voluntários não orientam a atenção especificamente para um determinado hemisfério, provavelmente orientando-a difusamente pelo campo visual,



como se depreende da ausência de efeito de validade neste grupo (Figuras 1.3 e 1.4).

Observou-se também uma sutil, mas significativa, inversão do efeito de validade no SOA 100 ms, com alvos apresentados no hemisfério visual esquerdo (note que esse efeito parece estar presente em ambos os grupos, mas foi significativo apenas no Grupo 50:50 – Figura 1.4). Isto é, os tempos de reação nas tentativas inválidas foram menores que os tempos de reação nas tentativas válidas. É importante lembrar que em tentativas inválidas envolvendo a apresentação de um estímulo-alvo no hemisfério esquerdo, a pista é apresentada próxima ao ponto de fixação, porém  $0,5^\circ$  à direita do ponto de fixação. Se admitirmos que alerta e orientação da atenção são processos distintos, como defendido por Fan et al (2002), uma possível explicação para essa inversão é que pistas à direita evocariam efeitos de alerta maiores, que seriam suficientes para produzir menores tempos de reação mesmo para os alvos apresentados no local não atendido (hemisfério visual esquerdo) em relação ao efeito de alerta gerado pela pista à esquerda e ao tempo de reação para o alvo apresentado também à esquerda. Esse efeito teria duração relativamente curta, dado que ele desaparece quando o SOA é aumentado para 300 ms no grupo testado com pistas não-preditivas (Grupo 50:50) e se inverte completamente no grupo testado com pistas preditivas (Grupo 80:20) (Figura 1.4).

Essa interpretação, porém, exibe algumas dificuldades. Em primeiro lugar, orientar a atenção implica no favorecimento do local atendido e na inibição do local não atendido. Portanto, poderia ser questionado como o efeito de inibição não teria causado o prejuízo no tempo de reação ao local não atendido. Os voluntários do Grupo 50:50, entretanto, não atendem às pistas, não existindo efeito de facilitação ou inibição para qualquer dos hemisférios. Em segundo lugar, a inversão do efeito de validade ocorreu apenas no SOA 100 ms e não em SOAs maiores. Seria então necessário supor que o efeito de alerta é transitório e somente resultaria na inversão do efeito de validade neste intervalo curto. Infelizmente, Fan et al (2002) utilizaram apenas um SOA de 400 ms, o que

não permite conclusões sobre a magnitude do efeito de alerta em diferentes SOAs. Ainda assim, vale ressaltar que o SOA utilizado pelos autores é semelhante ao SOA 300 ms no presente estudo, que não mostrou essa inversão do efeito de validade.

É necessário, ainda, considerar que alvos à direita precedidos de pistas válidas deveriam causar menores tempos de reação, pelo menos para o SOA 100 ms, em relação a alvos precedidos de pistas inválidas. Uma possível explicação para que esse efeito não tenha sido encontrado é a própria assimetria dos mecanismos de orientação da atenção, que produziriam respostas atencionais mais rápidas para alvos à direita, mascarando o efeito de alerta que não aparece como significativo. De fato, a análise da Figura 1.4 sugere uma tendência ao efeito de validade no SOA 100 ms à direita. Por fim, a possibilidade de que pistas à direita gerariam maiores efeitos de alerta não é apoiada pelos resultados de acurácia envolvendo erros por omissão, uma vez que os voluntários erraram mais para alvos à esquerda precedidos de pistas inválidas em relação aos alvos precedidos de pistas válidas (Figura 1.6).

Os resultados envolvendo os efeitos de validade (Figura 1.4) também são em parte consistentes com o modelo de Luck e Vecera (2002) (Figura 1.1). Esses autores descreveram que pistas centrais preditivas geram efeitos de validade que aparecem após cerca de 200 ms e se mantêm até SOAs maiores e que pistas centrais não-preditivas não geram qualquer efeito de validade. Os resultados aqui apresentados, no entanto, diferem ao mostrar que pistas centrais preditivas podem gerar orientação da atenção mesmo quando o SOA é muito curto, i.e., apenas 100 ms. Este último resultado é consistente com os achados de Castro-Barros et al (2010), que também encontraram efeito de validade para o SOA de 100 ms.

Kingstone (2003) defende que os tempos de reação para alvos precedidos de pistas centrais preditivas, quando simbólicas e de extrema relevância (como setas ou mesmo uma representação de uma face olhando para o lado direito ou esquerdo, i.e., estímulos para os quais existe um extenso treinamento prévio ao engajamento nos testes de atenção, pois fazem parte da nossa rotina do dia-a-dia), poderiam corresponder a uma

soma de efeitos automáticos e voluntários, mesmo com apresentação próxima ao ponto de fixação. De fato, Ristic et al (2002) testaram voluntários no Paradigma de Posner com pistas centrais simbólicas (setas) não-preditivas e os resultados mostraram que elas podem produzir efeito de validade, contrariando os achados de Jonides (1981). Poder-se-ia pensar que a pista utilizada no presente estudo exibe certa lateralidade, dado que embora próxima ao ponto de fixação, ocorre no mesmo hemisfério em relação ao estímulo alvo e que isso poderia ter levado ao aparecimento do efeito de validade no SOA de 100 ms. Essa possibilidade, no entanto, não encontra suporte nos próprios resultados deste estudo, dada a ausência de efeito de validade no grupo de voluntários expostos à condição de pistas não-preditivas, sugerindo que as pistas pontuais utilizadas, ainda que parcialmente assimétricas (i.e., apresentadas 0,5° para a esquerda ou para a direita do ponto de fixação), não foram suficientes para gerar mecanismos automáticos de orientação da atenção.

Outra possibilidade para explicar a existência de efeito de validade no SOA de 100 ms, denotando o envolvimento de mecanismos automáticos de orientação da atenção, esta relacionada com a quantidade de pareamentos envolvendo a associação entre pista e alvo, no grupo exposto à condição preditiva; note que a quantidade de pareamentos na condição válida é substancialmente maior no Grupo 80:20 em relação ao Grupo 50:50, o que poderia ter gerado um efeito de frequência associada ao condicionamento clássico dos voluntários envolvidos. Isto é, a apresentação de uma pista mais frequentemente associada a determinado alvo poderia induzir a um aumento da atividade neurofisiológica a este último mesmo antes de sua apresentação, como fruto dos pareamentos prévios e consequente condicionamento clássico, resultando assim em menores tempos de reação.

A análise dos erros por antecipação, causados por respostas emitidas até 80 ms após a apresentação do alvo, revelou que ambos os grupos exibiram maior percentagem de erros no SOA 300. Os resultados revelaram ainda que voluntários expostos ao treinamento com pistas preditivas anteciparam mais frequentemente suas respostas a estímulos

esperados no hemisfério visual esquerdo em relação ao direito, particularmente quando as pistas eram inválidas (Figura 1.5). Esse resultado precisa ser analisado com cautela. A probabilidade de um voluntário antecipar a resposta ao alvo cresce progressivamente com a evolução temporal da tentativa. Assim, sabendo que o alvo seguramente aparecerá após certo tempo em relação à apresentação da pista (algo que os indivíduos aprendem mesmo implicitamente após algumas tentativas) o número de antecipações tende a ser maior nos últimos SOAs. Dessa forma, o número de antecipações no SOA 700 ms é semelhante ao número de antecipações no SOA 300 ms, mas a maior parte desses erros ocorreu antes mesmo da apresentação do alvo (como mencionado no início da descrição dos resultados para a acurácia), não sendo representados na Figura 1.5.

É importante ressaltar que a percentagem de erros de antecipação é maior nas tentativas inválidas do hemisfério esquerdo em relação às do hemisfério direito. Note, porém, que erros de antecipação ocorrem antes da apresentação do estímulo alvo. Portanto, sob a ótica do voluntário, não seria possível distinguir entre uma tentativa inválida e uma válida antes da apresentação do estímulo-alvo. Uma hipótese para esse resultado é que a maior percentagem de erros por antecipação pode estar relacionado a um maior efeito de alerta gerado por pistas apresentadas à direita, que se refletiriam em maior preparação motora e menor capacidade de inibição da resposta (até a apresentação do estímulo alvo). Embora essa interpretação seja inconsistente em relação à ausência de uma maior percentagem de respostas antecipadas para alvos apresentados à direita precedidos de pistas válidas, a ausência de diferenças entre tentativas válidas e inválidas parece sugerir que essa interpretação seria em parte sustentável.

As assimetrias encontradas nos tempos de reação são consistentes em relação à percentagem de erros por omissão. Como esperado, observa-se uma maior percentagem de erros para alvos apresentados no hemisfério visual esquerdo e nas tentativas inválidas, possivelmente em decorrência do uso de estímulos-alvo cuja duração está

próxima ao limiar de detecção visual individual dos voluntários, somado à apresentação do alvo no local não atendido pelo foco atencional, o que dificulta a percepção do estímulo, aumentando significativamente a quantidade de erros. De fato, os resultados de Castro-Barros et al (2010) mostram uma porcentagem de erros por omissão menor que 1%, sugerindo que o uso de estímulos próximos ao limiar de detecção foi crucial para revelar assimetrias na orientação da atenção que se refletissem também na porcentagem de erros de omissão para estímulos apresentados nos hemisférios direito ou esquerdo.

Os resultados envolvendo erros por omissão mostram ainda que não há diferenças significantes em relação à porcentagem de erros por omissão nos SOAs empregados nos voluntários expostos a pistas preditivas, enquanto os voluntários expostos a pistas não-preditivas cometeram maior porcentagem de erros no SOA de 100 ms em relação ao SOA de 300 ms, que por sua vez exibe maior porcentagem de erros que o observado no SOA de 700 ms (Figura 1.6). Esse resultado sugere que os indivíduos no Grupo 80:20 orientaram a atenção para o lado indicado pela pista rapidamente, ao passo que os voluntários no Grupo 50:50 não o fizeram, provavelmente pelo benefício atencional gerado pela previsibilidade da pista.

Diferentemente do esperado, uma maior porcentagem de erros por omissão nas tentativas inválidas ocorreu em ambos os grupos e não apenas no Grupo 80:20. A única diferença entre Gêneros ocorreu em relação aos erros por omissão, sugerindo uma possível diferença nos mecanismos atencionais envolvendo homens e mulheres; mulheres cometeriam menos erros de omissão.

No conjunto, esses resultados são consistentes com modelos que propõem a existência de assimetrias interlaterais nos circuitos neurais envolvidos na orientação da atenção.

Mesulam (1981, 1999) propôs que estímulos à direita do espaço seriam processados por circuitos situados em ambos os hemisférios ao passo que estímulos à esquerda do espaço seriam processados por circuitos situados no hemisfério direito apenas. Esse arranjo permitiria

explicar porque a heminegligência contralateral seria encontrada predominantemente após lesões do hemisfério direito, mas não do esquerdo. A ativação de uma maior quantidade de circuitos neurais para o processamento de estímulos à direita do espaço poderia explicar as assimetrias no tempo de reação para alvos apresentados aos hemicampos visuais, encontradas neste e em outros estudos, como já descrito acima.

Esses resultados são também consistentes com os de estudos envolvendo fMRI. Corbetta et al (1993) descrevem ativações bilaterais, porém assimétricas, dos Lobos Parietal e Frontal, com maior atividade no hemisfério direito, em voluntários expostos a pistas centrais preditivas, formando uma rede fronto-parietal.

Kim et al (1999) expuseram voluntários tanto a condição de pistas centrais quanto a condição de pistas periféricas durante a aquisição de imagens funcionais encefálicas. Em ambas as condições, os autores descreveram ativações da região posterior do Lobo Parietal (ao longo do sulco intraparietal), do Campo Ocular Frontal (FEF, do Inglês “Frontal Eye Fields”) e do Córtex Frontal Anterior Dorsolateral no Lobo Frontal, além de ativações da Área Suplementar Motora (SMA), Giro do Cíngulo, Córtex Temporo-ocipital (nos Giros Médio e Inferior do Lobo Temporal), Lobo da Ínsula e do Córtex Sensório-motor esquerdo. Os autores relatam ainda que pistas centrais causaram maiores ativações, especialmente nas regiões posteriores do Lobo Parietal e Temporal. Pistas periféricas, por sua vez, causaram ativações mais assimétricas, maiores no hemisfério direito.

De fato, em uma revisão dos modelos de circuitos neurais de Mesulam (1981, 1999), Corbetta e Shulman (2002) defendem que os circuitos para orientação voluntária da atenção, a rede fronto-parietal dorsal, seriam na verdade simétricos. No entanto, esse circuito seria auxiliado por outro mais ventral (junção temporo-parietal, JTP, e córtex frontal ventral, CFV) e extremamente lateralizado no hemisfério direito, que funcionaria como um disjuntor, i.e., fazendo a interrupção do circuito fronto-parietal dorsal sempre que estímulos relevantes ao comportamento são detectados fora do foco de processamento atencional (CORBETTA e SHULMAN, 2002).

O modelo de Corbetta e Shulman (2002) prevê que o componente ventral, o circuito “disjuntor”, gera o favorecimento de detecções à direita do espaço não só para o sistema visuoespacial, mas que esse circuito seria multimodal. Essa afirmação parece encontrar suporte pelo menos em um estudo envolvendo o sistema auditivo. Zatorre, Mondor e Evans (1999) encontraram maior ativação de redes corticais no hemisfério direito, por meio de fMRI, numa tarefa atencional de detecção de estímulos-alvo sonoros em quatro condições: (1) frequência aguda, (2) frequência grave, (3) alvo à esquerda e (4) alvo à direita. Independente da natureza do estímulo-alvo (tonalidade ou localização espacial), a ativação em resposta à orientação atencional para o estímulo era assimétrica, com maior ativação no hemisfério direito, dando suporte à noção de que os circuitos neurais envolvidos na orientação da atenção são assimétricos, independente da modalidade sensorial.

Em conjunto, os resultados aqui descritos dão suporte aos modelos que defendem a existência de assimetrias nos circuitos neurais envolvidos na orientação da atenção visuoespacial (MESULAM, 1981, 1999; CORBETTA e SHULMAN, 2002), tanto pela assimetria nos tempos de reação, como na percentagem de erros para o hemicampo visual direito e esquerdo, com favorecimento do espaço à direita no Grupo com pistas preditivas (Figuras 1.3 e 1.4) e em ambos os grupos para a percentagem de erros por omissão (Figura 1.6).

## 1.6 Agradecimentos

Este trabalho foi financiado com recursos da FAPESP, CNPq e CAPES.

## 1.7 Referências Bibliográficas

BARTHÉLÉMY, S. e BOULINGUEZ, P. Orienting visuospatial attention generates manual reaction time asymmetries in target detection and pointing. **Behavioural Brain Research**, v.133:109-116, 2002.

CARTER, C.S. et al.. Asymmetrical visual-spatial attentional performance in ADHD: evidence for a right hemispheric deficit. **Biological Psychiatry**. v.37:780 797, 1995.

- CASTRO-BARROS, B. A. et al. Interlateral asymmetry in the time course of the effect of a peripheral prime stimulus. **Brain and Cognition**. v.66:265–279, 2008.
- CASTRO-BARROS, B. A. et al. Lateral asymmetry of voluntary attention orienting. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. v.43(8):745-758.
- CORBETTA, M., et al. A PET study of visuospatial attention. **The Journal of Neuroscience**. v.13(3):1202-1226, Mar 1993.
- CORBETTA, M. E SHULMAN, G.L Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. **Nature Reviews: Neuroscience**. v.3(3):201-215, Mar 2002.
- EVERT, D.L. et al. Hemispheric asymmetries for selective attention apparent only with increased task demands in healthy participants **Brain and Cognition**. v.53:34-41, 2003.
- FAN et al. Testing the efficiency and independence of attentional networks. **Journal of Cognitive Neuroscience**. v.14(3):340-347, 2002.
- FRIESEN, C.K. e KINGSTONE, A. The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by nonpredctive gaze. **Psychonomic Bulletin and Review**. v.5(3):490-495, 1998 .
- HELENE, A.F. e XAVIER, G.F. A construção da atenção a partir da memória. **Revista Brasileira de Psiquiatria** v.25(Supl II):12-20, 2003.
- JONIDES, J. Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement. In: LONG, J.B. & BADDELEY, A.D. (Eds.) **Attention and Performance IX**. Hillsdale, N.J.:Lawrence Erlbaum Associates, 1981. Cap. 11, p. 187-203.
- KAERNBACH, C. Adaptive threshold estimation with unforced-choice tasks. **Perception & Psychophysics**. v.63(8): 1377-1388, 2001.
- KIM, Y.H. et al. The Large-Scale Neural Network for Spatial Attention Displays Multifunctional Overlap But Differential Asymmetry. **Neuroimage**. v.9:269–277, 1999.



- KINGSTONE, A. et al. Attention, researchers! It is time to take a look at the real world. **Current Directions in Psychological Science** v.12(5):176-180, 2003.
- KRISTJANSSON, A. e SIGURDARDOTTIR, H.M. On the benefits of transient attention across the visual field. **Perception**. v.37:747-764, 2008.
- LUCK, S.J. e VECERA, S.P. Attention. In: Pashler, H. (Ed.) **Steven's handbook of experimental psychology**. Vol. 1 – Sensation and Perception. 3ª ed. New York: Wiley, 2002. Cap. 6 p.235-286.
- MESULAM, M. M. A cortical network for directed attention and unilateral neglect. **Annals of Neurology**. v.10(4):309-325, 1981.
- MESULAM, M. M. Spatial attention and neglect: parietal, frontal and cingulate contributions to the mental representation and attentional targeting of salient extrapersonal events. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**. v.354:1325–1346, 1999.
- OLDFIELD, R.C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. **Neuropsychologia**. v.9:97-113, 1971.
- POSNER, M.I. Orienting of attention. **Quarterly Journal of Experimental Psychology (B)** v.32(1):3-25, 1980.
- RHODES, D.L. e ROBERTSON, L.C. Visual field asymmetries and allocation of attention in visual scenes. **Brain and Cognition**. v.50:95-115, 2002.
- RISTIC, J., FRIESEN, C.K. e KINGSTONE, A. Are eyes special? It depends on how you look at it. **Psychonomic Bulletin & Review**. v.9(3):507-513, 2002.
- RISTIC, J. e KINGSTONE, A. Attention to arrows: pointing to a new direction. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**. v.59(11):1921-1930, 2006.
- ZATORRE, R.J., MONDOR, T.A. e EVANS, A.C. Auditory attention to space and frequency activates similar cerebral systems. **Neuroimage**. v.10:544-554, 1999.

## Capítulo 2

### Orientação encoberta da atenção em músicos com estudo formal em música

Felipe Viegas Rodrigues<sup>1</sup> e Gilberto Fernando Xavier<sup>2</sup>

Palavras-chave: assimetria, atenção, atenção encoberta, hemisfério, músico, Posner

Atenção refere-se ao conjunto de processos que leva à seleção ou processamento preferencial de informações presentes em determinadas porções da rede nervosa. A leitura (de partituras) à primeira vista ativa múltiplas regiões encefálicas, entre elas, áreas envolvidas na orientação da atenção. No presente estudo investigamos a orientação da atenção encoberta em músicos capazes de realizar leitura de partituras à primeira vista, por meio de uma versão modificada do teste de atenção encoberta de Posner. Os resultados mostraram que enquanto músicos exibem respostas de orientação da atenção visuoespacial para os hemisférios direito e esquerdo que são simétricas, não-músicos exibem uma assimetria, com melhor desempenho para estímulos-alvo apresentados no hemisfério direito. Estes resultados são consistentes com sugestões de que o treinamento formal em música leva a melhora no desempenho de habilidades que requerem freqüentes re-orientações da atenção visuoespacial.

---

<sup>1</sup>Depto. de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. email: [rodrigues.fv@gmail.com](mailto:rodrigues.fv@gmail.com)

<sup>2</sup> Depto. de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. email: [gfxavier@usp.br](mailto:gfxavier@usp.br)

## 2.1 Introdução

Músicos profissionais exibem alterações estruturais em áreas sensoriais e motoras (ELBERT et al, 1995; SCHLAUG, 2001; PANTEV et al, 2001; SLUMING et al, 2002; GASER e SCHLAUG, 2003), além de alterações cognitivas, especialmente relacionadas a habilidades espaciais (KLEIN, COLES e DONCHIN, 1984; COSTA-GIOMI et al, 2001; WHITEHEAD, 2001; HUSAIN, THOMPSON e SCHELLENBERG, 2002; HO, CHEUNG e CHAN, 2003; SCHELLENBERG, 2004), em relação a não-músicos. Essas alterações estariam, possivelmente, relacionadas ao treinamento intensivo envolvendo a constante reorientação da atenção entre a partitura musical e a execução habilidosa do próprio instrumento musical.

Thompson (2009) defende que essas alterações decorrem da prolongada prática musical, causados por uma instância de transferência cognitiva, isto é, a experiência ou o treino em uma determinada habilidade melhoraria o desempenho de outra habilidade.

Sluming et al (2002) mostraram que músicos exibem melhor desempenho que não-músicos em um teste de percepção visuoespacial denominado “Benton judgement of line orientation” (JOL) (BENTON et al, 1978 *apud* SLUMING et al, 2002) e defendem que essa diferença pode estar relacionada ao desenvolvimento e uso da habilidade de leitura de partituras “à primeira vista”, que se generalizaria para outras tarefas visuo-espaciais. Os autores mostraram ainda a existência de maior volume de substância cinzenta na Área de Broca em músicos e defendem que o estudo de música possivelmente promove a retenção de substância cinzenta nos adultos, uma vez que eles verificaram reduções no volume de substância cinzenta que se correlacionava positivamente com a idade em não-músicos, mas não em músicos.

De acordo com Stewart et al (2003), a leitura à primeira vista é uma tarefa complexa que envolve uma “*tradução sensorio-motora na qual características espaciais da notação musical são utilizadas como guias para a seleção da digitação apropriada*” (p. 82). Imageamento funcional por ressonância magnética em estudantes de música revelou que durante a tarefa de leitura de partituras, após treinamento em leitura musical por 15

semanas, há ativação dos córtices parietal superior direito e esquerdo, córtex parietal superior medial direito, giro fusiforme esquerdo, giro supramarginal esquerdo, córtex frontal anterior direito e sulco frontal inferior esquerdo (STEWART et al, 2003). Os córtices parietal superior e frontal anterior, e o giro supramarginal são conhecidos pelo seu envolvimento na orientação da atenção (CORBETTA e SHULMAN, 2002).

A leitura de partituras também é apontada como um possível fator de contribuição para o melhor desempenho de músicos em uma tarefa visuoespacial em que a posição de um estímulo alvo pontual deve ser discriminada (1) acima ou abaixo de uma linha referencial horizontal ou (2) à direita ou à esquerda de uma linha referencial vertical (BROCHARD, DUFOUR e DESPRÉS, 2004). O teste pode ainda ser perceptual (com a linha de referência) ou imaginativo (com a linha de referência removida 1000 ms antes do alvo), formando quatro condições experimentais diferentes. Músicos exibiram tempos de reação menores que não-músicos em todas as condições. Eles também foram mais rápidos que não-músicos em um teste de reação com escolha, no qual dois botões diferentes serviam para indicar resposta ou a um círculo verde ou a um círculo vermelho apresentado no centro de uma tela. Embora esse segundo resultado seja indicativo de um melhor desempenho visuo-motor dos músicos, os autores não descartaram que músicos possam ter sido beneficiados por melhores mecanismos atencionais.

De fato, Rodrigues, Guerra e Loureiro (2007) mostraram que músicos se desempenham melhor que não-músicos em um teste de atenção. Os autores utilizaram um teste de tempo de reação com múltipla escolha (MCRT, sigla em Inglês) em duas situações: (1) o MCRT aplicado sozinho e (2) o MCRT aplicado concomitante a uma tarefa de nomeação de figuras geométricas, que eram apresentadas aleatoriamente em uma tela à parte. Na condição 1 os autores verificaram que músicos erram menos que não-músicos e na condição 2 os músicos tiveram desempenho semelhante ao de não-músicos, mas foram mais rápidos para nomear as figuras geométricas apresentadas. Os autores atribuíram o melhor resultado na tarefa de atenção dividida à prática diária dos músicos, que envolve constante reorientação da

atenção entre seu instrumento, um maestro, a partitura e os outros companheiros na orquestra.

Peretz (2002) defende que o treinamento musical gera alterações não apenas em regiões nervosas específicas, mas na dinâmica do funcionamento das regiões necessárias à execução musical. Isso certamente incluiria circuitos de atenção.

Atenção refere-se aos processos que levam à seleção ou processamento preferencial de informações presentes em determinadas porções da rede nervosa (HELENE e XAVIER, 2003). Posner (1980) defende que, ainda que a orientação da atenção para estímulos no espaço visual seja uma forma restrita de atenção, o seu estudo é capaz de proporcionar tanto testes importantes quanto à adequação dos modelos de cognição humana, quanto novas inferências no papel da atenção em atividades humanas mais complexas.

Variantes do Paradigma de Atenção Encoberta de Posner (1980) têm sido utilizadas para investigar a orientação da atenção visual em laboratórios por todo o mundo (KINGSTONE, 2003). O teste consiste em (1) apresentar um ponto de fixação visual no centro de uma tela, onde o voluntário deve manter o foco visual ao longo de toda a tentativa, (2) apresentar uma pista indicativa do provável local de apresentação de um alvo, e (3) apresentar um alvo ao qual o voluntário deve reagir, usualmente pressionando uma tecla. Séries de tentativas com essa mesma estrutura básica são apresentadas aos voluntários.

Pistas que informam o local correto de aparecimento do alvo são ditas válidas e facilitam a detecção do mesmo, enquanto que pistas que informam incorretamente o local de aparecimento do alvo são ditas inválidas e prejudicam sua detecção. A diferença entre o tempo de reação nas tentativas inválidas menos o tempo de reação nas tentativas válidas, expressa o efeito de validade, sendo da ordem de algumas dezenas de milissegundos em testes com pistas preditivas (80% de pistas válidas e 20% de pistas inválidas). Intervalos variáveis de tempo entre o início da pista e do alvo (“Stimulus Onset Asynchrony” – SOA) são utilizados para investigar o curso temporal da orientação da atenção visual no espaço.

Atenção envolve ainda processos distintos de alerta, orientação e funções executivas (FAN et al, 2002). Esses autores criaram um novo paradigma atencional chamado de Teste de Redes Atencionais (ANT, do Inglês “Attention Network Test”) que, segundo os autores, permite distinguir estes três processos, que corresponderiam a redes atencionais separadas. O teste envolve quatro condições: (1) ausência de pistas, (2) pistas centrais, (3) pistas duplas (em ambos os locais onde o alvo poderia ser apresentado) e (4) pistas espaciais (uma pista, sempre válida, no local onde o alvo será apresentado). Os alvos são setas logo acima ou abaixo do ponto de fixação que podem estar orientadas para o lado direito ou esquerdo e ficam acompanhadas de outras duas setas de cada lado orientadas para o mesmo lado (condição congruente), para o lado oposto (condição incongruente) ou por traços (condição neutra). O voluntário deve responder para qual lado está orientada a seta central (alvo), por meio de um botão para orientação à esquerda e outro botão para orientação à direita.

Fan et al (2002) argumentam que uma série de “subtrações cognitivas” permitiria acessar a eficiência das três redes atencionais; processos de alerta estão envolvidos na condição de pista dupla, mas não na ausência de pistas, portanto o efeito de alerta seria calculado pela subtração dos tempos médios da condição de pista dupla dos tempos médios da condição de ausência de pista. Processos de orientação seriam calculados pela subtração dos tempos médios da condição de pista espacial dos tempos médios da condição de pista central. Segundo os autores, em ambas as pistas os efeitos de alerta estariam envolvidos, mas apenas as pistas espaciais gerariam o efeito de orientação. Por fim, processos executivos envolveriam a resolução de conflitos e, portanto, seriam calculados pela subtração dos tempos médios da condição congruente de todos os tipos de pista, somados, da condição incongruente de todas as pistas (FAN et al, 2002).

Voluntários não-músicos exibem uma assimetria na orientação encoberta da atenção visual, respondendo mais eficientemente a estímulos apresentados no hemisfério visual direito em relação ao esquerdo, em uma variante do Paradigma de Atenção Encoberta de Posner com pistas centrais,

associado à realização de um teste prévio de detecção de limiares (Rodrigues e Xavier, em preparação) (ver Capítulo 1).

Nesse estudo a demanda atencional da tarefa foi aumentada pela utilização de estímulos-alvo próximos ao limiar de detecção individual dos voluntários. Assim, um desvio de atenção levaria à dificuldade ou não percepção dos alvos. Isso tornaria o teste atencional mais sensível a assimetrias na orientação da atenção para os hemicampos visuais, possivelmente engajando circuitos neurais no hemisfério direito para a orientação da atenção à direita do espaço, como pressuposto por Castro-Barros (2010) num estudo envolvendo orientação endógena (pistas centrais).

Dadas as possíveis contribuições da leitura de partituras para processos cognitivos, incluindo mecanismos de atenção, propomos investigar como músicos se desempenham em um teste de atenção visual encoberta em relação a não-músicos, quando os estímulos-alvo a serem utilizados se aproximam do limiar de detecção.

## **2.2 Objetivos**

Investigar possíveis diferenças na orientação da atenção visuoespacial encoberta de músicos profissionais em comparação a não-músicos.

## **2.3 Metodologia**

### *2.3.1 Voluntários*

Participaram do experimento 17 homens e 19 mulheres, não-músicos, e 4 homens e 6 mulheres, músicos. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo e todos os voluntários preencheram um Termo de Consentimento livre, com esclarecimento prévio, concordando em participar do experimento e tomando ciência da possibilidade de desistência quando desejassem, se fosse o caso. Responderam ainda a uma versão modificada do questionário de Edinburgh para avaliar destreza (OLDFIELD, 1971). Uma cópia desses formulários pode ser vista nos Anexos I e II.

Os voluntários não-músicos são os mesmos voluntários participantes no experimento descrito no Capítulo 1. Após análise dos dados, dois homens e seis mulheres não-músicos e um homem e uma mulher músicos foram excluídos do estudo; um homem e uma mulher por estarem sob ação de medicamentos estimulantes do Sistema Nervoso Central, duas mulheres por idade (53 e 48 anos) e dois homens e quatro mulheres por desempenho anômalo (excesso de erros e/ou respostas excessivamente lentas). O total final de voluntários em cada grupo foi N=28 no Grupo de Não-músicos e N=8 no Grupo de Músicos. Os detalhes sobre os participantes em cada grupo podem ser vistos na Tabela 2.1.



**Tabela 2.1** – Idade, gênero, destreza manual, grupo, e escolaridade dos voluntários participantes no teste de atenção. A idade média dos voluntários é de  $24,42 \pm 3,51$  anos.

Idade	Gênero	Destreza	Grupo	Escolaridade
25	Feminino	Destro	Não músico	Superior Completo
32	Masculino	Canhoto	Não músico	Superior Completo
23	Feminino	Destro	Não músico	Superior Completo
25	Masculino	Destro	Não músico	Superior Completo
26	Feminino	Destro	Não músico	Mestrado
19	Masculino	Destro	Não músico	2º Ano Ens. Superior
25	Masculino	Canhoto	Não músico	Superior Completo
19	Feminino	Destro	Não músico	2º Ano Ens. Superior
25	Masculino	Destro	Não músico	Superior Completo
20	Masculino	Destro	Não músico	2º Ano Ens. Superior
27	Feminino	Destro	Não músico	Superior Completo
22	Feminino	Destro	Não músico	Superior Completo
24	Masculino	Destro	Não músico	Superior Completo
23	Masculino	Destro	Não músico	4º Ano Ens. Superior
25	Masculino	Destro	Não músico	Superior Completo
24	Masculino	Destro	Não músico	Superior Completo
27	Masculino	Destro	Não músico	Superior Completo
23	Masculino	Destro	Não músico	4º Ano Ens. Superior
31	Masculino	Destro	Não músico	Superior Completo
22	Masculino	Destro	Não músico	Superior Completo
23	Feminino	Canhoto	Não músico	2º Ano Ens. Superior
26	Feminino	Destro	Não músico	Mestrado
21	Feminino	Destro	Não músico	2º Ano Ens. Superior
26	Feminino	Destro	Não músico	Superior Completo
22	Feminino	Destro	Não músico	Superior Completo
36	Masculino	Destro	Não músico	Doutorado
24	Masculino	Destro	Não músico	4º Ano Ens. Superior
25	Feminino	Destro	Não músico	Mestrado
23	Masculino	Ambidestro	Músico	Superior Completo
29	Masculino	Destro	Músico	Superior Completo
22	Feminino	Destro	Músico	Superior Completo
21	Masculino	Destro	Músico	3º Ano Ens. Superior
26	Feminino	Destro	Músico	Mestrado
24	Feminino	Destro	Músico	4º Ano Ens. Superior
21	Feminino	Destro	Músico	2º Ano Ens. Superior
23	Feminino	Destro	Músico	4º Ano Ens. Superior

### 2.3.2 Aparelho

O aparelho utilizado para os testes são os mesmos já descritos na Seção 1.3.2 do Capítulo 1

### 2.3.3 Teste de identificação do limiar

Os procedimentos para o teste de identificação dos limiares dos voluntários são os mesmos já descritos na Seção 1.3.3 do Capítulo 1.

### 2.3.4 Teste de atenção

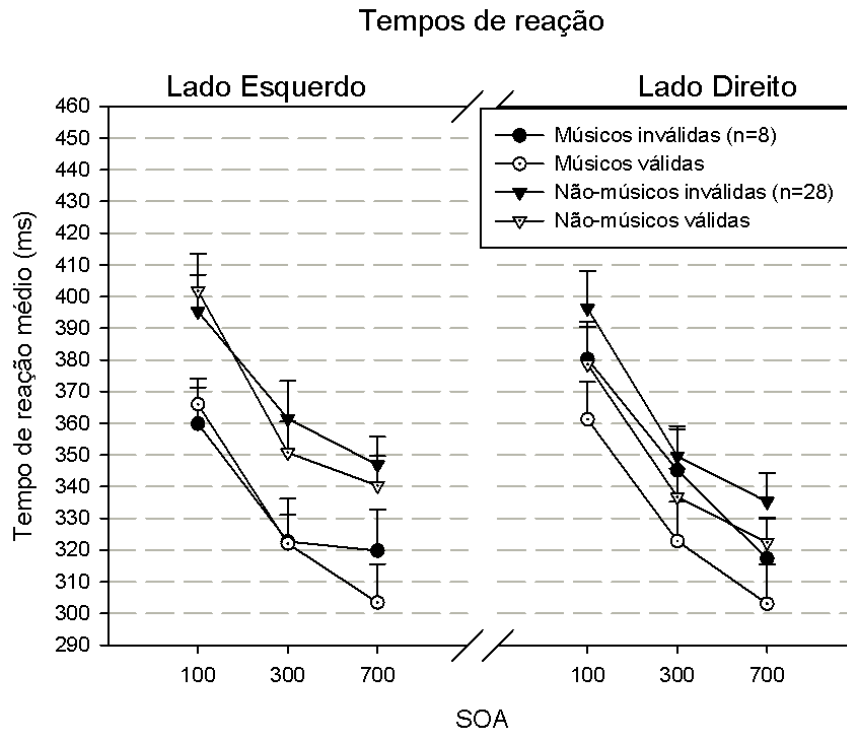
Os procedimentos para o teste de atenção são os mesmos já descritos na Seção 1.3.4 do Capítulo 1. Neste caso, no entanto, apenas a condição de pistas preditivas foi utilizada (80% de tentativas válidas e 20% de tentativas inválidas) para avaliar o desempenho de músicos frente a não-músicos.

## 2.4 Resultados

### 2.4.1 Tempos de reação

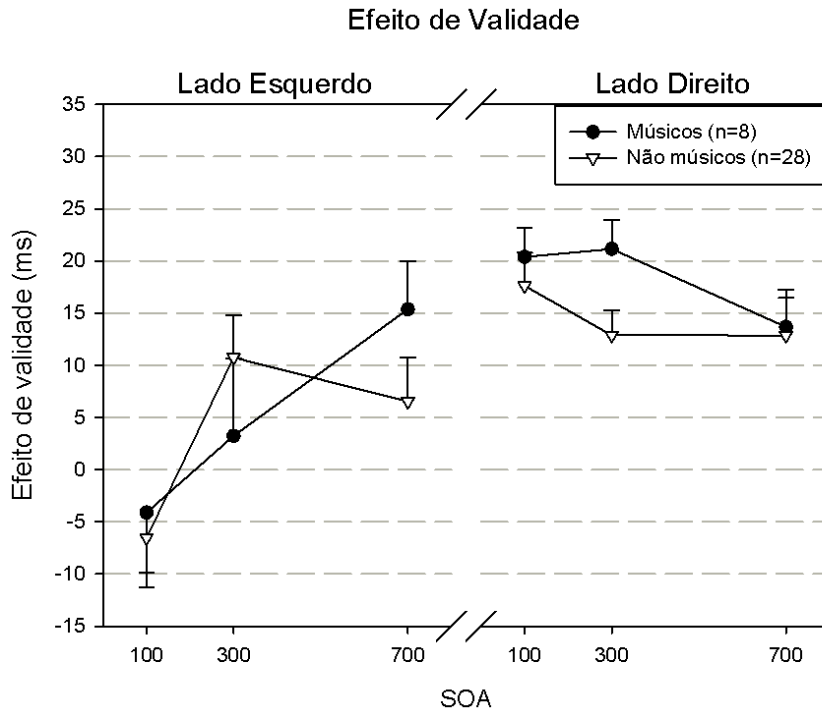
Os resultados de tempo de reação nas diferentes condições de teste são mostrados na Figura 2.2. Em relação aos fatores principais, a ANOVA revelou diferenças significantes em relação aos fatores Validade ( $F_{1,32}=36,701$ ;  $p<0,0001$ ) e SOA ( $F_{2,31}=59,322$ ;  $p<0,0001$ ). A ANOVA revelou ainda efeito significativo para a interação entre os fatores Hemicampo x Grupo ( $F_{1,32}=5,948$ ;  $p=0,0205$ ), Validade x Hemicampo ( $F_{1,32}=12,804$ ;  $p=0,0011$ ) e Hemicampo x SOA x Validade ( $F_{2,31}=4,273$ ;  $p=0,0230$ ). A ANOVA revelou ainda ausência de diferença significativa para a interação entre Hemicampo x Validade X Grupo ( $F_{1,32}=0,221$ ;  $p=0,6414$ ) e para a interação entre Hemicampo x SOA x Validade X Grupo ( $F_{2,31}=1,456$ ;  $p=0,2486$ ).

Por outro lado, a ANOVA revelou ausência de diferenças significantes entre os Grupos ( $F_{1,32}=2,073$ ;  $p=0,1599$ ), entre Gêneros ( $F_{1,32}=0,001$ ;  $p=0,9734$ ) e na interação entre Grupo e Gênero ( $F_{1,32}=0,006$ ;  $p=0,9370$ ) (razão pela qual os dados não foram apresentados separadamente por Gênero).



**Figura 2.2** - Média dos tempos de reação em função de Hemicampo de apresentação do estímulo-alvo, Validade e SOA dos Grupos de Não-Músicos e de Músicos, ambos testados em condição de pista preditiva (80:20).

A ANOVA envolvendo o efeito de validade (Figura 2.3) revelou diferenças significantes para os efeitos principais Hemicampo ( $F_{1,32}=12,804$ ;  $p=0,0012$ ) e, ainda, uma interação significativa entre SOA e Hemicampo ( $F_{2,31}=4,273$ ;  $p=0,0230$ ). Como mostra a Figura 2.3, ambos os grupos exibiram efeito de validade quando o alvo foi apresentado no hemicampo direito. O teste *post-hoc* indicou uma diferença no SOA de 100 ms à esquerda em relação aos outros SOAs (Figura 2.3). Um teste-*t* realizado para avaliar se o efeito de validade em cada SOA é significativamente diferente de zero revelou diferença significativa para o SOA de 300 ms à esquerda e para todos os SOAs à direita no Grupo Não-músicos. Para o Grupo Músicos, o SOA de 700 ms à esquerda e todos os SOAs à direita são diferentes de zero.



**Figura 2.3** – Efeito de validade ( $TR_{inválidas} - TR_{válidas}$ ) no teste de atenção em função do lado do alvo (Hemicampo) e SOA, dos Grupos Não-músicos e Músicos, ambos em condição de pista preditiva (80:20).

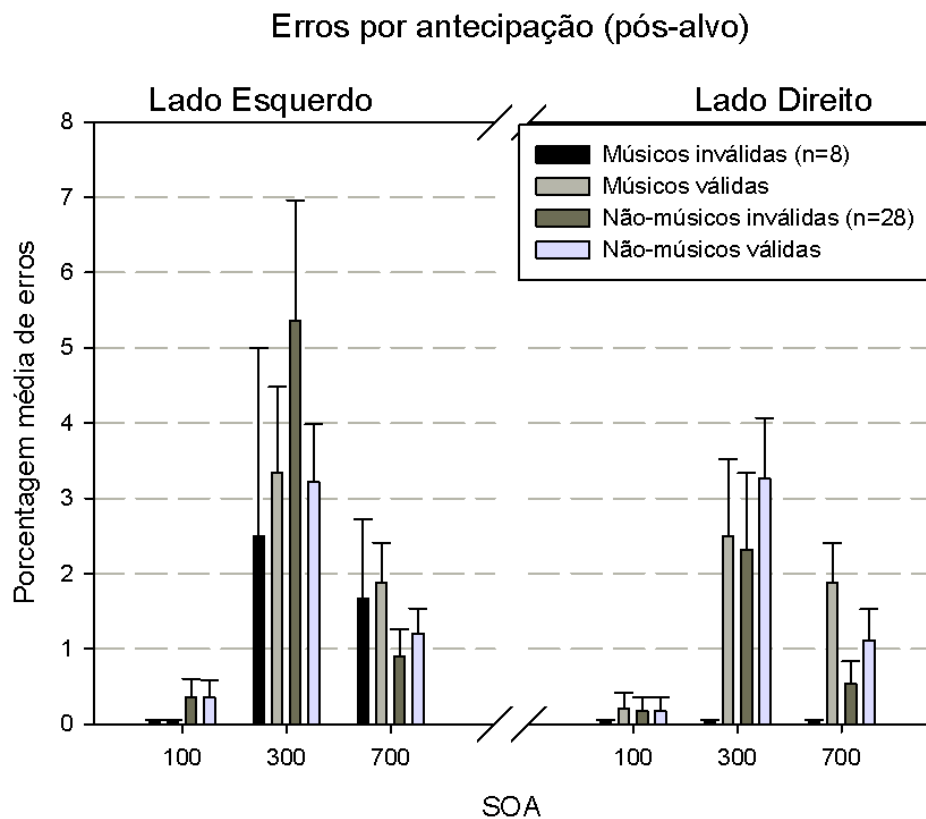
Em conjunto, esses resultados apontam para diferenças importantes no tempo de reação de músicos e não-músicos. Enquanto músicos não exibiram diferenças no tempo de reação para estímulos-alvo apresentados nos hemicampos direito e esquerdo, não-músicos exibiram tempos de reação menores para alvos apresentados no hemicampo visual direito, particularmente nas tentativas válidas (Figura 2.2).

#### 2.4.2 Acurácia

A porcentagem de erros por antecipação envolvendo respostas emitidas antes da apresentação do alvo foi menor que 4% das tentativas em ambos os grupos, sem diferenças significantes entre eles.

Em relação aos erros por antecipação até 80 ms após a apresentação do alvo, a ANOVA revelou diferença significativa para os fatores principais SOA ( $F_{2,31}=6,218$ ;  $p=0,0057$ ) e Hemicampo ( $F_{1,32}=8,322$ ;  $p=0,0072$ ) (Figura 2.4). Um teste *post-hoc* indica a existência de diferenças entre tentativas com alvos precedidos de pistas inválidas para o hemicampo

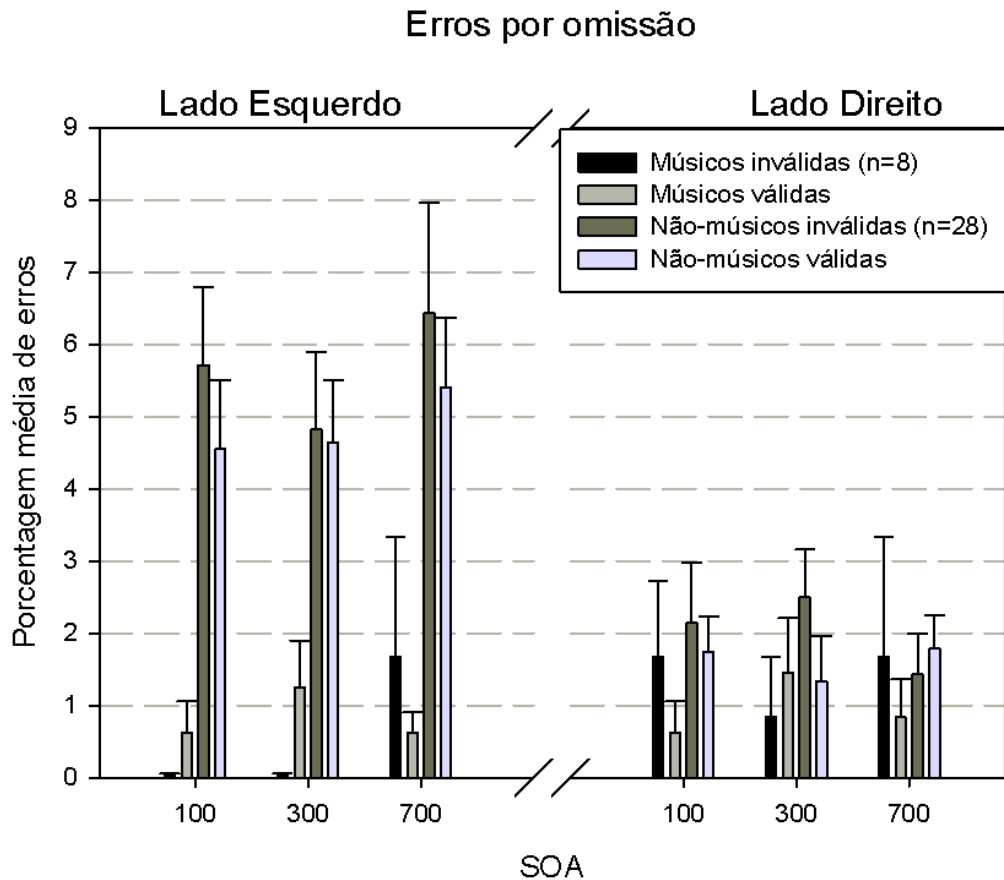
esquerdo em relação ao direito. Não há diferenças entre tentativas válidas e inválidas.



**Figura 2.4** – Porcentagem média de erros por antecipação (pós-alvo) no teste de atenção em função do lado do alvo (Hemicampo), SOA e Validade dos Grupos de Músicos e Não-músicos.

A ANOVA envolvendo erros por omissão revelou diferença significativa para os fatores principais Grupo ( $F_{1,32}=4,692$ ;  $p=0,0381$ ) e Hemicampo ( $F_{1,32}=4,191$ ;  $p=0,0492$ ). A ANOVA revelou ainda efeito significativo para a interação entre os fatores Hemicampo x Grupo ( $F_{1,32}=7,385$ ;  $p=0,0107$ ). De fato, a análise da Figura 2.5 mostra que enquanto a quantidade de erros para estímulos apresentados no hemicampo esquerdo, para não-músicos, é substancialmente maior que o exibido para o mesmo grupo para estímulos apresentados no hemicampo direito, no caso dos músicos essa diferença não existe e, além disso, a quantidade de erros por omissão para estímulos apresentados no hemicampo esquerdo foi substancialmente menor em relação o exibido por não-músicos. Além disso, a ANOVA revelou ausência de diferenças significantes entre Gênero

( $F_{1,32}=0,830$ ;  $p=0,3693$ ) e para a interação entre os fatores Grupo e Gênero ( $F_{1,32}=0,216$ ;  $p=0,6457$ ) (dados não mostrados).



**Figura 2.5** – Porcentagem média de erros por omissão no teste de atenção, em músicos e não-músicos em função do Hemicampo, SOA e Validade.

## 2.5 Discussão

O presente experimento revelou diferenças importantes na orientação da atenção visuoespacial de músicos profissionais em relação a não-músicos no teste de atenção encoberta. No conjunto, os resultados indicam que músicos exibem melhor desempenho do que não-músicos, o que se expressa sob a forma de menores tempos de reação e menores percentagens de erros de omissão particularmente para estímulos apresentados no hemisfério esquerdo. Ademais, enquanto não-músicos exibem uma clara assimetria nos tempos de reação, efeito de validade e percentagem de erros de omissão, com melhor desempenho quando estímulos alvo são apresentados no hemisfério direito, músicos exibem tempos de reação e percentagem de erros de omissão similares para

estímulos apresentados nos hemisférios direito e esquerdo. Esse efeito possivelmente tem relação com a assimetria usualmente encontrada em não-músicos, que exibem dominância dos mecanismos de atenção para o hemisfério direito (Capítulo 1). Essa assimetria observada em não-músicos em relação à detecção de estímulos parece não existir em pessoas com prolongado treinamento formal em música; porém, tanto músicos como não-músicos exibem uma assimetria nos processos de orientação da atenção uma vez que o efeito de validade é substancialmente maior em relação a estímulos-alvo apresentados no hemisfério direito.

Esses resultados são consistentes com os achados de Rodrigues, Guerra e Loureiro (2007) de que músicos com treinamento extensivo tem desempenho melhor que o de não-músicos em tarefas que envolvem atenção. Esses autores encontraram menor quantidade de erros dos músicos em uma tarefa de tempo de reação com múltipla escolha e, quando esta tarefa era realizada concomitante a uma tarefa de nomeação de figuras geométricas, os autores verificaram que músicos eram mais rápidos para nomear as figuras. A interpretação dos autores é de que músicos teriam maior capacidade de atenção dividida, devido à constante reorientação da atenção entre seu instrumento, um maestro, a partitura e os outros companheiros na orquestra, permitindo os melhores resultados na tarefa concomitante.

Brochard, Dufour e Després (2004) também consideraram que a atenção pudesse ter contribuído para os menores tempos de reação de músicos em uma tarefa visuoespacial, na qual os voluntários precisavam discriminar qual a localização de um ponto em relação a uma linha de referência em quatro condições distintas (discriminação perceptual ou imaginativa tanto horizontal quanto vertical). Um experimento controle para avaliar possíveis diferenças motoras revelou ainda que músicos são mais rápidos que não-músicos em um teste de tempo de reação com escolha, onde processos atencionais também poderiam estar envolvidos.

Esse resultado para os tempos de reação é semelhante ao exibido no presente estudo. Músicos foram capazes de responder mais rapidamente particularmente a alvos apresentados no hemisfério visual esquerdo. É

possível que eles exibam uma maior capacidade de integração hemisférica pelo espessamento do corpo caloso, como apontado por Schlaug (2001). Isso permitira uma resposta motora mais rápida com a mão direita (gerada por ativação no hemisfério esquerdo) em função de um alvo que foi apresentado no hemicampo visual esquerdo (sendo processado no hemisfério direito).

Essa proposta é apoiada pela ausência de efeito de validade para os alvos apresentados no hemicampo visual esquerdo, revelando que músicos, tanto quanto não-músicos, apresentam uma assimetria na orientação da atenção. Músicos, na verdade, apresentaram uma assimetria maior para o efeito de validade no SOA de 300 ms, e uma simetria para o efeito de validade no SOA de 700 ms, sugerindo que os efeitos inibitórios da orientação da atenção (RIGHI e RIBEIRO, 2011) podem ser maiores e mais assimétricos do que em não-músicos no SOA de 300 ms. e menores no SOA de 700 ms. (eliminando a assimetria).

Righi e Ribeiro (2011) defendem que a assimetria de circuitos neurais para controle da atenção (KIM et al., 1999, CORBETTA e SHULMAN, 2002) poderia não somente facilitar a detecção de alvos precedidos de pistas válidas, apresentados no hemicampo visual direito, como também gerar maior inibição no lado contralateral ao indicado pela pista. Dessa forma, alvos apresentados no hemicampo visual esquerdo, precedidos de pistas inválidas, seriam respondidos de forma mais lenta.

No contexto das ideias de Fan et al. (2002), essa alteração na assimetria dos mecanismos de atenção em músicos poderia representar efeitos de alerta mais fortes em músicos (talvez uma expressão de maior capacidade atencional) e intensificação da assimetria do efeito de validade no SOA de 300 ms. Uma explicação conservadora seria de que músicos simplesmente obedecem mais a uma determinada instrução, voluntariamente engajando mais atenção na tarefa proposta. Essa explicação encontra apoio na análise dos erros por omissão de músicos em relação a não-músicos (Figura 2.5).

Os resultados de Brochard, Dufour e Després (2004) são semelhantes aos de Sluming et al (2002) que verificaram que músicos tem



melhores escores que não-músicos na identificação do ângulo de inclinação de linhas. Existe consenso entre esses autores na defesa da noção de que a leitura de partituras à primeira vista seria responsável pela melhor habilidade visuoespacial encontrada em músicos. Brochard, Dufour e Després (2004) defendem ainda que o melhor desempenho encontrado em músicos em diversas tarefas cognitivas pode significar o ganho em habilidades mais gerais como memória operacional e atenção.

De fato, Stewart et al (2003) investigando estudantes de música por fMRI, verificaram que o treinamento em leitura musical ativa uma série de regiões encefálicas, entre elas, os córtices parietal superior e frontal anterior, e o giro supramarginal. A ativação destas regiões também já foi verificada por fMRI em respostas de orientação da atenção em pessoas saudáveis (CORBETTA et al, 1993; KIM et al 1999). Lesões dessas regiões, predominantemente do lobo parietal direito, causam uma condição conhecida como heminegligência contralateral, i.e., a incapacidade de orientar a atenção para o hemicampo contralateral à lesão, sugerindo que os circuitos neurais para a orientação da atenção seriam assimétricos, com circuitos bilaterais para a orientação da atenção à direita do espaço e circuitos somente no hemisfério direito para orientação à esquerda (MESULAM, 1981,1999; CORBETTA e SHULMAN, 2002).

A assimetria na orientação da atenção refletida em menores tempos de reação para alvos apresentados à direita em relação a alvos apresentados à esquerda do campo visual em não-músicos é consistente com essas propostas de dominância hemisférica direita dos circuitos atencionais. Essa assimetria parece estar alterada em músicos com educação formal, com capacidade de leitura à primeira vista de partituras. Assim, é possível que a ativação de regiões envolvidas em processos atencionais, como aquelas apontadas por Stewart et al (2003), promova a alteração destes processos e leve aos resultados descritos no presente estudo, reduzindo a assimetria na orientação da atenção de músicos com treinamento formal. Apesar disso, a possibilidade de que as diferenças nos mecanismos de atenção sejam causadas por diferenças prévias entre músicos e não-músicos, não pode ser descartada neste estudo.

Por outro lado, vários autores defendem que o treinamento extensivo é o provável gerador das diferenças estruturais e cognitivas encontradas em músicos (e.g. SCHLAUG, 2001; THOMPSON, 2009). Schlaug (2001) defende que essa interpretação é apoiada por estudos de neuroplasticidade (e.g. ANDERSON et al 2002), que mostram alterações estruturais em regiões corticais e subcorticais após longos períodos de aprendizagem motora e também pelas correlações positivas entre desempenho ou nível de reorganização cortical e o tempo de treino musical (e.g. ELBERT et al, 1995; WHITEHEAD, 2001; SLUMING et al, 2002). Thompson (2009) defende ainda que o treinamento musical envolve a aquisição de inúmeras sub-habilidades, que poderiam ser aplicadas em atividades musicais e não-musicais em igual medida.

A análise dos erros por antecipação causados por respostas emitidas até 80 ms após a apresentação do alvo, revelou que músicos e não-músicos erraram de forma semelhante, com maior número de erros no SOA 300 e para o hemisfério visual esquerdo em relação ao direito. As razões para esse resultado foram discutidas no Capítulo 1.

No conjunto, os resultados do presente estudo confirmam e estendem dados da literatura indicando que músicos expostos a treinamento musical, incluindo leitura à primeira vista, exibem desempenho distinto de não-músicos em tarefas que envolvem atenção.

## 2.6 Agradecimentos

Este trabalho foi financiado com recursos da FAPESP, CNPq e CAPES.

## 2.7 Referências Bibliográficas

- BROCHARD, R.; DUFOUR, A. e DESPRÉS, O. Effect of musical expertise on visuospatial abilities: evidence from reaction times and mental imagery. **Brain and Cognition** v.54:103-109, 2004.
- CASTRO-BARROS, B. A. et al Lateral asymmetry of voluntary attention orienting. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. v.43(8):745-758, 2010.

- CORBETTA, M. E SHULMAN, G.L Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. **Nature Reviews: Neuroscience**. v.3(3):201-215, Mar 2002.
- COSTA-GIOMI, E. et al Absolute pitch, early musical instruction and spatial abilities. **Annals of the New York Academy of Sciences** v.930:394-396, 2001.
- ELBERT, T. et al Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. **Science** v.270:305-307, Out 1995.
- FAN et al Testing the efficiency and independence of attentional networks. **Journal of Cognitive Neuroscience**. v.14(3):340-347, 2002.
- GASER, C. e SCHLAUG, G. Gray matter differences between musicians and nonmusicians. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v.999:514-517, 2003.
- HELENE, A.F. e XAVIER, G.F. A construção da atenção a partir da memória. **Revista Brasileira de Psiquiatria** v.25(Supl II):12-20, 2003.
- HO, Y. C.; CHEUNG, M. C. e CHAN, A. S. Music training improves verbal but not visual memory: cross-sectional and longitudinal explorations in children. **Neuropsychology** v.17(3):439–450, 2003.
- HUSAIN, G.; THOMPSON, W. F. e SCHELLENBERG, E. G. Effects of Musical Tempo and Mode on Arousal, Mood, and Spatial Abilities. **Music Perception**. v.20(2):151-171, Winter 2002.
- KAERNBACH, C. Adaptive threshold estimation with unforced-choice tasks. **Perception & Psychophysics**. v.63(8): 1377-1388, 2001.
- KIM, Y.H. et al The Large-Scale Neural Network for Spatial Attention Displays Multifunctional Overlap But Differential Asymmetry. **Neuroimage**. v.9:269–277, 1999.
- KINGSTONE, A. et al Attention, researchers! It is time to take a look at the real world. **Current Directions in Psychological Science** v.12(5):176-180, 2003.
- KLEIN, M.; COLES, M.G.H. e DONCHIN, E. People with Absolute Pitch Process Tones Without Producing a P300. *Science*, 1984. 223:1306-1309.

- OLDFIELD, R.C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. **Neuropsychologia**. v.9:97-113, 1971.
- PANTEV, C. et al Representational Cortex in Musicians – Plastic Alterations in Response to Musical Practice. **Annals of the New York Academy of Sciences** v.930:300-314, 2001.
- PERETZ, I. Brain specialization for music. **The Neuroscientist**. v.8(4):372-380, 2002.
- POSNER, M.I. Orienting of attention. **Quarterly Journal of Experimental Psychology (B)** v.32(1):3-25, 1980.
- RODRIGUES, A. C., GUERRA, L. B. E LOUREIRO, M. A. Visual attention in musicians and non-musicians: a comparative study. In: Maimets-Volt, K. et al (Eds.) **Proceedings of the Third Conference on Interdisciplinary Musicology (CIM07)** Tallinn, Estonia, Ago 2007
- SCHELLENBERG, E. G. Music Lessons enhances IQ. **Psychological Science**. v.15:511-514, 2004.
- SCHLAUG, G The brain of musicians: a model for functional and structural adaptation. **Annals of the New York Academy of Sciences** v.930:281-299, 2001.
- SLUMING, V. et al Voxel-based morphometry reveals increased gray matter density in Broca's Area in male symphony orchestra musicians. **Neuroimage** v.17:1613-1622, 2002.
- STEWART, L. et al Brain changes after learning to read and play music. **Neuroimage**. v.20(1):71-83, 2003.
- THOMPSON, W. F. **Music, thought, and feeling: understanding the psychology of music**. Oxford University Press, USA, 2009. Cap. 10 p.233-257.
- WHITEHEAD, B. J. **The effect of music-intensive intervention on mathematics scores of middle and high school students**. Unpublished doctoral dissertation, Capella University. Dissertations Abstracts International A, 62(08), p.2710. Disponível em: <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=725940051&sid=1&Fmt=2&clientId=61611&RQT=309&VName=PQD>.

## Capítulo 3

### **Desempenho de músicos e não-músicos em uma tarefa de memória operacional.**

Felipe Viegas Rodrigues<sup>1</sup> e Gilberto Fernando Xavier<sup>2</sup>

Há evidências de que o estudo formal de música poderia levar a alterações em funções superiores, como atenção e memória operacional. Entretanto, o desempenho de músicos em tarefas dependentes da memória operacional ainda não foi investigado com tarefas que não envolvam habilidades rotineiramente utilizadas na prática musical. O presente estudo investigou possíveis diferenças no desempenho de músicos e não-músicos em uma tarefa cuja execução requer memória operacional, conhecida como “2-back”. Os resultados revelaram ausência de diferenças significantes entre músicos e não-músicos, possivelmente indicando que o treinamento formal em música não gera diferenças detectáveis na função executiva da memória operacional.

---

<sup>1</sup>Depto. de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. email: [rodrigues.fv@gmail.com](mailto:rodrigues.fv@gmail.com)

<sup>2</sup> Depto. de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. email: [gfxavier@usp.br](mailto:gfxavier@usp.br)

### 3.1 Introdução

Músicos profissionais exibem alterações estruturais em áreas sensoriais e motoras (ELBERT et al, 1995; SCHLAUG, 2001; PANTEV et al, 2001; SLUMING et al, 2002; GASER e SCHLAUG, 2003), além de alterações cognitivas, especialmente relacionadas a habilidades espaciais (KLEIN, COLES e DONCHIN, 1984; COSTA-GIOMI et al, 2001; WHITEHEAD, 2001; HUSAIN, THOMPSON e SCHELLENBERG, 2002; HO, CHEUNG e CHAN, 2003; SCHELLENBERG, 2004), em relação a não-músicos.

Thompson (2009) defende que essas alterações decorrem da prolongada prática musical, causados por uma instância de transferência cognitiva, isto é, a experiência ou o treino em uma determinada habilidade melhoraria o desempenho de outra habilidade.

Como apresentado no Capítulo 2, músicos possivelmente têm alterações nos mecanismos de atenção decorrentes do treinamento formal em música. Atenção está intimamente envolvida com memória operacional, um sistema de memória de curta duração que envolve alterações transitórias do padrão de ativação cortical (FUSTER, 1997). Baddeley (2000) defende que o funcionamento da memória operacional envolve uma Central Executiva que seria responsável, entre outras funções, pela seleção de estratégias e planos. Seu funcionamento seria explicado pelo modelo neuropsicológico de Norman e Shallice (1986), descrito como Sistema Atencional Supervisor (SAS).

De acordo com Shallice (1982, 1988), o SAS corresponderia a um modulador de ações previamente treinadas pelo sistema nervoso. A maioria das ações automatizadas é desempenhada com pouco esforço atencional; mesmo assim, há monitoramento constante pelo SAS, o que é revelado pela interferência gerada ao se adicionar uma tarefa concorrente (desempenhada simultaneamente) ou pelo prejuízo no desempenho da própria tarefa concorrente (YOGEV-SELIGMANN et al, 2007). Na iminência de um evento inesperado, o SAS inibiria o funcionamento do programa automático em curso e planejaria uma ação apropriada, sobrepondo-se a ações pré-treinadas e automatizadas (SHALLICE, 1982, 1988).

A Central Executiva ainda seria auxiliada por três componentes que permitem o processamento de novos estímulos e de informações já armazenadas nos sistemas de memória de longa duração, que seriam (1) a alça fonológica, que faz a manipulação de informações de natureza verbal e auditiva; (2) a alça visuoespacial, informações de natureza visual e espacial e (3) o retentor episódico, informações da memória de longa duração explícita (informações sobre fatos e eventos) (BADDELEY, 2000).

De fato, estudos recentes apontam que memória operacional se correlaciona com atenção. Por exemplo, Hall e Blasko (2005) realizaram um teste de interferência de atenção em que indivíduos investigados quanto à extensão de memória operacional deveriam monitorar o que escutavam em um ouvido (uma nota musical C4 ou F#4 executadas por um violino ou uma clarineta, portanto quatro possibilidades de som) enquanto deveriam ignorar qualquer som apresentado no outro ouvido, também formado por uma das duas notas daqueles instrumentos. Com isso, os autores provocaram três possibilidades de interferência: condição de instrumento único, em que o mesmo instrumento era apresentado tocando a mesma nota musical; condição de mesmo instrumento, em que o mesmo instrumento era apresentado tocando nota musical diferente; e a condição de instrumentos diferentes, em que o outro instrumento era apresentado tocando nota musical diferente. Os resultados mostraram maior interferência de atenção na condição de instrumentos diferentes e nos indivíduos com menor extensão de memória operacional. Os autores defendem que memória operacional envolve a habilidade de controlar atenção para inibir informações irrelevantes. Tais resultados evidenciam que menor capacidade de memória operacional implica em menor capacidade de atenção.

Memória operacional também se relaciona diretamente com a prática musical. A identificação da tonalidade de uma nota musical envolve sua retenção na memória operacional. Estudos de Klein, Coles e Donchin (1984) sugerem que a troca ou mudança para um novo tom gera uma atualização na memória operacional que pode ser verificada por um potencial evocado P300 bem evidente e relacionado à atividade registrada por eletrodos posicionados no escalpo em região do Lobo Parietal. Mais

interessante é o fato de que esse componente P300 é reduzido, ou até mesmo ausente, em possuidores de “ouvido absoluto” (KLEIN, COLES e DONCHIN, 1984). Potenciais evocados são produzidos pela média de vários registros eletroencefalográficos produzidos imediatamente após um determinado estímulo. Neste caso, essa média resultou num componente positivo que ocorreu 300 ms após a estimulação.

As relações entre processamento musical e memória operacional envolvem processamentos cognitivos superiores, desde o acompanhamento do desenvolvimento da peça musical até a percepção das diferenças entre a melodia tema e as variações realizadas durante um solo. Bigand (2005) defende que *“esse processamento requer operações cognitivas abstratas que colocam em atividade capacidades de atenção e memória, e operações de categorização e raciocínio”* (pág. 60). Para músicos, essa complexidade vai mais além, pois a execução musical exige além de tudo isso, planejamento da execução musical e atividade motora coordenada (DRAKE e PALMER, 2000; PALMER e MEYER, 2000).

Há evidências de que a prática musical resulta em alterações de longa duração nos mecanismos de memória operacional. Chen, Penhune e Zatorre (2008), num estudo sobre a integração auditório-motora, verificaram que músicos tem desempenho superior a não-músicos em uma tarefa de bater o dedo em acompanhamento a ritmos progressivamente mais complexos. Mensurações envolvendo fMRI revelaram o envolvimento de uma região relacionada à memória operacional durante a execução da tarefa (córtex frontal anterior dorso lateral), com maiores ativações nos músicos, o que levou os autores a argumentar que o melhor desempenho de músicos poderia ser atribuído à mobilização de mais tecido nervoso envolvido com memória operacional nesses indivíduos, contribuindo para a melhor resposta comportamental. Interessantemente, esse estudo também encontrou maior ativação na Área de Broca de músicos, região na qual Sluming et al (2002) verificaram maior densidade de substância cinzenta nos músicos em relação a não-músicos.

Berti et al (2006) verificaram que músicos possuem melhor capacidade de memória operacional para tons puros. Em uma tarefa de



comparação de tons (S1-S2) com tons interferentes, voluntários músicos e não-músicos precisavam reter para comparação posterior um determinado tom puro por 3150 ms, intervalo durante o qual cinco outros tons eram apresentados em sequência podendo causar interferência do tom que estava sendo mantido na memória operacional. O intervalo de tempo entre a apresentação de primeiro estímulo (S1) e do início da apresentação dos tons interferentes era variável entre 150 e 1450 ms, com 10 condições possíveis. Os resultados mostraram que músicos tiveram melhor desempenho que não-músicos, com maior número de acertos na comparação entre S1 e S2, em todas as condições de intervalo entre S1 e os tons interferentes maior que 750 ms, inclusive em uma condição controle sem interferência. Esses resultados sugerem que músicos tem maior capacidade de memória operacional que não-músicos para estímulos sonoros.

No entanto, são raras na literatura evidências de que o estudo musical formal contribua para os mecanismos de memória operacional em tarefas gerais, que não envolvam o conhecimento musical em si, como a discriminação de ritmos investigada por Chen et al (2008).

Fujioka et al. (2006) fizeram registros de potenciais evocados auditivos de crianças entre 4 e 6 anos de idade, em resposta a uma nota de um violino e a ruído em quatro sessões distintas ao longo de um ano. Na primeira e na quarta sessões, testes de capacidade de retenção de dígitos e tons foram realizados para avaliar a discriminação musical e a capacidade de memória operacional. As crianças foram divididas em dois grupos, um deles exposto a treinamento musical formal e o outro sem treinamento musical. Os resultados mostraram que as crianças expostas ao treinamento musical exibiram alterações mais pronunciadas nos potenciais evocados eliciados pelo tom do violino, mas não do ruído, no hemisfério esquerdo, especialmente na menor latência do componente N250. Elas também tiveram maior diferença de um ano para o outro nos escores dos testes comportamentais. Segundo os autores, embora as crianças já exibissem diferenças prévias na amplitude e latência do componente N250, o grupo com treinamento musical exibiu mudanças diferentes à do outro grupo da primeira para a quarta sessão de registro, sugerindo que elas foram

influenciadas pelo treinamento musical. Os autores defendem ainda que o treinamento musical pode ter contribuído para os mecanismos de memória operacional das crianças, gerando maior diferença de desempenho de um ano para o outro em relação a crianças sem treino musical; essa melhora, porém, não foi suficiente para gerar diferença significativa nos escores de ambos os grupos ao final de um ano de treino musical.

Por outro lado, George e Coch (2011) investigaram o desempenho de músicos em relação a não-músicos, jovens entre 18 e 24 anos, no Teste de Memória e Aprendizagem (TOMAL-2, REYNOLDS e VORESS, 2007, *apud* GEORGE e COCH, 2011), comparando especificamente a memória fonológica, a memória visual e o componente executivo da memória operacional. Os resultados apontaram que músicos tiveram melhores escores que não-músicos em todos os subtestes aplicados. Os autores realizaram ainda uma eletroencefalografia para analisar potenciais evocados P300 eliciados pelo Paradigma “Oddball”, em que estímulos-alvo com baixa frequência de aparecimento são interpostos com estímulos-alvo de alta frequência de aparecimento. O paradigma foi realizado tanto com estímulos visuais, quanto auditivos. Em ambas as condições, os estímulos de baixa frequência eliciaram um componente P300 que apareceu mais cedo em músicos, sugerindo que tanto a análise quanto a atualização dos estímulos nos circuitos de memória operacional são mais rápidas em músicos.

Lee, Lu e Ko (2007) mostraram que crianças com idade média de 12 anos, com pelo menos seis anos de treinamento musical, têm melhor desempenho em relação a crianças sem treinamento musical em testes de retenção de dígitos, letras e figuras, além de capacidade executiva da memória operacional. Adultos (idade média de 22 anos), com pelo menos 14 anos de treinamento musical também tiveram melhor desempenho que não-músicos, mas não em todos os testes. Os autores defendem que adultos com treinamento musical podem já ter atingido um desempenho ótimo nestas tarefas, além de que os adultos sem treinamento musical podem ter adquirido as habilidades necessárias para o bom desempenho nas tarefas através de outros tipos de treinamento. Esse argumento se assemelha ao de Thompson (2009) que defende que os benefícios em habilidades gerais resultantes do

treinamento musical podem ser resultado da aquisição de uma série de sub-habilidades necessárias à execução musical, que poderiam ser aplicadas tanto em atividades musicais, quanto não-musicais.

O objetivo do presente trabalho é testar como músicos no início do treinamento formal em música (i.e., em uma universidade) se desempenham em relação a não-músicos em um teste de memória operacional. Um acompanhamento longitudinal de músicos e não-músicos por um período de três anos foi feito para avaliar se eventuais alterações no teste de memória operacional se correlacionavam com o treinamento formal em música.

Testes que avaliam a capacidade de memória operacional envolvem variar o número de itens arquivados por um indivíduo e/ou a manipulação de itens, permitindo investigar a extensão de memória operacional e a capacidade de funções executivas, que envolvem planejamento e manipulação em tempo real de informações. O teste “n-back” é uma ferramenta poderosa nesse sentido pela possibilidade de se variar a quantidade de itens a ser arquivado temporariamente, variando assim a demanda. O teste consiste na apresentação aleatória de estímulos verbais ou não-verbais. O “n” é um número inteiro que pode variar entre zero e quatro. O estímulo alvo ao qual o voluntário deve reagir é aquele que está sendo apresentado no momento e que também apareceu na “enésima” apresentação anterior na sequência apresentada. Isto é, se o “n” for igual a um, o alvo corresponderá ao último item apresentado. Se for igual a dois, o alvo corresponderá ao penúltimo item apresentado. E assim sucessivamente. Portanto, o desempenho da tarefa requer a atualização e manutenção, na memória operacional, de uma lista de itens já apresentados, exigindo *“monitoramento em tempo real, atualização, manipulação da informação armazenada e assume-se, portanto, que exerça grandes demandas em processos chave da memória operacional.”* (OWEN et al, 2005, p. 47).

### 3.2 Objetivos

O objetivo do presente trabalho é investigar se músicos exibem melhor desempenho em relação a não-músicos no teste “2-back” e fazer um

acompanhamento longitudinal do desempenho dos grupos ao longo de três anos de estudo adicional avançado de música no primeiro grupo.

### **3.3 Metodologia**

#### *3.3.1 Voluntários*

Participaram do experimento doze homens e oito mulheres entre os músicos e oito homens e dez mulheres entre os não-músicos. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo e todos os voluntários preencheram um Termo de Consentimento livre, com esclarecimento prévio, concordando em participar do experimento e tomando ciência da possibilidade de desistência a qualquer momento. Responderam ainda a uma versão modificada do questionário de Edinburg para avaliar destreza (OLDFIELD, 1971) e um questionário sobre o tempo de contato e experiência com música. Uma cópia desses formulários pode ser vista nos Anexos.

Após análise dos dados, um homem do grupo de músicos e um homem e uma mulher do grupo de não-músicos foram excluídos por desempenho anômalo (excesso de erros e/ou respostas excessivamente lentas). Outros cinco homens, músicos, e sete mulheres, cinco musicistas e duas não-musicistas foram excluídos por não retornarem ao experimento nos anos consecutivos. O total final de voluntários em cada grupo foi N=9 para o Grupo de Músicos e N=14 para o Grupo de Não-músicos. Todos eram alunos do primeiro ano do ensino superior da Universidade de São Paulo, músicos provenientes da Faculdade de Música da Escola de Comunicação e Artes e não-músicos do curso de Ciências Biológicas do Instituto de Biociências. Os detalhes sobre os participantes em cada grupo podem ser vistos na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1** – Idade, Gênero, Destreza, instrumentos já estudados ou em estudo, tempo de prática de leitura de partitura (ou tablatura) e Grupo dos voluntários participantes no teste “2-back”. Instrumentos e tempo de leitura sublinhado representam sujeitos que não mais tocam esses instrumentos. A idade média dos voluntários é de  $20,90 \pm 3,84$  anos

Idade	Gênero	Destreza	Instrumento	Tempo de leitura de partitura	Grupo
18	Mulher	Destro			Não-músicos
19	Homem	Destro	<u>Violino</u>	<u>Dois anos</u>	Não-músicos
21	Mulher	Destro			Não-músicos
19	Mulher	Destro			Não-músicos
19	Homem	Destro			Não-músicos
19	Mulher	Destro	<u>Violão</u>	<u>Um ano</u>	Não-músicos
27	Homem	Canhoto	<u>Voz</u>		Não-músicos
20	Mulher	Canhoto			Não-músicos
19	Mulher	Destro			Não-músicos
21	Mulher	Destro	Voz/Piano		Não-músicos
18	Homem	Ambidestro	Teclado		Não-músicos
19	Homem	Destro	Guitarra/Violão	Um ano e meio	Não-músicos
19	Mulher	Destro	<u>Flauta</u>		Não-músicos
18	Homem	Destro	Violão		Não-músicos
21	Homem	Destro	Piano	Dez anos	Músicos
20	Mulher	Destro	Piano	Onze anos	Músicos
27	Homem	Destro	Voz/Piano	Seis anos	Músicos
24	Homem	Destro	Piano	Dez anos	Músicos
19	Homem	Destro	Percussão	Oito anos	Músicos
19	Homem	Destro	Piano	Seis anos	Músicos
18	Homem	Ambidestro	Trombone	Seis anos	Músicos
33	Mulher	Destro	Piano	Vinte e cinco anos	Músicos
29	Homem	Destro	Piano/Composição	Vinte anos	Músicos

Os músicos tocavam e liam partitura em média há onze anos e o menos treinado tocava há pelo menos seis anos à época do início dos testes. Onze deles eram pianistas, um violinista, um contrabaixista, um percussionista, dois cantores, um trombonista, um flautista (flauta doce) e um clarinetista. Entre os não-músicos, dez deles já haviam tocado um instrumento, nunca por mais de quatro anos. Quatro deles ainda tocavam ocasionalmente. Nenhum deles fazia leitura à primeira vista de partitura.

### 3.3.2 Teste na tarefa “2-back”.

A memória operacional foi avaliada por meio do teste “2-back” e o protocolo foi elaborado no software MEL Professional 2 (Psychology Software Tools, Inc.). O teste consistia de uma apresentação de letras maiúsculas na tela do computador, em sequência aleatória, uma a cada três segundos. O voluntário deveria comparar a letra presente com as anteriores; caso a penúltima letra fosse igual à atual, deveria pressionar um botão com a mão direita e caso a penúltima letra fosse diferente da atual, deveria pressionar um botão com a mão esquerda. Note que o desempenho dessa tarefa requer que o voluntário mantenha em sua memória operacional uma pequena lista das últimas letras apresentadas, de modo a possibilitar sua comparação com a letra presente. A letra permanecia na tela por 500 ms e o tempo máximo para a resposta foi de 2000 ms. Foram realizadas três sessões com 242 tentativas cada, divididas em 11 blocos com 22 tentativas cada. O intervalo entre as sessões foi de um ano. O primeiro bloco serviu aos voluntários como treino, mas foi também considerado nas análises. As duas primeiras tentativas de cada bloco, que não geravam resposta, foram excluídas. Ao todo, foram 220 tentativas incluídas na análise por sessão.

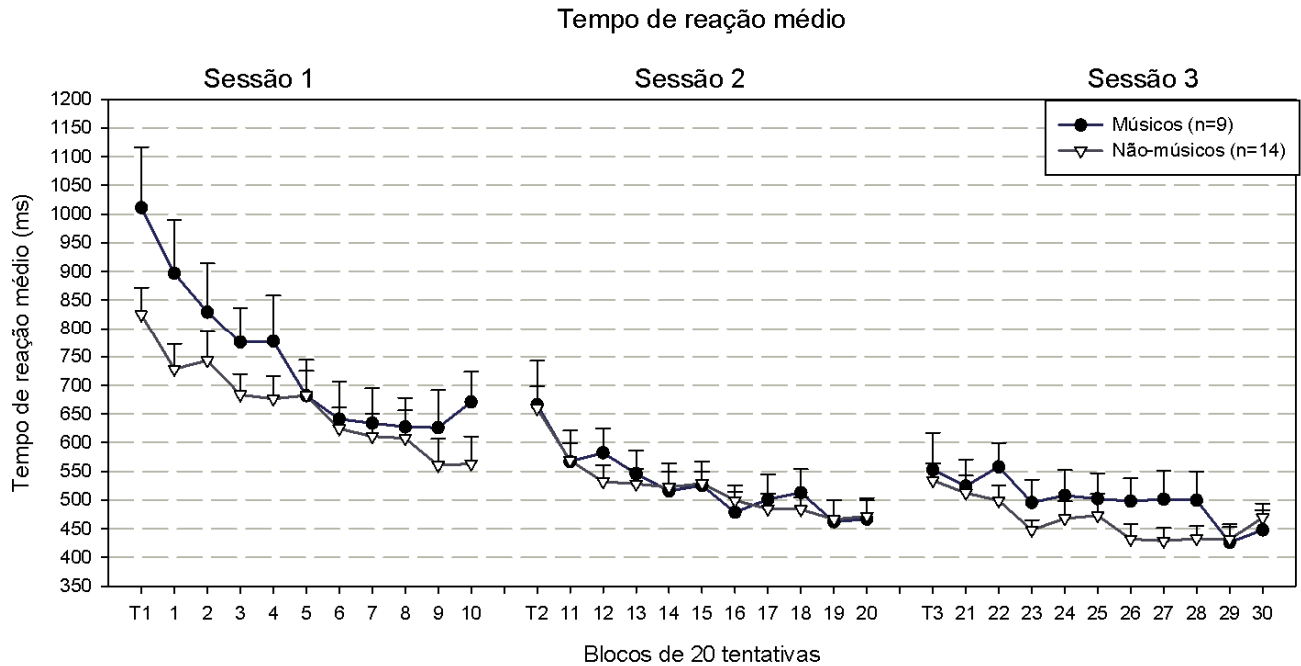
Os tempos de reação de cada voluntário nas 20 tentativas de cada um dos 11 blocos considerados permitiram calcular a mediana dos tempos de reação por bloco. Na análise envolvendo grupos, calculou-se a média dessas medianas. Apenas as tentativas em que o voluntário acertou foram incluídas na análise (a porcentagem média de acertos é alta, cerca de 90%). Escolheu-se a mediana para expressar o desempenho no bloco, pois esta medida é menos sujeita à influência de escores extremos esporádicos, representando de forma mais fiel o desempenho do voluntário. Para avaliar a acurácia da resposta calculou-se a porcentagem de respostas corretas.

Análises de variância para medidas repetitivas (ANOVA) foram utilizadas para comparar os tempos de reação e o número de erros, tendo Grupo (músicos e não-músicos) e Gênero (homens e mulheres) como fatores entre-sujeitos e blocos de tentativas (num total de 11 blocos) e Sessão (ano do teste) como fatores intra-sujeitos.

### 3.4 Resultados

#### 3.4.1 Tempos de reação

A Figura 3.1 mostra os tempos de reação na tarefa “2-back” para os Grupos de Músicos e Não-músicos em função da Sessão (ano de teste) e bloco de tentativas.



**Figura 3.1** – Tempos de reação médios para músicos e não-músicos, nas tentativas cuja resposta foi correta na tarefa “2-back”, na primeira (2007), segunda (2008) e terceira (2009) sessões. As barras indicam o erro padrão da média.

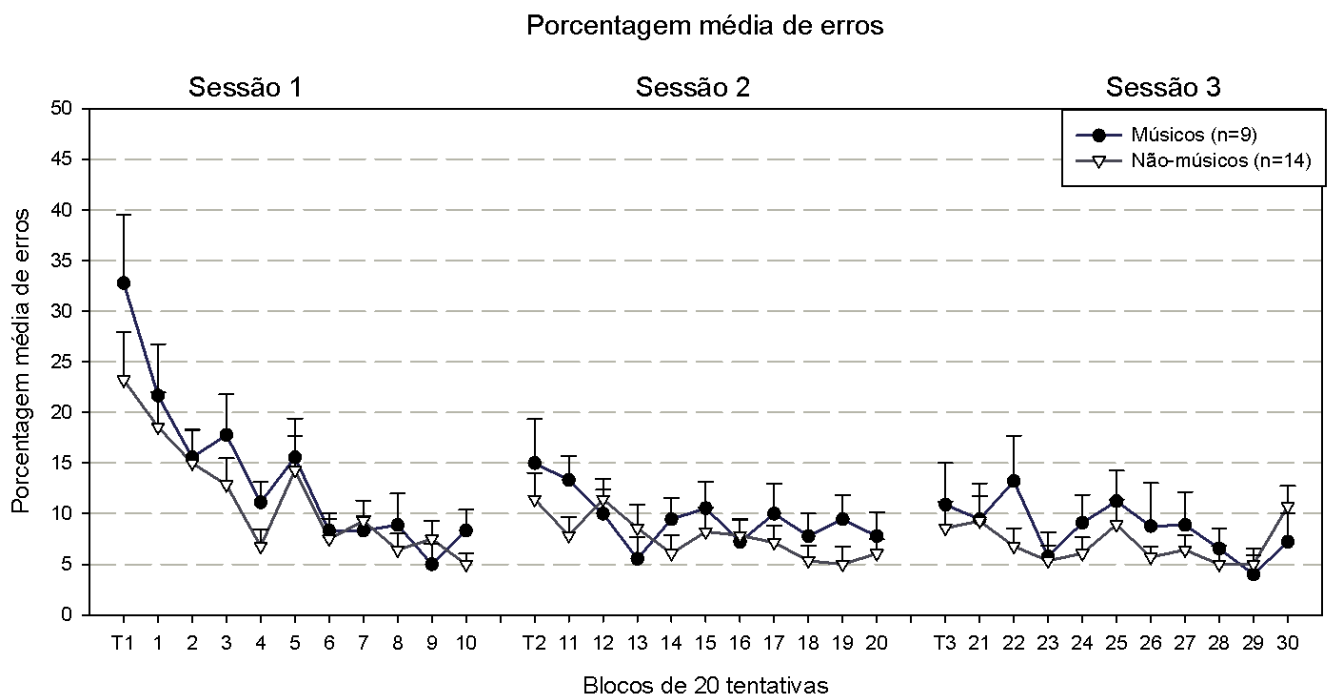
A ANOVA revelou efeito significativo em relação aos fatores principais Sessão ( $F_{2,38}=80,628$ ;  $p<0,0001$ ), Bloco ( $F_{10,190}=25,437$ ;  $p<0,0001$ ) e efeito significativo da interação entre Sessão e Bloco ( $F_{20,380}=4,363$ ;  $p<0,0001$ ), indicando que houve aprendizagem e retenção da tarefa de uma Sessão para outra, mesmo com o longo intervalo entre as sessões (um ano) (Figura 3.1). A ANOVA revelou ainda ausência de efeito significativo em relação aos fatores principais Grupos ( $F_{1,19}=1,571$ ;  $p=0,2253$ ) e Gênero ( $F_{1,19}=2,148$ ;  $p=0,1591$ ) e também em relação à interação entre Grupo e Gênero ( $F_{1,19}=0,741$ ;  $p=0,3999$ ) (razão pela qual os dados não foram apresentados separadamente por Gênero), Sessão e Grupo ( $F_{2,38}=1,100$ ;  $p=0,1494$ ), Bloco e Grupo ( $F_{10,190}=0,880$ ;  $p=0,5534$ ) e Sessão, Bloco e Grupo

( $F_{20,380}=1,366$ ;  $p=0,1354$ ) indicando que os grupos tiveram aprendizagem semelhante da tarefa. .

Embora a Figura 3.1 pareça mostrar que músicos exibem pior desempenho inicial da tarefa mas melhoram seu tempo de reação mais intensamente do que os não-músicos na primeira Sessão, essa diferença não foi significativa, tampouco se repetiu nas outras Sessões.

### 3.4.2 Acurácia

A Figura 3.2 mostra a porcentagem de erros na tarefa “2-back” para os Grupos de Músicos e Não-músicos em função da Sessão (ano de teste) e bloco de tentativas.



**Figura 3.2** – Porcentagem média de erros para os grupos de músicos e de não-músicos, na primeira (2007), segunda (2008) e terceira (2009) sessões. As barras indicam o erro padrão da média.

Os resultados de acurácia são apresentados na Figura 3.2. A ANOVA revelou diferença significativa em relação aos fatores principais Sessão ( $F_{2,38}=15,944$ ;  $p<0,0001$ ), Bloco ( $F_{10,190}=9,238$ ;  $p<0,0001$ ) e efeito significativo da interação entre Sessão e Bloco ( $F_{20,380}=4,765$ ;  $p<0,0001$ ), novamente, indicando que houve aprendizagem e retenção da tarefa de uma Sessão para outra. A ANOVA revelou ainda ausência de diferença



significante em relação ao fator Grupo ( $F_{1,19}=1,904$ ;  $p=0,1837$ ), ausência de diferença significativa em relação ao fator Gênero ( $F_{1,19}=0,218$ ;  $p=0,6455$ ) e ausência de efeito significativo para a interação entre Grupo e Gênero ( $F_{1,19}=0,980$ ;  $p=0,3346$ ) (razão pela qual os dados não foram apresentados separadamente por Gênero).

Em conjunto, esses resultados apontam para ausência de diferenças significantes entre músicos e não-músicos em um teste de memória operacional.

### 3.5 Discussão

Os resultados mostraram ausência de diferenças significantes no desempenho de músicos e não-músicos em uma tarefa “2-back” de retenção de letras na memória operacional. Esses resultados apontam um sentido diferente em relação ao restante da literatura da área.

Se músicos recrutam mais tecido neural envolvido com memória operacional, como proposto por Chen et al. (2008), talvez essa diferença seja específica para atividades ligadas exclusivamente ao desempenho musical, como a tarefa de percepção rítmica realizada pelos autores. Dessa forma, o ganho no desempenho de memória operacional em músicos seria específico e não transferível para outros domínios. Os resultados também diferem daqueles de Berti et al. (2006), que encontraram melhor desempenho de músicos, em relação a não-músicos em uma tarefa de retenção de tons na memória operacional, com estímulos interferentes durante o período de retenção.

É importante ressaltar que o presente estudo difere dos anteriores pela natureza tanto do estímulo (letras apresentadas visualmente e não tons ou ritmos), inexistindo qualquer favorecimento às habilidades desenvolvidas pelos músicos na prática musical, quanto pela natureza da tarefa (aqui um teste que envolve tempo de reação), de forma que músicos podem ter adotado uma estratégia mais cautelosa de execução motora. Um erro em música é muito dramático (facilmente detectado pela audiência), logo, pode ser que os critérios para a emissão de uma resposta entre os músicos sejam mais rigorosos que o de não-músicos. De fato, a tarefa “2-back” foi

comparada à leitura de partituras por alguns voluntários músicos, tarefa frequentemente realizada por eles.

Dessa forma, músicos poderiam ter melhores funções executivas, de forma que poderiam ser treinados a manter a informação na memória operacional por menos tempo, somente até que um determinado comando motor tenha sido realizado. Após isso, sua retenção é irrelevante (e até deletéria) de tal forma que músicos podem ser capazes de apagar informações da memória operacional mais rapidamente, para que haja a possibilidade de nova alimentação do sistema com informação, com menos chances de interferência.

Essa possibilidade, no entanto, não encontra apoio na comparação da percentagem de erros entre músicos e não-músicos. Ao longo de todas as sessões de testes o desempenho de músicos manteve-se igual ao de não-músicos, mesmo nos blocos iniciais da Sessão 1. Além disso, Lee, Lu e Ko (2007) não encontraram diferenças entre adultos músicos e não-músicos num teste que avalia a função executiva da memória operacional, intensivamente requisitada no teste “2-back”, ainda que essas diferenças tenham sido encontradas quando comparando-se crianças. Isso sugere que as diferenças geradas pelo treinamento musical em funções executivas seriam pequenas, sendo compensadas na idade adulta pelo treino em uma série de outras habilidades (LEE, LU e KO, 2007), explicando porque os resultados aqui descritos diferem daqueles de George e Coch (2011).

Uma hipótese alternativa é que a tarefa não tenha sido suficientemente difícil para revelar eventuais diferenças entre os grupos. De fato, a percentagem de erros dos voluntários chega a um desempenho ótimo ainda na primeira sessão de teste (Figura 3.2). Nesse sentido, um teste “4-back” poderia revelar diferenças que não apareceram no presente estudo.

Se de fato a música traz uma contribuição para memória operacional, como apontado por Chen, Penhune e Zatorre (2008), Berti et al. (2006) e ainda sugerido por diversos outros autores (STEWART et al., 2003; JANATA, TILLMANN e BHARUCHA, 2002; DRAKE e PALMER, 2000; PALMER e MEYER, 2000; KLEIN, COLES e DONCHIN, 1984), os resultados obtidos neste estudo, com o teste “2-back” apontam para ausência de

diferenças entre músicos e não-músicos em um teste de memória operacional que não envolve habilidades específicas para a prática musical.

### 3.6 Agradecimentos

Este trabalho foi financiado com recursos da FAPESP, CNPq e CAPES.

### 3.7 Referências Bibliográficas

- BADDELEY, A. The episodic buffer: a new component of working memory? **Trends in Cognitive Sciences**. v.4(11):417-423, 2000.
- BERTI, S. et al. Different interference effects in musicians and a control group. **Experimental Psychology**. v.53(2):111-116, 2006 .
- BIGAND, E. Ouvido afinado. **Revista Viver Mente e Cérebro** n.143:58-63, Jun, 2005.
- BROCHARD, R.; DUFOUR, A. e DESPRÉS, O. Effect of musical expertise on visuospatial abilities: evidence from reaction times and mental imagery. **Brain and Cognition** v.54:103-109, 2004.
- CHEN, J. L.; PENHUNE, V. B. e ZATORRE, R. J. Moving on time: Brain network for auditory-motor synchronization is modulated by rhythm complexity and musical training. **Journal of Cognitive Neuroscience**. v.20(2): 226-239, 2008.
- COSTA-GIOMI, E. et al. Absolute pitch, early musical instruction and spatial abilities. **Annals of the New York Academy of Sciences** v.930:394-396, 2001.
- DRAKE, C. e PALMER, C. Skill acquisition in music performance: relations between planning and temporal control. **Cognition** v.74:1-32, 2000.
- ELBERT, T. et al. Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. **Science** v.270:305-307, Out 1995.
- FUJIOKA, T. et al. One year of musical training affects development of auditory cortical-evoked fields in young children. **Brain**. v.129:2593-2608, 2006.
- FUSTER, J. M. Network memory. **Trends in Neurosciences**. v.20(10):451-459, Out 1997.

- GASER, C. e SCHLAUG, G. Gray matter differences between musicians and nonmusicians. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v.999:514-517, 2003.
- GEORGE, E. M. e COCH, D. Music training and working memory: an ERP study. **Neuropsychologia**. (in press), 2011
- HALL, M.D.; BLASKO, D.G. Attentional interference in judgments of musical timbre: individual differences in working memory. **The Journal of General Psychology**. v.132(1):94-112, 2005.
- HO, Y. C.; CHEUNG, M. C. e CHAN, A. S. Music training improves verbal but not visual memory: cross-sectional and longitudinal explorations in children. **Neuropsychology** v.17(3):439–450, 2003.
- HUSAIN, G.; THOMPSON, W. F. e SCHELLENBERG, E. G. Effects of Musical Tempo and Mode on Arousal, Mood, and Spatial Abilities. **Music Perception**. v.20(2):151-171, Winter 2002.
- JANATA, P.; TILLMANN, B. e BHARUCHA, J. J. Listening to polyphonic music recruits domain-general attention and working memory circuits **Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience** v.2 (2):121-140, 2002.
- KLEIN, M.; COLES, M.G.H. e DONCHIN, E. People with Absolute Pitch Process Tones Without Producing a P300. *Science*, 1984. 223:1306-1309.
- LEE, Y.; LU, M. e KO, H. Effects of skill training on working memory capacity. **Learning and Instruction**. v.17:336-344, 2007.
- NORMAN, D. A. e SHALLICE, T. Attention to action: willed and automatic control of behavior. In: DAVIDSON, R. J.; SCHWARTZ, G. E. e SHAPIRO, D. (Eds) **Consciousness and Self-Regulation: Advances in Research and Theory**. Vol. 4 Plenum Press, New York, USA. 1986. Cap. 1 p. 1-18.
- OLDFIELD, R.C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. **Neuropsychologia**. v.9:97-113, 1971.
- OWEN, A. M. N-back working memory paradigm: a meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. **Human Brain Mapping**. v.25:46-59, 2005.

- PALMER, C. e MEYER, R.K. Conceptual and motor learning on music performance. **Psychological Science** v.11(1):63-68, 2000.
- PANTEV, C. et al. Representational Cortex in Musicians – Plastic Alterations in Response to Musical Practice. **Annals of the New York Academy of Sciences** v.930:300-314, 2001.
- PERETZ, I. Brain specialization for music. **The Neuroscientist**. v.8(4):372-380, 2002.
- RODRIGUES, A. C., GUERRA, L. B. E LOUREIRO, M. A. Visual attention in musicians and non-musicians: a comparative study. In: Maimets-Volt, K. et al. (Eds.) **Proceedings of the Third Conference on Interdisciplinary Musicology (CIM07)** Tallinn, Estonia, Ago 2007
- SHELLENBERG, E. G. Music Lessons enhances IQ. **Psychological Science**. v.15:511-514, 2004.
- SCHLAUG, G The brain of musicians: a model for functional and structural adaptation. **Annals of the New York Academy of Sciences** v.930:281-299, 2001.
- SHALLICE, T. Specific impairments of planning. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**. v.298:199-209, 1982.
- SLUMING, V. et al. Voxel-based morphometry reveals increased gray matter density in Broca’s Area in male symphony orchestra musicians. **Neuroimage** v.17:1613-1622, 2002.
- STEWART, L. et al. Brain changes after learning to read and play music. **Neuroimage**. v.20(1):71-83, 2003.
- THOMPSON, W. F. **Music, thought, and feeling: understanding the psychology of music**. Oxford University Press, USA, 2009. Cap. 10 p.233-257.
- WHITEHEAD, B. J. **The effect of music-intensive intervention on mathematics scores of middle and high school students**. Unpublished doctoral dissertation, Capella University. Dissertations Abstracts International A, 62(08), p.2710. Disponível em: <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=725940051&sid=1&Fmt=2&clientId=61611&RQT=309&VName=PQD>.

YOGEV-SELIGMANN, G.; HAUSDORFF, J. e GILADI, N. The role of executive function and attention in gait. **Movement Disorders**. v.23(3):329-342, 2008.

## Discussão Geral e Conclusões

O Experimento 1 mostrou que não-músicos exibem menores tempos de reação para alvos apresentados no hemisfério visual direito em relação ao tempo de reação para alvos apresentados no hemisfério visual esquerdo. Esse resultado foi consistente para homens e mulheres expostos a condição de pistas centrais preditivas (80:20) e não-preditivas (50:50). Os resultados apontam ainda que o efeito de validade ocorreu apenas para o primeiro (Grupo 80:20), mas não para o segundo grupo (Grupo 50:50), como esperado. Porém, esse efeito manifestou-se apenas quando alvos foram apresentados à direita do hemisfério visual (Figura 1.4). Ademais, voluntários do Grupo 50:50 apresentam uma inversão do efeito de validade com SOA curto para alvos apresentados à esquerda do hemisfério visual (Figura 1.4). Essa assimetria na orientação da atenção, com favorecimento à direita do espaço, como revelada pelos tempos de reação, manifestou-se também na percentagem de erros por omissão, que foi maior para alvos apresentados no hemisfério visual esquerdo em relação a alvos apresentados no hemisfério visual direito (Figura 1.6).

Músicos exibem diferenças importantes em relação a não-músicos na orientação da atenção visuoespacial. Músicos apresentam menores tempos de reação e menor número de erros por omissão para estímulos apresentados no hemisfério visual esquerdo em relação a não-músicos. Esse resultado tem relação com a assimetria usualmente encontrada em não-músicos que exibem dominância na orientação da atenção para o hemisfério direito (Figura 1.3). Músicos foram capazes de responder mais rapidamente particularmente a alvos apresentados no hemisfério visual esquerdo, possivelmente por exibirem uma maior capacidade de integração hemisférica pelo espessamento do corpo caloso, como apontado por Schlaug (2001). Entretanto, músicos exibem assimetria semelhante que não-músicos com relação ao efeito de validade no teste de Posner. Mais do que isso, músicos parecem engajar mais atenção na tarefa (ou exibir maior capacidade atencional), levando a uma intensificação da assimetria do efeito de validade no SOA de 300 ms, que, no entanto, desaparece no SOA de 700 ms. O maior engajamento atencional exibido pelos músicos também seria

responsável pela marcada diminuição dos erros por omissão, em relação a não-músicos.

Os resultados do Experimento 3 mostraram ainda ausência de diferenças significantes no desempenho de músicos e não-músicos em uma tarefa de retenção de letras na memória operacional (Figuras 3.1 e 3.2).

Estudos anteriores também referem a existência de assimetrias na orientação da atenção de não-músicos (Rhodes e Robertson, 2002; Evert et al., 2003). Diferentemente destes estudos, no entanto, os estímulos utilizados nos testes de atenção aqui descritos foram pontuais e não verbais, eliminando qualquer possibilidade de favorecimento à direita do espaço pelo processamento verbal no hemisfério esquerdo (Badzakova-Trajkov et al., 2010).

De fato, os resultados de Geffen et al. (1972) dão suporte a essa suposição. Esses autores apresentaram pares de letras aleatoriamente para o hemicampo visual esquerdo ou direito de voluntários que precisavam identificá-las corretamente como iguais ou diferentes. As letras poderiam ser iguais fisicamente (ambas maiúsculas) ou apenas verbalmente (uma maiúscula e outra minúscula). Os resultados mostraram menores tempos de reação para o hemicampo visual direito quando as letras eram iguais verbalmente (Aa) e menores tempos de reação para o hemicampo visual esquerdo quando as letras eram iguais fisicamente (AA), sugerindo um melhor processamento pelo hemisfério esquerdo para estímulos de natureza verbal e melhor processamento pelo hemisfério direito de características espaciais. Esses autores não apresentavam pistas que indicassem o local em que o alvo apareceria, mas apenas uma pista indicativa do momento, no tempo, do aparecimento do mesmo, portanto, permitindo supor que as diferenças encontradas foram causadas puramente pela natureza dos estímulos.

Por outro lado, os autores também investigaram se o conhecimento prévio do lado do alvo facilitaria sua detecção, pela repetição do experimento em blocos nos quais o estímulo sempre aparecia para o mesmo hemicampo visual (blocos de teste para cada um dos hemisférios foram realizados). Não houve diferenças na comparação entre os blocos



aleatórios em relação a estes novos blocos. Curiosamente, os autores não informaram se há diferenças entre os hemicampos direito e esquerdo nessa condição de teste específica (o que permitiria inferências sobre os processos atencionais).

Nossos resultados também são consistentes com os de Castro-Barros et al. (2010), que testaram a orientação da atenção de voluntários saudáveis com estímulos não-verbais e encontraram favorecimento à direita do espaço. A assimetria na orientação da atenção, no entanto, só foi detectada quando a demanda atencional exigida pela tarefa era maior, i.e., quando os voluntários precisavam detectar não somente o lado do alvo, mas também a forma; ou ainda, quando distratores eram apresentados no campo contralateral ao alvo.

Uma explicação alternativa para esses resultados seria de que o favorecimento do espaço à direita não ocorreria por mecanismos atencionais, mas sim pelo processamento de formas no hemisfério esquerdo (em oposição ao processamento espacial no hemisfério direito) (Righi e Ribeiro-do-Valle, 2011). Essa questão foi investigada por esses autores, que testaram voluntários em uma tarefa de discriminação de local e uma tarefa de discriminação de forma. Os estímulos-alvo poderiam ser apresentados no hemicampo visual direito ou esquerdo, precedidos de pistas válidas, inválidas ou bilaterais. Os resultados apontam para ausência de diferenças significantes em relação ao tipo de tarefa, com um efeito atencional de magnitude semelhante em ambas e com favorecimento do hemicampo visual direito. Esse resultado dá suporte adicional para que as diferenças encontradas no tempo de reação para alvos à direita ou à esquerda do campo visual sejam por mecanismos atencionais.

Os resultados descritos no Capítulo 1 apontam no mesmo sentido que estes trabalhos ao revelar a mesma assimetria na orientação da atenção, mas sem a necessidade de detecção de mais de uma característica do alvo (local e forma) ou da presença de distratores (como em Evert et al., 2003 e também em Castro-Barros et al., 2010). O mesmo efeito de uma alta demanda atencional foi conseguido pelo uso de estímulos-alvo que tinham tempo de apresentação no limiar de detecção individual dos voluntários. Isso

foi feito pela associação de um teste prévio de detecção de limiares com cada voluntário, o que também tem por vantagem padronizar a demanda atencional para todos os indivíduos, uma vez que todos eles realizaram o teste de atenção com alvos apresentados por um tempo igual ao limiar de detecção individual.

Esse arranjo só foi possível, no entanto, pela construção de um aparato formado por LEDs dispostos atrás de uma tela de seda, de forma a simular uma tela de computador (Figura 1.2). Enquanto experimentos em telas convencionais de computador são limitadas a apresentar um estímulo a cada 17 ms, devido à taxa de atualização da tela em 60 Hz (e que, portanto, persiste na tela por 17 ms) (e.g. CASTRO-BARROS et al., 2010), o uso de LEDs para a estimulação visual permitiu gerar estímulos por períodos de tempo tão curtos quanto 1 ms. Esses tempos extremamente curtos de apresentação do estímulo foram necessários para que se chegasse a valores limiares de detecção do estímulo na tela.

Em síntese, os resultados do presente trabalho confirmam e estendem dados da literatura, indicando que não-músicos exibem assimetria na orientação da atenção, com favorecimento à direita do espaço, e que músicos expostos a treinamento musical formal, incluindo leitura à primeira vista de partituras, exibem desempenho distinto de não-músicos em tarefas que envolvem atenção, apresentando uma simetria dos tempos de reação para alvos à direita e à esquerda do campo visual. Os resultados no teste “2-back” falharam em mostrar diferenças entre músicos e não-músicos quanto ao desempenho da memória operacional, possivelmente porque os ganhos na função executiva da memória operacional são pequenos e mascarados pelo treinamento em outras habilidades na idade adulta.

## Resumo

Atenção refere-se ao conjunto de processos que leva à seleção ou processamento preferencial de informações presentes em determinadas porções da rede nervosa. Existem relatos de que músicos exibem melhor desempenho que não-músicos em tarefas que envolvem atenção dado que a tarefa de leitura à primeira vista (de partituras) ativa múltiplas regiões encefálicas, entre elas, áreas envolvidas na orientação da atenção. O presente estudo investigou a orientação encoberta da atenção em músicos capazes de realizar leitura à primeira vista. Investigou ainda, se a continuidade do estudo formal de música ao longo de três anos, depois do ingresso na Universidade (ECA - Escola de Música) produz alterações significativas na memória operacional, avaliada por meio do teste “2-back”, em relação a não-músicos que também ingressaram na Universidade, porém em área distinta (Biologia, IB-USP) que não envolve música. Os resultados no teste de atenção encoberta mostraram que não-músicos exibem assimetrias na orientação da atenção visuo-espacial; seu tempo de reação para estímulos apresentados no hemisfério direito é significativamente menor que o observado para estímulos apresentados no hemisfério esquerdo. Ademais, não-músicos exibem efeito de validade apenas para estímulos-alvo apresentados no hemisfério direito. Em músicos, não houve diferenças significantes nos tempos de reação a estímulos apresentados nos hemisférios direito e esquerdo; esses tempos foram significativamente menores que os exibidos pelos não-músicos, para estímulos apresentados no hemisfério esquerdo. Não obstante essa diferença, os músicos também exibiram efeito de validade apenas para estímulos-alvo apresentados no hemisfério direito. Não houve diferenças significantes de desempenho entre músicos e não-músicos no teste de memória operacional. Assim, o estudo formal de música parece relacionar-se com alterações nos processos de orientação da atenção.

## Abstract

Attention corresponds to selection or preferential processing of information maintained in certain portions of the neural network. Musicians seem to exhibit better performance relative to non-musicians in attention-dependent tasks, which is ascribed to sight-reading of scores that activates multiple brain regions, including areas involved on orienting of attention. The present study investigated covert orienting of visual attention in people exposed to prolonged study of music, thus becoming capable of sight-reading. In addition, we investigated if continuation of formal music study after getting into the University (School of Music) leads to significant change in working memory, as evaluated by the 2-back test involving letters, relative to non-musicians that also get into the University but in a distinct area (Biology). The results in the covert attention test showed that non-musicians exhibit an asymmetry in visuo-spatial orienting of attention; their reaction times for target-stimuli presented in the right hemifield were significantly smaller than those observed for stimuli presented in the left hemifield. In addition, non-musicians exhibited validity effect only for target-stimuli presented in the right hemifield. In contrast, musicians did not exhibit significant differences in reaction times for target stimuli presented in the left or right hemifields; however, these reaction times were smaller than those seen for non-musicians for stimuli presented in the left hemifield. Despite this difference, musicians also exhibited an asymmetry, that is, their validity effect was also restricted to target stimuli presented in the right hemifield. Musicians and non-musicians did not differ in the working memory test. Together, these results indicate that formal music study relates with changes in the processes of orienting of attention.

## Referências Bibliográficas

- ANDERSON, B. J.; ECKBURG, P. B. e RELUCIO, K. I. Alterations in the thickness of motor cortical subregions after motor-skill learning and exercise. **Learning & Memory**. v.9:1-9, 2002.
- ANNALS OF THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES **The Biological Foundations of Music**. New York:NYAS, v.930, Jun 2001. 456 p.
- ANNALS OF THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES **The Neurosciences and Music** New York:NYAS, v.999, Jun 2003. 532 p.
- ANVARI, S.H. et al. Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. **Journal of Experimental Child Psychology**, v.83:111-130, 2002.
- BADDELEY, A. The episodic buffer: a new component of working memory? **Trends in Cognitive Sciences**. v.4(11):417-423, 2000.
- BADZAKOVA-TRAJKOV, G. et al. Cerebral asymmetries: complementary and independent processes. **PLoS one**, v.5(3):1-9, 2010.
- BENDOR, D. e WANG, X. The neuronal representation of pitch in primate auditory cortex. **Nature** v.436:1161-1165, 2005.
- BERTI, S. et al. Different interference effects in musicians and a control group. **Experimental Psychology**. v.53(2):111-116, 2006 .
- BIGAND, E. Ouvido afinado. **Revista Viver Mente e Cérebro** n.143:58-63, Jun, 2005.
- BIGAND, E. e POULIN-CHARRONNAT, B. Are we “experienced listeners”? A review of the musical capacities that do not depend on formal musical training. **Cognition**. v.100(1):100-130, Mai 2006.
- BLOOD, A. J. et al. Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. **Nature Neuroscience**. v.2(4):382-387, 1999.
- BLOOD, A. J. e ZATORRE, R. J. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. **PNAS**, v.98(20):11818-11823, Set 2001.
- BRAIN, W.R. Visual disorientation with special reference to lesions of the right cerebral hemisphere. **Brain**, v.64:244–272, 1941.

- BROADBENT, D. E. **Perception and Communication**. ed. Pergamon Press, London. 1958. 338 p.
- BROCHARD, R.; DUFOUR, A. e DESPRÉS, O. Effect of musical expertise on visuospatial abilities: evidence from reaction times and mental imagery. **Brain and Cognition** v.54:103-109, 2004.
- BROZZOLI, C. et al. A. Neglect and extinction: within and between sensory modalities. **Restorative Neurology and Neuroscience** v.24:217-232, 2006.
- CASTRO-BARROS, B. A. et al. Interlateral asymmetry in the time course of the effect of a peripheral prime stimulus. **Brain and Cognition**. v.66:265–279, 2008.
- CASTRO-BARROS, B. A. et al. Lateral asymmetry of voluntary attention orienting. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. v.43(8):745-758, 2010.
- CHEN, J. L.; PENHUNE, V. B. e ZATORRE, R. J. Moving on time: Brain network for auditory-motor synchronization is modulated by rhythm complexity and musical training. **Journal of Cognitive Neuroscience**. v.20(2): 226-239, 2008.
- ÇIÇEK, M.; DEOUELL, L. Y. e KNIGHT, R. T. Brain activity during landmark and line bisection tasks. **Frontiers in Human Neuroscience**. v.3(7):1-8, 2009.
- COGNITION **The Nature of Music**. Elsevier, Amsterdam. v.100(1), Mai 2006. 216 p.
- COHEN er al. Activation of the prefrontal cortex in a nonspatial working memory task with functional MRI. **Human Brain Mapping**. v.1:293-304, 1994.
- CORBALLIS, M.C. The Evolution of Hemispheric Specializations of the Human Brain. In: KAAS, J.H. (Ed.) **Evolution of nervous systems** - a comprehensive reference. ed. Academic Press, New York, NY, 2007. v.4, Cap.22, p.380-394.
- CORBETTA, M., et al. A PET study of visuospatial attention. **The Journal of Neuroscience**. v.13(3):1202-1226, Mar 1993.

- CORBETTA, M. E SHULMAN, G.L Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. **Nature Reviews: Neuroscience**. v.3(3):201-215, Mar 2002.
- COSTA-GIOMI, E. et al. Absolute pitch, early musical instruction and spatial abilities. **Annals of the New York Academy of Sciences** v.930:394-396, 2001.
- DEUTSCH, J. A. e DEUTSCH, D. Attention: some theoretical considerations. **Psychological Review**. v.70:80-90, 1963.
- DRAKE, C. e PALMER, C. Skill acquisition in music performance: relations between planning and temporal control. **Cognition** v.74:1-32, 2000.
- ELBERT, T. et al. Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. **Science** v.270:305-307, Out 1995.
- EVERT, D.L. et al. Hemispheric asymmetries for selective attention apparent only with increased task demands in healthy participants **Brain and Cognition**. v.53:34-41, 2003.
- FAN et al. Testing the efficiency and independence of attentional networks. **Journal of Cognitive Neuroscience**. v.14(3):340-347, 2002.
- FUSTER, J. M. Network memory. **Trends in Neurosciences**. v.20(10):451-459, Out 1997.
- GAINOTTI, G. The role of automatic orienting of attention towards ipsilesional stimuli in non-visual (tactile and auditory) neglect: A critical review. **Cortex** v.46:150-160, 2010.
- GASER, C. e SCHLAUG, G. Gray matter differences between musicians and nonmusicians. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v.999:514-517, 2003.
- GEFFEN et al. Hemispheric asymmetry: verbal and spatial encoding of visual stimuli. **Journal of Experimental Psychology**. v.95(1):25-31, 1972.
- GRAY, J. A. e WEDDERBURN, A. A. I. Shorter articles and notes grouping strategies with simultaneous stimuli. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**. v.12(3):180-184, 1960.

- HALL, M.D.; BLASKO, D.G. Attentional interference in judgments of musical timbre: individual differences in working memory. **The Journal of General Psychology**. v.132(1):94-112, 2005.
- HELENE, A.F. e XAVIER, G.F. A construção da atenção a partir da memória. **Revista Brasileira de Psiquiatria** v.25(Supl II):12-20, 2003.
- HELMHOLTZ, H. **On the sensations of tone** as a physiological basis for the theory of music. ed. Dover, New York, NY. 1954. 576 p.
- HO, Y. C.; CHEUNG, M. C. e CHAN, A. S. Music training improves verbal but not visual memory: cross-sectional and longitudinal explorations in children. **Neuropsychology** v.17(3):439–450, 2003.
- HUSAIN, G.; THOMPSON, W. F. e SCHELLENBERG, E. G. Effects of Musical Tempo and Mode on Arousal, Mood, and Spatial Abilities. **Music Perception**. v.20(2):151-171, Winter 2002.
- JAMES, W. **The Principles of Psychology**. Vol. 1. Henry Holt and Company, NY. Cap. 11, p. 402-458.
- JANATA, P.; TILLMANN, B. e BHARUCHA, J. J. Listening to polyphonic music recruits domain-general attention and working memory circuits **Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience** v.2 (2):121-140, 2002.
- JEWELL, G. e McCOURT, M. E. Pseudoneglect: a review and meta-analysis of performance factors in line bisection tasks. **Neuropsychologia**. v.38:93-110, 2000.
- JONIDES, J. Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement. In: LONG, J.B. & BADDELEY, A.D. (Eds.) **Attention and Performance IX**. Hillsdale, N.J.:Lawrence Erlbaum Associates, 1981. Cap. 11, p. 187-203.
- KIM, Y.H. et al. The Large-Scale Neural Network for Spatial Attention Displays Multifunctional Overlap But Differential Asymmetry. **Neuroimage**. v.9:269–277, 1999.
- KINGSTONE, A. et al. Attention, researchers! It is time to take a look at the real world. **Current Directions in Psychological Science** v.12(5):176-180, 2003.



- KLEIN, M.; COLES, M.G.H. e DONCHIN, E. People with Absolute Pitch Process Tones Without Producing a P300. *Science*, 1984. 223:1306-1309.
- KOELSCH, S. et al. Music, language and meaning: brain signatures of semantic processing. **Nature Neuroscience**. v.7(3):302-307, Fev 2004.
- LUCK, S.J. e VECERA, S.P. Attention. In: Pashler, H. (Ed.) **Steven's handbook of experimental psychology**. Vol. 1 – Sensation and Perception. 3ª ed. New York: Wiley, 2002. Cap. 6 p.235-286.
- MESULAM, M. M. A cortical network for directed attention and unilateral neglect. **Annals of Neurology**. v.10(4):309-325, 1981.
- MESULAM, M. M. Spatial attention and neglect: parietal, frontal and cingulate contributions to the mental representation and attentional targeting of salient extrapersonal events. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**. v.354:1325–1346, 1999.
- MILLER, G.A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **Psychological Review**. v.63(2):81-97, 1956.
- NAHAS, T.R. e XAVIER, G.F. Atenção. In: ANDRADE, V.M.; SANTOS, F.H. e BUENO, O.F.A. (Orgs.) **Neuropsicologia Hoje**. Cap. 5, 2004.
- NATURE NEUROSCIENCE **Music and the brain**. New York, NY, NPG v.6(7):661-695, Jul 2003.
- NOBRE, A. C. Orienting attention to instants in time. **Neuropsychologia**. v.39:1317-1328, 2001.
- NOBRE, A. C. et al. Functional localization of the system for visuospatial attention using positron emission tomography. **Brain**. v.120:515-533, 1997.
- NORMAN, D. A. e SHALLICE, T. Attention to action: willed and automatic control of behavior. In: DAVIDSON, R. J.; SCHWARTZ, G. E. e SHAPIRO, D. (Eds) **Consciousness and Self-Regulation: Advances in Research and Theory**. Vol. 4 Plenum Press, New York, USA. 1986. Cap. 1 p. 1-18.
- PALMER, C. e MEYER, R.K. Conceptual and motor learning on music performance. **Psychological Science** v.11(1):63-68, 2000.

- PANTEV, C. et al. Representational Cortex in Musicians – Plastic Alterations in Response to Musical Practice. **Annals of the New York Academy of Sciences** v.930:300-314, 2001.
- PATEL, A.D. Language, music, syntax and the brain. **Nature Neuroscience**. v.6(7):674-681, 2003a.
- PATEL, A.D. Rhythm in language and music: parallels and differences. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v.999:140-143, 2003b.
- PATSTON, L. L. M. et al. The neglect of musicians: line bisection reveals an opposite bias. **Psychological Science**. v.17(12):1029-1031, 2006.
- PATSTON, L. L. M.; HOGG, S. L. e TIPPETT, L. J. Attention in musicians is more bilateral than in non-musicians. **Laterality**. v.12(3):262-272, 2007.
- PERETZ, I. Brain specialization for music. **The Neuroscientist**. v.8(4):372-380, 2002.
- PERETZ, I. e HYDE, K. L. What is specific to music processing? Insights from congenital amusia. **TRENDS in Cognitive Sciences** v.7(8):362-367, Ago 2003.
- PERETZ, I. e ZATORRE, R.J. Brain organization for music processing. **Annual Review of Psychology**. v.56:89-114, 2005.
- PINKER, S. **How the mind works**. ed. Penguin Books, London, UK. 1997. 660 p.
- POSNER, M.I. Orienting of attention. **Quarterly Journal of Experimental Psychology (B)** v.32(1):3-25, 1980.
- POSNER, M. I. et al. Effects of parietal injury on covert orienting of attention. **The Journal of Neuroscience**. v.4(7):1863-1874, Jul 1984.
- RAUSCHER, F. H.; SHAW, G. L. E KY, K.N. Music and spatial task performance. **Nature**. v.185:611, Out 1993.
- RAUSCHER, F. H.; SHAW, G. L. E KY, K.N. Listening to Mozart enhances spatial-temporal reasoning: towards a neurophysiological basis. **Neuroscience letter**. v.365:44-47, 1995.
- RENTFROW, P. J. e GOSLING, S. D. The Do Re Mi's of everyday life: the structure and personality correlates of music preferences. **Journal of Personality and Social Psychology**, v.84(6):1236–1256, 2003.

- RHODES, D.L. e ROBERTSON, L.C. Visual field asymmetries and allocation of attention in visual scenes. **Brain and Cognition**. v.50:95-115, 2002.
- RIGHI, L. L. e RIBEIRO-DO-VALLE, L. E. Automatic attention lateral asymmetry in visual discrimination tasks. **Psychological Research**. v.75:24-34, 2011.
- RINGO, J.L. et al. Time is of the essence: A conjecture that hemispheric specialization arises from interhemispheric conduction delay. **Cerebral Cortex**. v.4(4):331-343, 1994.
- RISTIC, J., FRIESEN, C.K. e KINGSTONE, A. Are eyes special? It depends on how you look at it. **Psychonomic Bulletin & Review**. v.9(3):507-513, 2002.
- RODRIGUES, A. C., GUERRA, L. B. E LOUREIRO, M. A. Visual attention in musicians and non-musicians: a comparative study. In: Maimets-Volt, K. et al. (Eds.) **Proceedings of the Third Conference on Interdisciplinary Musicology (CIM07)** Tallinn, Estonia, Ago 2007.
- SACKS, O. **Alucinações musicais: relatos sobre a música e o cérebro**. Tradução Laura Teixeira Motta. ed. Companhia das Letras, São Paulo-SP, 2007. Cap. 29 p. 319-330.
- SAMSON, S. Neuropsychological studies of musical timbre. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v.999:140-143, Jun 2003.
- SCHELLENBERG, E. G. Music Lessons enhances IQ. **Psychological Science**. v.15:511-514, 2004.
- SCHLAUG, G The brain of musicians: a model for functional and structural adaptation. **Annals of the New York Academy of Sciences** v.930:281-299, 2001.
- SEASHORE, C.E. Science in music. **Science**. v.95:417-422, Abr 1942.
- SHALLICE, T. Specific impairments of planning. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**. v.298:199-209, 1982.
- SHALLICE, T. **From neuropsychology to mental structure**. ed. Cambridge University Press, NY. 1988.
- SLUMING, V. et al. Voxel-based morphometry reveals increased gray matter density in Broca's Area in male symphony orchestra musicians. **Neuroimage** v.17:1613-1622, 2002.

- STEWART, L. et al. Brain changes after learning to read and play music. **Neuroimage**. v.20(1):71-83, 2003.
- THOMPSON, W. F. **Music, thought, and feeling: understanding the psychology of music**. Oxford University Press, USA, 2009. Cap. 10 p.233-257.
- TOBA, M. N.; CAVANAGH, P. e BARTOLOMEO, P. Attention biases the perceived midpoint of horizontal lines. **Neuropsychologia**. v.49:238-246, 2011.
- TRAINOR, L The neural roots of music. **Nature** v.453(29):598-599, Mai 2008.
- TREHUB, S.E. The developmental origins of musicality. **Nature Neuroscience**. v.6(7):669-673, Jul 2003.
- TREHUB, S.E. e HANNON, E. E. Infant music perception: domain-general or domain-specific mechanisms? **Cognition** v.100(1):73-99, Mai 2006.
- TREISMAN, A. E. Contextual cues in selective listening. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**. v 12(4):242-248, 1960.
- WARREN, J. How does the brain process music? **Clinical Medicine** v.8(1):32-36 Fev 2008.
- WHITEHEAD, B. J. **The effect of music-intensive intervention on mathematics scores of middle and high school students**. Unpublished doctoral dissertation, Capella University. Dissertations Abstracts International A, 62(08), p.2710. Disponível em: <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=725940051&sid=1&Fmt=2&clientId=61611&RQT=309&VName=PQD>.
- XAVIER, G.F. Memória: correlatos anátomo-funcionais. In: NITRINI R., CARAMELLI, P. e MANSUR, L.L. (Eds). **Neuropsicologia: das bases anatômicas à reabilitação**. ed. Clínica Neurológica, Hospital das Clínicas, FMUSP, 1996 Cap. 7 p. 107-129.
- YOGEV-SELIGMANN, G.; HAUSDORFF, J. e GILADI, N. The role of executive function and attention in gait. **Movement Disorders**. v.23(3):329-342, 2008.
- ZATORRE, R. J. Music, the food of neuroscience? **Nature** v.434:312-315, 2005a.

ZATORRE, R. J. Finding the missing fundamental. **Nature** v.436:1093-1094, 2005b.

## **Anexos**

Seguem abaixo os formulários que foram entregues aos voluntários dos experimentos, sendo (1) um termo de consentimento livre e esclarecido, adaptado do modelo fornecido pela Comissão de Ética do Instituto de Biociências da USP, (2) um questionário de destreza e (3) um questionário sobre o tempo de contato e experiência com música.

# Anexo I

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**  
(maiores de 18 anos)

**ESTUDO: O estudo musical formal melhora o desempenho da atenção e da memória operacional?**

*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.*

---

Eu, (inserir o nome)....., residente e domiciliado na....., portador da Cédula de identidade, RG ....., e inscrito no CPF/MF..... nascido(a) em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_, abaixo assinado(a), concordo de livre e espontânea vontade em participar do estudo “*O estudo musical formal melhora o desempenho da atenção e da memória operacional?*” e esclareço que obtive todas as informações.

Estou ciente que:

- I) Tenho a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação;
- II) A desistência não causará nenhum prejuízo à minha saúde ou bem estar físico;
- III) 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;
- IV) Caso eu desejar, poderei tomar conhecimento dos resultados, ao final desta pesquisa
  - ( ) Desejo conhecer os resultados desta pesquisa.
  - ( ) Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

São Paulo, de de 2009

**Pesquisador Responsável pelo Projeto:** *Felipe Viegas Rodrigues*

**Telefone para contato:** \_\_\_\_\_

**Email:** \_\_\_\_\_



## Anexo II

## QUESTIONÁRIO DE EDINBURGH (adaptado)

Se você é destro, já teve alguma tendência a ser canhoto? \_\_\_\_\_

Existe algum canhoto na sua família? \_\_\_\_\_

Indicar a preferência manual nas atividades abaixo. Assinale:

- ✓ “XX” na coluna apropriada quando a preferência for tão forte que você **nunca use a outra mão.**
- ✓ “XX” e “X” nas colunas apropriadas quando preferir usar **uma das mãos em relação à outra.**
- ✓ “XX” nas duas colunas quando usar indistintamente **qualquer uma das mãos.**

Atividades	Esquerda	Direita
Escrever		
Desenhar		
Jogar uma pedra		
Usar uma tesoura		
Usar um pente		
Usar uma escova de dentes		
Usar uma faca (sem o uso do garfo)		
Usar uma colher		
Usar um martelo		
Usar uma chave de fendas		
Usar uma raquete de ping-pong		
Usar uma faca (com o garfo)		
Usar uma vassoura (mão superior)		
Usar um rodo (mão superior)		
Acender um fósforo		
Abrir um vidro com tampa (mão que segura a tampa)		
Distribuir cartas		
Enfiar a linha na agulha (mão que segura a linha)		
<b>Total</b> (deixar em branco)		

**Dominância pedal** (chutar uma bola) \_\_\_\_\_

**Duração média do sono** \_\_\_\_\_ **Horário preferido para acordar** \_\_\_\_\_

**Medicamentos em uso** \_\_\_\_\_

**Hábito de Brincar com jogos eletrônicos:**

Sim ( ) Não ( )

Mulheres:

**Data da última menstruação** \_\_\_\_\_ **Regularidade do ciclo** \_\_\_\_\_

**Quociente de lateralidade** [(D-E)/(D+E)] \_\_\_\_\_

(deixar em branco)

## Anexo III

*Sobre música....*

1. Toca algum instrumento musical?

Sim. Qual? \_\_\_\_\_ Há quanto tempo? \_\_\_\_\_

Não.

2. Canta?

Sim. Há quanto tempo? \_\_\_\_\_

Não.

3. Escuta músicas com que frequência e em que locais? Que estilos musicais?

Não escuto músicas.

---

4. Com que frequência escuta músicas atentando aos detalhes de elaboração e construção da música?

---

5. Com que frequência escuta músicas passivamente (não atentando aos detalhes)?

---

6. Com que frequência vai a ambientes com música? (Quaisquer que seja: danceterias, lojas de música, restaurantes, local de trabalho etc.).

---

7. Gosta de dançar? Com que frequência o faz? \_\_\_\_\_

Não danço.

8. Outros familiares são músicos? Quantos? Que grau de parentesco? Tocam profissionalmente?

---

*Apenas para músicos e cantores (livre para responder se desejar, no entanto).*

9. Sabe ler partitura ou tablatura? (Indicar qual)

- Sim Há quanto tempo? \_\_\_\_\_
- Não

10. Tem o costume de tocar utilizando a partitura ou a tablatura (lendo)? Com que frequência?

- Sim \_\_\_\_\_
- Não

11. Se não usa partituras ou tablaturas, usa cifras?

- Sim Com que frequência? \_\_\_\_\_
- Não

12. Estuda seu instrumento diariamente?

- Sim
- Não Com que frequência então? \_\_\_\_\_

13. Costuma aprender (tirar) músicas de ouvido (sem partitura ou cifras)?

- Sim Com que frequência? \_\_\_\_\_
- Não.

14. Possui “Ouvido Absoluto”?

- Sim.
- Não.