

ANA CAROLINA OLIVEIRA E RODRIGUES

**EFEITO DO TREINAMENTO MUSICAL EM  
CAPACIDADES COGNITIVAS VISUAIS:  
atenção e memória**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação “stricto sensu” – doutorado – em Neurociências do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutora.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Caramelli  
Co-Orientador: Prof. Dr. Maurício Loureiro

Belo Horizonte  
Universidade Federal de Minas Gerais  
Abril de 2012

# AGRADECIMENTOS

Aos Professores Paulo Caramelli e Maurício Loureiro, pela sabedoria, paciência, confiança, generosidade e compreensão.

À minha família, pela constante presença e apoio.

A todos os meus amigos, pelo estímulo e companheirismo.

Aos músicos da Orquestra Filarmônica de Minas Gerais, conduzida pelo Maestro Fabio Mechetti, e da Orquestra Sinfônica de Minas Gerais, conduzida pelo Maestro Roberto Tibiriçá, pela contribuição solidária e essencial à pesquisa.

Aos profissionais e estudantes de diversas áreas do conhecimento, igualmente pela contribuição solidária e essencial à pesquisa.

A todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

À UFMG, minha segunda casa, pela formação acadêmica e humana.

*“As fronteiras da ciência estão se abrindo constantemente, mas toda e qualquer  
inovação é inútil se a mente for estreita.”  
Flavio Alóe (in memoriam)*

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	06
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	07
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	09
<b>RESUMO</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	11
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
<b>2.1 PRÁTICA MUSICAL E NEUROPLASTICIDADE</b> .....	16
2.1.1 PRÁTICA MUSICAL E ALTERAÇÕES ESTRUTURAIS .....	16
2.1.2 PRÁTICA MUSICAL E ALTERAÇÕES FUNCIONAIS .....	20
<b>2.2 PRÁTICA MUSICAL E COGNIÇÃO</b> .....	25
2.2.1 PRÁTICA MUSICAL E CAPACIDADES VISUAIS .....	30
<b>2.3 ATENÇÃO</b> .....	42
2.3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	42
2.3.2 ATENÇÃO VISUAL .....	46
<b>2.4 MEMÓRIA</b> .....	51
2.4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	51
2.4.2 MEMÓRIA VISUAL .....	54
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	58
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	60
4.1 OBJETIVO GERAL .....	60
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	60
<b>5. HIPÓTESE</b> .....	61
<b>6. MÉTODOS</b> .....	62
6.1 AMOSTRA .....	62

6.1.1 GRUPO DOS MÚSICOS .....	63
6.1.2 GRUPO DOS NÃO-MÚSICOS .....	65
<b>6.2 PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>6.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....</b>	<b>74</b>
<b>7. RESULTADOS .....</b>	<b>76</b>
<b>7.1 COMPARAÇÃO ENTRE MÚSICOS E NÃO-MÚSICOS .....</b>	<b>76</b>
<b>7.2 COMPARAÇÃO ENTRE MÚSICOS .....</b>	<b>81</b>
7.2.1 CORRELAÇÃO ENTRE DESEMPENHOS NOS TESTES E FATORES RELACIONADOS À EXPERIÊNCIA MUSICAL .....	81
7.2.2 COMPARAÇÃO ENTRE INSTRUMENTISTAS DE CORDAS E INSTRUMENTISTAS DE SOPROS .....	89
<b>8. DISCUSSÃO .....</b>	<b>92</b>
<b>8.1 COMPARAÇÃO ENTRE MÚSICOS E NÃO-MÚSICOS .....</b>	<b>92</b>
<b>8.2 COMPARAÇÃO ENTRE MÚSICOS .....</b>	<b>103</b>
<b>8.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....</b>	<b>107</b>
<b>9. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>111</b>
<b>10. CONCLUSÕES .....</b>	<b>117</b>
<b>11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>118</b>
<b>12. ANEXO I .....</b>	<b>136</b>
<b>13. ANEXO II .....</b>	<b>138</b>
<b>14. ANEXO III .....</b>	<b>142</b>
<b>15. ANEXO IV .....</b>	<b>144</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Esquema ilustrativo do teste de atenção visual seletiva .....	69
FIGURA 2 – Esquema ilustrativo do teste de atenção visual dividida .....	70
FIGURA 3 – Esquema ilustrativo do teste de atenção visual sustentada .....	71
FIGURA 4 – Esquema ilustrativo do teste de memória visual .....	72
FIGURA 5 – Esquema ilustrativo do teste de tempo de reação simples .....	73

# LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Alterações encefálicas estruturais verificadas em músicos .....	19
TABELA 2 – Alterações encefálicas funcionais verificadas em músicos .....	24
TABELA 3 – Comparação entre músicos e não-músicos em relação a gênero, idade e tempo de escolaridade .....	63
TABELA 4 – Caracterização do grupo dos músicos em relação à experiência musical .....	64
TABELA 5 – Comparação entre instrumentistas de cordas e de sopros em relação a gênero, idade e tempo de escolaridade .....	64
TABELA 6 – Comparação entre instrumentistas de cordas e de sopros em relação à experiência musical .....	65
TABELA 7 – Atividades de lazer relatadas por músicos e não-músicos .....	67
TABELA 8 – Comparação entre músicos e não-músicos nos testes de atenção visual .....	76
TABELA 9 – Comparação entre músicos e não-músicos no teste de memória visual .....	77
TABELA 10 – Comparação entre o desempenho nas partes 1 e 2 do teste de memória visual no grupo dos músicos ( $n = 38$ ) .....	78
TABELA 11 – Comparação entre o desempenho nas partes 1 e 2 do teste de memória visual no grupo dos não-músicos ( $n = 38$ ) .....	78
TABELA 12 – Comparação entre músicos e não-músicos no teste de tempo de reação simples .....	78
TABELA 13 – Comparação entre músicos (homens) e não-músicos (homens) nos testes de atenção visual .....	79
TABELA 14 – Comparação entre músicos (homens) e não-músicos (homens) no teste de memória visual .....	80
TABELA 15 – Comparação entre o desempenho nas partes 1 e 2 do teste de memória visual no grupo dos músicos (homens; $n = 25$ ) .....	80
TABELA 16 – Comparação entre o desempenho nas partes 1 e 2 do teste de memória visual no grupo dos não-músicos (homens; $n = 25$ ) .....	81
TABELA 17 – Comparação entre músicos (homens) e não-músicos (homens) no teste de tempo de reação simples .....	81
TABELA 18 – Correlações entre o desempenho dos músicos nos testes e a idade de início dos estudos musicais .....	82
TABELA 19 – Correlações entre o desempenho dos músicos nos testes e o tempo de prática musical total e com orquestra .....	86

TABELA 20 – Correlações entre o desempenho dos músicos nos testes e o tempo de estudo individual com instrumento por dia .....	87
TABELA 21 – Comparação entre instrumentistas de cordas e de sopros nos testes de atenção visual .....	90
TABELA 22 – Comparação entre instrumentistas de cordas e de sopros no teste memória visual .....	90
TABELA 23 – Comparação entre o desempenho nas partes 1 e 2 do teste de memória visual no grupo dos instrumentistas de cordas ( $n = 15$ ) .....	91
TABELA 24 – Comparação entre o desempenho nas partes 1 e 2 do teste de memória visual no grupo dos instrumentistas de sopros ( $n = 15$ ) .....	91
TABELA 25 – Comparação entre instrumentistas de cordas e de sopros no teste de tempo de reação simples .....	91

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Correlação entre idade de início dos estudos musicais e tempo de reação no teste de atenção visual seletiva ( $r = 0,36$ ; $p = 0,026$ ) .....	83
GRÁFICO 2 – Correlação entre idade de início dos estudos musicais e tempo de reação no teste de atenção visual dividida ( $r = 0,37$ ; $p = 0,022$ ) .....	83
GRÁFICO 3 – Correlação entre idade de início dos estudos musicais e tempo de reação no teste de atenção visual sustentada ( $r = 0,39$ ; $p = 0,016$ ) .....	84
GRÁFICO 4 – Correlação entre idade de início dos estudos musicais e tempo de reação no teste de tempo de reação simples ( $r = 0,43$ ; $p = 0,007$ ) .....	84
GRÁFICO 5 – Correlação entre idade de início dos estudos musicais e acurácia no teste de memória visual, partes 1 e 2 ( $r = -0,36$ ; $p = 0,024$ ) .....	85
GRÁFICO 6 – Correlação entre idade de início dos estudos musicais e acurácia no teste de memória visual, parte 2 ( $r = -0,49$ ; $p = 0,002$ ) .....	85
GRÁFICO 7 – Correlação entre tempo de estudo individual com instrumento por dia e tempo de reação no teste de memória visual, partes 1 e 2 ( $r = -0,44$ ; $p = 0,005$ ) .....	88
GRÁFICO 8 – Correlação entre tempo de estudo individual com instrumento por dia e tempo de reação no teste de memória visual, parte 1 ( $r = -0,46$ ; $p = 0,004$ ) .....	88
GRÁFICO 9 – Correlação entre tempo de estudo individual com instrumento por dia e tempo de reação no teste de memória visual, parte 2 ( $r = -0,37$ ; $p = 0,019$ ) .....	89

## RESUMO

A influência da música sobre a função cerebral tem sido alvo da investigação de neurocientistas e músicos desde a década de 1990. Muitos estudos têm demonstrado a existência de processos de neuroplasticidade cerebral, estruturais e funcionais, decorrentes da prática musical prolongada, os quais podem produzir diferenças cognitivas entre músicos e não-músicos. Nosso objetivo geral consistiu em investigar se o treinamento musical intensivo poderia estar associado a capacidades cognitivas visuais aumentadas: atenção visual, em três modalidades – seletiva, dividida e sustentada – e memória visual. Músicos (n = 38), membros permanentes de duas importantes orquestras brasileiras, e não-músicos (n = 38), profissionais e estudantes de diversas áreas do conhecimento, equiparados em relação à idade, gênero e escolaridade, foram submetidos a cinco testes neuropsicológicos: três testes de atenção visual, um teste de memória visual e um teste de tempo de reação simples, os quais avaliaram tempo de reação e acurácia. Os músicos mostraram melhor desempenho em quatro variáveis dos três testes de atenção visual, envolvendo tempo de reação e acurácia, e em três variáveis do teste de memória visual, envolvendo apenas tempo de reação. Tal desempenho não pode ser explicado por melhor integração sensorio-motora, uma vez que não houve diferença entre os grupos no teste de tempo de reação simples. Além disso, foram verificadas correlações significativas entre variáveis relacionadas à experiência musical – como idade de início dos estudos musicais e tempo de estudo individual com instrumento por dia – e algumas variáveis dos testes de atenção e memória visuais. Nossos resultados sugerem haver maior capacidade de atenção visual, em diferentes modalidades, em músicos. O melhor desempenho dos músicos no teste de memória visual também pode indicar maior eficiência dos processos atencionais, já que as diferenças foram observadas apenas em relação aos tempos de reação. Este estudo poderá contribuir para demonstrar possíveis benefícios cognitivos do treinamento musical prolongado.

Palavras-chave: atenção visual; memória visual; neuroplasticidade; treinamento musical

## ABSTRACT

Recognition of the influence of music on cerebral function has incited neuroscientists and musicians to investigate the connections between these two areas since the 1990's. Many studies have demonstrated structural and functional cerebral neuroplastic processes as a result of long-term musical practice, which in turn may produce cognitive differences between musicians and non-musicians. We aimed to investigate if intensive musical training could be associated with improved visual cognitive abilities: visual attention ability, on three different modalities – selective, divided and sustained attention – and visual memory ability. Musicians (n = 38), permanent members of two major Brazilian orchestras, and non-musicians (n = 38), professionals and students from several fields, matched on age, gender and education, were submitted to five neuropsychological tests: three visual attention tests, one visual memory test and one simple reaction time test, which measured reaction time and accuracy. Musicians showed better performance relative to non-musicians on four variables of the three visual attention tests, involving reaction time and accuracy, and on three variables of the visual memory test, involving only reaction time. Such advantage could not be explained by better sensorimotor integration, since there was no difference between groups in the simple reaction time test. Moreover, significant correlations between variables related to musical experience – as age of beginning of musical studies and daily individual instrumental practice – and some variables of visual attention and visual memory tests were verified. Our results mainly suggest augmented visual attention ability, on different modalities, in musicians. The better performance of musicians in the visual memory test may also indicate greater efficiency of attentional processes, since differences were observed only on reaction times. This study may contribute to demonstrate possible cognitive benefits of long-term musical training.

Keywords: visual attention; visual memory; neuroplasticity; musical training

# 1. INTRODUÇÃO

A música surgiu espontaneamente e paralelamente em todas as sociedades humanas conhecidas (Peretz, 2006). Embora não seja possível saber exatamente quando a música surgiu, devido à ausência de registros fósseis relacionados ao canto, evidências arqueológicas mostram um registro contínuo de instrumentos musicais que datam de pelo menos 30.000 anos (D'Errico et al., 2003). Assim, segundo Peretz (2006), a música pode ser considerada como uma antiga capacidade, mais do que como uma recente criação, e parece transcender tempo, espaço e cultura. Peretz (2006), em sua revisão, fornece uma série de evidências que questionam a perspectiva exclusivamente cultural da música e estimulam o estudo dos fundamentos biológicos da capacidade musical, reunindo vários campos de pesquisa como genética, estudos de desenvolvimento, neurociências e musicologia. Além disso, de acordo com a autora, questões a respeito da natureza da música podem gerar implicações, não apenas para músicos, mas para educadores, profissionais da saúde e sociedade em geral.

Segundo Leman (1999), a neuromusicologia, que pode ser abordada como sensorial ou cognitiva, envolve o estudo das atividades musicais humanas e o cérebro, sendo seu objetivo a investigação da codificação neural, localização de funções e princípios dinâmicos envolvidos no processamento da informação musical no ser humano. A neuromusicologia sensorial busca a compreensão dos mecanismos envolvidos no processamento do sinal musical em termos dos processos funcionais, fisiológicos e bioquímicos do sistema auditivo. Assim, o foco da pesquisa está voltado para o estudo das vias de processamento da informação auditiva, desde a cóclea, passando pelo tronco encefálico, até regiões superiores do córtex cerebral. Por outro lado, a neuromusicologia cognitiva é mais voltada para a compreensão do envolvimento de várias regiões cerebrais, principalmente corticais, nos diversos aspectos cognitivos relacionados às experiências musicais, envolvendo, por exemplo, o estudo da representação, memória, discriminação, aprendizagem e associação musicais. Entretanto, o autor ressalta que tal distinção é artificial, já que as duas abordagens devem ser consideradas complementares e que, futuramente, serão reunidas em uma única teoria para a compreensão dos mecanismos neurais envolvidos em diferentes níveis de processamento da informação musical.

O interesse no estudo dos efeitos do treinamento musical no cérebro tem crescido de maneira significativa nas últimas décadas. Músicos constituem um grupo ideal de indivíduos para a investigação de adaptações às exigências únicas da performance musical, assim como para o estudo dos substratos cerebrais envolvidos em habilidades musicais específicas, como ouvido absoluto<sup>1</sup>. Segundo Schlaug (2001), o aspecto mais importante de se considerar músicos como modelo para estudos sobre adaptação estrutural e funcional do cérebro frente a desafios extraordinários é o fato de que o início do treinamento musical geralmente ocorre quando o cérebro ainda pode ser capaz de se adaptar a tais desafios. Considerando a importância dos primeiros anos do desenvolvimento no processo de maturação cerebral, o treinamento musical, iniciado precocemente, poderia resultar em adaptação estrutural, provavelmente reorganização plástica, isto é, mudanças nas conexões sinápticas e/ou nos processos de crescimento de prolongamentos neurais (Baeck, 2002). Além disso, o tempo dedicado ao treinamento musical é considerável. Ericsson et al. (1993), por exemplo, relatam que um violinista, ao longo de seu estudo voltado à performance, acumula aproximadamente 10.000 horas de prática ao completar 21 anos de idade. Assim, é possível a investigação de vários aspectos da aprendizagem, bem como das alterações estruturais e funcionais nos cérebros dos músicos como resultado de suas experiências únicas de treinamento.

Estudos com animais têm fornecido evidências de que a estimulação ambiental pode influenciar o desenvolvimento neural. Ratos criados em ambientes socialmente e cognitivamente complexos apresentam aumento da mielinização do corpo caloso devido a alterações do número e tamanho dos axônios (Juraska & Kopcik, 1988) e aumento do número de células hipocâmpais em relação a ratos criados em isolamento (Kempermann et al., 1998). Outros trabalhos têm mostrado, em animais adultos, efeitos da aprendizagem e prática de habilidades motoras complexas a longo prazo em características microestruturais do cérebro, incluindo maior número de sinapses e células gliais, maior densidade de capilares sanguíneos no córtex motor primário e no cerebelo e novas células hipocâmpais (Black et al., 1990; Isaacs et al., 1992; Anderson et al., 1994; Kleim et al., 1996; Kempermann et al., 1997; Anderson et al., 2002). Estudos em humanos também têm demonstrado alterações plásticas no cérebro após aprendizado e treinamento motor, como maior representação cortical dos

---

<sup>1</sup> O ouvido absoluto proporciona ao seu portador a capacidade de reconhecer com extrema precisão a altura característica de cada nota, possibilitando-o nomear qualquer tom ouvido, sem a necessidade de recorrer a quaisquer referências externas.

dedos (Pascual-Leone et al., 1995a) e maior ativação do córtex motor primário (Karni et al., 1995; 1998) após prática manual.

Como apontam Münte et al. (2002), embora os modelos animais sejam extremamente úteis e importantes para o estudo dos mecanismos celulares e moleculares da neuroplasticidade, possuem algumas limitações relacionadas à gama de estímulos utilizados, às manipulações comportamentais associadas a tais estímulos e à duração do treinamento. Assim, torna-se necessário estender as investigações ao cérebro humano. Avanços significativos têm sido realizados mediante o estudo de processos neuroplásticos transmodais na população cega (e.g. Roder et al., 2001) e surda (e.g. Bavelier & Neville, 2002), bem como o monitoramento dos efeitos da amputação de membros (e.g. Flor et al., 1995). Nessa perspectiva, o estudo envolvendo indivíduos submetidos a treinamento musical prolongado pode trazer contribuições significativas à pesquisa em neuroplasticidade. De acordo com Münte et al. (2002), um pianista, por exemplo, precisa coordenar bimanualmente a produção de até 1.800 notas por minuto. A música, como estímulo sensorial, é altamente complexa e estruturada em diversos níveis, transcendendo a complexidade dos estímulos usualmente utilizados na pesquisa em animais. Além disso, a produção musical requer integração de diversos tipos de informação e precisão no monitoramento da performance.

Várias investigações (e.g. Elbert et al., 1995; Rüsseler et al., 2001; Herdener et al., 2010), que serão abordadas adiante, têm indicado que os músicos possuem características encefálicas, estruturais e funcionais, que não são encontradas em não-músicos e que estão relacionadas com a idade de início dos estudos musicais. Tal reorganização estrutural e funcional pode também produzir diferenças cognitivas entre músicos e não-músicos. Muitos trabalhos (e.g. Rauscher et al., 1997; Vaughn, 2000; Piro & Ortiz, 2009) têm mostrado, em crianças, associações positivas entre treinamento musical e capacidades cognitivas pertencentes ao domínio não-musical, como raciocínio visual-espacial, matemático e verbal. Schellenberg (2001) salienta que as aulas de música podem ser consideradas experiências únicas porque envolvem uma combinação particular de vários aspectos tais como horas de prática individual, leitura à primeira vista, atenção e concentração, percepção de ritmo, treinamento auditivo, presença de *feedback* do professor e exposição à música. Além disso, o aprendizado musical é capaz de desenvolver habilidades gerais, como atender rapidamente a informações temporais, detectar agrupamentos temporais, desenvolver

atenção a várias formas de sinais, aprimorar a sensibilidade emocional e a expressividade e desenvolver habilidades motoras finas. Logo, efeitos positivos de transferência para domínios não-musicais poderiam também ser únicos para os indivíduos que aprendem música.

Segundo Norton et al. (2005), há algumas explicações plausíveis para tais efeitos de transferência. O raciocínio espacial, por exemplo, poderia ser beneficiado uma vez que a notação musical, em si, é espacial – a indicação de altura envolve posicionamentos específicos em uma série de linhas e espaços. Já a melhora do raciocínio matemático poderia ser devida à necessidade de reconhecimento de padrões e entendimento dos conceitos de proporção, fração e subdivisão para a compreensão da notação rítmica. As capacidades verbais, por outro lado, poderiam ser aumentadas tendo em vista que tanto o processamento musical quanto o linguístico requerem a capacidade de segmentação de fluxos sonoros em unidades perceptuais menores (Overy, 2003), além de o processamento linguístico envolver o reconhecimento de padrões globais de altura (entonação) na linguagem falada (Foxton et al., 2003).

Outros estudos (e.g. Brochard et al., 2004; Rodrigues et al., 2007; Huang et al., 2010) têm fornecido evidências de capacidades cognitivas aumentadas em músicos adultos em relação a não-músicos. Entretanto, poucos trabalhos têm investigado a influência do treinamento musical em capacidades cognitivas não-auditivas. Como apontam Brochard et al. (2004), a utilização de material auditivo para o estudo das diferenças entre músicos e não-músicos é de certa forma problemática, já que o processamento do estímulo auditivo é considerado uma tarefa mais familiar para os músicos do que para os não-músicos. Assim, é interessante a avaliação de capacidades cognitivas não-auditivas para a comparação dos dois grupos.

O objetivo deste trabalho é comparar as capacidades de atenção e memória visuais em músicos e não-músicos adultos, mediante a aplicação de testes neuropsicológicos. O estudo poderá contribuir para melhor compreensão dos efeitos do treinamento musical<sup>2</sup> no cérebro humano, particularmente na cognição. Evidências que apontem para um maior desenvolvimento das capacidades visuais em questão no grupo dos músicos poderão indicar benefícios cognitivos da prática musical prolongada.

---

<sup>2</sup> Neste trabalho, treinamento musical e prática musical serão considerados como sinônimos, referindo-se especificamente ao treinamento e prática intensivos.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 PRÁTICA MUSICAL E NEUROPLASTICIDADE**

Mesmo que todos os indivíduos tenham contato ou estejam envolvidos, de alguma forma, com a atividade musical em suas rotinas diárias, eles o fazem com esforço e tempo limitados. Por outro lado, poucos indivíduos se tornam músicos profissionais, mediante prática prolongada e iniciada precocemente. Assim, segundo Münte et al. (2002), os músicos representam um modelo único para o estudo das alterações plásticas no cérebro humano, considerando a complexidade do estímulo envolvido – música – e o grau de exposição a ele. Nas últimas décadas, muitas pesquisas têm descrito, em músicos, alterações neuroplásticas encefálicas, estruturais e funcionais, decorrentes da prática musical prolongada.

#### **2.1.1 PRÁTICA MUSICAL E ALTERAÇÕES ESTRUTURAIS**

Vários estudos têm mostrado diferenças entre músicos e não-músicos em relação a características estruturais do encéfalo (TAB. 1). Schlaug et al. (1995a) investigaram, em músicos e não-músicos, a assimetria anatômica do plano temporal, porção bem definida do córtex auditivo. Foi verificada, em músicos, maior assimetria em direção ao hemisfério esquerdo. Os mesmos pesquisadores descobriram diferenças em outro substrato neuroanatômico, o corpo caloso (região anterior), que também parece ser maior em músicos (Schlaug et al., 1995b). Uma comparação entre subgrupos revelou que tal porção do corpo caloso foi, de maneira significativa, maior em músicos com início precoce do treinamento musical (anterior a sete anos de idade) em relação aos músicos com início mais tardio e também ao grupo controle. Segundo Schlaug (2001), a porção anterior do corpo caloso contém principalmente fibras de regiões frontais relacionadas à motricidade e de regiões pré-frontais, além de ser a última subregião calosa a completar o processo de maturação. Assim, de acordo com o autor, a diferença anatômica observada na porção anterior do corpo caloso em músicos deve ser entendida em um contexto de exigência de maior comunicação inter-hemisférica, permitindo a realização de sequências bimanuais complexas.

Ao avaliar as dimensões do córtex motor dos hemisférios direito e esquerdo em músicos e não-músicos, Amunts et al. (1997) verificaram assimetria, com maiores dimensões no córtex motor esquerdo, em ambos os grupos. Porém, no grupo dos músicos, observou-se menor grau de assimetria, já que o córtex motor direito foi significativamente maior em relação ao grupo controle. Quanto ao córtex motor esquerdo, não houve diferença significativa entre os grupos. Considerando que todos os indivíduos eram destros, os músicos apresentaram maior representação cortical da área responsável pelo controle dos movimentos da mão não-dominante (córtex motor direito). Os pesquisadores ressaltam que a reduzida assimetria do córtex motor dos músicos coincidiu com a ocorrência de menor grau de assimetria manual em um teste motor (*tapping test*) realizado previamente. Este teste consiste em bater repetidamente, flexionando a articulação do punho, um estilete em uma placa de metal durante 20 segundos, uma vez com a mão dominante e posteriormente com a outra mão. O estudo também verificou correlação entre o tamanho do córtex motor de ambos os hemisférios e a idade de início dos estudos musicais. Quanto mais cedo o início dos estudos, maiores as dimensões dos córtices motores direito e esquerdo.

Em estudo retrospectivo, Schlaug et al. (1998) avaliaram o volume do cerebelo de músicos e não-músicos e constataram volume cerebelar relativo médio 5% maior em músicos do sexo masculino quando comparados a não-músicos do mesmo gênero. Em relação ao sexo feminino, não foi encontrada diferença significativa entre musicistas e não-musicistas, o que, segundo os pesquisadores, pode ter sido devido ao menor tamanho da amostra (34 mulheres *versus* 56 homens) e à maior heterogeneidade da mesma. Por outro lado, os resultados obtidos com os homens podem ser interpretados como evidência de adaptações microestruturais no cerebelo em resposta ao início precoce e à prática contínua de sequências bimanuais complexas. Tais alterações microestruturais poderiam levar a diferenças estruturais detectáveis ao nível macroscópico.

O estudo de Gaser & Schlaug (2003), que utilizou a técnica de morfometria baseada em *voxel* aplicada a imagens de ressonância magnética, a qual permite a determinação do volume de substância cinzenta no encéfalo como um todo, e não apenas em regiões definidas *a priori*, verificou, em músicos, aumento do volume de substância cinzenta em áreas cerebrais relacionadas à motricidade (córtex motor primário e pré-motor dos dois hemisférios e córtex cerebelar esquerdo), audição (giro

de *Heschl* esquerdo), processamento visual-espacial (córtex parietal superior dos dois hemisférios) e processamento visual (giro temporal inferior dos dois hemisférios). Segundo os autores, os resultados podem ser vistos como adaptações estruturais em resposta à aquisição e prática intensiva de habilidades, o que foi corroborado pela descoberta de correlações positivas entre o volume de substância cinzenta e a intensidade de prática musical.

Bengtsson et al. (2005) investigaram a influência da prática musical prolongada sobre aspectos estruturais da substância branca cerebral, com a utilização da técnica de imagem com tensor de difusão. Nesta modalidade de imagem, a aplicação de gradientes adequados de campo magnético faz com que haja uma sensibilização para o movimento randômico das moléculas de água – difusão – na direção do gradiente do campo. Esta técnica, portanto, utiliza-se das características de difusibilidade da água e das eventuais restrições impostas a este processo (Engelhardt & Moreira, 2008). A anisotropia fracionada (FA) é uma medida de difusão da água e representa a orientação das estruturas dos feixes de fibras ao longo dos quais as moléculas de água se movem de modo preferencial. Valores altos de FA podem ser relacionados a fatores como grau de mielinização e densidade axonal (Engelhardt & Moreira, 2008). Ao comparar pianistas profissionais e não-músicos, Bengtsson et al. (2005) verificaram, no primeiro grupo, valores mais altos de FA no ramo posterior direito da cápsula interna, que contém fibras dos tratos córtico-espinais, os quais são de extrema importância para os movimentos independentes dos dedos. Além disso, os pesquisadores observaram correlações positivas entre a intensidade de prática musical em diferentes períodos da vida e valores de FA em estruturas como corpo caloso, cápsula interna e tratos de áreas frontais superiores e inferiores (na infância), corpo caloso e tratos de áreas frontais superiores (na adolescência) e cápsula interna e fascículo arqueado (na idade adulta). Segundo os autores, os resultados sugerem que a prática musical prolongada pode levar a alterações plásticas na substância branca, sendo que o aumento da mielinização, estimulado por atividade neural de feixes de fibras durante o treinamento, pode ser um mecanismo subjacente a tais alterações.

Han et al. (2009) avaliaram a densidade de substância cinzenta e a integridade de substância branca, em pianistas e não-músicos, com a utilização das técnicas de morfometria baseada em *voxel* e de imagem com tensor de difusão. Os pesquisadores

verificaram, em pianistas, maior densidade de substância cinzenta no córtex sensório-motor do hemisfério esquerdo e no hemisfério cerebelar direito. Em relação à substância branca, foram encontrados valores mais altos de FA no ramo posterior direito da cápsula interna, corroborando, portanto, o estudo de Bengtsson et al. (2005). Segundo os autores, os resultados sugerem que a prática de piano a longo prazo pode levar a adaptações nas substâncias cinzenta e branca em regiões relacionadas à motricidade. Tais modificações podem refletir maior número de sinapses, volume da glia ou mielinização e diâmetro dos axônios (Anderson et al., 1994; Anderson et al., 2002; Bengtsson et al., 2005).

Groussard et al. (2010) investigaram a densidade de substância cinzenta em áreas que previamente apresentaram maior ativação em músicos durante uma tarefa de recuperação de memória musical de longa duração e observaram, nestes indivíduos, maior densidade na região anterior do hipocampo esquerdo. Tal resultado persistiu após análise do cérebro como um todo. Assim, o estudo fornece evidências de diferença estrutural entre músicos e não-músicos em uma região cerebral classicamente relacionada à memória, capacidade cognitiva particularmente relevante para a prática musical.

*TABELA 1 – Alterações encefálicas estruturais verificadas em músicos*

<b>Região</b>	<b>Alteração estrutural</b>	<b>Referência</b>
Plano temporal	Maior assimetria em direção ao hemisfério esquerdo	Schlaug et al. (1995a)
Corpo caloso	Maior dimensão da região anterior	Schlaug et al. (1995b)
Córtex motor	Menor grau de assimetria entre os hemisférios / Maior volume de substância cinzenta	Amunts et al. (1997); Gaser & Schlaug (2003); Han et al. (2009)
Córtex somatossensitivo	Maior volume de substância cinzenta	Han et al. (2009)
Córtex auditivo	Maior volume de substância cinzenta	Gaser & Schlaug (2003)
Córtex visual e visual-espacial	Maior volume de substância cinzenta	Gaser & Schlaug (2003)
Cerebelo	Maior volume cerebelar relativo médio / Maior volume de substância cinzenta	Schlaug et al. (1998); Gaser & Schlaug (2003); Han et al. (2009)
Cápsula interna	Maior densidade do ramo posterior direito	Bengtsson et al. (2005); Han et al. (2009)
Hipocampo	Maior densidade da região anterior no hemisfério esquerdo	Groussard et al. (2010)

## 2.1.2 PRÁTICA MUSICAL E ALTERAÇÕES FUNCIONAIS

As diferenças encefálicas entre músicos e não-músicos não são apenas estruturais, mas também se relacionam às características funcionais do encéfalo (TAB. 2). O estudo de Elbert et al. (1995) investigou as representações corticais somatossensitivas dos dedos D1 (polegar) e D5 (dedo mínimo) de ambas as mãos em dois grupos de indivíduos: músicos (instrumentistas de cordas) e não-músicos. Após estimulação dos dedos D1 e D5 da mão esquerda, verificou-se que a magnitude de ativação cortical foi maior em músicos do que em não-músicos, evidenciando uma representação cortical aumentada de dedos que são intensivamente usados por instrumentistas de cordas. Os autores ressaltam que tal efeito foi particularmente pronunciado para D5. A representação cortical para D1 foi também aumentada, mas em menor grau em relação à D5, o que pode ser explicado pela menor utilização de D1, quando comparado aos outros dedos, por instrumentistas de cordas. Em relação à representação cortical da mão direita, não foi observada diferença significativa entre os grupos. O grau de representação cortical somatossensitiva da mão esquerda em músicos mostrou correlação com a idade de início dos estudos musicais, sendo que a resposta cortical para estimulação de D5 foi maior em músicos que iniciaram seus estudos mais cedo. Entre os músicos que tiveram um início mais tardio (após os 13 anos de idade), a representação cortical para D5 foi menor, mas, ainda assim, superou o observado no grupo controle.

Pantev et al. (1998) investigaram a representação cortical auditiva em três grupos de indivíduos: músicos com ouvido absoluto, músicos com ouvido relativo e não-músicos. A estimulação acústica consistiu em uma sequência pseudo-aleatória de quatro notas tocadas no piano (Dó4, Dó5, Dó6 e Dó7) e quatro tons puros com as mesmas frequências fundamentais daquelas notas (262, 523, 1046 e 2093 Hz). Os resultados mostraram, em todos os músicos, uma maior representação cortical auditiva em relação aos não-músicos. Após estimulação auditiva, a magnitude total de ativação cortical, que reflete o número de neurônios envolvidos na resposta, foi 25% maior em músicos do que no grupo controle. Curiosamente, este resultado foi verificado apenas quando o estímulo auditivo consistia em tons produzidos no piano. Para tons puros, mesmo que de mesma frequência e intensidade, não foi observada diferença significativa entre os grupos em relação à ativação cortical. Os autores ressaltam que os tons puros não são encontrados em nosso ambiente acústico natural e também não

fazem parte do treinamento musical, o que poderia explicar a ausência de diferença significativa entre músicos e não-músicos. Não foram observadas diferenças entre músicos com ouvido absoluto e músicos com ouvido relativo em relação à ativação cortical. A descoberta de maior representação cortical auditiva nos músicos correlacionou-se também com a idade na qual os estudos musicais começaram: quanto mais jovem, maior o efeito. Nesse estudo, uma diferença marcante foi encontrada entre aqueles que começaram o treinamento musical antes e após os nove anos de idade.

Estudos envolvendo *mismatch negativity* (*MMN*) também mostram diferenças funcionais entre os cérebros de músicos e não-músicos. O *MMN* é um dos componentes dos potenciais evocados no córtex auditivo, obtido quando se apresenta a um indivíduo um bloco de centenas de estímulos idênticos (padrões) que são aleatoriamente substituídos por estímulos acusticamente diferentes (desviantes). Tais diferenças podem ser relativas à frequência, duração, intensidade, localização espacial, características fonéticas, rítmicas e padrão temporal (Santos et al., 2006). É importante ressaltar que o *MMN* ocorre na ausência de atenção ao estímulo. No estudo de Koelsch et al. (1999), violinistas profissionais e não-músicos foram submetidos à estimulação auditiva representada por diversos acordes. Foi verificado que acordes perfeitos levemente alterados, apresentados entre acordes perfeitos maiores, produziram *MMN* apenas em músicos, o que, segundo os autores, demonstra que os mesmos possuem maior capacidade de extrair, anteriormente a engajamento atencional, informações de estímulos musicalmente relevantes. Rüsseler et al. (2001) investigaram a integração temporal em músicos e não-músicos. Durante a estimulação auditiva, foi apresentada uma sequência de tons regularmente espaçados por intervalos de 150 milissegundos, na qual foram introduzidos dois tipos de tons desviantes, espaçados por intervalos menores (100 e 130 milissegundos) que o intervalo padrão. Os resultados mostraram que os músicos apresentaram *MMN* para ambos os tons desviantes, enquanto os não-músicos exibiram *MMN* apenas para tons espaçados por 100 milissegundos. De acordo com os autores, os resultados indicam que o espaço de integração temporal parece ser maior e mais preciso em músicos e que o treinamento musical prolongado é refletido em alterações na atividade neural.

Herdener et al. (2010) avaliaram as respostas neurais no hipocampo à novidade temporal, apresentando aos sujeitos estímulos sonoros desviantes similares àqueles

utilizados por Rüsseler et al. (2001), com três tipos de desvio de espaçamento (142, 130 e 100 milissegundos) em relação ao intervalo padrão (150 milissegundos). Além de seu conhecido papel na memória e navegação espacial (Maguire, 2001; Ekstrom et al., 2003), o hipocampo parecer estar envolvido também em processos de detecção de estímulos novos (Knight, 1996; Strange et al., 1999). O estudo de Herdener et al. (2010), que envolveu duas abordagens – transversal e longitudinal –, mostrou maior ativação da região anterior do hipocampo esquerdo, em resposta à novidade temporal, em músicos profissionais, quando comparados a não-músicos, e também em estudantes de curso superior de Música após um ano de estudos. Segundo os autores, as alterações funcionais observadas no hipocampo podem ser relacionadas ao desenvolvimento de habilidades auditivas, particularmente no que se refere à percepção de intervalos de tempo, ao longo do treinamento musical. Tal ideia é corroborada pela correlação positiva encontrada no estudo entre capacidade musical geral e magnitude das respostas neurais no hipocampo. Os pesquisadores também apontam que existem evidências de que lesões no hipocampo esquerdo em humanos são capazes de prejudicar a discriminação de intervalos de tempo (Samson et al., 2001), o que reforça a relevância desta estrutura para a detecção de novidade temporal na modalidade auditiva.

O estudo de Groussard et al. (2010), já mencionado, investigou a ativação cerebral durante uma tarefa de recuperação de memória musical de longa duração em músicos e não-músicos. Os resultados mostraram maior ativação bilateral da região anterior do hipocampo, dos giros occipital, lingual e frontal orbitomedial e de áreas temporais superiores, assim como maior ativação do córtex cingulado médio. Os pesquisadores sugerem que o treinamento musical pode influenciar os processos relacionados à memória de longa duração, sendo que foi verificada não apenas maior ativação hipocampal, mas também ativação de áreas possivelmente envolvidas na memória autobiográfica, caracterizada por riqueza de detalhes e processamento auto-referencial (e.g. Cabeza & St Jacques, 2007). Assim, ao recuperar a memória musical, os músicos evocariam, por exemplo, imagens visuais e auditivas relacionadas a experiências pessoais vivenciadas pelos mesmos quando do processo de codificação da memória. Segundo os autores, as evidências sugerem a existência de associação positiva entre o treinamento musical e o desenvolvimento dos processos mnemônicos.

Em um estudo neurofisiológico e comportamental, George & Coch (2011) investigaram a capacidade de memória operacional em indivíduos com e sem treinamento musical. Foram avaliadas a amplitude e a latência do P300, um dos componentes dos potenciais evocados, produzidos em resposta a um estímulo desviante apresentado em meio a uma série de estímulos padrão, estando o sujeito atento à estimulação, em tarefas envolvendo memória operacional auditiva e visual. Tanto a amplitude quanto a latência do P300 têm sido relacionadas aos processos de memória operacional. Enquanto a amplitude reflete a facilidade do desempenho na tarefa, a latência é considerada um indicador do tempo de avaliação do estímulo (e.g. Polich, 2007). Os resultados mostraram que os estímulos desviantes produziram componentes P300 com menor latência, tanto em tarefas auditivas quanto visuais, em indivíduos com treinamento musical. Além disso, na tarefa auditiva, os estímulos desviantes também geraram componentes P300 com maior amplitude nestes indivíduos, sendo que, na tarefa visual, foi observada tendência a este mesmo resultado. É importante mencionar que, em ambos os grupos, houve geração de P300 em várias regiões corticais, mas principalmente no córtex têmporo-parietal. Quanto à investigação comportamental, os pesquisadores verificaram melhor desempenho dos indivíduos com treinamento musical em três testes padronizados de memória operacional – fonológica, visual-espacial e executiva<sup>3</sup> – em relação ao grupo controle. Foram observadas correlações significativas entre o tempo de prática musical e a amplitude e latência do P300 na tarefa auditiva e a latência deste componente na tarefa visual. Segundo os pesquisadores, considerando que o treinamento musical requer atender simultaneamente a informações visuais e auditivas em um curto período de tempo, bem como integrá-las, é possível que o desenvolvimento de tal capacidade esteja refletido nas diferenças observadas entre os grupos quanto à latência do P300. De forma semelhante, a maior amplitude do P300 na tarefa auditiva sugere maior facilidade na discriminação auditiva e na atualização da memória operacional. Assim, os resultados neurofisiológicos, assim como os comportamentais, indicam associação positiva entre treinamento musical prolongado e capacidade de memória operacional nos domínios auditivo e visual.

Musacchia et al. (2007) mostraram que as alterações na organização funcional podem envolver também estruturas sensoriais subcorticais, demonstrando que os músicos, em relação ao grupo controle, possuem, no tronco encefálico, respostas auditivas e

---

<sup>3</sup> *Test of Memory and Learning – Second Edition* (Reynolds & Voress, 2007).

audio-visuais maiores e mais precoces a estímulos de fala e música. Os resultados também indicaram correlação positiva entre anos de prática musical e magnitude da ativação do tronco encefálico a estímulos de fala, sugerindo que os músicos podem desenvolver maior representação do atributo altura através do treinamento musical prolongado. Assim, segundo os autores, o estudo sugere que práticas de alta complexidade, como aprender a tocar um instrumento musical, podem exercer impacto nos mecanismos de codificação em estruturas sensoriais subcorticais.

**TABELA 2 – Alterações encefálicas funcionais verificadas em músicos**

<b>Região</b>	<b>Alteração funcional</b>	<b>Referência</b>
Córtex somatossensitivo	Maior representação cortical dos dedos D1 e D5 da mão esquerda	Elbert et al. (1995)
Córtex auditivo	Maior representação cortical de estímulos musicais / Produção de <i>MMN</i> para alterações sutis de altura e padrão temporal / Maior ativação em tarefa de recuperação de memória musical	Pantev et al. (1998); Koelsch et al. (1999); Rüsseler et al. (2001); Groussard et al. (2010)
Córtex visual	Maior ativação em tarefa de recuperação de memória musical	Groussard et al. (2010)
Córtex frontal orbitomedial	Maior ativação em tarefa de recuperação de memória musical	Groussard et al. (2010)
Córtex cingulado médio	Maior ativação em tarefa de recuperação de memória musical	Groussard et al. (2010)
Córtex têmporo-parietal	Produção de P300 com menor latência em tarefas auditiva e visual / Produção de P300 com maior amplitude em tarefa auditiva	George & Coch (2011)
Hipocampo	Maior ativação da região anterior em resposta à novidade temporal e em tarefa de recuperação de memória musical	Herdener et al. (2010); Groussard et al. (2010)
Tronco encefálico	Ativação maior e mais precoce em resposta a estímulos auditivos e audio-visuais de fala e música	Musacchia et al. (2007)

Em um estudo longitudinal, Altenmüller (2001) demonstrou que a ativação cortical durante o processamento da música reflete a “biografia da experiência auditiva”, ou seja, as experiências pessoais do indivíduo acumuladas ao longo do tempo. Assim, a aprendizagem musical poderia resultar em muitas representações da música, inclusive multissensoriais. Em seu estudo, o autor propõe um modelo para representar a relação existente entre a informação auditiva e as redes neurais envolvidas no processamento musical. Segundo o modelo, a complexidade das redes neurais aumenta de acordo com a complexidade da informação. Mais interessante é o fato de o treinamento musical acrescentar representações mentais da música, as quais podem envolver diferentes substratos cerebrais. Tais representações podem ser auditivas, sensório-motoras, simbólicas, visuais, e assim por diante. Desse modo, para um mesmo nível de complexidade da informação auditiva, os músicos profissionais utilizariam redes neurais maiores e mais complexas em relação aos não-músicos.

## 2.2 PRÁTICA MUSICAL E COGNIÇÃO

Os estudos sobre prática musical e neuroplasticidade anteriormente citados indicam a existência de uma reorganização encefálica, estrutural e funcional, como resultado do treinamento musical prolongado, o que poderia influenciar funções cognitivas, produzindo também diferenças entre músicos e não-músicos. Várias pesquisas (Rauscher et al., 1997; Standley & Hughes, 1997; Costa-Giomi, 1999; Graziano et al., 1999; Bilhartz et al., 1999; Hetland, 2000; Rauscher & Zupan, 2000; Vaughn, 2000; Anvari et al., 2002; Ho et al., 2003; Gromko, 2005; Forgeard et al., 2008; Piro & Ortiz, 2009) têm relatado, em crianças, associações positivas entre o estudo formal da música e capacidades cognitivas pertencentes ao domínio não-musical, como raciocínio verbal, matemático e visual-espacial. Segundo Schellenberg (2001), se a educação musical representa um enriquecimento para o ambiente da criança, é possível sugerir que tal enriquecimento seria capaz de promover desenvolvimento neurológico, o que poderia influenciar no incremento de capacidades pertencentes a outros domínios.

Alguns trabalhos também têm demonstrado associações positivas entre treinamento musical e inteligência geral em crianças. Schellenberg (2004), em um estudo longitudinal, distribuiu uma amostra de 144 crianças em quatro grupos: dois grupos experimentais – submetidos a aulas de música (piano ou canto) – e dois grupos controles – um submetido a aulas de teatro e outro não submetido a nenhum tipo de aula artística. O quociente de inteligência (Q.I.) das crianças foi avaliado antes do início das aulas e um ano após o mesmo, mediante a aplicação do *WISC III* (Wechsler, 1991), o qual contém doze subtestes. Em relação às crianças pertencentes aos grupos controles, as crianças que receberam aulas de música apresentaram um maior aumento do Q.I. De acordo com o autor, o efeito foi relativamente pequeno, mas generalizado, considerando que, em dez subtestes, as crianças com treinamento musical apresentaram um resultado superior em relação às outras crianças. Em outro estudo (Schellenberg, 2006), o autor investigou a existência de possíveis associações entre a duração do treinamento musical e o Q.I., avaliando crianças e adultos que receberam aulas de música durante períodos de tempo variados. Na primeira parte do estudo, que envolveu 147 crianças entre seis e 11 anos de idade, foram observadas correlações positivas entre a duração do treinamento musical e o Q.I. Na segunda parte do estudo, que envolveu 150 estudantes universitários entre 16 e 25 anos de

idade, também foram verificadas correlações positivas, porém mais fracas em relação à primeira parte do estudo, entre o tempo de prática musical na infância e o funcionamento intelectual. De acordo com Schellenberg (2006), os resultados indicam que a exposição formal à música durante a infância está associada positivamente ao Q.I., e que tais associações, embora sejam pequenas, parecem ter um caráter amplo e duradouro.

Embora os efeitos do treinamento musical sobre funções cognitivas tenham sido mais bem documentados em crianças, estudos envolvendo adultos com e sem experiência musical, assim como músicos profissionais e não-músicos, os quais serão abordados a seguir, também têm mostrado diferenças entre os grupos em diferentes domínios cognitivos.

As habilidades subjacentes à capacidade de aprendizagem de uma peça musical podem ser semelhantes às aquelas envolvidas na memorização de um poema ou prosa e têm havido, de fato, evidências apontando uma ligação entre prática musical e capacidade de memória verbal (Jakobson et al., 2008). Chan et al. (1998), mediante a utilização de tarefa de aprendizagem a partir de uma lista, relataram maior capacidade de memória para palavras faladas em adultos que receberam treinamento musical antes dos 12 anos de idade e durante pelo menos seis anos, em relação a adultos sem tal treinamento. Kilgour et al. (2000) demonstraram em adultos com prática musical, quando comparados ao grupo controle, melhor desempenho em tarefa de memória verbal, incluindo tanto evocação imediata quanto tardia. Brandler & Rammsayer (2003), ao compararem algumas capacidades cognitivas em músicos profissionais e não-músicos, por meio de uma bateria de testes de inteligência<sup>4</sup>, também observaram maior capacidade de memória verbal em músicos.

Jakobson et al. (2008), com a utilização do *California Verbal Learning Test II* (Delis et al., 2000), investigaram a capacidade de memória verbal em pianistas e não-músicos. Este teste consiste na apresentação auditiva de duas listas de palavras, cada uma delas composta por 16 palavras de quatro categorias semânticas distintas. As evocações, livre e baseada em pista, são testadas após uma fase de aprendizagem e após períodos de intervalo curto e longo. Os resultados do estudo indicaram maior

---

<sup>4</sup> *Achievement Measure System* (Horn, 1983); *Cattell's Culture Free Intelligence Test*, Scale 3 (Weiss, 1971); *Berliner Intelligence-Structure Test, Version 4* (Jäger et al., 1997).

capacidade de memória verbal em músicos, já que eles apresentaram melhor desempenho na evocação baseada em pista após período de intervalo curto e em ambas as evocações, livre e baseada em pista, após período de intervalo longo. Além disso, os músicos apresentaram maior uso de uma estratégia de agrupamento semântico durante a fase de aprendizagem, o que sugere, segundo os autores, que o aumento da capacidade de memória verbal não está relacionado simplesmente à melhor habilidade de memorização, mas, sim, à maior capacidade de extração de informações semânticas, de ordem superior, durante o processo de codificação. Os pesquisadores apontam que a codificação e o armazenamento da informação sobre as relações hierárquicas entre as palavras, assim como no caso das representações estruturais da música, refletem o uso de processos estratégicos de memória. Como menciona Patel (2003), mesmo que estes dois tipos de representação sejam armazenados separadamente, os processos envolvidos na ativação dos mesmos podem depender de um substrato neural comum. De acordo com Jakobson et al. (2008), é possível que alterações neste circuito neural, induzidas pelo treinamento, sejam subjacentes à maior capacidade de memória verbal em músicos verificada no estudo.

O estudo de Franklin et al. (2008), que também comparou músicos e não-músicos, foi dividido em duas partes: na primeira, foi avaliada a capacidade de memória verbal de longa duração, com a utilização do *Rey Auditory Verbal Learning Test* (Schmidt, 1996), o qual envolve um paradigma de aprendizagem por lista, e, na segunda, foi introduzida uma supressão de articulação no mesmo teste, com o objetivo de interferir nos processos de ensaio verbal. Segundo os autores, a supressão de articulação, obtida quando o sujeito é instruído a pronunciar o artigo “*the*” entre cada palavra lida a partir da lista, consiste em uma técnica que impede que o indivíduo realize ensaios com o material verbal a fim de armazená-lo mais facilmente na memória operacional e, posteriormente, na memória de longa duração. Os resultados mostraram que os músicos superaram os não-músicos na parte 1, mas não na parte 2 do estudo. De acordo com os pesquisadores, o fato de o melhor desempenho dos músicos ter sido minimizado com a supressão de articulação pode sugerir a utilização, pelos mesmos, de uma estratégia implícita de ensaio para beneficiar o desempenho no teste. Assim, Franklin et al. (2008) apontam que o treinamento musical pode ser capaz de influenciar a capacidade de memória verbal de longa duração, assim como a memória

operacional, e que mecanismos de ensaio mais eficientes podem ser responsáveis pelo melhor desempenho dos músicos nas tarefas de memória verbal.

Huang et al. (2010) utilizaram um paradigma semelhante ao de Chan et al. (1998) para a investigação da capacidade de memória verbal em indivíduos com e sem treinamento musical. No teste aplicado, 20 palavras, presentes em todos os seis blocos de codificação, eram apresentadas auditivamente e deveriam ser memorizadas pelos sujeitos. Em seguida, nos blocos de recuperação, os indivíduos eram instruídos a evocar o maior número possível de palavras e, finalmente, na tarefa de reconhecimento, na qual 20 novas palavras eram apresentadas em meio ao conjunto anterior, os sujeitos deveriam classificar cada estímulo como “novo” ou “antigo”. Embora não tenha havido diferença significativa entre os grupos quanto à evocação de palavras, os indivíduos com treinamento musical apresentaram maior acurácia na tarefa de reconhecimento. Como ressaltam os autores, a diferença foi pequena, o que pode ter sido atribuído à relativa facilidade do teste, mas significativa. São necessários mais estudos para identificar os aspectos específicos do treinamento musical, como por exemplo, a prática de leitura de partitura, que podem ser responsáveis pelo aumento da capacidade de memória verbal.

Estudos envolvendo técnicas de neuroimagem também têm sugerido processos verbais mais eficientes em músicos e indivíduos com treinamento musical. O estudo de Schlaug et al. (1995a), mencionado anteriormente, investigou a morfometria do plano temporal e verificou maior assimetria em direção ao hemisfério esquerdo em músicos, quando comparados a não-músicos, o que, segundo os pesquisadores, está possivelmente relacionado a habilidades de processamento de linguagem e altura. Ohnishi et al. (2001) avaliaram a ativação cortical em resposta à estimulação auditiva e observaram, em músicos, maior ativação do plano temporal nos dois hemisférios e do córtex pré-frontal dorso-lateral esquerdo. Os autores também verificaram correlação negativa entre o grau de ativação do plano temporal esquerdo e a idade de início do treinamento musical. Alguns estudos (Bever & Chiarello, 1974; Hirshkowitz et al., 1978; Besson et al., 1994) têm demonstrado que os músicos frequentemente exibem maior lateralidade em direção ao hemisfério esquerdo em resposta a estímulos musicais. Em um trabalho mais recente, Fujioka et al. (2006) investigaram a ativação cortical em crianças, durante a escuta a tons de violino, e também observaram maior

lateralidade em direção ao hemisfério esquerdo nas crianças que receberam educação musical durante um ano.

Bialystok & DePape (2009) compararam músicos – instrumentistas e cantores – não-músicos bilíngues e não-músicos monolíngues em tarefas envolvendo processamento executivo, considerando que já foram demonstradas associações positivas entre bilinguismo e controle executivo em indivíduos de diferentes faixas etárias (e.g. Carlson & Meltzoff, 2008; Colzato et al., 2008; Bialystok et al., 2006). Foram aplicados dois testes para avaliação do funcionamento executivo – versões modificadas do teste de *Simon* (Simon & Rudell, 1967) e do teste de *Stroop* (Hamers & Lambert, 1972), envolvendo tarefas espaciais e auditivas, respectivamente. Cada um dos testes apresentou condições controle para avaliação do desempenho dos indivíduos em tarefas sem a presença de conflito, com este presente nas condições experimentais. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre os grupos nas condições controle, ao contrário das condições experimentais. Na versão do teste de *Simon*, envolvendo conflito espacial entre a direção e a posição de um estímulo visual, tanto músicos quanto indivíduos bilíngues apresentaram menores tempos de reação quando comparados aos indivíduos monolíngues, corroborando resultados prévios em relação ao bilinguismo. Já na versão do teste de *Stroop*, envolvendo conflito linguístico e auditivo entre uma palavra apresentada auditivamente e sua altura, os músicos exibiram melhor desempenho em relação aos indivíduos bilíngues e monolíngues, não tendo sido observada diferença entre os últimos. É interessante observar que não foi verificada nenhuma diferença significativa entre instrumentistas e cantores. Assim, os dados sugerem que o treinamento musical pode aumentar o controle executivo em tarefas espaciais, como previamente demonstrado para indivíduos bilíngues, mas também pode exercer tal efeito em tarefas auditivas, ao contrário do bilinguismo. Segundo os autores, o estudo fornece evidências de que o treinamento musical possui tanto efeitos específicos, em uma tarefa auditiva, quanto efeitos gerais, em uma tarefa espacial, no funcionamento executivo. Porém, como ressaltam os pesquisadores, ainda não são claros os mecanismos responsáveis por tais impactos. No caso do bilinguismo, é possível que o melhor controle executivo seja resultado do uso de processos de monitoramento de atenção aos dois sistemas linguísticos ativos. Quanto ao treinamento musical, trata-se de atividade que exige constantemente as capacidades de atenção seletiva e inibição, alternância e

monitoramento, as quais são componentes do funcionamento executivo (Miyake & Shah, 1999).

Cohen et al. (2011) investigaram a capacidade de memória auditiva para sons musicais e não-musicais em músicos e não-músicos. No teste utilizado pelos pesquisadores, vários estímulos sonoros – trechos musicais familiares e não-familiares, sons ambientais e sons de fala – eram sequencialmente apresentados aos sujeitos, os quais deveriam memorizá-los. Em seguida, a mesma quantidade de estímulos era apresentada, sendo que apenas metade já havia sido ouvida pelos indivíduos na fase de aprendizagem, os quais deveriam, portanto, classificar cada estímulo como “novo” ou “antigo”. Os resultados mostraram que os músicos obtiveram melhor desempenho na tarefa de memória auditiva para todos os tipos de estímulos apresentados. Como mencionam os autores, talvez a existência de melhor percepção inicial dos estímulos sonoros não-musicais, o que poderia resultar em maior quantidade de informações disponíveis para os processos de codificação, tenha contribuído para os resultados observados. Contudo, após a realização de uma tarefa de classificação, na qual os sujeitos deveriam identificar cada estímulo sonoro ambiental e de fala apresentados na tarefa de memória, não foram verificadas diferenças significativas entre músicos e não-músicos. É interessante notar que o estudo mostrou que a maior capacidade de memória auditiva em músicos não se restringiu a estímulos musicais, contribuindo para a crescente literatura evidenciando a relação entre treinamento musical e desenvolvimento de diferentes capacidades auditivas (e.g. Hannon & Trainor, 2007; Patel & Iversen, 2007; Kraus & Chandrasekaran, 2010).

### **2.2.1 PRÁTICA MUSICAL E CAPACIDADES VISUAIS**

Vários estudos têm sugerido efeitos positivos do treinamento musical em capacidades cognitivas visuais. Neuhoff et al. (2002) utilizaram um teste no qual foi solicitado aos participantes, com diferentes níveis de experiência musical, que avaliassem a magnitude de intervalos de altura utilizando um analógico visual. Os resultados mostraram que os músicos profissionais forneceram respostas mais precisas, sugerindo melhor uso do domínio visual (distâncias espaciais) para a representação de uma informação sonora (intervalos de altura). Uma condição controle no estudo, na qual diferenças de brilho deveriam ser visualmente mapeadas, mostrou que tal

vantagem encontrada em músicos não poderia ser explicada apenas por maior capacidade sensório-motora.

O estudo de Brochard et al. (2004) investigou capacidades visuais-espaciais em músicos e não-músicos. O experimento principal envolveu a aplicação de um teste neuropsicológico capaz de avaliar capacidades visuais-espaciais de percepção e de imagem mental. Os pesquisadores mediram o tempo de reação dos indivíduos, em uma tarefa na qual era preciso detectar a posição de um ponto em relação a uma linha horizontal (discriminação vertical) ou vertical (discriminação horizontal), apresentados em uma tela de computador. Foram realizadas duas condições experimentais: uma condição de imagem – na qual a linha de referência desaparecia antes que o ponto fosse apresentado, envolvendo, portanto, a necessidade de uma imagem mental da linha – e uma condição de percepção – que envolvia o mesmo procedimento, porém com a permanência da linha na tela. Os resultados mostraram que os tempos de reação foram significativamente menores em músicos em ambas as condições, mas principalmente na discriminação vertical na condição de imagem. Com a utilização de outro teste, a fim de comparar as habilidades sensório-motoras entre os grupos, os autores concluíram que o melhor desempenho dos músicos no teste descrito anteriormente poderia ser apenas parcialmente explicado por uma melhor integração sensório-motora. Os pesquisadores apontam que o aumento das capacidades visuais-espaciais observado nos músicos pode ser devido à experiência de leitura musical, já que a decodificação de altura envolve o reconhecimento das posições relativas das notas musicais ao longo do eixo vertical da partitura. O estudo também ressalta que as diferenças observadas poderiam ser explicadas por processos atencionais mais eficientes em músicos, o que ainda requer maiores investigações.

Em relação à imagem visual-espacial, é importante situá-la em um contexto mais amplo, que talvez seja fundamentado pelo modelo proposto por Altenmüller (2001). Trata-se de um tipo de imagem mental, assim como a imagem auditiva, motora, entre outras. Segundo Kalakoski (2001), a essência da imagem mental é a sua similaridade com os processos de percepção. Em música, é possível ter, por exemplo, uma imagem auditiva de uma peça musical, uma imagem visual de sua partitura, ou uma imagem motora de sua execução em um instrumento. A imagem musical tem sido mais estudada como um exemplo de imagem auditiva, mas é preciso reconhecer que este é apenas um de seus componentes. Moutain (2001) ressalta que frequentemente

há uma considerável interação entre as imagens visual e auditiva. Compositores costumam considerá-las inseparáveis, transitando livremente entre o conceito auditivo e sua representação visual. De acordo com Kvitte (2001), a teoria da música tradicional busca representar visualmente a matéria musical na partitura, a fim de caracterizá-la e evidenciar suas estruturas. Entretanto, o autor ressalta que imagens da forma não são, evidentemente, limitadas a representações no papel. Os músicos fazem espontaneamente suas próprias imagens internas da forma, e parte do processo de aprender a ouvir e a tocar um estilo musical específico consiste no desenvolvimento de imagens que operam em certo sentido, proporcionando a compreensão da música em questão.

O estudo de Kalakoski (2007) envolveu a aplicação de um método para a investigação dos processos de codificação de informações visuais individuais em unidades semânticas maiores e avaliação da influência do treinamento musical nos processos de construção de representações mentais. Músicos e não-músicos foram submetidos a um teste no qual padrões de notas musicais, representados por círculos cheios e vazios, eram visualmente apresentados em uma pauta, um a um, sendo que o sujeito, após a apresentação, deveria se lembrar da sequência de padrões apresentados o mais corretamente possível. As sequências consistiam em trechos melódicos simples, (“sequências musicais”) não familiares aos indivíduos, ou nestes mesmos trechos apresentados de trás para frente (“sequências espelhadas”). Os resultados mostraram que os músicos apresentaram melhor desempenho na tarefa de evocação para ambos os tipos de sequências, além de maior acurácia na evocação de sequências musicais em relação às espelhadas, resultado não verificado no grupo dos não-músicos.

Na segunda parte do estudo, o mesmo teste foi aplicado, desta vez sem a exibição de sequências espelhadas e com as notas musicais apresentadas por escrito, sendo a oitava indicada pelos números 1 e 2. Os músicos, mais uma vez, apresentaram maior acurácia na tarefa de evocação, indicando que o tipo de estímulo visual não influenciou o desempenho destes indivíduos. É importante mencionar que o padrão de erros observado neste teste também mostrou diferenças qualitativas entre os grupos, sugerindo representações mentais distintas. Enquanto os músicos apresentaram mais erros de transposição, entre um e três tons abaixo ou acima da referência, em relação aos não-músicos, estes exibiram mais erros de identificação de oitava quando comparados aos músicos.

Como mencionam os autores, os resultados do estudo indicam que os músicos são capazes de construir, de forma mais eficiente, representações mentais, a fim de conectar informações isoladas, as quais devem ser ativamente mantidas na memória operacional, transformando-as em uma unidade semântica maior. Presumivelmente, no grupo dos músicos, houve a construção de representações auditivas internas a partir dos estímulos visuais apresentados, o que já foi sugerido por outros estudos (e.g. Schürmann et al., 2002; Brodsky et al., 2003). Contudo, como ressaltam os pesquisadores, é possível que outros tipos de representação também sejam construídos a partir da estimulação visual.

Quanto à prática de leitura musical, é preciso fazer algumas considerações. A comparação dos movimentos sacádicos<sup>5</sup> em músicos e não-músicos permite observações interessantes. Segundo Kopiez & Galley (2002), o padrão dos movimentos sacádicos pode ser usado como um possível indicador de transtornos mentais, assim como uma medida da velocidade de processamento da informação visual geral. De acordo com os autores, devido às demandas específicas da leitura musical, parece razoável presumir que o início precoce da prática instrumental com a utilização da leitura de partitura pode ser capaz de modificar a maneira pela qual a informação visual é processada em músicos adultos.

O estudo de Kopiez & Galley (2002), que comparou músicos e não-músicos, mostrou que, durante a execução de tarefas oculo-motoras simples, músicos profissionais produzem movimentos sacádicos mais rápidos e eficientes, com mais movimentos antecipatórios, em relação a não-músicos. Os autores sugerem que os parâmetros de movimento do sistema oculo-motor revelam uma espécie de “impressão digital” da maneira pela qual o indivíduo processa a informação visual, e que tal característica é diferente nos músicos.

Os movimentos sacádicos em músicos e não-músicos adultos também foram investigados por Gruhn et al. (2006), os quais citam outras pesquisas que apontam para a existência de uma conexão direta entre atenção e movimentos sacádicos (Currie et al. 1991; Kinsler & Carpenter, 1995; Biscaldi et al., 2000). Como ressaltam

---

<sup>5</sup> Movimentos sacádicos são movimentos rápidos dos olhos realizados entre fases de fixação. Na percepção visual normal, os olhos humanos executam de três a cinco movimentos sacádicos por segundo (Gruhn et al., 2006).

Gruhn et al. (2006), a fixação, caracterizada por uma supressão voluntária dos movimentos sacádicos, assim como a taxa de movimentos sacádicos expressos, reações entre 80 e 135 milissegundos, envolvem processos no lobo frontal, o qual também participa de mecanismos atencionais. Segundo os pesquisadores, apesar da ausência de diferenças estatisticamente significativas na maior parte dos parâmetros analisados, foi observada clara tendência de superioridade dos músicos em relação às capacidades oculo-motoras. Em geral, os músicos apresentaram tempos de reação menores, maior produção de movimentos sacádicos expressos e maior êxito na correção de erros direcionais e na supressão sacádica. De acordo com os autores, este resultado deve-se provavelmente à prática musical diária, que exige grande concentração, fixação ocular controlada, atenção dirigida e controle voluntário de todos os movimentos finos envolvidos na performance musical.

Wurtz et al. (2009) investigaram a antecipação de movimentos oculares em violinistas. Como mencionam os autores, durante a leitura de partitura, os olhos constantemente estão um pouco à frente do ponto de execução musical. Tal separação entre leitura e ação é comumente denominada “intervalo olho-mão”. Estudos prévios (e.g. Truitt et al., 1997) já demonstraram maior intervalo olho-mão em pianistas experientes, em relação aos menos experientes. Wurtz et al. (2009) verificaram que diferenças estruturais em partituras distintas – com maior e menor complexidade – influenciam o intervalo olho-mão, de forma semelhante ao observado em relação ao nível de habilidade do músico. Especificamente, a partitura com maior complexidade foi associada a menor antecipação em número de notas, maior duração da fixação e a uma tendência a mais fixações regressivas, fixações em direção à esquerda, sendo estes dois últimos resultados similares aos encontrados no caso de leitura textual (Rayner et al., 2006). Como ressaltam os pesquisadores, a leitura de partitura é um mecanismo neural e cognitivo complexo de transformação visual-motora-auditiva, que envolve antecipação, memória operacional, controle motor e controle do *feedback* auditivo. A leitura de partitura requer, portanto, processamento sequencial e paralelo de uma vasta quantidade de informações em curto período de tempo.

Considerando as evidências indicando maior eficiência de processos visuais em músicos, realizamos um estudo comparativo a fim de verificar se o treinamento musical poderia resultar no aumento da capacidade de atenção visual (Rodrigues et al., 2007). Em nosso estudo, 18 músicos e 18 não-músicos foram submetidos a testes

neuropsicológicos indicados para avaliar a capacidade de atenção visual. O grupo dos músicos foi composto por integrantes da Orquestra Sinfônica e da Banda Sinfônica da Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais e o dos não-músicos, por alunos de graduação ou pós-graduação da área biológica da mesma Universidade. Foram aplicados os seguintes testes neuropsicológicos: “Trilhas” (*Trail Making Test*) (Reitan & Wolfson, 1985), subteste “Códigos” (*Digit Symbol*) do *WAIS III* (Wechsler, 1997a) e “Tempo de Reação de Escolha Múltipla” (*Multiple Choice Reaction Time: MCRT*) (Biodata, 1988). Os dois primeiros testes foram utilizados principalmente para que a sensibilidade dos mesmos à proposta desta investigação fosse avaliada. O principal teste aplicado, *MCRT*, exigia que o indivíduo respondesse, por meio de ações motoras específicas, a vários estímulos luminosos apresentados sequencialmente. Para avaliação da capacidade de atenção visual dividida, o teste *MCRT* foi aplicado duas vezes: na primeira, situação 1, isoladamente, e na segunda, situação 2, concomitantemente a um vídeo com outros estímulos visuais, os quais se alternavam aleatoriamente. Ao indivíduo foi solicitado informar verbalmente a ocorrência da mudança dos estímulos do vídeo no momento em que fosse percebida.

Nossos resultados mostraram que, na situação 1, os músicos apresentaram uma porcentagem de respostas corretas significativamente maior em relação aos não-músicos, o que sugere maior capacidade de atenção visual, assim como reações visuais-motoras mais eficientes. Na situação 2, não foi observada diferença significativa na porcentagem de respostas corretas entre os grupos, mas os músicos apresentaram menores tempos de reação aos estímulos do vídeo. Considerando o desempenho equivalente no teste *MCRT* em ambos os grupos, este resultado superior em relação ao tempo de resposta ao vídeo, observado no grupo dos músicos, pode sugerir maior capacidade de atenção visual dividida, indicando que os músicos conseguiram dividir a atenção visual entre os dois conjuntos de estímulos de modo mais eficiente. No teste “Trilhas”, partes A e B, os músicos apresentaram número de erros significativamente menor e no subteste “Códigos” do *WAIS III* não houve diferença significativa entre os grupos. É preciso ressaltar que estes dois testes são comumente utilizados na prática clínica, associados a outros, para investigar a existência de déficits de atenção. Considerando que a proposta da pesquisa foi avaliar a existência de aumento da capacidade de atenção visual, e não de déficit, a ausência de diferenças significativas entre músicos e não-músicos em relação a esses testes

não seria surpreendente. Entretanto, a diferença observada no teste “Trilhas” é mais um indício de maior capacidade de atenção visual em músicos.

É possível fazer uma relação entre os dados encontrados em nosso estudo, principalmente na situação 2 (teste *MCRT* com acoplamento do vídeo), e a prática musical. É interessante notar que, além da atenção visual específica exigida na leitura musical, os músicos lidam constantemente com outros estímulos visuais em suas atividades musicais. Músicos instrumentistas tocam quase sempre em conjunto com outros instrumentistas. Ao mesmo tempo em que tocam seus instrumentos, eles precisam ler a partitura e ainda estar atentos aos movimentos dos outros instrumentistas ou também do regente, no caso de uma orquestra ou banda sinfônica. Os movimentos necessitam ser atendidos rapidamente sem que a leitura musical ou as ações motoras necessárias à performance instrumental sejam prejudicadas. Esses movimentos constituem uma forma essencial de comunicação entre os músicos e são vitais para o sucesso da prática musical em conjunto. Assim, a execução musical, que quase sempre envolve mais de um músico, exige mais de um foco de atenção, já que pelo menos dois tipos de estímulos visuais necessitam ser percebidos simultaneamente – a partitura e o movimento dos outros músicos. Logo, assim como a leitura de partitura, a percepção de movimento é algo bastante trabalhado na rotina profissional dos músicos, o que poderia constituir mais um estímulo para o desenvolvimento dos processos atencionais. Portanto, a maior capacidade de atenção visual dividida em músicos, sugerida em nosso trabalho, pode estar relacionada à prática musical em conjunto, que requer constantemente a necessidade da divisão de atenção.

Patston et al. (2006) compararam músicos e não-músicos destros em uma tarefa de bissecção de linhas (Hausmann et al., 2002), que consiste em marcar o centro de 17 linhas horizontais, de diferentes tamanhos, distribuídas aleatoriamente em uma folha de papel. Segundo Hausmann et al. (2002), neste tipo de tarefa, indivíduos destros e neurologicamente normais tendem a dividir a linha cerca de 2% à esquerda do verdadeiro centro. Tal erro sistemático, denominado pseudonegligência (Bowers & Heilman, 1980), é atribuído à dominância do hemisfério direito em relação à capacidade de atenção visual-espacial (Oliveri et al., 2004). Os resultados de Patston et al. (2006) mostraram que os não-músicos apresentaram maior desvio em direção à esquerda, quando comparados aos músicos, os quais exibiram tendência de desvio

em direção à direita. Além disso, os músicos apresentaram maior acurácia no teste e não mostraram diferença entre o desempenho das mãos direita e esquerda, ao contrário dos não-músicos, que obtiveram melhor resultado com a mão direita. Segundo os autores, a maior acurácia e a menor diferença intermanual sugerem que a atenção visual-espacial pode ser melhor balanceada em músicos, os quais poderiam desenvolver, no hemisfério esquerdo, uma maior capacidade para desempenhar funções que são preferencialmente exercidas pelo hemisfério direito.

Patston et al. (2007a) também investigaram a lateralidade da atenção visual-espacial em músicos e não-músicos destros, comparando acurácia e tempo de reação em uma tarefa de discriminação visual na qual eram apresentados estímulos à esquerda e à direita de uma linha vertical, paradigma semelhante ao utilizado por Brochard et al. (2004) na condição de imagem. Os resultados mostraram que ambos os grupos alcançaram melhor desempenho para os estímulos exibidos à esquerda e que os músicos apresentaram maior acurácia, em relação aos não-músicos, para os estímulos exibidos à direita, o que, segundo os autores, é consistente com os resultados do estudo anterior (Patston et al., 2006), sugerindo, também, melhor balanceamento da capacidade de atenção visual-espacial em músicos. De acordo com os pesquisadores, isso poderia ser associado às demandas cognitivas da prática bimanual de um instrumento desde a infância, o que favoreceria os processos de neuroplasticidade envolvidos no desenvolvimento de uma representação mais equilibrada do espaço. Os resultados também mostraram, em músicos, menores tempos de reação no teste como um todo, o que está de acordo o estudo de Brochard et al. (2004).

Outro estudo de Patston e colaboradores (Patston et al., 2007b) avaliou a lateralidade da atenção visual-espacial com a utilização de uma medida eletrofisiológica – o tempo de transferência interhemisférica. No teste, músicos e não-músicos respondiam a estímulos apresentados nos campos visuais direito e esquerdo enquanto eram submetidos à eletroencefalografia. O tempo de transferência interhemisférica foi calculado comparando-se a latência dos componentes N1 dos potenciais evocados no lobo occipital dos dois hemisférios. De acordo com os autores, vários estudos (e.g. Brown & Jeeves, 1993; Brown et al., 1994; Barnett et al., 2005) têm indicado, em adultos neurologicamente normais, haver menor tempo de transferência do hemisfério direito para o esquerdo, em relação à direção oposta. Isso poderia ser explicado, por

exemplo, por uma maior proporção de axônios mielinizados no hemisfério direito (Miller, 1996) ou um maior número de axônios sendo projetados do hemisfério direito para o esquerdo do que vice-versa (Marzi et al., 1991). O estudo de Patston et al. (2007b) mostrou que os não-músicos apresentaram menor tempo de transferência do hemisfério direito para o esquerdo, em relação à direção oposta, além de uma menor latência do componente N1 no hemisfério esquerdo, quando comparado ao direito. Os músicos, ao contrário, não exibiram nenhuma diferença entre os tempos de transferência interhemisférica, em cada uma das direções, e entre as latências de cada hemisfério.

Assim, em músicos, a informação visual parece ser recebida por ambos os hemisférios, assim como transferida de um hemisfério a outro, com maior equidade, o que é consistente com evidências comportamentais, já mencionadas, sugerindo que a atenção visual-espacial possui uma maior representação bilateral em músicos, quando comparados a não-músicos (Patston et al., 2006; Patston et al., 2007a). Segundo os autores, o treinamento bimanual, inerente à aprendizagem de um instrumento, poderia favorecer o processo de mielinização, resultando em um maior balanceamento das conexões entre os hemisférios, em relação àquele normalmente encontrado em indivíduos sem treinamento musical. Processos mais equilibrados de transferência no corpo caloso seriam vantajosos para os músicos, considerando as constantes exigências de ações motoras bilaterais rápidas em resposta à leitura musical.

Stoesz et al. (2007) investigaram o processamento visual de detalhes em músicos e não-músicos, com a utilização de tarefas de decomposição e de construção. Na primeira parte do estudo, foi utilizado o *Group Embedded Figures Test* (Witkin et al., 1971), que consiste na apresentação de uma série de 25 figuras complexas, cada uma delas contendo um de nove possíveis alvos escondido no desenho. O sujeito é instruído a examinar cada figura e marcar o alvo assim que o identificar. Na segunda parte do estudo, foram utilizados dois testes: o subtteste *Block Design* do *WAIS III* (Wechsler, 1997a), que requer que o indivíduo replique um padrão geométrico, apresentado em um cartão, utilizando as superfícies de diversos cubos coloridos, e uma tarefa envolvendo a reprodução de desenhos de objetos fisicamente possíveis e impossíveis. Os músicos apresentaram melhor desempenho no *Group Embedded Figures Test*, no subtteste *Block Design* e na tarefa de reprodução de desenhos fisicamente impossíveis, o que sugere processamento visual de detalhes mais

eficiente. Segundo os autores, tal resultado pode refletir alterações, induzidas pelo treinamento, no sistema fronto-parietal envolvido no controle de movimentos oculares exploratórios e na atenção visual, capacidades importantes para a leitura musical, que também requer análise de detalhes visuais.

Jakobson et al. (2008), mencionado anteriormente, além da capacidade de memória verbal, avaliaram também a capacidade de memória visual em pianistas e não-músicos. Os pesquisadores utilizaram o *Rey Visual Design Learning Test* (Rey, 1964), no qual o indivíduo precisa memorizar um conjunto de 15 desenhos de figuras geométricas simples apresentadas sequencialmente. A evocação, registrada solicitando-se ao sujeito que desenhe todas as figuras das quais é capaz de se lembrar, é testada após uma fase de aprendizagem e um período de intervalo. Posteriormente, é aplicado também um teste de reconhecimento. Os resultados mostraram que os músicos apresentaram melhor desempenho em duas de cinco tentativas da fase de aprendizagem, na evocação após um período de intervalo e no teste de reconhecimento, o que sugere maior capacidade de memória visual. De acordo com os autores, a habilidade de desenho não foi uma variável confundidora no estudo, uma vez que as figuras do teste eram bastante simples, além de Stoesz et al. (2007) previamente não terem encontrado diferença significativa entre músicos e não-músicos em uma tarefa de reprodução de desenhos fisicamente possíveis. Segundo Jakobson et al. (2008), a associação positiva encontrada entre capacidade de memória visual e treinamento musical pode ser relacionada à maior eficiência em processos envolvidos na atenção visual a detalhes, à maior capacidade de manipulação e armazenamento de imagens na memória operacional, o que facilita o processo de codificação, ou pode refletir um maior uso de processos estratégicos de memória.

Ro et al. (2009) avaliaram a influência do treinamento musical prolongado no processamento visual de objetos familiares aos músicos – os instrumentos musicais. Os pesquisadores investigaram se o processamento de objetos de grande familiaridade, devido à experiência profissional dos sujeitos, poderia ou não ser influenciado pela carga de informações em uma tarefa visual. No estudo, músicos foram submetidos a um teste de classificação de nomes de instrumentos musicais, durante o qual imagens irrelevantes de outros instrumentos eram apresentadas como distratores visuais. Ao contrário dos não-músicos, avaliados previamente por Lavie et

al. (2003) com a utilização do mesmo paradigma, os músicos processaram as imagens irrelevantes de instrumentos musicais mesmo em condições de alta carga de informações na tarefa de classificação. Segundo os autores, os resultados sugerem que, em músicos, o processamento visual de instrumentos musicais não está sujeito a limites da capacidade atencional, implicando um mecanismo especializado de processamento para objetos de grande familiaridade.

O estudo de Rodrigues (2011) investigou a orientação da atenção encoberta em músicos e não-músicos por meio de uma variação do Paradigma de Atenção Encoberta de Posner (1980). Tal teste consiste na apresentação de um ponto de fixação visual no centro de uma tela, onde o voluntário deve manter o foco visual ao longo de toda a tentativa, seguida pela exibição de uma pista indicativa do provável local de apresentação de um alvo e, finalmente, pela apresentação de um alvo ao qual o voluntário deve reagir, usualmente pressionando uma tecla. As pistas podem ser válidas ou inválidas se, respectivamente, informarem o local correto ou incorreto de aparecimento do alvo. Os resultados mostraram que os músicos exibiram melhor desempenho, em relação aos não-músicos, expresso sob a forma de menores tempos de reação e menor porcentagem de erros de omissão particularmente para estímulos apresentados no hemisfério esquerdo. Além disso, enquanto os não-músicos mostraram clara assimetria, com melhor desempenho para estímulos apresentados no hemisfério direito, os músicos exibiram tempos de reação e porcentagem de erros de omissão similares para estímulos apresentados nos dois hemisférios. Os resultados sugerem que o treinamento musical leva a melhora no desempenho de tarefas que requerem constantemente re-orientação da atenção visual-espacial.

Estudos envolvendo técnicas de neuroimagem também têm sugerido processos visuais mais eficientes em músicos. Platel et al. (1997) mostraram a ativação de uma área visual associativa (BA<sup>6</sup> 19) em músicos, durante uma tarefa de discriminação de altura. Os autores sugeriram que os músicos imaginavam as melodias em um eixo visual, a fim de detectar as mudanças de altura. O estudo de Schmithorst & Holland (2003) investigou a relação entre a prática musical e o processamento cerebral de dois elementos musicais, melodia e harmonia. Os resultados mostraram que músicos e não-músicos recrutam redes neurais diferentes para a percepção destes dois elementos. Áreas parietais inferiores foram ativadas somente em músicos durante a

---

<sup>6</sup> Área de Brodmann

percepção de melodia (BA 40) e harmonia (BA 39), e tais áreas já foram descritas como envolvidas em processamento visual-espacial, de modo geral. Gaser & Schlaug (2003), como já mencionado, demonstraram, em músicos, maior volume de substância cinzenta em áreas relacionadas a processamento visual-espacial (córtex parietal superior dos dois hemisférios) e processamento visual (giro temporal inferior dos dois hemisférios).

O estudo de Sluming et al. (2002), que comparou músicos do gênero masculino integrantes de uma orquestra sinfônica e não-músicos, revelou um aumento na densidade de substância cinzenta na área de Broca em músicos. Tal área é um importante substrato neuroanatômico para a linguagem falada e, segundo o estudo, para várias capacidades musicalmente relevantes, incluindo localização visual-espacial e audio-espacial. Os autores interpretaram a descoberta como sendo um desenvolvimento uso-dependente de substância cinzenta em uma região cerebral que possui relevância funcional particular em músicos de orquestra, o que poderia constituir um benefício adaptativo para a performance musical. Mais recentemente, Sluming et al. (2007) mostraram, também em músicos de orquestra, maior ativação da área de Broca durante uma tarefa visual-espacial, assim como melhor desempenho nesta tarefa. O estudo de Groussard et al. (2010), já citado, verificou maior ativação do córtex visual primário em músicos durante uma tarefa de recuperação de memória musical de longa duração, o que foi associado à formação de imagens visuais em resposta à estimulação auditiva ao longo do treinamento musical.

O estudo de Huang et al. (2010), mencionado anteriormente, investigou os substratos neurais envolvidos na capacidade de memória verbal em indivíduos com e sem treinamento musical. Durante a fase de recuperação da memória, os indivíduos com treinamento musical, além de apresentarem maior ativação no córtex frontal, hipocampo e amígdala, exibiram ativação do córtex visual primário, bilateralmente, e do giro occipital médio no hemisfério esquerdo, resultado não verificado nos indivíduos sem treinamento musical. Uma análise mais dirigida, investigando especificamente a ativação de BA 17 e BA 18, definidas *a priori*, confirmou os resultados encontrados na análise do cérebro como um todo. Assim, como mencionam os autores, embora a tarefa de memória verbal tenha envolvido apenas estimulação auditiva, os indivíduos com treinamento musical apresentaram ativação de áreas do córtex visual, o que não

pode ser atribuído a diferenças de processamento gerais entre os grupos, uma vez que não houve diferença em relação à ativação do córtex auditivo.

É interessante observar que o aumento da capacidade de memória verbal tem sido relatado também na população cega (e.g. Roder et al., 2001), assim como a ativação do córtex visual durante a tarefa de memória (Amedi et al., 2003). Portanto, há evidências que sustentam a conexão entre duas linhas distintas de pesquisa em neuroplasticidade, sendo sugerido que o córtex visual poderia funcionar como um substrato extra aos processos mnemônicos em situações especiais. Enquanto na população cega a reorganização funcional transmodal pode ser induzida por déficit sensorial, nos músicos tal reorganização pode ser devida à natureza do treinamento musical prolongado, o qual envolve a necessidade de integração multissensorial e, portanto, o uso de diversos substratos neurais disponíveis.

Em resumo, vários trabalhos têm demonstrado associações positivas entre treinamento musical e capacidades cognitivas visuais. Tais associações envolvem capacidades visuais-espaciais (Neuhoff et al., 2002; Brochard et al., 2004), construção de representações mentais a partir de estímulos visuais (Kalakoski, 2007), capacidades oculo-motoras (Kopiez & Galley, 2002; Gruhn et al., 2006), atenção visual (Rodrigues et al., 2007), balanceamento da atenção visual-espacial (Patston et al., 2006; 2007a; 2007b; Rodrigues, 2011), processamento visual de detalhes (Stoesz et al., 2007), memória visual (Jakobson et al., 2008) e processamento visual de objetos familiares (Ro et al., 2009). Além disso, estudos envolvendo técnicas de neuroimagem têm corroborado as evidências comportamentais, sugerindo processos visuais mais eficientes em músicos (Platel et al., 1997; Schmithorst & Holland, 2003; Gaser & Schlaug, 2003; Sluming et al., 2002; 2007; Groussard et al., 2010; Huang et al., 2010).

## **2.3 ATENÇÃO**

### **2.3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Diversos pesquisadores têm tentado estreitar as definições de atenção, já que se trata de um processo multifacetado (Nabas & Xavier, 2004). Segundo esses autores, atenção, definida de modo simples, corresponde à seleção ou priorização no processamento de certas categorias de informação. Isto é, o sistema de

processamento de informações deve selecionar, a partir de uma miríade de estímulos presentes no ambiente, aqueles que receberão processamento mais intenso e que eventualmente exercerão controle sobre as ações do organismo. Entretanto, Allport (1993) ressalta a existência de controvérsia e ambiguidade referentes ao termo atenção e salienta que esse impasse está presente não só na definição, mas também nas teorias psicológicas que procuram discutir a função e atuação desta função cognitiva.

Muitos autores consideram os mecanismos atencionais como componentes essenciais para os processos cognitivos e/ou de aprendizagem. De acordo com D'Mello & Steckler (1996), a eficiência do aprendizado depende de fatores como motivação, atenção, memória e experiência prévia. Alguns autores, como Fuster (1995), consideram que memória e atenção são funções tão intimamente relacionadas que não devem ser tratadas separadamente, mas sim como aspectos distintos de um mesmo processo.

A atenção é mais comumente relacionada à seletividade do processamento (Nabas & Xavier, 2004). Coull (1998) define atenção como a alocação apropriada dos recursos de processamento para estímulos relevantes e Rizzolatti et al. (1994) afirmam que prestar atenção é selecionar para processamento adicional. Estévez-González et al. (1997) sustentam que a complexidade conceitual, neuroanatômica e neurofuncional da atenção faz com que ela não possa ser reduzida a uma simples definição, nem estar ligada a uma única estrutura anatômica ou explorada com um único teste. Além disso, os autores propõem a existência, no sistema nervoso, de um terceiro sistema fisiológico, o atencional, além dos sistemas motor (eferente) e sensorial ( aferente). Eles também destacam o aspecto seletivo da atenção. Segundo os pesquisadores, o indivíduo é “bombardeado” durante a vigília por sinais sensoriais provenientes do exterior e do interior do organismo. Logo, a quantidade de informação aferente excede a capacidade de nosso sistema para processá-la em paralelo, de modo que se faz necessário um mecanismo neuronal que regule e focalize o organismo, selecionando e organizando a percepção e permitindo que um estímulo possa dar lugar a um “impacto”, ou seja, que possa desenvolver um processo neural eletroquímico. Esse mecanismo neuronal seria a atenção.

Posner (1990) ressalta três principais funções do sistema atencional: (a) orientação para estímulos sensoriais, (b) detecção de sinais para processamento consciente e (c) manutenção de estado de alerta ou vigilância. De maneira complementar, Allport (1991) destaca o papel ecológico da atenção, enfatizando sua importância (a) no caso de um ambiente não totalmente previsível, (b) para organismos com uma ampla gama de objetivos de ação, que, portanto, requerem definição de prioridades e (c) no caso de organismos multifuncionais, como o ser humano, cujos “subcomponentes” (órgãos sensoriais, efetadores e subsistemas cognitivos) geralmente não estão unicamente vinculados a objetivos particulares ou a categorias específicas de ação. Os subcomponentes, portanto, devem ser seletivamente engajados e coordenados para implementar atividades ou objetivos.

Van Der Heijden (1992), entretanto, propõe que a função da atenção não estaria relacionada à seleção de informações mais relevantes a serem processadas, mas sim à promoção de respostas mais rápidas a estímulos ambientais potencialmente importantes. De acordo com o autor, a função principal da atenção seria prover ou melhorar o ganho temporal.

Como apontam Nabas & Xavier (2004), a partir da década de 1980, principalmente, houve um esforço no sentido de se desenvolver testes comportamentais para avaliar os diferentes componentes da atenção e para investigar os circuitos nervosos relacionados a esses processos. Desde então, muitos pesquisadores têm ressaltado que atenção não se refere a um constructo unitário, mas consiste em mecanismos distintos e muitas vezes complementares. Muir (1996) propõe a existência de três formas básicas de atenção: atenção seletiva, atenção dividida e atenção sustentada.

A atenção seletiva refere-se à capacidade de direcionar a atenção para uma determinada porção do ambiente, enquanto os demais estímulos à sua volta são ignorados. Tarefas envolvendo atenção seletiva tipicamente avaliam a resistência a algumas formas de distração e, portanto, requerem a focalização dos recursos de processamento em um número restrito de canais sensoriais. Essa resistência à distração pode ocorrer tanto para assegurar o processamento perceptual adequado de sinais sensoriais relevantes, via um mecanismo de filtragem, quanto para assegurar a seleção e execução adequada de ações importantes.

Atenção dividida refere-se à capacidade de atender concomitantemente a duas ou mais fontes de estimulação, o que pode envolver tanto aspectos espaciais quanto temporais. Testes geralmente empregados para investigar a atenção dividida envolvem o desempenho concomitante de duas tarefas. Espera-se que haja prejuízo de desempenho em situações de tarefa dupla, pois haveria divisão dos recursos de processamento para o desempenho das duas tarefas. Entretanto, como ressaltam Nabas & Xavier (2004), a natureza da divisão da atenção não está clara. Não se sabe se ela envolve uma separação dos recursos de processamento, de modo que cada um dos subcomponentes resultante continue a processar os elementos críticos de cada tarefa em paralelo, ou se essa divisão ocorre no tempo, de modo que os recursos atencionais sejam destinados ao processamento ora de uma tarefa, ora da outra, alternando-se entre ambas.

Já a atenção sustentada corresponde a um estado de prontidão para detectar e responder a certas alterações específicas na situação de estímulos. Tarefas comportamentais usualmente utilizadas para investigar a atenção sustentada geralmente demandam que a atenção seja direcionada para uma fonte de informação por prolongados períodos de tempo. Nessas tarefas, a piora do desempenho ao longo do tempo indica a perda ou instabilidade da concentração, um aspecto da atenção que parece relacionar-se à sua intensidade.

Além destes subcomponentes da atenção descritos por Muir (1996), Coull (1998) admite a existência de um quarto subcomponente, a orientação atencional, que envolveria o simples direcionamento da atenção para um estímulo particular. Tal orientação é geralmente acompanhada por algum movimento da cabeça, dos olhos, ou do corpo todo, produzindo o que é denominado reflexo de orientação. Segundo Turatto et al. (2000), o propósito do reflexo de orientação é permitir que o sistema nervoso central identifique uma nova fonte de estimulação, com o objetivo de preparar o organismo para reagir a ela, caso necessário. Esse tipo de orientação que ocorre de maneira explícita foi denominada por Von Helmholtz (1894 *apud* Van Der Heijden, 1992) de “orientação manifesta” da atenção, em contraposição à “orientação encoberta”, que ocorre sem alterações nas posições dos olhos ou na postura.

### 2.3.2 ATENÇÃO VISUAL

A capacidade de atenção visual é extremamente importante para a percepção visual e, conseqüentemente, para todos os processos que dependem desta, como aprendizagem, memória e diversos tipos de interação com o mundo visual. Diversos modelos explicativos do funcionamento da atenção visual vêm sendo propostos. Como ressaltam Nabas & Xavier (2004), embora haja controvérsias em relação às concepções e também aos diversos aspectos de cada um desses modelos, eles são extremamente úteis, pois, muitas vezes, auxiliam na sistematização das observações realizadas até o momento. Além disso, uma vez que é possível gerar previsões claras sobre potenciais resultados experimentais a partir desses modelos, eles podem ser testados experimentalmente, o que estimula o desenvolvimento de novas pesquisas sobre atenção e promove avanços no conhecimento da área.

Um dos principais modelos de funcionamento da atenção visual é o de Posner et al. Segundo Posner & Dehaene (1994) e Posner & Raichle (1994), existem três funções distintas relacionadas à atenção. Inicialmente, o sistema nervoso promove um aumento no processamento do estímulo selecionado em relação aos demais estímulos presentes. Depois, o processamento do estímulo selecionado deve ser ativamente orientado para áreas corticais apropriadas para ações relacionadas à tarefa desempenhada. Finalmente, há a manutenção do estado de alerta. De acordo com os autores, tais funções são executadas por sistemas distintos.

O sistema atencional posterior, composto pelo córtex parietal posterior, colículos superiores e núcleo pulvinar do tálamo, é responsável por selecionar a localização de um estímulo específico entre muitos e por deslocar a atenção de um estímulo a outro, sendo, portanto, relacionado ao processo de orientação da atenção. Uma vez que a atenção tenha sido mobilizada para um novo local e que os conteúdos visuais tenham sido transmitidos para outras regiões encefálicas, passaria a atuar o sistema atencional anterior, composto pelos córtices frontal e cingulado anterior e pelos núcleos da base. Este sistema está envolvido no recrutamento atencional para detecção de estímulos e controle das áreas cerebrais para o desempenho de tarefas cognitivas complexas (por exemplo, reconhecimento da presença do objeto, de sua identidade e de seu significado, o que possibilita uma reação comportamental adequada). Finalmente, o sistema de vigilância, que inclui os lobos parietal e frontal

direitos, garantiria a manutenção do estado de alerta, que pode ser caracterizado como uma mudança na receptividade geral do sistema nervoso para eventos externos. Em geral, tais mudanças ocorrem após o aparecimento de um estímulo alertante, quando este prepara o organismo para um estímulo por vir. O evento alertante leva à diminuição dos tempos de reação a um segundo evento, provavelmente devido a um aumento geral nos níveis de ativação cortical (Nabas & Xavier, 2004). Do ponto de vista neurobiológico, tal aumento seria produzido por projeções da formação reticular e *locus coeruleus* para diversas regiões encefálicas. Por exemplo, por meio de projeções do *locus coeruleus* para o córtex parietal, núcleo pulvinar do tálamo e colículos superiores, haveria modulação do sistema de orientação atencional pela noradrenalina. Assim, o sistema, uma vez ativado, passaria a processar mais prontamente, por exemplo, o reconhecimento de um objeto (Posner & Raichle, 1994).

Outro modelo de funcionamento da atenção visual foi proposto por Rizzolatti et al. (e.g. Rizzolatti et al., 1994; Rizzolatti & Craighero, 1998). De acordo com essa proposta, denominada teoria pré-motora da atenção seletiva espacial, a atenção visual a uma região particular do espaço corresponde a uma facilitação de subgrupos específicos de neurônios envolvidos na preparação para ações guiadas visualmente e direcionadas àquela porção do espaço. Assim, conforme tal concepção, diferentes fenômenos atencionais estão associados à ativação de redes visuais-motoras, o que inclui os colículos superiores e os diversos circuitos fronto-parietais. Inicialmente, os autores propuseram a existência de uma conexão direta entre atenção e programação do movimento ocular. A ideia básica era que tanto a orientação manifesta quanto a encoberta da atenção fossem controladas por mecanismos neurais que estão envolvidos na programação do movimento sacádico. Assim, quando a pista é apresentada, um programa motor seria preparado, especificando a direção e a amplitude do movimento ocular, sendo que a pré-programação seria independente da ocorrência subsequente do movimento sacádico. Posteriormente, tal suposição foi estendida para outras ações corporais, como, por exemplo, alcance de um objeto ou caminhada em direção a um alvo. Portanto, segundo os pesquisadores, a atenção espacial é uma consequência da ativação dos circuitos corticais e centros subcorticais que estão envolvidos na transformação da informação espacial em ação.

Como apontam Nabas & Xavier (2004), há divergência entre as propostas de Posner et al. e Rizzolatti et al. Enquanto Posner et al. tratam os sistemas neurais subjacentes

à atenção como anatomicamente distintos dos circuitos relacionados a funções sensório-motoras, além de subdividirem os sistemas atencionais em duas porções principais – anterior e posterior – Rizzolatti et al. defendem que a atenção deriva dos mesmos circuitos que determinam a percepção e a atividade motora.

Uma terceira proposta de funcionamento da atenção visual foi apresentada por Treisman & Gelade (1980) e denominada teoria de integração das características. Os autores propõem que as características de um estímulo, como forma, cor, orientação, brilho e direção de movimento, são inicialmente codificadas independentemente umas das outras e que tal codificação ocorre automaticamente. A esse primeiro estágio segue-se a integração das características, a qual seria dependente de atenção. Assim, a atenção direcionada a um local ou característica específica do objeto permitiria integrar essa característica a outras presentes no mesmo objeto ou local. Portanto, como ressaltam Nabas & Xavier (2004), a atenção desempenharia um papel de “cola” para integração das características que compõem um objeto.

Um exemplo de paradigma que reforça as concepções de Treisman & Gelade (1980) é o de busca visual, no qual os sujeitos procuram um alvo específico em um arranjo contendo um número variável de distratores. Na situação em que o indivíduo deve buscar, por exemplo, uma letra “S” azul entre letras “X” verdes e “T” marrons, a característica única chama a atenção porque simplesmente “salta aos olhos”, caracterizando um efeito pré-atencional. Por outro lado, na situação em que o alvo é definido por uma integração de características, quando, por exemplo, o indivíduo deve buscar uma letra “T” verde em meio a letras “X” verdes e “T” marrons, os itens presentes na tela devem ser esquadrihados visualmente até que o alvo seja encontrado. Enquanto nesta situação o tempo de busca varia diretamente com o número de distratores, na situação em que os alvos são definidos por uma única característica, os mesmos são encontrados rapidamente, independentemente do número de distratores (Styles, 1997). Segundo Nabas & Xavier (2004), evidências de que diferentes atributos dos objetos, como cor, forma, movimento, dentre outros, são codificados em regiões encefálicas topograficamente distintas (Briand & Klein, 1987), constituem uma base fisiológica plausível para os pressupostos defendidos pela teoria da integração de características.

Vários estudos, mencionados a seguir, têm mostrado o envolvimento de regiões corticais parietais e frontais, assim como do colículo superior, nos processos de atenção visual. Tais regiões seriam especificamente a área intraparietal lateral e o campo ocular frontal, as quais, anatomicamente, estão conectadas entre si e com áreas corticais visuais (Andersen et al., 1990; Tanaka et al., 1990; Stanton et al., 1995), situação ideal para a captação de informações visuais e *feedback* às áreas relacionadas a este tipo de processamento, a fim de possibilitar a orientação da atenção. É válido ressaltar que, como o colículo superior não possui projeções diretas para o córtex visual, sua influência modulatória seria mediada pelo núcleo pulvinar do tálamo, o qual possui projeções para diversas áreas do córtex extra-estriado (Shipp, 2003). Embora várias evidências apontem para o papel central do sistema frontoparietal nos processos atencionais, indícios sugerindo a participação do tálamo em tais processos indicam que as vias relacionadas à capacidade de atenção visual podem ser mais complexas (Saalmann & Kastner, 2009). McAlonan et al. (2008), por exemplo, demonstraram que a atenção pode modular os sinais visuais no corpo geniculado lateral e no núcleo reticular do tálamo antes que os mesmos cheguem ao córtex.

Tendo em vista a dificuldade na identificação exata do foco da atenção encoberta em animais, há poucos estudos desta natureza relacionando explicitamente a atividade neuronal a um *locus* de atenção claramente definido. Tais pesquisas têm investigado esta relação na área intraparietal lateral (Herrington & Assad, 2010) e no colículo superior (Ignashchenkova et al., 2004). Contudo, a utilização de tarefas de busca visual, nas quais os indivíduos precisam orientar a atenção sobre um conjunto de objetos em busca de um alvo sem mover os olhos, também tem sido útil na identificação das áreas envolvidas em processos atencionais. Estes estudos têm mostrado ativação na área intraparietal lateral (Ipata et al., 2009), no colículo superior (McPeck & Keller, 2002) e no campo ocular frontal (Buschman & Miller, 2007). Paradigmas experimentais envolvendo busca visual também têm contribuído para a investigação das áreas envolvidas na orientação manifesta da atenção. A relação entre a seleção do alvo do movimento sacádico e o início deste movimento foi demonstrada na área intraparietal lateral (Thomas & Pare, 2007), no campo ocular frontal (Sato et al., 2001) e no colículo superior (Shen & Pare, 2007). Assim, é possível que a mesma rede neural participe dos mecanismos de orientação encoberta e manifesta da atenção (Bisley, 2011).

Além das pesquisas que mostram correlações entre registro de atividade neural e medidas comportamentais, vários estudos têm sugerido que a microestimulação ou a inativação de áreas isoladas no sistema fronto-parietal são capazes de influenciar a orientação da atenção. Moore & Fallah (2001), por exemplo, verificaram que a microestimulação do campo ocular frontal favorece, comportamentalmente, a detecção do estímulo. Já Lovejoy & Krauzlis (2010) demonstraram que a orientação encoberta da atenção é prejudicada após inativação do colículo superior.

Em relação às diferentes modalidades atencionais, a atenção visual seletiva parece estar relacionada a aumento da atividade nas vias neurais relevantes ao desempenho da tarefa (Madden et al., 1997). Corbetta et al. (1990; 1991), por exemplo, verificaram que, enquanto a atenção seletiva à forma ou cor de estímulos visuais envolve ativação de regiões occipito-temporais, a atenção à velocidade leva à ativação de regiões occipito-parietais. Estes mesmos autores observaram que a divisão da atenção entre diferentes estímulos está relacionada à ativação de regiões não pertencentes ao sistema visual, como os córtices cingulado anterior e pré-frontal. A ativação do córtex pré-frontal aumenta em função da dificuldade da tarefa e pode representar uma crescente demanda de recursos atencionais, por exemplo, na memória operacional (Grady et al., 1996). Quanto à atenção sustentada, estudos têm mostrado ativação dos córtices cingulado anterior e pré-frontal dorso-lateral, assim como de regiões parietais, principalmente no hemisfério direito, durante tarefas que requerem essa modalidade atencional, independentemente do tipo de estímulo envolvido (e.g. Cohen et al., 1992; Fink et al., 1997; Coull, 1998). Além disso, o declínio na atividade de regiões fronto-parieto-temporais ao longo da tarefa tem sido associado à diminuição do nível de vigilância (e.g. Coull et al., 1998).

Como apontam Noudoost et al. (2010), apesar dos avanços recentes, a compreensão dos circuitos neurais envolvidos nos processos de atenção visual ainda é incipiente. As evidências até o momento não permitem a identificação precisa dos neurônios, transmissões sinápticas e interações neurais locais e globais subjacentes aos efeitos comportamentais da atenção. Da mesma forma, são necessários mais estudos para a investigação das bases neurofisiológicas envolvidas na relação entre atenção e outras funções cognitivas como, por exemplo, memória operacional.

## **2.4 MEMÓRIA**

### **2.4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Segundo Tulving (2000), memória pode ser definida como uma capacidade neurocognitiva para codificar, armazenar e recuperar informação. Um dos principais objetivos da pesquisa em memória, atualmente, tem sido identificar os diferentes sistemas mnemônicos existentes, o que tem levado a uma extensiva taxonomia baseada em diferenças relativas à duração, capacidade de armazenamento, possibilidade de acesso consciente e mecanismos de operação (Brady et al., 2011).

De acordo com Squire (1987), o aprendizado é o processo de aquisição de informação, enquanto que a memória refere-se à persistência do aprendizado em um estado que pode ser evidenciado posteriormente. O aprendizado e a memória podem ser divididos, hipoteticamente, nos seguintes estágios: codificação, armazenamento e evocação. A codificação refere-se ao processamento da nova informação a ser armazenada e envolve duas fases: aquisição, na qual há o registro de informações em arquivos sensoriais e em estágios de análise sensorial, e consolidação, na qual há forte representação da informação através do tempo. O armazenamento, resultado da aquisição e da consolidação, cria e mantém um registro permanente. Por fim, a evocação utiliza a informação armazenada para criar uma representação consciente ou para executar um comportamento aprendido.

Os modelos de memória incluem a distinção entre memória sensorial, memória de curta duração e memória de longa duração, com base em por quanto tempo a memória é retida (Gazzaniga et al., 2006). A principal característica da memória sensorial, cuja duração é medida em milissegundos ou segundos, é seu rápido decaimento. Em geral, a maioria dos modelos mostra que esses traços sensoriais não são diretamente acessíveis à consciência, embora a informação possa ser recuperada da memória sensorial, analisada e trazida à consciência, se o processo for imediato. Além disso, as memórias sensoriais contêm uma representação da informação com base em sensações, ao contrário da representação semântica. Já a memória de curta duração, em geral, é medida em segundos ou minutos, é bastante limitada em capacidade e está prontamente acessível ao processamento consciente. A memória de longa duração refere-se à informação mantida por um período de tempo

significativo e é usualmente classificada em duas divisões principais: memória declarativa, que consiste em conhecimento ao qual temos acesso conscientemente, incluindo o conhecimento de eventos (memória episódica) e de fatos e conceitos (memória semântica), e memória não-declarativa, que envolve conhecimento geralmente não acessível à consciência, como, por exemplo, as memórias de procedimento e os comportamentos simples que derivam do condicionamento.

Os dados iniciais sobre a memória de curta duração levaram à proposição de modelos que sustentavam a existência de estágios distintos de processamento de informação durante o aprendizado e a memória. De acordo com o “modelo modal” (Atkinson & Shiffrin, 1968), a informação é inicialmente armazenada na memória sensorial, sendo que os itens selecionados pelos processos atencionais podem ser transferidos para o armazenamento de curta duração e, se forem repetidos, para a memória de longa duração. Contudo, em razão das limitações deste modelo, novas formulações sobre os mecanismos de memória foram desenvolvidas, como o “modelo dos níveis de processamento”. Craik & Lockart (1972), por exemplo, contribuíram para demonstrar a distinção entre o simples armazenamento da informação na memória de curta duração até sua transferência para a memória de longa duração e o tipo (superficial ou profundo) de codificação necessária para completar tal processo. Assim, segundo este modelo, quanto mais profundamente um item é processado, maior a chance de ser consolidado e armazenado na memória de longa duração.

O conceito de memória operacional foi desenvolvido também com o objetivo de solucionar falhas existentes no modelo modal e de elaborar os tipos de processos mentais que podem ocorrer quando a informação é retida por um período de segundos a minutos. Trata-se de um tipo de memória de curta duração que envolve a realização de operações mentais com o conteúdo armazenado. A memória operacional contém informações que podem ser trabalhadas e processadas, e não simplesmente mantidas para repetição, embora este seja também um aspecto deste tipo de memória (Gazzaniga et al., 2006). Baddeley & Hitch (1974) construíram um modelo de memória operacional em três partes, contendo um mecanismo central executivo para controlar dois sistemas subordinados envolvidos na repetição. O mecanismo central executivo seria um centro de comando e de controle das interações entre os dois sistemas subordinados, podendo ser considerado, conforme Norman & Shallice (1980), como um sistema atencional supervisor (SAS). A alça fonológica, um dos sistemas

propostos no modelo, é um mecanismo sugerido para a informação codificada acusticamente na memória operacional, enquanto que o esboço visual-espacial é baseado em uma representação breve, paralela à alça fonológica, que permite o armazenamento de informação visual ou visual-espacial. Mais recentemente, houve a proposição de um terceiro sistema subordinado ao mecanismo central executivo – o retentor episódico – o qual estaria envolvido no armazenamento de informações da memória de longa duração declarativa (Baddeley, 2000).

Em relação ao SAS, do ponto de vista neurobiológico, sua função estaria relacionada à atividade dos lobos frontais, sendo que danos nesta região usualmente levam à perseverança comportamental e ao aumento da distratibilidade (Shallice, 1988). Segundo este autor, ações aprendidas e automatizadas pelo treinamento extensivo são guiadas por “esquemas”, adquiridos por treinamento prévio, disparados por estímulos ambientais. O SAS teria a prerrogativa de inibir e ativar esquemas diretamente. Assim, a perseverança comportamental se manifestaria em decorrência da preponderância da atividade de um esquema, que inibiria a atividade dos demais esquemas, levando à ação repetitiva correspondente ao esquema ativado. Por outro lado, a distratibilidade surgiria da exposição do indivíduo a diversos estímulos ambientais, resultando em ausência da preponderância da atividade de um esquema sobre a dos demais. Enquanto no primeiro caso a deficiência do funcionamento do SAS em decorrência da lesão frontal implicaria em omissão à necessária inibição do esquema hiperativo, no segundo caso, a disfunção impossibilitaria a seleção de uma ação que ocorreria pela ativação seletiva de um esquema e inativação dos demais.

Os substratos neurais subjacentes aos vários processos de memória diferem, dependendo do tipo de informação a ser retida e de como ela é codificada e evocada. Como mencionam Gazzaniga et al. (2006), os sistemas biológicos de memória incluem, por exemplo, a porção medial do lobo temporal, que está envolvida na formação e consolidação de memórias episódicas e possivelmente de memórias semânticas, o córtex pré-frontal, que participa da consolidação e da evocação da informação, o córtex temporal, que armazena conhecimento episódico e semântico, os núcleos da base e o cerebelo, que estão envolvidos nos processos de memória de procedimento, os córtices parietal inferior e látero-frontal esquerdos, que participam da memória operacional fonológica e o córtex parieto-occipital direito, que está associado à memória operacional visual-espacial, dentre outras estruturas corticais e

subcorticais. Ainda segundo Gazzaniga et al. (2006), o encéfalo não é equipotente no armazenamento de informações e, mesmo que haja cooperação entre várias áreas encefálicas, estruturas individuais formam sistemas que sustentam processos específicos de memória. Em nível celular, mudanças na força das sinapses em redes neurais no lobo temporal medial, no neocórtex e em outras regiões compõem o mecanismo mais provável para os processos de aprendizado e memória.

## **2.4.2 MEMÓRIA VISUAL**

A relação entre memória e visão tem sido considerada um interessante objeto de pesquisa, já que possibilita o estudo tanto dos processos mnemônicos, quanto da natureza das representações armazenadas (Luck & Hollingworth, 2008). Várias investigações têm fornecido evidências, por exemplo, de que, considerando a memória operacional, à medida que o número de itens retidos aumenta, a precisão com a qual cada item é lembrado diminui (e.g. Zhang & Luck, 2008; Bays et al., 2009). Em relação à memória de longa duração, estudos sugerem que é possível armazenar uma grande quantidade de representações detalhadas de objetos, mas apenas no caso de itens significativos que possuam conexão com o conhecimento armazenado (e.g. Konkle et al., 2010). O estudo dos sistemas e processos de memória frequentemente tem como meta a descoberta de princípios gerais do funcionamento mnemônico que possam ser aplicados a diferentes situações, independentemente da natureza da informação armazenada. Contudo, como salientam Brady et al. (2011), a compreensão do conteúdo das representações mnemônicas pode estabelecer delimitações importantes nos modelos de memória.

Muitas funções cognitivas utilizadas no dia a dia requerem a capacidade de retenção da informação visual em um sistema de armazenamento de curta duração ativo e plenamente acessível. Nossa capacidade para este tipo de retenção, entretanto, é surpreendentemente limitada, considerando a complexidade e a riqueza do mundo visual no qual estamos inseridos (Harrison et al., 2010). Investigações dos substratos neurais envolvidos na capacidade de memória visual de curta duração têm demonstrado a participação de uma rede funcional nos córtices pré-frontal lateral e parietal (e.g. Pessoa et al., 2002; Linden et al., 2003; Sala & Courtney, 2007). Contudo, poucos estudos têm explorado as bases neurais relacionadas às limitações da memória visual de curta duração. Uma dessas pesquisas (Todd & Marois, 2004),

por exemplo, identificou uma região no córtex parietal posterior na qual os níveis de ativação durante a tarefa correlacionaram-se às medidas comportamentais da capacidade de memória visual de curta duração. Outro estudo (Harrison et al., 2010) demonstrou que a ativação do sulco intraparietal reflete especificamente a informação espacial retida neste tipo de memória. Uma investigação recente de Nemes et al. (2012) mostrou que o armazenamento da informação cromática na memória visual de curta duração é sujeito à interferência pela apresentação subsequente de outros estímulos cromáticos, embora tal interferência seja seletiva e induzida apenas por estímulos situados em uma faixa relativamente estreita da escala de cores. A relação entre os processos de percepção e memória tem sido demonstrada por estudos que evidenciam a íntima associação entre os mecanismos neurais subjacentes ao armazenamento da informação sensorial na memória de curta duração e aqueles envolvidos no seu processamento perceptual (e.g. Pasternak & Greenlee, 2005; Graham et al., 2010; Kang et al., 2011).

Segundo Keogh & Pearson (2011), tem havido crescente interesse no estudo da memória operacional, devido à sua ubiquidade na vida diária, sua relação com várias funções cognitivas de ordem superior e psicopatologias e a considerável variabilidade individual. Como apontam Brady et al. (2011), o estudo das limitações da memória visual operacional deve considerar tanto o número de itens individuais retidos, quanto a fidelidade com a qual cada item é lembrado. Além disso, é necessário investigar a natureza das unidades de armazenamento na memória operacional, como ocorre a interação entre as diferentes unidades e como o conhecimento previamente armazenado influencia a representação da informação na memória. Segundo os autores, modelos de funcionamento da memória operacional devem ser expandidos de modo a incluir representações mnemônicas que vão além da representação de itens individuais, envolvendo, portanto, estruturação hierárquica. Contudo, os pesquisadores ressaltam que a definição do número de itens que podem ser retidos na memória visual operacional depende do tipo de itens a serem lembrados, do quão precisa deve ser a lembrança, da maneira como os itens são apresentados e da experiência prévia do sujeito em relação aos mesmos. Até mesmo representações de itens simples podem ser estruturadas em múltiplos níveis. O estudo de Keogh & Pearson (2011) mostrou correlação positiva entre as capacidades de memória visual operacional e de imagem mental, corroborando dados de estudos prévios (e.g. Baddeley & Andrade, 2000).

Os substratos neurais subjacentes à memória visual operacional ainda são alvo de debate, sendo que alguns estudos demonstram o envolvimento de estruturas relacionadas a processamento de ordem superior (e.g. Cornette et al., 2001), enquanto outros evidenciam a participação do córtex visual (e.g. Harrison & Tong, 2009). Todd et al. (2011), por exemplo, demonstraram a ativação do córtex pré-frontal lateral, especificamente da junção frontal inferior, no processo de codificação da memória visual operacional, o que, como ressaltam os autores, não exclui a participação de outras regiões, como áreas do córtex visual.

Assim como a memória visual operacional não pode ser considerada simplesmente em termos do número de itens retidos, a memória visual de longa duração não pode ser caracterizada somente pela quantidade de episódios individuais armazenados. Como mencionam Brady et al. (2011), as representações visuais de longa duração são altamente estruturadas, consistindo de múltiplos níveis, desde itens individuais até representações conceituais de ordem superior. Estudos têm mostrado que a memória visual de longa duração pode armazenar milhares de itens com surpreendente fidelidade (e.g. Hollingworth, 2004; Brady et al., 2008) e que tal capacidade depende criticamente da existência de conhecimento armazenado em relação aos itens (e.g. Konkle et al., 2010).

Moscovitch et al. (1995) mostraram que, além da ativação do córtex pré-frontal, redes neurais distintas são ativadas durante a recuperação de diferentes informações armazenadas na memória visual de longa duração: córtex temporal inferior direito (região do giro fusiforme), no caso de informação relacionada à identidade do objeto, e lóbulo parietal inferior direito, (região do giro supramarginal), para informação relacionada à localização espacial. Assim, há evidências de que as vias envolvidas nos processos de percepção dos estímulos visuais – via visual ventral, para conteúdo, e via visual dorsal, para localização – também participam do armazenamento e recuperação desses estímulos. Wais et al. (2010) investigaram o impacto da distração visual na evocação da memória de longa duração e verificaram que o prejuízo na recuperação da memória, devido à apresentação de estímulos visuais irrelevantes, foi associado à interferência funcional em uma rede neural envolvendo, no hemisfério esquerdo, giro frontal inferior, hipocampo e córtex visual secundário.

É válido ressaltar, como apontam Brady et al. (2011), que a pesquisa em memória visual pode contribuir para a pesquisa em visão, fornecendo métodos capazes de testar diferentes modelos de representação visual. Os paradigmas relacionados a este tipo de memória podem auxiliar não apenas a compreensão dos processos e sistemas mnemônicos, mas também o entendimento da natureza das representações visuais.

Por fim, é preciso considerar, como já foi abordado, a íntima relação entre atenção e memória. A atenção é frequentemente interpretada como a “porta de entrada” para o aprendizado e a memória, uma vez que, tipicamente, nós aprendemos e nos lembramos mais de estímulos aos quais nós direcionamos a atenção, em relação àqueles que ignoramos. Contudo, o contrário também é verdadeiro, já que mecanismos relacionados ao aprendizado e à memória possuem um papel fundamental nos processos de seleção que determinam quais estímulos, dentre vários em um ambiente complexo, devem ser atendidos. De fato, como ressaltava Desimone (1996), alguns dos mecanismos envolvidos nas capacidades de memória e atenção são tão interconectados que é possível questionar se há separação entre eles.

### 3. JUSTIFICATIVA

Este trabalho busca investigar possíveis efeitos do treinamento musical prolongado em capacidades cognitivas visuais – atenção e memória – em continuidade ao crescente número de estudos que têm explorado as associações entre prática musical, neuroplasticidade e cognição.

Várias pesquisas, já mencionadas, têm revelado efeitos positivos do treinamento musical em diferentes capacidades cognitivas, particularmente verbais e visuais, em adultos (e.g. Brochard et al., 2004; Patston et al., 2006; 2007a; 2007b; Stoesz et al., 2007; Rodrigues et al., 2007; Jakobson et al., 2008; Franklin et al., 2008; Huang et al., 2010; Rodrigues, 2011).

Dentre estes estudos, alguns têm investigado direta ou indiretamente as capacidades de atenção visual e memória visual. Brochard et al. (2004) apontaram que o aumento das capacidades visuais-espaciais em músicos poderia estar relacionado a processos atencionais mais eficientes nos mesmos, o que representou uma das principais motivações para nossa pesquisa anterior (Rodrigues et al., 2007). Stoesz et al. (2007) também sugeriram que o melhor processamento visual de detalhes, observado no grupo dos músicos, poderia estar relacionado à maior capacidade de atenção visual. Patston et al. (2006; 2007a; 2007b) e Rodrigues (2011), por sua vez, concentraram suas investigações na lateralidade da atenção visual-espacial, verificando melhor balanceamento desta capacidade em músicos. Jakobson et al. (2008) sugeriram efeito positivo do treinamento musical sobre a capacidade de memória visual.

Apesar de nosso estudo prévio (Rodrigues et al., 2007) ter abordado diretamente a capacidade de atenção visual em músicos e não-músicos, com ênfase na avaliação da atenção dividida, a pesquisa não considerou, de forma mais ampla, diferentes modalidades desta capacidade cognitiva, o que foi possível no presente trabalho. Como a prática musical envolve, em momentos distintos, diferentes demandas atencionais, questionamos se o treinamento musical poderia exercer efeitos positivos semelhantes em mais de uma modalidade da capacidade de atenção visual. Nessa perspectiva, nosso trabalho parece ser o primeiro a considerar três modalidades atencionais distintas – atenção visual seletiva, dividida e sustentada. Além disso, em nosso estudo anterior, os voluntários pertencentes ao grupo dos músicos eram, em

sua maioria, alunos de curso superior de Música, membros de formações musicais acadêmicas, as quais visam principalmente proporcionar ao estudante a prática da música em conjunto, preparando-os para a vida profissional. A presente pesquisa, portanto, além de ampliar o tamanho da amostra, propõe avaliar outro perfil de voluntários – músicos integrantes de formações musicais profissionais, as quais possuem ensaios diários em razão do grande número de concertos a serem realizados, o que, supostamente, poderia representar maior demanda atencional.

Cabe ainda ressaltar que, dada a íntima relação entre atenção e memória, torna-se interessante, também, a investigação da capacidade de memória visual em músicos e não-músicos, o que, até o momento, tem sido pouco explorado. Tendo em vista que Jakobson et al. (2008) demonstraram associação positiva entre treinamento musical e memória visual episódica, optamos por avaliar a memória visual de curta duração.

Finalmente, consideramos também relevante, assim como em nosso estudo anterior (Rodrigues et al., 2007), avaliar a existência de possíveis correlações, em músicos, entre as capacidades cognitivas visuais e fatores relacionados à experiência musical, bem como comparar tais capacidades entre músicos com diferentes instrumentos – instrumentistas de cordas e de sopros – a fim de verificar se a categoria de instrumento pode exercer influência no desempenho cognitivo dos indivíduos.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral desta pesquisa é investigar o efeito do treinamento musical sobre as capacidades de atenção e memória visuais.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos do estudo são:

- Investigar o efeito do treinamento musical em três modalidades da capacidade de atenção visual: seletiva, dividida e sustentada.
- Investigar o efeito do treinamento musical na capacidade de memória visual.
- Verificar se existe relação, em músicos, entre as capacidades cognitivas visuais e três fatores relacionados à experiência musical: idade de início dos estudos musicais, tempo e intensidade de prática musical.
- Comparar as capacidades cognitivas visuais entre instrumentistas de cordas e instrumentistas de sopros.

## **5. HIPÓTESE**

A hipótese desta pesquisa sustenta que o treinamento musical prolongado exerce efeito positivo nas capacidades de atenção e memória visuais, o que poderá ser refletido em melhor desempenho dos músicos, quando comparados a não-músicos, em tarefas que envolvam tais capacidades cognitivas.

## 6. MÉTODOS

### 6.1 AMOSTRA

A amostra avaliada foi composta por 76 indivíduos – 38 músicos instrumentistas e 38 não-músicos – que se dispuseram a participar voluntariamente da pesquisa. Todos forneceram consentimento escrito para a participação no estudo (ANEXO I), o qual foi aprovado pelo Comitê de Ética da UFMG em 04 de agosto de 2008 (Parecer nº ETIC 182/08).

Ao longo da coleta de dados, foi realizado cálculo do  $n$  amostral para verificação da adequação do tamanho da amostra utilizada. Segundo Soares & Siqueira (2002), além da necessidade de se ter uma amostra com boa representatividade da população, que pode ser obtida por meio de um planejamento adequado, a quantidade de indivíduos é crucial para a validade das conclusões da pesquisa.

O cálculo do  $n$  amostral foi efetuado considerando a seguinte equação, utilizada usualmente para este tipo de cálculo:

$$n = \frac{\left( z \frac{\alpha}{2} dp \right)^2}{d^2}$$

onde  $n$  = tamanho mínimo da amostra;  $z\alpha/2 = -1,96$  (para  $\alpha = 0,05$ , considerando, portanto, um intervalo de confiança de 95%);  $dp$  = desvio-padrão;  $d$  = erro absoluto máximo.

O desvio-padrão ( $dp$ ) constitui uma estimativa da variabilidade encontrada na população em geral quanto à(s) variável(is) estudada(s). O erro absoluto máximo ( $d$ ) é definido pelo pesquisador e representa o estabelecimento de um valor máximo aceitável para erro em relação ao(s) valor(es) verdadeiro(s) da(s) variável(is) estudada(s) na população em geral. Assim, quanto maior o desvio-padrão da população e menor o erro absoluto máximo estabelecido, maior precisa ser o tamanho da amostra.

Assumindo o erro absoluto máximo ( $d$ ) como  $dp/2,5$ , proporção já considerada em estudos prévios (e.g. Stoesz et al., 2007), e considerando o desvio-padrão de cada variável medida nos testes neuropsicológicos ao longo da coleta de dados, encontramos  $n = 24,01$  para cada grupo. Assim, a amostra utilizada – 38 indivíduos em cada grupo – atende ao tamanho mínimo indicado pelo cálculo do  $n$  amostral.

Conforme mostra a TAB. 3, os grupos – músicos e não-músicos – estão equiparados em relação a gênero, idade e tempo de escolaridade.

*TABELA 3 – Comparação entre músicos e não-músicos em relação a gênero, idade e tempo de escolaridade*

Variável	Músicos ( $n = 38$ )	Não-Músicos ( $n = 38$ )	$p$
Gênero	7 mulheres 31 homens	13 mulheres 25 homens	0,118
Idade	33,32 (7,64)	31,32 (5,69)	0,200
Tempo de escolaridade (anos)	16,69 (2,83)	17,05 (2,38)	0,556

Nota: São mostrados valores de média e desvio-padrão. Os valores  $p$  referem-se ao teste *t de Student*, exceto o associado à variável “gênero”, o qual se refere ao teste Qui-Quadrado.

### 6.1.1 GRUPO DOS MÚSICOS

O grupo dos músicos ( $n = 38$ ) foi composto por instrumentistas da Orquestra Filarmônica de Minas Gerais ( $n = 31$ ), sediada na cidade de Belo Horizonte e em atividade desde 2008, atualmente sob regência titular do Maestro Fábio Mechetti, e também da Orquestra Sinfônica de Minas Gerais ( $n = 7$ ), sediada na cidade de Belo Horizonte e em atividade desde 1976, atualmente sob regência titular do Maestro Roberto Tibiriçá. As orquestras realizam, no mínimo, cinco ensaios por semana, cada um deles com aproximadamente três horas de duração, e possuem intensa programação anual de concertos.

A TAB. 4 mostra as principais características do grupo dos músicos em relação à experiência musical.

TABELA 4 – Caracterização do grupo dos músicos em relação à experiência musical

Variável	Músicos (n = 38)		
	Varição	Média	Desvio-padrão
Idade de início dos estudos musicais	4 - 20	9,68	4,44
Tempo de prática musical total (anos)	11 - 37	23,00	6,70
Tempo de prática musical com orquestra (anos)	4 - 26	13,97	6,05
Tempo de estudo individual com instrumento por dia (horas)	1 - 8,5	3,22	1,26

Quanto ao instrumento principal, 23 músicos (60,5%) são instrumentistas de cordas (onze violinistas, cinco violistas, três violoncelistas e quatro contrabaixistas) e 15 (39,5%), instrumentistas de sopros (quatro flautistas, três clarinetistas, um trompista, três oboístas, dois trompetistas e dois fagotistas). Dos 38 músicos, 23 (60,5%) relataram praticar um instrumento secundário, além do instrumento principal.

As TAB. 5 e 6 mostram comparações entre instrumentistas e cordas e de sopros em relação a gênero, idade, tempo de escolaridade e experiência musical. Para tais comparações foram considerados 15 indivíduos em cada grupo, o que envolveu, portanto, a remoção aleatória de oito instrumentistas de cordas. Nenhuma das variáveis mencionadas nas tabelas mostrou diferença significativa entre os grupos.

TABELA 5 – Comparação entre instrumentistas de cordas e de sopros em relação a gênero, idade e tempo de escolaridade

Variável	Cordas (n = 15)	Sopros (n = 15)	p
Gênero	3 mulheres 12 homens	4 mulheres 11 homens	0,666
Idade	31,33 (6,85)	29,80 (3,16)	0,438
Tempo de escolaridade (anos)	16,26 (2,78)	17,10 (1,96)	0,352

Nota: São mostrados valores de média e desvio-padrão. Os valores p referem-se ao teste *t* de Student, exceto o associado à variável “gênero”, o qual se refere ao teste Qui-Quadrado.

TABELA 6 – Comparação entre instrumentistas de cordas e de sopros em relação à experiência musical

Variável	Cordas (n = 15)			Sopros (n = 15)			p
	Variação	Média	Desvio-padrão	Variação	Média	Desvio-padrão	
Idade de início dos estudos musicais	5 - 15	8,00	2,87	4 - 15	9,13	3,72	0,359
Tempo de prática musical total (anos)	11 - 37	23,47	6,50	12 - 30	19,07	5,31	0,052
Tempo de prática musical com orquestra (anos)	5 - 24	13,20	5,11	4 - 17	10,40	3,88	0,103
Tempo de estudo individual com instrumento por dia (horas)	2 - 5	3,10	0,94	1 - 5	3,03	1,09	0,860

Nota: Os valores p referem-se ao teste t de Student.

### 6.1.2 GRUPO DOS NÃO-MÚSICOS

O grupo dos não-músicos ( $n = 38$ ) foi composto por profissionais e estudantes de diversas áreas do conhecimento, sendo nove (24%) da área de Ciências Humanas, oito (21%) de Ciências Sociais Aplicadas, sete (18%) de Linguística, Letras e Artes, seis (16%) de Ciências da Saúde, cinco (13%) de Ciências Exatas e da Terra e três (8%) de Engenharias. Todos os não-músicos declararam não ler partitura atualmente. Entretanto, seis indivíduos (16%) relataram já ter recebido algum tipo de educação musical formal com prática de leitura de partitura na infância, adolescência ou início da idade adulta. Porém, em nenhum destes casos o tempo total de estudos musicais foi superior a um ano e seis meses. Além disso, cinco indivíduos (13%) mencionaram tocar algum instrumento musical, sem regularidade, atualmente.

## 6.2 PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO

O procedimento de avaliação consistiu na aplicação de questionário, entrevistas diagnósticas padronizadas e testes neuropsicológicos, sendo dividido em três etapas, como descrito a seguir:

- 1) Aplicação de questionário de identificação dos indivíduos

O referido questionário (ANEXO II) forneceu, além de dados básicos de identificação e caracterização dos indivíduos, informações sobre uso de medicamentos, possíveis problemas de visão e doenças. No caso dos não-músicos, o questionário apresentou também questões sobre educação musical formal prévia, prática de instrumento e leitura de partitura. No caso dos músicos, o questionário forneceu informações específicas como idade de início dos estudos musicais, tempo e intensidade de prática musical, instrumento principal e secundário.

Os principais dados obtidos no questionário foram descritos no item 6.1 e encontram-se detalhados no ANEXO III. Em relação à preferência manual, no grupo dos músicos havia 31 indivíduos (81,5%) destros e sete (18,5%) canhotos e, no grupo dos não-músicos, 36 (94,7%) destros e dois (5,3%) canhotos, não existindo diferença significativa entre os grupos ( $p = 0,076$ ).

O grau de escolaridade dos pais dos voluntários, medido em uma escala de 1 a 5 (ensino básico incompleto a pós-graduação, respectivamente) e obtido a partir da média entre a pontuação do pai e da mãe, variável também considerada nos estudos de Stoesz et al. (2007) e Jakobson et al. (2008), apresentou diferença significativa entre os grupos, sendo maior no grupo dos músicos e, particularmente, no caso dos instrumentistas de cordas (músicos:  $2,86 \pm 1,30$  pontos; não-músicos:  $2,21 \pm 1,11$  pontos;  $p = 0,021$  / instrumentistas de cordas:  $3,43 \pm 1,29$  pontos; instrumentistas de sopros:  $2,50 \pm 1,11$  pontos;  $p = 0,044$ ).

Quanto à prática de exercícios físicos, tanto no grupo dos músicos quanto no dos não-músicos, 29 voluntários (76,3%) relataram praticar. Em relação às atividades de lazer dos indivíduos, conforme mostra a TAB. 7, houve considerável diversidade de atividades em ambos os grupos.

Nenhum indivíduo mencionou fazer uso de medicamento com ação sobre o sistema nervoso central ou possuir doenças neurológicas ou psiquiátricas, com exceção de um não-músico que relatou ansiedade. Além disso, todos os participantes declararam possuir bom estado geral de saúde, além de visão normal – 14 músicos (36,8%) e 21 não-músicos (55,3%) – ou corrigida para a normalidade – 24 músicos (63,2%) e 17 não-músicos (44,7%). Quanto aos problemas de visão, a conjunção de miopia e

astigmatismo foi o problema mais frequente entre os músicos – oito indivíduos (33,3%) – e miopia, o mais frequente entre os não-músicos – cinco indivíduos (29,4%).

*TABELA 7 – Atividades de lazer relatadas por músicos e não-músicos*

<b>Atividade de lazer</b>	<b>Músicos (n = 38)</b>	<b>Não-Músicos (n = 38)</b>
Esportes / Exercícios Físicos	50,0%	52,6%
Cinema / Teatro / Televisão	44,7%	60,5%
Passeios / Viagens	21,0%	31,6%
Leitura	18,4%	34,2%
Música	15,8%	31,6%
Jogos	21,0%	7,9%
Artes Visuais	10,5%	13,1%
Computação	10,5%	5,3%
Gastronomia	7,9%	2,6%
Outros	10,5%	5,3%

2) Aplicação da Escala de Sonolência *Epworth* (Johns, 1991) e do *Mini International Neuropsychiatric Interview (M.I.N.I.)*; Sheehan et al., 1998)

A Escala de Sonolência *Epworth* (Johns, 1991) permite a avaliação subjetiva da sonolência diurna, apresentando oito questões que descrevem situações diárias que podem induzir à sonolência. O *M.I.N.I.* (Sheehan et al., 1998) é uma entrevista padronizada que explora diversos transtornos psiquiátricos e está dividido em módulos, cada um correspondendo a uma categoria diagnóstica. Nesta pesquisa, foram aplicados apenas os módulos relacionados abaixo, uma vez que são variáveis que podem influenciar o desempenho cognitivo dos indivíduos e constituem transtornos psiquiátricos prevalentes na população:

- Episódio Depressivo Maior
- Dependência / Abuso de Álcool
- Transtorno de Ansiedade Generalizada

Em relação à pontuação na Escala de Sonolência *Epworth* (0 a 24 pontos), não houve diferença significativa entre os grupos (músicos:  $6,76 \pm 2,87$  pontos; não-músicos:  $8,16 \pm 3,34$  pontos;  $p = 0,055$  / instrumentistas de cordas:  $7,13 \pm 2,41$  pontos; instrumentistas de sopros:  $7,07 \pm 2,43$  pontos;  $p = 0,941$ ), sendo que a pontuação média de cada grupo está aproximadamente dentro da faixa considerada limite (7 a 9 pontos). A quantidade de horas de sono por noite, variável também avaliada no formulário da Escala de Sonolência *Epworth*, não apresentou diferença significativa entre os grupos (músicos:  $7,25 \pm 0,70$  horas; não-músicos:  $7,05 \pm 0,90$  horas;  $p = 0,293$  / instrumentistas de cordas:  $7,20 \pm 0,72$  pontos; instrumentistas de sopros:  $7,50 \pm 0,65$  pontos;  $p = 0,245$ ). Em relação ao *M.I.N.I.*, não houve indício de Episódio Depressivo Maior e Dependência / Abuso de Álcool para nenhum indivíduo. Entretanto, foi verificado indício de Transtorno de Ansiedade Generalizada em quatro indivíduos – um músico e três não-músicos.

3) Aplicação de testes neuropsicológicos computadorizados com a utilização do programa *E-Prime* (Schneider et al., 2002)

Para avaliação das capacidades de atenção visual, nas modalidades seletiva, dividida e sustentada, e de memória visual, foram elaborados testes neuropsicológicos computadorizados com o auxílio do programa *E-Prime* (Schneider et al., 2002). Trata-se de um programa desenvolvido pela *Psychology Software Tools Inc.* (<http://www.pstnet.com/>), que permite a construção de uma grande variedade de paradigmas experimentais, os quais podem exibir apresentações randômicas ou fixas de diversos tipos de estímulos como textos, imagens e/ou sons. Além de oferecer amplo controle sobre vários aspectos referentes aos estímulos, o programa permite precisão temporal em termos de milissegundos na coleta de dados. A principal variável dependente medida é o tempo de reação que, em experimentos computadorizados, é definido como o tempo entre a apresentação do estímulo e o momento em que o sujeito responde a ele pressionando determinada tecla. A acurácia, usualmente medida como a porcentagem de respostas corretas, também é utilizada como variável dependente. Vários trabalhos têm utilizado o programa *E-Prime* em investigações relacionadas a diferentes funções cognitivas como memória verbal (Huang et al., 2010), memória operacional (Cohen-Kdoshay & Meiran, 2007), memórias multissensoriais (Lehmann & Murray, 2005; Murray et al., 2005), percepção auditiva (Tardif et al., 2006; De Santis et al., 2007), atenção visual (Soto & Blanco, 2004; López

et al., 2006) e funcionamento executivo (Bialystok & DePape, 2009). A seguir é apresentada descrição de cada um dos testes neuropsicológicos elaborados como auxílio do programa *E-Prime*. Todos os estímulos visuais foram exibidos em um monitor de 1280 x 800 pixels, o qual foi posicionado a uma distância de aproximadamente 55 centímetros (cm) do voluntário. Os participantes realizaram as tarefas apresentadas nos testes utilizando a mão preferida, sendo que as respostas, com exceção de uma das tarefas do teste de atenção visual dividida, a qual envolveu resposta verbal, eram efetuadas no próprio teclado numérico do computador.

### **Teste de atenção visual seletiva**

O teste de atenção visual seletiva, ilustrado na FIG. 1, consistiu na apresentação aleatória de 60 quadros de estímulos, entre os quais não havia intervalo, contendo, cada um deles, um estímulo-alvo na parte superior da tela e, 3,0 cm abaixo dele, um conjunto de cinco estímulos similares entre si e em relação ao estímulo-alvo. Os estímulos foram selecionados a partir da biblioteca de imagens do programa *Adobe Photoshop* (<http://www.adobe.com/>), buscando-se obter variabilidade entre um quadro e outro, e apresentavam aproximadamente 2,5 cm no eixo vertical e 3,0 cm no eixo horizontal. A tarefa do indivíduo era responder, o mais rápido possível, se o estímulo-alvo estava ou não presente, de maneira idêntica, no conjunto de estímulos, pressionando as teclas “1” ou “2” respectivamente. Cada quadro de estímulos permanecia na tela por, no máximo, 15.000 milissegundos. No caso de ausência de resposta do indivíduo neste período de tempo, o próximo quadro era imediatamente apresentado. A duração média do teste foi de 3 minutos e 30 segundos e as variáveis medidas foram tempo de reação e acurácia, no total de 60 tentativas. Este teste, que consistiu em uma tarefa de busca visual, teve como objetivo avaliar a capacidade de direcionamento da atenção para determinado estímulo. A atenção seletiva refere-se à capacidade de dirigir a atenção para certa porção do ambiente (Muir, 1996).

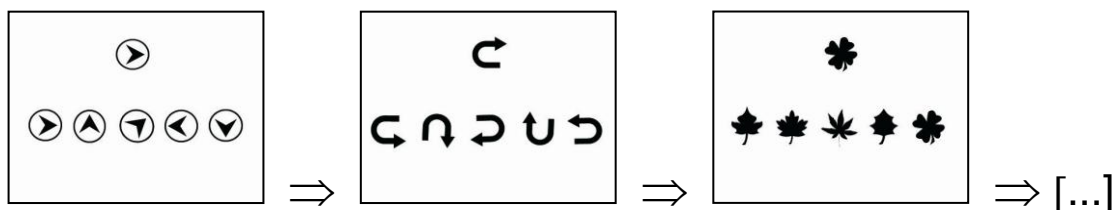


FIGURA 1 – Esquema ilustrativo do teste de atenção visual seletiva

### Teste de atenção visual dividida

O teste de atenção visual dividida, ilustrado na FIG. 2, consistiu na apresentação da letra “X” em três possíveis condições (“X”, “XX” ou “XXX”), no centro da tela, e/ou de outra letra, apresentada 6,0 cm acima do ponto central. As letras apresentavam aproximadamente 0,5 cm nos eixos vertical e horizontal. Ao longo do teste, foram exibidos aleatoriamente 90 quadros de estímulos, entre os quais havia o intervalo de 1.000 milissegundos, sendo 30 quadros com apenas a letra “X” (“X”, “XX” ou “XXX”), 30 com a letra “X” (“X”, “XX” ou “XXX”) e outra letra, e 30 com apenas outra letra. As tarefas do sujeito eram responder, o mais rápido possível, ao aparecimento de “X”, “XX” e “XXX”, pressionando as teclas “1”, “2” ou “3” respectivamente (tarefa 1), e contar mentalmente, dizendo ao final do teste, quantas vezes a letra “A” havia sido apresentada (tarefa 2). Ao todo, a letra “X” (“X”, “XX” ou “XXX”) era exibida 60 vezes e a letra “A”, 25 vezes. Cada quadro de estímulos permanecia na tela por, no máximo, 5.000 milissegundos quando a apresentação envolvia a letra “X” (“X”, “XX” ou “XXX”), estando ou não presente outra letra, e por 1.000 milissegundos quando a apresentação envolvia apenas outra letra. No caso de ausência de resposta do indivíduo aos quadros que exibiam a letra “X” no período de tempo mencionado, o próximo quadro era apresentado após o intervalo padrão de 1.000 milissegundos. A duração média do teste foi de 3 minutos e as variáveis medidas foram tempo de reação e acurácia na tarefa 1, no total de 60 tentativas, e número de erros na tarefa 2. Este teste, que consistiu em uma tarefa dupla, teve como objetivo avaliar a capacidade de divisão da atenção entre dois estímulos visuais. A atenção dividida refere-se à capacidade de atender concomitantemente a duas ou mais fontes de estimulação (Muir, 1996).

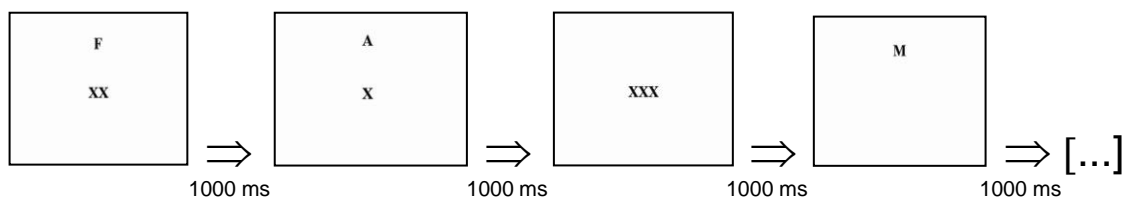
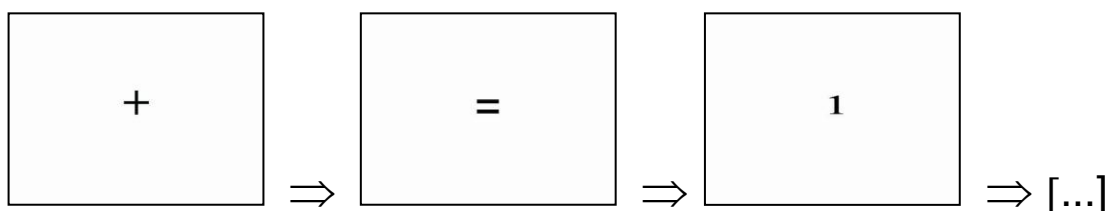


FIGURA 2 – Esquema ilustrativo do teste de atenção visual dividida

### **Teste de atenção visual sustentada**

O teste de atenção visual sustentada, ilustrado na FIG. 3, consistiu na apresentação, no centro da tela, dos números “1”, “2” ou “3” ao longo da apresentação alternada dos símbolos “+” e “=”, cuja frequência aumentava gradativamente. Os estímulos apresentavam aproximadamente 0,5 cm nos eixos vertical e horizontal. Cada símbolo era exibido 75 vezes na primeira parte do teste, com a duração de 600 milissegundos, 90 vezes na segunda parte, com a duração de 500 milissegundos, e 113 vezes na terceira parte, com a duração de 400 milissegundos. Em cada uma das partes, os números “1”, “2” ou “3” eram apresentados aleatoriamente 18 vezes, totalizando 54 exibições. Não havia intervalo entre o aparecimento de um símbolo e outro ou entre um símbolo e um número. O intervalo entre o aparecimento de um número e outro poderia variar de 1.000 a 9.000 milissegundos. As três partes do teste ocorriam sequencialmente, não havendo qualquer intervalo entre elas. A tarefa do indivíduo era responder, o mais rápido possível, ao aparecimento de “1”, “2” e “3”, pressionado as teclas “1”, “2” ou “3” respectivamente. Cada número permanecia na tela por, no máximo, 5.000 milissegundos. No caso de ausência de resposta do indivíduo neste período de tempo, o próximo estímulo (símbolo “+” ou “=”) era imediatamente apresentado. A duração média do teste foi de 5 minutos e as variáveis medidas foram tempo de reação e acurácia, no total de 54 tentativas. Este teste teve como objetivo avaliar a capacidade de manutenção da atenção visual durante um período de tempo maior. A atenção sustentada corresponde a um estado de prontidão para detectar e responder a alterações de estímulos (Muir, 1996).



*FIGURA 3 – Esquema ilustrativo do teste de atenção visual sustentada*

### **Teste de memória visual**

O teste de memória visual, ilustrado na FIG. 4, consistiu na apresentação de quatro quadros contendo, cada um deles, oito estímulos dispostos regularmente em duas fileiras na região central tela. Cada quadro permanecia na tela durante 10.000

milissegundos e era seguido por 24 estímulos, exibidos individual e aleatoriamente, também no centro da tela, entre os quais havia o intervalo de 1.000 milissegundos. Tais estímulos poderiam pertencer (oito) ou não (dezesesseis) ao quadro previamente apresentado. Os estímulos foram selecionados a partir da biblioteca de imagens do programa *Adobe Photoshop*, sendo diferentes daqueles utilizados no teste de atenção visual seletiva, e apresentavam aproximadamente 3,0 cm nos eixos vertical e horizontal. Para que fosse possível investigar o desempenho dos indivíduos em diferentes níveis de dificuldade da tarefa, o teste foi dividido em duas partes: na parte 1 (primeiro e segundo quadros) os estímulos possuíam maior codificação semântica e, na parte 2 (terceiro e quarto quadros), menor codificação semântica. As duas partes do teste ocorriam sequencialmente, não havendo qualquer intervalo entre elas. A tarefa do sujeito era responder, o mais rápido possível, se os estímulos individuais apresentados estavam ou não presentes, de maneira idêntica, no quadro de estímulos memorizado, pressionando as teclas “1” ou “2” respectivamente. Cada estímulo permanecia na tela por, no máximo, 5.000 milissegundos. No caso de ausência de resposta do indivíduo neste período de tempo, o próximo estímulo era apresentado após o intervalo padrão de 1.000 milissegundos. A duração média do teste foi de 2 minutos e 30 segundos e as variáveis medidas foram tempo de reação e acurácia, tanto no teste como um todo, totalizando 96 tentativas, quanto separadamente em cada uma de suas partes, totalizando 48 tentativas. Este teste, que consistiu em uma tarefa de reconhecimento, teve como objetivo avaliar a capacidade de memória visual de curta duração.

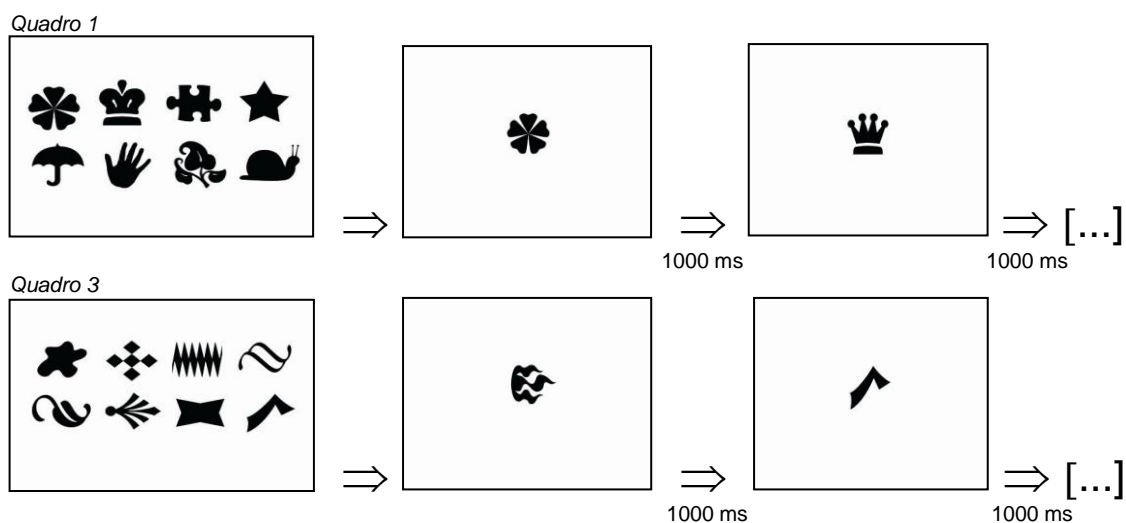
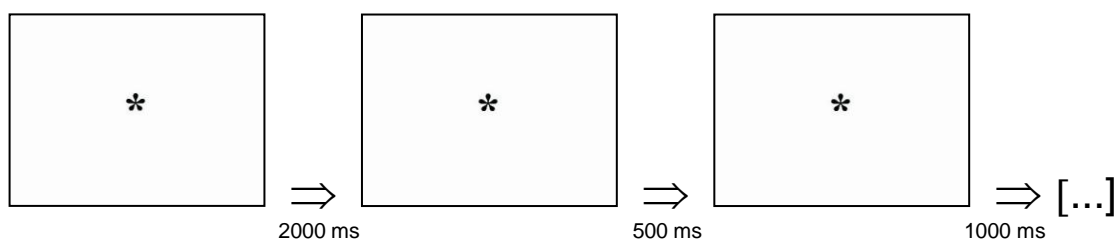


FIGURA 4 – Esquema ilustrativo do teste de memória visual

### Teste de tempo de reação simples

Foi também elaborado um teste de tempo de reação simples, com o objetivo de avaliar a capacidade motora geral dos indivíduos, uma vez que um melhor desempenho nos testes de atenção e memória visuais, descritos anteriormente, poderia ser explicado por uma melhor integração sensório-motora. O teste de tempo de reação simples, ilustrado na FIG. 5, consistiu na apresentação do símbolo “\*”, no centro da tela, em intervalos de tempo variados (entre 500 e 2.500 milissegundos). Ao longo do teste, este símbolo era apresentado 40 vezes e possuía 0,7 cm nos eixos vertical e horizontal. A tarefa do indivíduo era responder, o mais rápido possível, ao aparecimento de “\*”, pressionando a tecla “1”. O estímulo permanecia na tela por, no máximo, 3.000 milissegundos. No caso de ausência de resposta do indivíduo neste período de tempo, o próximo estímulo era apresentado após um intervalo de tempo variável. A duração média do teste foi de 1 minuto e a variável medida foi tempo de reação, no total de 40 tentativas.



*FIGURA 5 – Esquema ilustrativo do teste de tempo de reação simples*

A escolha dos estímulos visuais utilizados em cada um dos testes neuropsicológicos foi pautada na busca pela maior variabilidade possível de estimulação. Assim, nos diferentes testes, foram exibidos figuras, letras, números e símbolos com o objetivo de permitir ao indivíduo, a cada teste, o contato com novos estímulos, tornando mais dinâmico o procedimento de avaliação como um todo e diminuindo a probabilidade de interferência entre os testes.

Cada teste neuropsicológico descrito foi precedido por instruções padronizadas, exibidas na tela do computador, a respeito da tarefa a ser cumprida (ANEXO IV). Os três testes de atenção visual, após a apresentação das instruções, foram precedidos também por um pequeno treino para maior familiaridade do sujeito com a tarefa a ser executada.

Os testes foram realizados em diferentes locais (Universidade Federal de Minas Gerais, Palácio das Artes – MG e residências dos voluntários), porém sempre pelo mesmo pesquisador, com o mesmo equipamento e em condições similares quanto ao posicionamento deste em relação ao sujeito. A duração total do procedimento de avaliação para cada indivíduo foi de aproximadamente 40 minutos. A ordem dos procedimentos realizados foi a seguinte:

- A) Preenchimento do termo de consentimento livre e esclarecido
- B) Preenchimento do questionário de identificação
- C) Preenchimento da Escala de Sonolência *Epworth*
- D) Aplicação do *M.I.N.I.* (Módulos: Episódio Depressivo Maior; Dependência / Abuso de Álcool; Transtorno de Ansiedade Generalizada)
- E) Realização do teste de atenção visual seletiva
- F) Realização do teste de atenção visual dividida
- G) Realização do teste de atenção visual sustentada
- H) Realização do teste de memória visual
- I) Realização do teste de tempo de reação simples

Anteriormente à coleta dos dados, foi realizado um teste piloto, com seis indivíduos em cada grupo, para que o delineamento metodológico do estudo pudesse ser avaliado. Com a realização do piloto, foi possível principalmente o aprimoramento dos testes neuropsicológicos elaborados. A coleta dos dados foi realizada entre abril de 2010 e dezembro de 2011.

## 6.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Primeiramente, a normalidade de cada variável medida foi verificada utilizando-se o teste *Kolmogorov-Smirnov*, em cada grupo separadamente. A comparação entre as médias de dois grupos de indivíduos foi feita aplicando-se o teste *t de Student* para amostras independentes, para as variáveis que apresentaram distribuição próxima à normal. O teste não-paramétrico *Mann-Whitney* foi utilizado para as variáveis que não exibiram distribuição próxima à normal. O teste *t de Student* para amostras pareadas foi aplicado para comparação entre as médias dos mesmos indivíduos nas partes 1 e 2 do teste de memória visual.

A correlação entre o desempenho dos músicos nos testes e fatores relacionados à experiência musical – idade de início dos estudos musicais, tempo de prática musical total e com orquestra e tempo de estudo individual com instrumento por dia – foi verificada através do teste de *Pearson*, no caso de dados com distribuição normal, e do teste de *Spearman*, no caso de dados com distribuição não normal. Houve controle estatístico da variável “idade” para as correlações entre o desempenho dos músicos nos testes e o tempo de prática musical total e com orquestra, uma vez que poderia haver influência dessa variável em tais correlações.

Para a comparação de gênero e preferência manual entre os grupos foi aplicado o teste Qui-Quadrado. Adotou-se a probabilidade de significância de 5% ( $p < 0,05$ ) em todos os testes e utilizou-se o programa *SPSS* (<http://www.spss.com>) para as análises estatísticas.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 COMPARAÇÃO ENTRE MÚSICOS E NÃO-MÚSICOS

A TAB. 8 mostra comparação entre o desempenho dos músicos e não-músicos nos testes de atenção visual, nas modalidades seletiva, dividida e sustentada. Foram observadas diferenças significativas entre músicos e não-músicos em variáveis dos três testes de atenção visual: acurácia no teste de atenção seletiva ( $p = 0,049$ ), tempo de reação na tarefa 1 e número de erros na tarefa 2 no teste de atenção dividida ( $p = 0,026$  e  $p = 0,011$ , respectivamente) e tempo de reação no teste de atenção sustentada ( $p = 0,001$ ), sendo que os músicos apresentaram desempenho superior em relação aos não-músicos. Não foram verificadas diferenças significativas entre os grupos nas demais variáveis dos testes de atenção visual.

TABELA 8 – Comparação entre músicos e não-músicos nos testes de atenção visual

Teste	Variável	Músicos ( $n = 38$ )		Não-Músicos ( $n = 38$ )		$p$
		Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Atenção Visual Seletiva	Tempo de reação (ms)	3431	952	3472	860	0,845
	Acurácia (%)	93,06	5,68	90,30	6,31	0,049
Atenção Visual Dividida	Tempo de reação na tarefa 1 (ms)	921	177	1025	217	0,026
	Acurácia na tarefa 1 (%)	98,90	1,94	99,34	1,13	0,337*
	Nº de erros na tarefa 2	0,71	1,20	1,13	0,96	0,011*
Atenção Visual Sustentada	Tempo de reação (ms)	563	84	635	127	0,001*
	Acurácia (%)	96,24	4,62	96,97	3,76	0,354*

Nota: Os valores  $p$  referem-se ao teste *t de Student*, exceto os marcados com \*, os quais se referem ao teste *Mann-Whitney*. Os valores  $p$  em destaque indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). O tempo de reação é expresso em milissegundos e a acurácia, em porcentagem de respostas corretas.

A TAB. 9 mostra comparação entre o desempenho dos músicos e não-músicos no teste de memória visual, considerado em sua totalidade e também separadamente em cada uma de suas partes: parte 1 (estímulos com maior codificação semântica) e parte 2 (estímulos com menor codificação semântica). Foram observadas diferenças significativas entre músicos e não-músicos nos tempos de reação no teste de memória visual como um todo ( $p = 0,030$ ) e também nas partes 1 ( $p = 0,035$ ) e 2 ( $p = 0,048$ ),

sendo que os músicos apresentaram melhor desempenho em relação aos não-músicos. Não foram verificadas diferenças significativas entre os grupos em relação à acurácia.

**TABELA 9 – Comparação entre músicos e não-músicos no teste de memória visual**

Teste	Variável	Músicos (n = 38)		Não-Músicos (n = 38)		p
		Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
<b>Memória Visual (Partes 1 e 2)</b>	Tempo de reação (ms)	1006	170	1109	232	0,030
	Acurácia (%)	82,40	5,90	83,24	6,07	0,540
<b>Memória Visual (Parte 1)</b>	Tempo de reação (ms)	1059	193	1171	256	0,035
	Acurácia (%)	83,33	7,92	84,37	7,60	0,561
<b>Memória Visual (Parte 2)</b>	Tempo de reação (ms)	952	170	1046	233	0,048
	Acurácia (%)	81,46	6,69	82,12	6,15	0,657

Nota: Os valores *p* referem-se ao teste *t de Student*. Os valores *p* em destaque indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). O tempo de reação é expresso em milissegundos e a acurácia, em porcentagem de respostas corretas.

Foi realizada também comparação entre o desempenho dos mesmos indivíduos de cada grupo (amostras pareadas) nas partes 1 e 2 do teste de memória visual. Conforme mostra a TAB. 10, os músicos apresentaram menor tempo de reação na parte 2 em relação à parte 1 ( $p = 0,000$ ) e não mostraram diferença significativa na acurácia entre as duas partes do teste. Por outro lado, os não-músicos, embora também tenham apresentado menor tempo de reação na parte 2 em relação à parte 1 ( $p = 0,000$ ), não mantiveram o mesmo nível de acurácia nas duas partes do teste, apresentando pior desempenho na parte 2 ( $p = 0,044$ ), conforme mostra a TAB. 11.

TABELA 10 – Comparação entre o desempenho nas partes 1 e 2 do teste de memória visual no grupo dos músicos ( $n = 38$ )

Variável	Teste de Memória Visual (Parte 1)		Teste de Memória Visual (Parte 2)		$p$
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Tempo de reação (ms)	1059	193	952	170	0,000
Acurácia (%)	83,33	7,92	81,46	6,69	0,194

Nota: Os valores  $p$  referem-se ao teste  $t$  de Student para amostras pareadas. O valor  $p$  em destaque indica diferença significativa ( $p < 0,05$ ). O tempo de reação é expresso em milissegundos e a acurácia, em percentagem de respostas corretas.

TABELA 11 – Comparação entre o desempenho nas partes 1 e 2 do teste de memória visual no grupo dos não-músicos ( $n = 38$ )

Variável	Teste de Memória Visual (Parte 1)		Teste de Memória Visual (Parte 2)		$p$
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Tempo de reação (ms)	1171	256	1046	233	0,000
Acurácia (%)	84,37	7,60	82,12	6,15	0,044

Nota: Os valores  $p$  referem-se ao teste  $t$  de Student para amostras pareadas. Os valores  $p$  em destaque indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). O tempo de reação é expresso em milissegundos e a acurácia, em percentagem de respostas corretas.

A TAB. 12 mostra comparação entre o desempenho de músicos e não-músicos no teste de tempo de reação simples. Não foi verificada diferença significativa entre os grupos.

TABELA 12 – Comparação entre músicos e não-músicos no teste de tempo de reação simples

Teste	Variável	Músicos ( $n = 38$ )		Não-Músicos ( $n = 38$ )		$p$
		Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Tempo de Reação Simples	Tempo de reação (ms)	342	51	375	95	0,067

Nota: O valor  $p$  refere-se ao teste  $t$  de Student. O tempo de reação é expresso em milissegundos.

A fim de investigar de modo mais detalhado a possível influência do gênero nos resultados, foi realizada uma subanálise considerando apenas músicos e não-músicos do sexo masculino, pareados em relação à idade e tempo de escolaridade. Para isso, foram considerados 25 indivíduos em cada grupo, o que envolveu, portanto, a remoção de sete mulheres e seis homens do grupo dos músicos e de treze mulheres do grupo dos não-músicos. A subanálise revelou resultados similares aos encontrados na análise da amostra total do estudo. Como mostram as TAB. 13 e 14, a comparação entre o desempenho dos músicos e não-músicos nos testes de atenção e memória visuais mostrou melhor desempenho dos primeiros nas seguintes variáveis: acurácia no teste de atenção seletiva ( $p = 0,038$ ), tempo de reação na tarefa 1 e número de erros na tarefa 2 no teste de atenção dividida ( $p = 0,034$  e  $p = 0,020$ , respectivamente), tempo de reação no teste de atenção sustentada ( $p = 0,035$ ), tempo de reação no teste de memória visual como um todo ( $p = 0,033$ ) e nas partes 1 ( $p = 0,039$ ) e 2 ( $p = 0,049$ ).

TABELA 13 – Comparação entre músicos (homens) e não-músicos (homens) nos testes de atenção visual

Teste	Variável	Músicos ( $n = 25$ )		Não-Músicos ( $n = 25$ )		$p$
		Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
<b>Atenção Visual Seletiva</b>	Tempo de reação (ms)	3314	748	3471	886	0,501
	Acurácia (%)	93,99	3,53	91,73	3,98	<b>0,038</b>
<b>Atenção Visual Dividida</b>	Tempo de reação na tarefa 1 (ms)	878	167	997	218	<b>0,034</b>
	Acurácia na tarefa 1 (%)	98,53	2,27	99,33	1,18	0,145*
	Nº de erros na tarefa 2	0,68	1,31	1,04	0,84	<b>0,020*</b>
<b>Atenção Visual Sustentada</b>	Tempo de reação (ms)	552	83	620	132	<b>0,035</b>
	Acurácia (%)	96,51	3,47	96,88	3,61	0,523*

Nota: Os valores  $p$  referem-se ao teste *t de Student*, exceto os marcados com \*, os quais se referem ao teste *Mann-Whitney*. Os valores  $p$  em destaque indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). O tempo de reação é expresso em milissegundos e a acurácia, em porcentagem de respostas corretas.

TABELA 14 – Comparação entre músicos (homens) e não-músicos (homens) no teste de memória visual

Teste	Variável	Músicos (n = 25)		Não-Músicos (n = 25)		p
		Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Memória Visual (Partes 1 e 2)	Tempo de reação (ms)	978	160	1096	215	0,033
	Acurácia (%)	82,29	5,71	82,70	6,18	0,809
Memória Visual (Parte 1)	Tempo de reação (ms)	1040	184	1178	265	0,039
	Acurácia (%)	83,41	8,25	83,66	7,69	0,913
Memória Visual (Parte 2)	Tempo de reação (ms)	912	153	1011	189	0,049
	Acurácia (%)	81,16	5,93	81,74	5,86	0,728

Nota: Os valores *p* referem-se ao teste *t de Student*. Os valores *p* em destaque indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). O tempo de reação é expresso em milissegundos e a acurácia, em percentagem de respostas corretas.

Quanto à comparação entre o desempenho dos mesmos indivíduos de cada grupo (amostras pareadas) nas partes 1 e 2 do teste de memória visual, houve pequena diferença entre os resultados obtidos com a subanálise e com a análise da amostra total da pesquisa. Conforme mostram as TAB. 15 e 16, músicos e não-músicos apresentaram menor tempo de reação na parte 2 em relação à parte 1 ( $p = 0,000$  em ambos os grupos) e ambos os grupos não mostraram diferença significativa na acurácia entre as duas partes do teste ( $p = 0,208$  e  $p = 0,115$ , respectivamente).

TABELA 15 – Comparação entre o desempenho nas partes 1 e 2 do teste de memória visual no grupo dos músicos (homens; n = 25)

Variável	Teste de Memória Visual (Parte 1)		Teste de Memória Visual (Parte 2)		p
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Tempo de reação (ms)	1040	184	912	153	0,000
Acurácia (%)	83,41	8,25	81,16	5,93	0,208

Nota: Os valores *p* referem-se ao teste *t de Student* para amostras pareadas. O valor *p* em destaque indica diferença significativa ( $p < 0,05$ ). O tempo de reação é expresso em milissegundos e a acurácia, em percentagem de respostas corretas.

TABELA 16 – Comparação entre o desempenho nas partes 1 e 2 do teste de memória visual no grupo dos não-músicos (homens;  $n = 25$ )

Variável	Teste de Memória Visual (Parte 1)		Teste de Memória Visual (Parte 2)		$p$
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Tempo de reação (ms)	1178	265	1011	189	0,000
Acurácia (%)	83,66	7,69	81,74	5,86	0,115

Nota: Os valores  $p$  referem-se ao teste  $t$  de Student para amostras pareadas. O valor  $p$  em destaque indica diferença significativa ( $p < 0,05$ ). O tempo de reação é expresso em milissegundos e a acurácia, em porcentagem de respostas corretas.

Finalmente, quanto ao teste de tempo de reação simples, como mostra a TAB. 17, a subanálise também não revelou diferença significativa entre os grupos.

TABELA 17 – Comparação entre músicos (homens) e não-músicos (homens) no teste de tempo de reação simples

Teste	Variável	Músicos ( $n = 25$ )		Não-Músicos ( $n = 25$ )		$p$
		Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Tempo de Reação Simples	Tempo de reação (ms)	333	50	365	102	0,473

Nota: O valor  $p$  refere-se ao teste *Mann-Whitney*. O tempo de reação é expresso em milissegundos.

## 7.2 COMPARAÇÃO ENTRE MÚSICOS

### 7.2.1 CORRELAÇÃO ENTRE DESEMPENHO NOS TESTES E FATORES RELACIONADOS À EXPERIÊNCIA MUSICAL

Foram realizadas análises para verificar a existência de possíveis correlações entre o desempenho dos músicos nos testes e fatores relacionados à experiência musical – idade de início dos estudos musicais, tempo de prática musical total e com orquestra e tempo de estudo individual com instrumento por dia.

Em relação à idade de início dos estudos musicais, como mostra a TAB. 18, foram encontradas correlações positivas entre esta variável e os tempos de reação nos

testes de atenção visual seletiva ( $r = 0,36$ ;  $p = 0,026$ ), dividida ( $r = 0,37$ ;  $p = 0,022$ ), sustentada ( $r = 0,39$ ;  $p = 0,016$ ) e no teste de tempo de reação simples ( $r = 0,43$ ;  $p = 0,007$ ), assim como correlações negativas entre a referida variável e a acurácia no teste de memória visual, partes 1 e 2 ( $r = -0,36$ ;  $p = 0,024$ ), e parte 2 ( $r = -0,49$ ;  $p = 0,002$ ). Portanto, quanto mais precoce o início dos estudos musicais, menores os tempos de reação nos testes de atenção visual seletiva, dividida e sustentada e no teste de tempo de reação simples e maior a acurácia no teste de memória visual, partes 1 e 2 e parte 2. Tais correlações estão representadas respectivamente nos GRAF. 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Entretanto, é preciso ressaltar que, em todos os casos, embora haja indícios de correlações significativas, os valores dos coeficientes são inferiores a 0,50, indicando correlações baixas.

TABELA 18 – Correlações entre o desempenho dos músicos nos testes e a idade de início dos estudos musicais

Teste	Variável	Idade de início dos estudos musicais	
		Coefficiente de correlação	$p$
<b>Atenção Visual Seletiva</b>	Tempo de reação (ms)	0,36	0,026
	Acurácia (%)	0,08	0,617
<b>Atenção Visual Dividida</b>	Tempo de reação na tarefa 1(ms)	0,37	0,022
	Acurácia na tarefa 1 (%)	0,11	0,510*
	Nº de erros na tarefa 2	0,06	0,687*
<b>Atenção Visual Sustentada</b>	Tempo de reação (ms)	0,39	0,016
	Acurácia (%)	-0,19	0,244*
<b>Memória Visual (Partes 1 e 2)</b>	Tempo de reação (ms)	0,15	0,352
	Acurácia (%)	-0,36	0,024
<b>Memória Visual (Parte 1)</b>	Tempo de reação (ms)	0,25	0,127
	Acurácia (%)	-0,20	0,207
<b>Memória Visual (Parte 2)</b>	Tempo de reação (ms)	0,06	0,683
	Acurácia (%)	-0,49	0,002
<b>Tempo de Reação Simples</b>	Tempo de reação (ms)	0,43	0,007

Nota: Os valores da tabela referem-se a coeficientes de correlação de *Pearson*, exceto os marcados com \*, os quais se referem a coeficientes de correlação de *Spearman*. Os valores  $p$  em destaque indicam correlações significativas ( $p < 0,05$ ) entre as variáveis correspondentes.

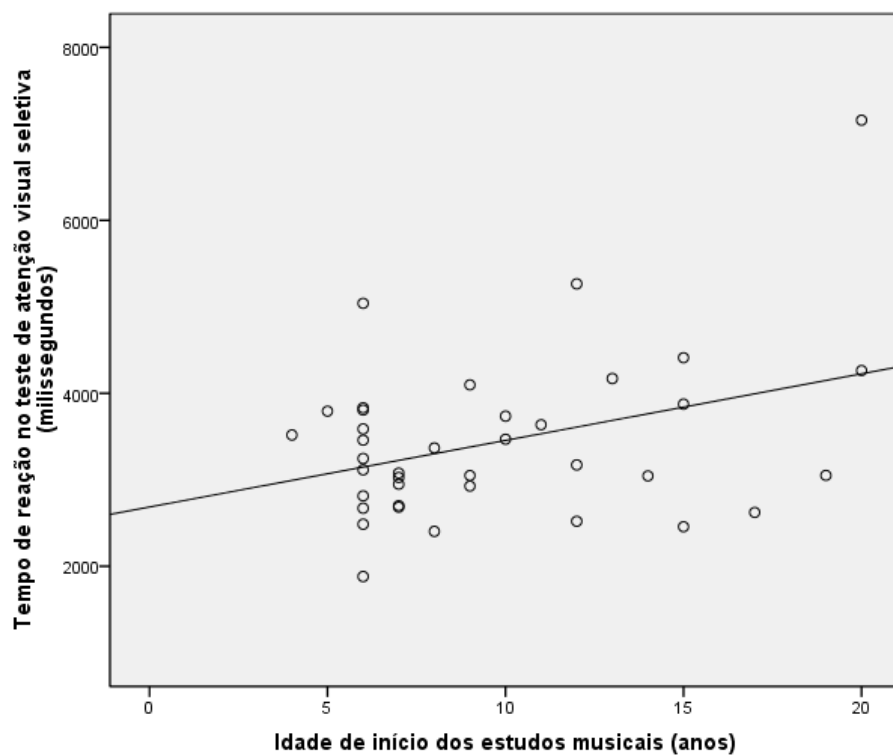


GRÁFICO 1 – Correlação entre idade de início dos estudos musicais e tempo de reação no teste de atenção visual seletiva ( $r = 0,36$ ;  $p = 0,026$ )

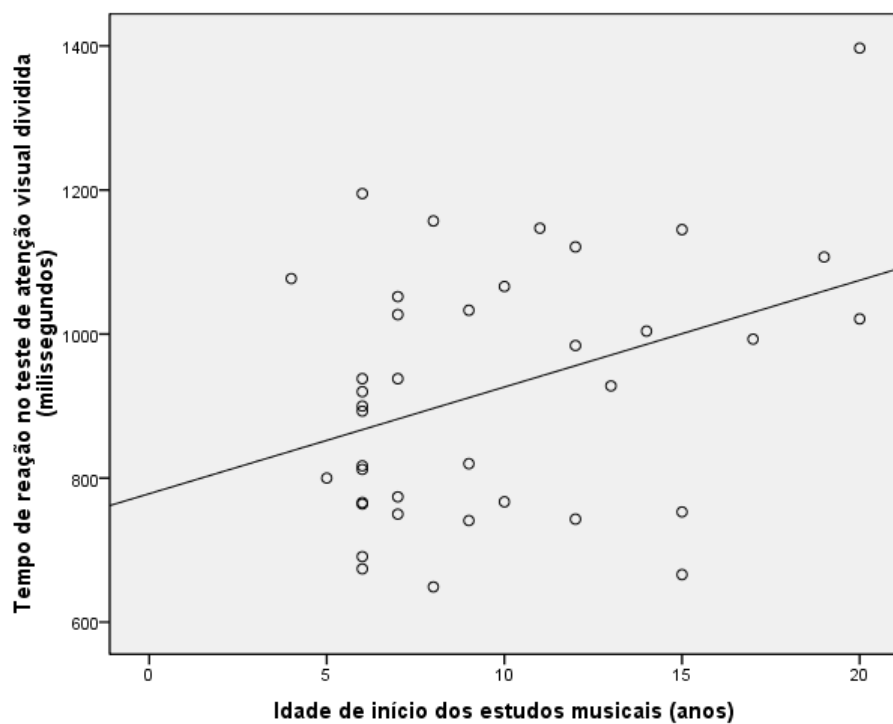


GRÁFICO 2 – Correlação entre idade de início dos estudos musicais e tempo de reação no teste de atenção visual dividida ( $r = 0,37$ ;  $p = 0,022$ )

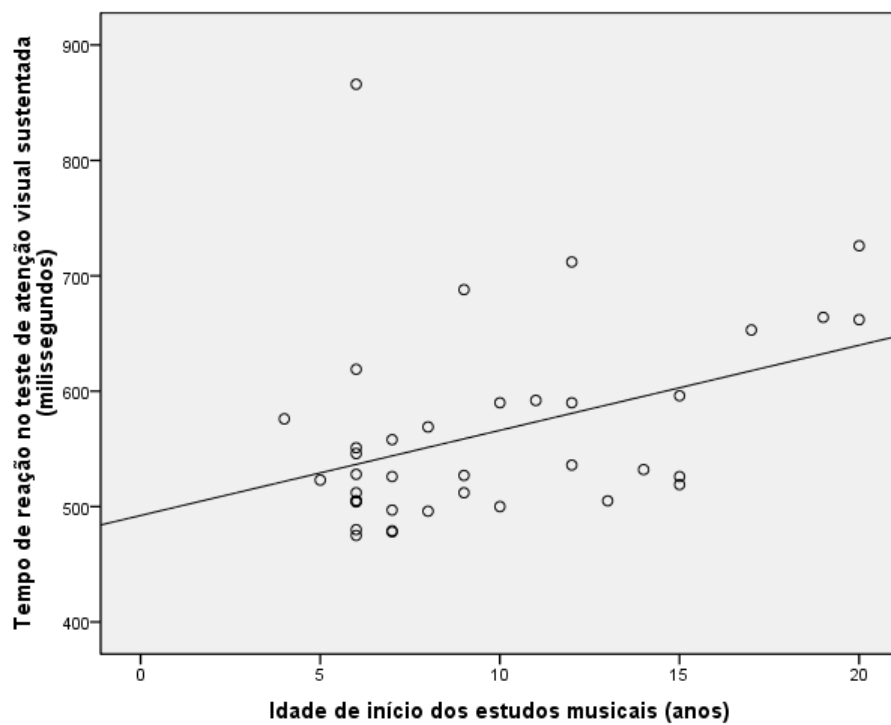


GRÁFICO 3 – Correlação entre idade de início dos estudos musicais e tempo de reação no teste de atenção visual sustentada ( $r = 0,39$ ;  $p = 0,016$ )

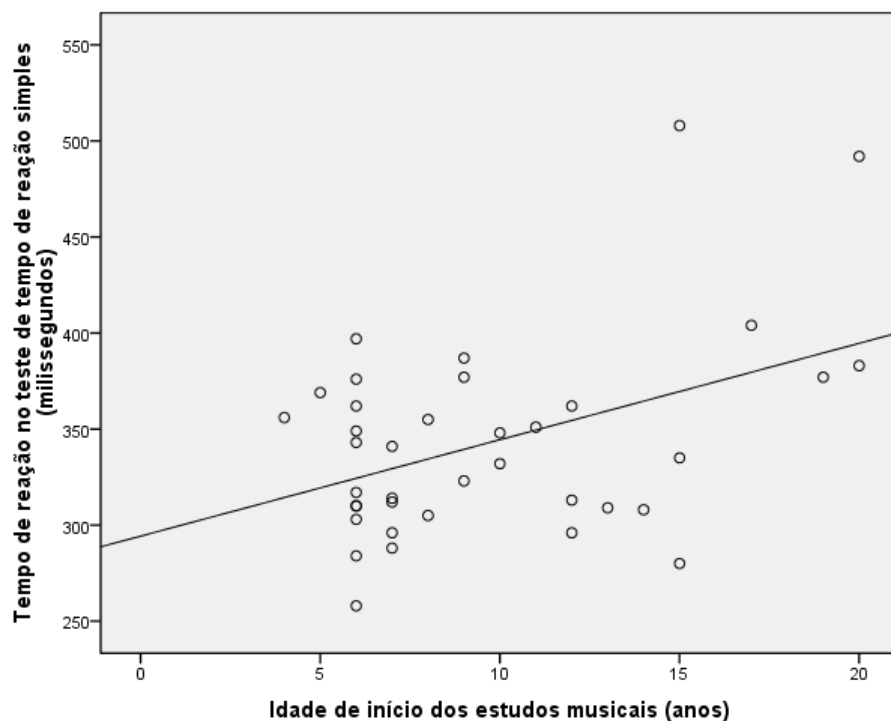


GRÁFICO 4 – Correlação entre idade de início dos estudos musicais e tempo de reação no teste de tempo de reação simples ( $r = 0,43$ ;  $p = 0,007$ )

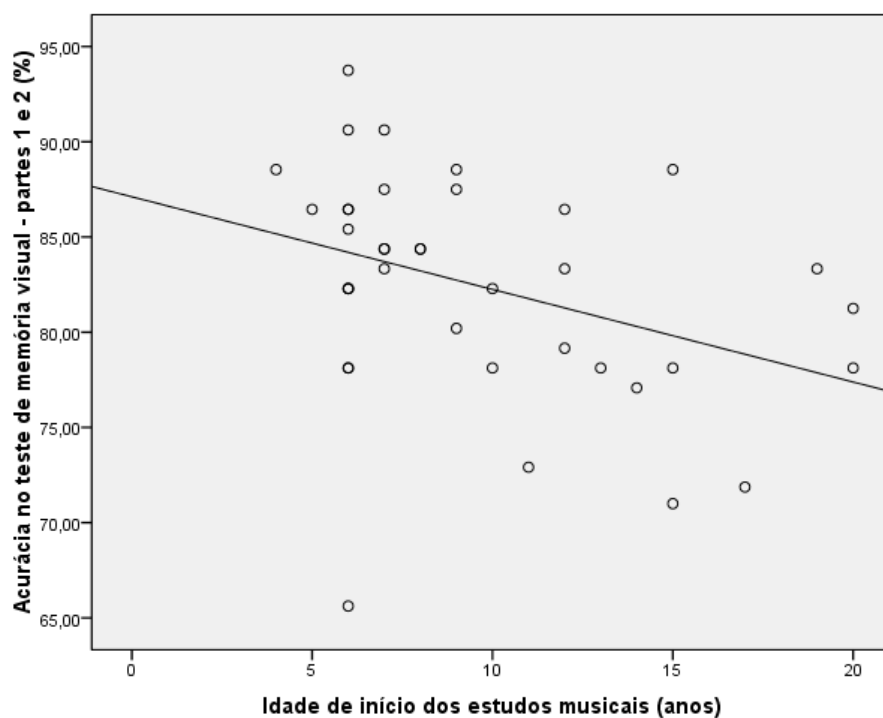


GRÁFICO 5 – Correlação entre idade de início dos estudos musicais e acurácia no teste de memória visual, partes 1 e 2 ( $r = -0,36$ ;  $p = 0,024$ )

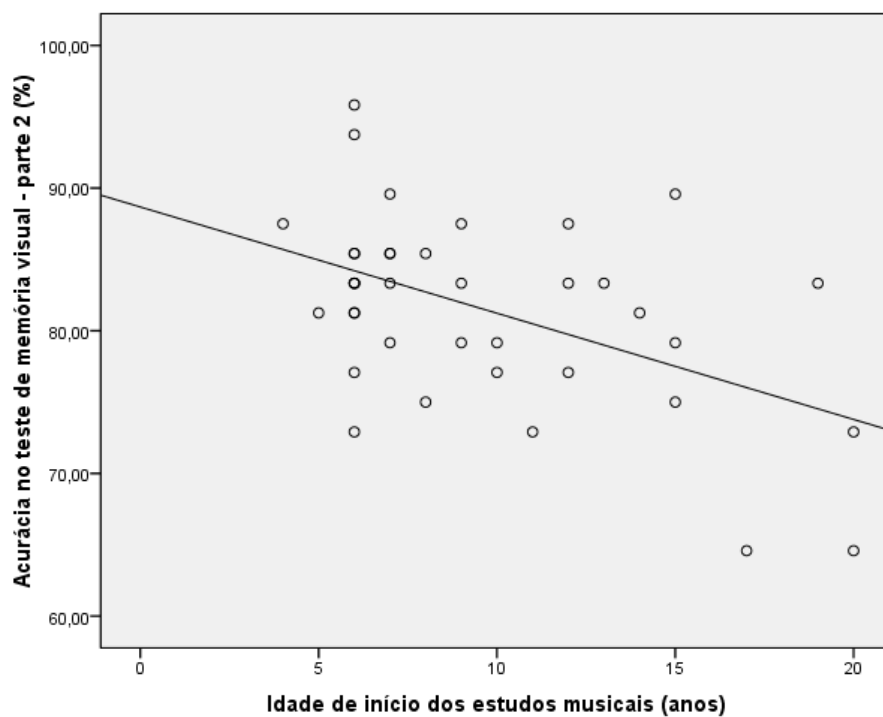


GRÁFICO 6 – Correlação entre idade de início dos estudos musicais e acurácia no teste de memória visual, parte 2 ( $r = -0,49$ ;  $p = 0,002$ )

Em relação ao tempo de prática musical, total e com orquestra, como mostra a TAB. 19, foi encontrada apenas uma correlação negativa entre o tempo de prática musical com orquestra e o tempo de reação no teste de tempo de reação simples ( $r = -0,36$ ;  $p = 0,029$ ). Considerando que para a realização destes testes de correlação houve controle estatístico da variável “idade”, não foi possível a representação da referida correlação significativa em gráfico.

TABELA 19 – Correlações entre o desempenho dos músicos nos testes e o tempo de prática musical total e com orquestra

Teste	Variável	Tempo de prática musical total (anos)		Tempo de prática musical com orquestra (anos)	
		Coefficiente de correlação	<i>p</i>	Coefficiente de correlação	<i>p</i>
<b>Atenção Visual Seletiva</b>	Tempo de reação (ms)	-0,15	0,374	-0,16	0,330
	Acurácia (%)	0,09	0,590	-0,09	0,565
<b>Atenção Visual Dividida</b>	Tempo de reação na tarefa 1 (ms)	-0,17	0,293	-0,04	0,780
	Acurácia na tarefa 1 (%)	-0,08	0,640	-0,00	0,988
	Nº de erros na tarefa 2	0,06	0,713	0,14	0,408
<b>Atenção Visual Sustentada</b>	Tempo de reação (ms)	-0,05	0,747	0,13	0,429
	Acurácia (%)	0,00	0,996	0,09	0,571
<b>Memória Visual (Partes 1 e 2)</b>	Tempo de reação (ms)	-0,15	0,369	-0,06	0,718
	Acurácia (%)	0,15	0,374	-0,01	0,933
<b>Memória Visual (Parte 1)</b>	Tempo de reação (ms)	-0,20	0,224	-0,03	0,830
	Acurácia (%)	-0,00	0,959	-0,22	0,183
<b>Memória Visual (Parte 2)</b>	Tempo de reação (ms)	-0,07	0,681	0,00	0,979
	Acurácia (%)	0,28	0,083	0,12	0,449
<b>Tempo de Reação Simples</b>	Tempo de reação (ms)	-0,17	0,302	-0,36	<b>0,029</b>

Nota: Os valores da tabela referem-se a coeficientes de correlação de *Pearson*. O valor *p* em destaque indica correlação significativa ( $p < 0,05$ ) entre as variáveis correspondentes. Os testes de correlação foram realizados com controle estatístico da variável “idade”.

Quanto ao tempo de estudo individual com instrumento por dia, como mostra a TAB. 20, foram encontradas correlações negativas entre a referida variável e os tempos de reação no teste de memória visual, partes 1 e 2 ( $r = -0,44$ ;  $p = 0,005$ ), parte 1 ( $r = -0,46$ ;  $p = 0,004$ ) e parte 2 ( $r = -0,37$ ;  $p = 0,019$ ). Portanto, quanto maior o tempo de

estudo individual com instrumento por dia, menores os tempos de reação no teste de memória visual, partes 1 e 2, parte 1 e parte 2. Tais correlações estão representadas respectivamente nos GRAF. 7, 8 e 9. É preciso ressaltar, assim como no caso das correlações relativas à idade de início dos estudos musicais, que, em todos os casos, embora haja indícios de correlações significativas, os valores dos coeficientes são inferiores a 0,50, indicando correlações baixas.

TABELA 20 – Correlações entre o desempenho dos músicos nos testes e o tempo de estudo individual com instrumento por dia

Teste	Variável	Tempo de estudo individual com instrumento por dia (horas)	
		Coefficiente de correlação	<i>p</i>
<b>Atenção Visual Seletiva</b>	Tempo de reação (ms)	-0,09	0,567
	Acurácia (%)	-0,01	0,933
<b>Atenção Visual Dividida</b>	Tempo de reação na tarefa 1 (ms)	-0,08	0,596
	Acurácia na tarefa 1 (%)	0,09	0,590
	Nº de erros na tarefa 2	0,01	0,954
<b>Atenção Visual Sustentada</b>	Tempo de reação (ms)	0,07	0,663
	Acurácia (%)	-0,25	0,121
<b>Memória Visual (Partes 1 e 2)</b>	Tempo de reação (ms)	-0,44	<b>0,005</b>
	Acurácia (%)	-0,28	0,080
<b>Memória Visual (Parte 1)</b>	Tempo de reação (ms)	-0,46	<b>0,004</b>
	Acurácia (%)	-0,24	0,147
<b>Memória Visual (Parte 2)</b>	Tempo de reação (ms)	-0,37	<b>0,019</b>
	Acurácia (%)	-0,22	0,177
<b>Tempo de Reação Simples</b>	Tempo de reação (ms)	0,08	0,608

Nota: Os valores da tabela referem-se a coeficientes de correlação de *Spearman*. Os valores *p* em destaque indicam correlações significativas ( $p < 0,05$ ) entre as variáveis correspondentes.

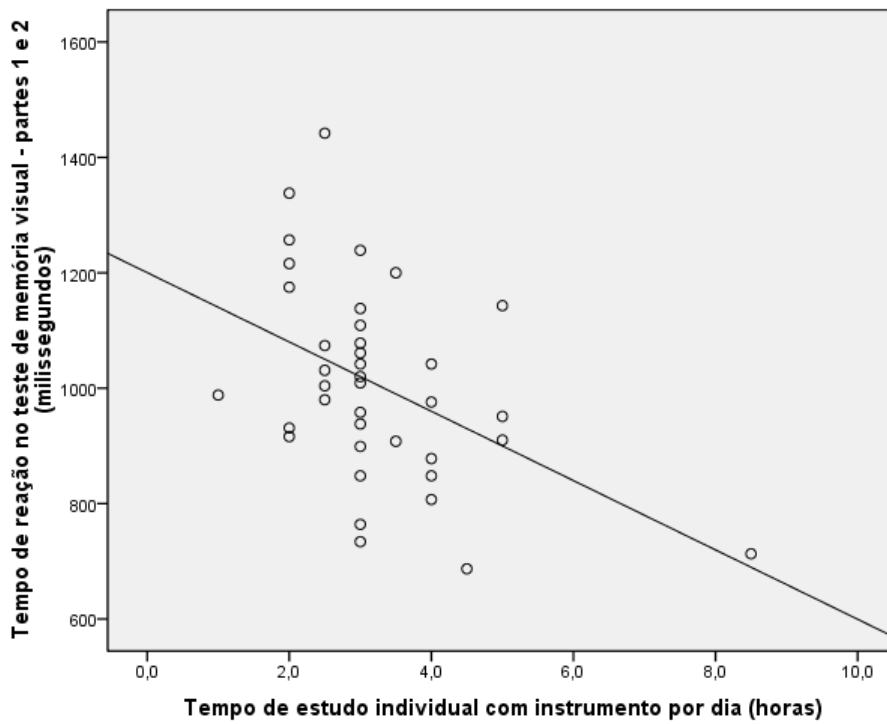


GRÁFICO 7 – Correlação entre tempo de estudo individual com instrumento por dia e tempo de reação no teste de memória visual, partes 1 e 2 ( $r = -0,44$ ;  $p = 0,005$ )

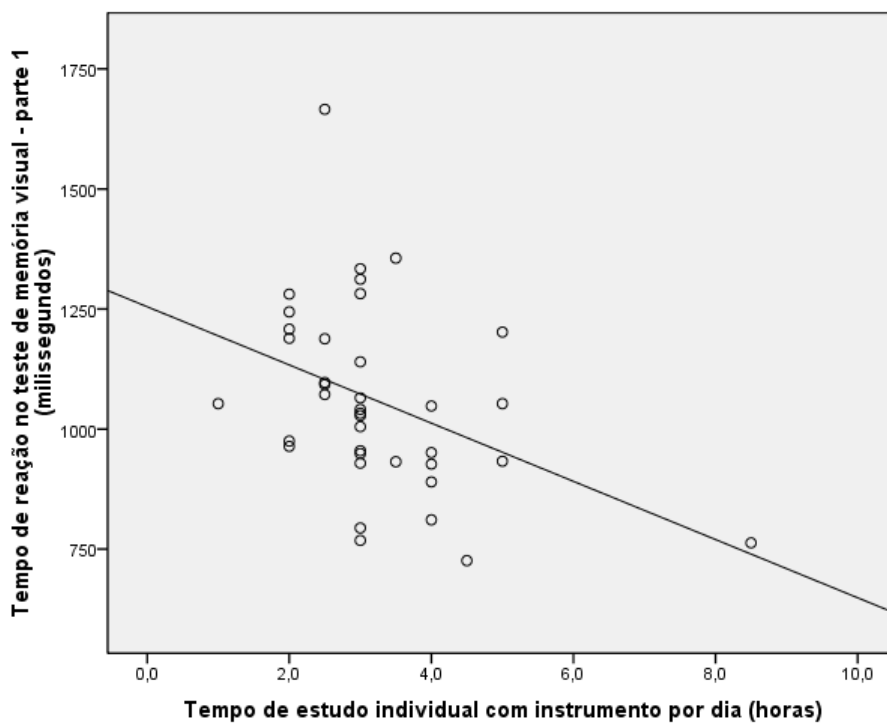


GRÁFICO 8 – Correlação entre tempo de estudo individual com instrumento por dia e tempo de reação no teste de memória visual, parte 1 ( $r = -0,46$ ;  $p = 0,004$ )

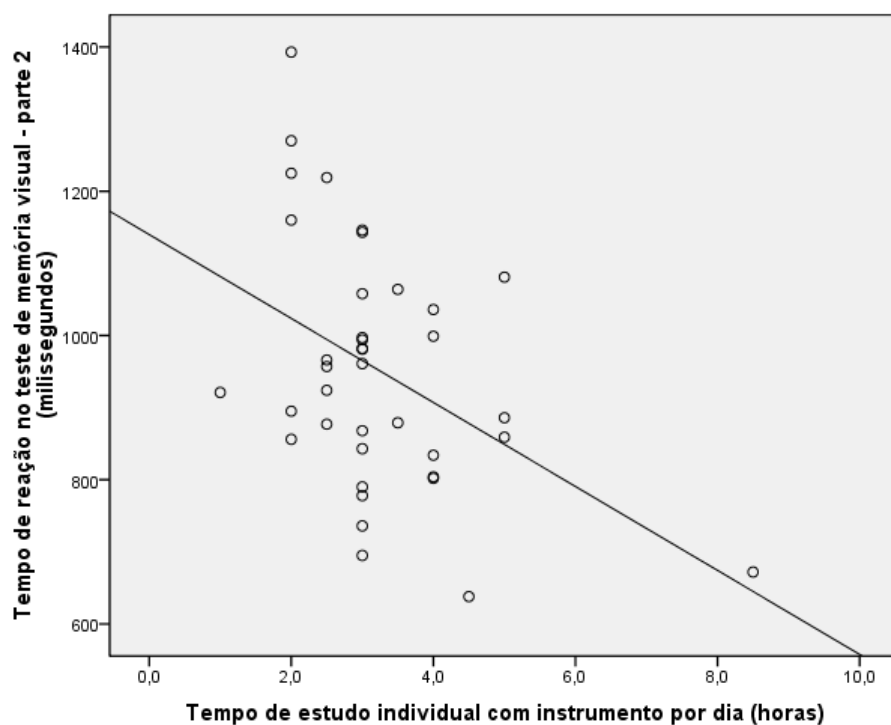


GRÁFICO 9 – Correlação entre tempo de estudo individual com instrumento por dia e tempo de reação no teste de memória visual, parte 2 ( $r = -0,37$ ;  $p = 0,019$ )

## 7.2.2 COMPARAÇÃO ENTRE INSTRUMENTISTAS DE CORDAS E INSTRUMENTISTAS DE SOPROS

Para verificar se a categoria de instrumento poderia exercer alguma influência no desempenho dos músicos nos testes, foram realizadas análises comparando instrumentistas de cordas ( $n = 15$ ) e instrumentistas de sopros ( $n = 15$ ). Como mostram as TAB. 21 e 22, não foi encontrada nenhuma diferença significativa entre os grupos nos testes de atenção visual e memória visual.

TABELA 21 – Comparação entre instrumentistas de cordas e de sopros nos testes de atenção visual

Teste	Variável	Cordas (n = 15)		Sopros (n = 15)		p
		Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Atenção Visual Seletiva	Tempo de reação (ms)	3393	735	3167	570	0,355
	Acurácia (%)	93,10	4,66	92,55	7,50	0,809
Atenção Visual Dividida	Tempo de reação na tarefa 1 (ms)	900	161	896	159	0,449
	Acurácia na tarefa 1 (%)	99,11	1,52	98,33	2,52	0,285*
	Nº de erros na tarefa 2	0,60	0,98	0,60	1,29	0,902*
Atenção Visual Sustentada	Tempo de reação (ms)	546	95	539	42	0,795
	Acurácia (%)	94,68	6,56	97,28	2,51	0,164

Nota: Os valores *p* referem-se ao teste *t de Student*, exceto os marcados com \*, os quais se referem ao teste *Mann-Whitney*. O tempo de reação é expresso em milissegundos e a acurácia, em percentagem de respostas corretas.

TABELA 22 – Comparação entre instrumentistas de cordas e de sopros no teste memória visual

Teste	Variável	Cordas (n = 15)		Sopros (n = 15)		p
		Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Memória Visual (Partes 1 e 2)	Tempo de reação (ms)	1007	152	1032	212	0,718
	Acurácia (%)	82,28	3,22	84,03	6,80	0,379
Memória Visual (Parte 1)	Tempo de reação (ms)	1069	177	1063	231	0,944
	Acurácia (%)	83,05	6,09	85,13	8,06	0,432
Memória Visual (Parte 2)	Tempo de reação (ms)	945	146	977	218	0,638
	Acurácia (%)	81,52	3,32	84,30	6,24	0,140

Nota: Os valores *p* referem-se ao teste *t de Student*. O tempo de reação é expresso em milissegundos e a acurácia, em percentagem de respostas corretas.

Foi realizada também comparação entre o desempenho dos mesmos indivíduos de cada grupo (amostras pareadas) nas partes 1 e 2 do teste de memória visual. Conforme mostram as TAB. 23 e 24, tanto os instrumentistas de cordas quanto os instrumentistas de sopros apresentaram menor tempo de reação na parte 2 em relação à parte 1 ( $p = 0,001$  e  $p = 0,035$  respectivamente) e não mostraram diferença significativa na acurácia entre as duas partes do teste.

TABELA 23 – Comparação entre o desempenho nas partes 1 e 2 do teste de memória visual no grupo dos instrumentistas de cordas (n = 15)

Variável	Teste de Memória Visual (Parte 1)		Teste de Memória Visual (Parte 2)		p
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Tempo de reação (ms)	1069	177	945	146	<b>0,001</b>
Acurácia (%)	83,05	6,09	81,52	3,32	0,437

Nota: Os valores *p* referem-se ao teste *t de Student* para amostras pareadas. O valor *p* em destaque indica diferença significativa ( $p < 0,05$ ). O tempo de reação é expresso em milissegundos e a acurácia, em percentagem de respostas corretas.

TABELA 24 – Comparação entre o desempenho nas partes 1 e 2 do teste de memória visual no grupo dos instrumentistas de sopros (n = 15)

Variável	Teste de Memória Visual (Parte 1)		Teste de Memória Visual (Parte 2)		p
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Tempo de reação (ms)	1063	231	977	218	<b>0,035</b>
Acurácia (%)	85,13	8,06	84,30	6,24	0,708

Nota: Os valores *p* referem-se ao teste *t de Student* para amostras pareadas. O valor *p* em destaque indica diferença significativa ( $p < 0,05$ ). O tempo de reação é expresso em milissegundos e a acurácia, em percentagem de respostas corretas.

Quanto ao teste de tempo de reação simples, conforme mostra a TAB. 25, não houve diferença significativa entre instrumentistas de cordas e instrumentistas de sopros.

TABELA 25 – Comparação entre instrumentistas de cordas e de sopros no teste de tempo de reação simples

Teste	Variável	Cordas (n = 15)		Sopros (n = 15)		p
		Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Tempo de Reação Simples	Tempo de reação (ms)	342	53	320	35	0,203

Nota: O valor *p* refere-se ao teste *t de Student*. O tempo de reação é expresso em milissegundos.

## 8. DISCUSSÃO

### 8.1 COMPARAÇÃO ENTRE MÚSICOS E NÃO-MÚSICOS

Os músicos apresentaram melhor desempenho em relação aos não-músicos em quatro das sete variáveis dos testes de atenção visual: acurácia no teste de atenção seletiva, tempo de reação na tarefa 1 e número de erros na tarefa 2 no teste de atenção dividida e tempo de reação no teste de atenção sustentada, o que sugere maior capacidade de atenção visual, em diferentes modalidades, em músicos. É interessante observar que as diferenças significativas encontradas entre músicos e não-músicos, embora não tenham envolvido todas as variáveis, não se restringiram a uma modalidade de atenção, mas, sim, foram verificadas nos três testes de atenção visual – seletiva, dividida e sustentada. Como não houve diferença significativa entre os grupos no teste de tempo de reação simples, o melhor desempenho dos músicos nos testes de atenção não pode ser atribuído simplesmente à melhor capacidade de integração sensório-motora. Os resultados sugerem, portanto, a existência de processos atencionais mais eficientes em músicos.

É interessante notar que enquanto nos testes de atenção visual dividida (tarefa 1) e sustentada as diferenças entre os grupos envolveram tempo de reação, no teste de atenção visual seletiva a diferença envolveu acurácia. Tal distinção pode estar relacionada à natureza de cada tarefa. Nos testes de atenção dividida (tarefa 1) e sustentada, as tarefas possuem baixo grau de dificuldade, o que também é sugerido pelo “efeito teto” observado na acurácia em ambos os grupos. Assim, nestes testes, o esforço do indivíduo seria direcionado para responder o mais rapidamente possível aos estímulos. Por outro lado, no teste de atenção seletiva, o grau de dificuldade da tarefa, que envolve busca visual, é maior. Logo, a dedicação do sujeito seria voltada para responder o mais corretamente possível aos estímulos. Dessa maneira, possíveis diferenças entre os grupos seriam preferencialmente observadas em variáveis que representassem maior desafio aos voluntários em cada tarefa, o que, de fato, foi verificado.

No teste de atenção visual dividida, além de menor tempo de reação na tarefa 1, os músicos apresentaram menor número de erros na tarefa 2. É importante ressaltar que esta tarefa também envolve a capacidade de memória operacional, uma vez que é

necessário manter mentalmente a contagem da letra “A” ao longo do teste. A cada letra “A” exibida na tela, o indivíduo precisa atualizar o registro desta informação na memória operacional, realizando operações mentais com o conteúdo armazenado.

É possível que a tarefa em questão tenha envolvido particularmente a alça fonológica, um dos sistemas propostos no modelo de memória operacional de Baddeley & Hitch (1974), uma vez que a contagem da letra “A”, realizada mentalmente, pode ter levado a ensaio subvocal. Como apontam Gazzaniga et al. (2006), a alça fonológica apresenta duas partes: um armazenamento acústico para sons de entrada e um componente de articulação envolvido no ensaio subvocal dos itens a serem lembrados, o qual também codifica a informação apresentada visualmente. Além disso, é preciso salientar o papel do SAS (Shallice, 1988). Segundo Hall & Blasko (2005), a capacidade de memória operacional envolve a habilidade em controlar a atenção para inibir informações irrelevantes, as quais, em nosso teste de atenção visual dividida, podem ter sido representadas pelas diversas letras, com exceção da letra “A”, exibidas na parte superior da tela. Assim, embora o teste tenha sido elaborado com o objetivo de avaliar a capacidade de atenção visual dividida, a natureza de uma das tarefas, aliada à existência de íntima relação entre atenção e memória, permitiu também investigar, ainda que de forma não dirigida, a capacidade de memória operacional. Os resultados, portanto, sugerem possíveis efeitos positivos do treinamento musical nesta capacidade cognitiva.

Nosso estudo anterior, Rodrigues et al. (2007), embora tenha tido como meta a avaliação da capacidade de atenção visual, de forma geral, em músicos e não-músicos, enfatizou a avaliação da capacidade de atenção visual dividida. Entretanto, é preciso ressaltar que esta seria apenas uma das modalidades atencionais demandadas na rotina profissional dos músicos, especificamente durante a prática musical em conjunto, que envolve a necessidade constante de atenção simultânea a diversos tipos de estímulos visuais, como partitura, instrumento e movimento corporal. O estudo individual com instrumento, por outro lado, exige atenção visual seletiva, já que em tal situação os músicos precisam também direcionar a atenção à leitura da partitura, o que requer percepção de detalhes. Além disso, em outras situações, como ensaios e concertos de longa duração, os músicos necessitam de atenção visual sustentada, aliada à atenção dividida, sendo importante a manutenção de um estado de prontidão para detectar e responder a vários estímulos.

Portanto, a prática musical, considerada particularmente no âmbito da rotina de orquestras profissionais, requer, em momentos distintos, diferentes demandas de atenção, podendo envolver também, em determinadas situações, a participação simultânea de mais de uma modalidade atencional. Assim, nosso estudo propôs a investigação de diferentes modalidades da capacidade de atenção visual, abordagem que não havia sido realizada até então, a fim de verificar se resultados similares poderiam ser observados em diferentes modalidades atencionais, o que foi, de fato, corroborado por nossos dados.

É possível sugerir que a prática de leitura de partitura, intensamente presente na rotina profissional dos músicos, poderia contribuir para o desenvolvimento da capacidade de atenção visual como um todo. Segundo Goolsby (1989), a leitura musical compartilha muitas características com a leitura textual, embora seja uma habilidade consideravelmente mais complexa, envolvendo um grande processamento do sinal visual, representado pelas figuras musicais que precisam ser decodificadas em termos de altura e duração e por instruções adicionais relacionadas à dinâmica de intensidades e expressão. Além disso, é necessária grande habilidade na resposta motora aos sinais visuais. A manutenção sincronizada da resposta motora ao estímulo visual sem o cometimento de erros é uma habilidade que requer anos de prática para a realização de uma performance musical de alto nível profissional.

As partituras musicais são organizadas espacialmente, de modo que alturas distintas são representadas em diferentes posições na pauta, o que requer análise da localização espacial e dos intervalos entre figuras musicais adjacentes para obtenção de informações relevantes (Sergent et al., 1992). De acordo com Land & Furneaux (1997), a leitura musical é obviamente um processo mais estruturado em relação à leitura textual. Quanto aos movimentos dos olhos, a leitura musical envolve fixações mais longas e com durações menos regulares. Segundo os autores, essa variação indica que se trata de um processo menos mecânico e mais dependente de processamento cognitivo. Geralmente, as fixações são mais longas quando a música apresenta maior grau de dificuldade rítmica ou melódica. Assim, um novo movimento sacádico seria feito apenas quando a informação proveniente da fixação anterior fosse processada (Kinsler & Carpenter, 1995). Logo, a prática de leitura musical envolve diversas funções cognitivas, dentre as quais é possível destacar a atenção necessária ao processamento dos estímulos visuais.

Vários estudos (e.g. Currie et al. 1991; Kinsler & Carpenter, 1995; Biscaldi et al., 2000) têm sugerido a existência de uma conexão direta entre movimentos sacádicos e atenção. Os dados de Kopiez & Galley (2002) e Gruhn et al. (2006), embora não sejam conclusivos, indicam estratégias oculo-motoras mais eficientes em músicos e sugerem haver maior velocidade de processamento mental nos mesmos quando comparados a não-músicos. Gruhn et al. (2006) afirmam que seus resultados poderiam corroborar a ideia de que fatores gerais como capacidade de concentração, tempo de reação e controle voluntário seriam aprimorados com a prática musical. Assim, nossos resultados podem estar relacionados a estes estudos, já que a maior eficiência das estratégias oculo-motoras em músicos, observada pelos referidos autores, poderia estar ligada à maior eficiência dos processos atencionais, como é sugerido em nosso trabalho.

Brochard et al. (2004) apontam que a diferença significativa encontrada entre músicos e não-músicos em relação às capacidades visuais-espaciais poderia estar relacionada a processos atencionais mais eficientes em músicos. Os resultados verificados em nossa pesquisa apóiam esta afirmação. Embora não tenhamos investigado especificamente a lateralidade da atenção visual, podemos considerar nossos dados também consistentes com os estudos de Patston et al. (2006), Patston et al. (2007a) e Rodrigues (2011), os quais, além de sugerirem maior balanceamento da atenção visual-espacial em músicos, demonstraram melhor desempenho destes nos testes atencionais como um todo.

Stoesz et al. (2007) demonstraram, em músicos, processamento visual de detalhes mais eficiente, o que, segundo os autores, poderia refletir alterações, induzidas pelo treinamento musical, no sistema fronto-parietal envolvido em processos atencionais. Em nosso estudo, especialmente a diferença significativa encontrada no teste de atenção visual seletiva, maior acurácia no grupo dos músicos, corrobora os resultados de Stoesz et al. (2007), considerando que o referido teste de atenção também envolve processamento visual de detalhes.

As diferenças significativas encontradas no teste de atenção visual dividida, menor tempo de reação na tarefa 1 e menor número de erros na tarefa 2 no grupo dos músicos, estão de acordo com os dados de nosso estudo prévio (Rodrigues et al., 2007), que também demonstrou maior capacidade de atenção visual dividida neste

grupo. É interessante notar que, embora os dois estudos tenham aplicado testes distintos, enquanto no teste de atenção dividida utilizado em nossa investigação anterior foi verificado melhor desempenho dos músicos em uma das tarefas, nossa pesquisa atual mostrou resultado superior nas duas tarefas do teste.

O menor número de erros na tarefa 2 do teste de atenção visual dividida, que pode sugerir maior capacidade de memória operacional em músicos, parece corroborar resultados de estudos prévios. Kalakoski (2007) demonstrou, em músicos, maior eficiência na construção de representações mentais a partir de estímulos visuais apresentados sequencialmente, sugerindo melhor utilização da capacidade de memória operacional. George & Coch (2011), além de verificarem desempenho superior dos músicos em testes neuropsicológicos padronizados de memória operacional fonológica, visual-espacial e executiva, mostraram, neurofisiologicamente, aumento desta capacidade cognitiva, tanto no domínio visual quanto no auditivo. Wurtz et al. (2009) observaram que o nível de complexidade da partitura musical influencia o grau de antecipação de movimentos oculares, ressaltando o envolvimento da capacidade de memória operacional na prática de leitura de partitura. Nessa perspectiva, segundo Land & Furneaux (1997), a informação processada é mantida na memória por cerca de um segundo, de modo a permitir o encontro entre a estimulação visual, descontínua, e a ação motora, contínua, bem como possibilitar o envolvimento dos olhos em mais de uma tarefa. Assim, durante a leitura de partitura, como os olhos estão constantemente à frente em relação à execução musical, a informação visual presente no “intervalo olho-mão” precisa ser ativamente mantida na memória operacional.

Tendo em vista os substratos neurais envolvidos nos processos de atenção visual, alguns estudos neuroanatômicos e neurofisiológicos podem corroborar os dados que sugerem maior capacidade de atenção visual em músicos, já que têm demonstrado nos mesmos, por exemplo, maior volume de substância cinzenta (Gaser & Schlaug, 2003) e maior ativação (Schmithorst & Holland, 2003) de áreas do córtex parietal, assim como maior ativação do córtex cingulado anterior (Sluming et al., 2007) e de diferentes áreas do córtex frontal (Huang et al., 2010; Groussard et al., 2010). Seria interessante investigar, posteriormente, os padrões de ativação do córtex cerebral em músicos e não-músicos durante a execução de tarefas que envolvam a capacidade de atenção visual. Os resultados observados em nosso trabalho poderiam estar

relacionados, por exemplo, a diferenças no padrão de ativação dos córtices frontal e parietal em músicos e não-músicos durante a execução de tarefas específicas. Embora diferenças estruturais e funcionais identificadas em regiões cerebrais diretamente relacionadas às habilidades adquiridas com a prática musical estejam relativamente bem documentadas, ainda existem poucas evidências de alterações além daquelas observadas em regiões primárias, sugerindo maior eficiência em capacidades cognitivas não-musicais (Schlaug et al., 2005).

Como foi mencionado, em nosso estudo anterior (Rodrigues et al., 2007) o grupo dos músicos foi composto, em sua maioria, por estudantes de curso superior de Música, ao contrário da presente investigação, que envolveu exclusivamente músicos profissionais. A idade de início dos estudos musicais foi semelhante nos dois estudos ( $10,3 \pm 4,5$  anos e  $9,6 \pm 4,4$  anos, respectivamente). Contudo, enquanto na primeira pesquisa o tempo total de prática musical e o tempo de prática musical com orquestra, respectivamente, foram  $12,6 \pm 4,4$  anos e  $6,4 \pm 3,5$  anos, na segunda foram  $23,0 \pm 6,7$  anos e  $13,9 \pm 6,0$  anos, caracterizando perfis realmente distintos em relação à experiência musical. Embora ambos os estudos tenham sugerido, de maneira geral, maior capacidade de atenção visual em músicos, o atual trabalho, que permitiu a investigação de diferentes modalidades atencionais em uma amostra maior de indivíduos, mostrou diferenças significativas entre os grupos em mais variáveis, além de ter controlado a capacidade sensório-motora dos indivíduos, o que não foi realizado em nosso estudo prévio.

É válido ressaltar a importância dos processos atencionais. Como apontam Nabas & Xavier (2004), tem sido enfatizado o papel fundamental exercido pelos mecanismos atencionais nos processos cognitivos e/ou de aprendizagem. De acordo com D'Mello & Steckler (1996), fatores como motivação, atenção, memória e experiência prévia estão diretamente envolvidos na eficiência do aprendizado. Assim, nossos resultados sugerem um efeito benéfico do treinamento musical em uma capacidade, a atenção, que pode influenciar outros aspectos cognitivos, como a aprendizagem.

Quanto à capacidade de memória visual, os músicos apresentaram menores tempos de reação, quando comparados aos não-músicos, seja considerando o teste de memória em sua totalidade ou em cada uma de suas partes: parte 1 (estímulos com maior codificação semântica) e parte 2 (estímulos com menor codificação semântica).

É interessante observar que os músicos apresentaram menor tempo de reação inclusive na parte 2, a qual possui maior nível de dificuldade. Não houve diferença significativa entre os grupos em relação à acurácia. Considerando que a prática musical frequentemente envolve a necessidade de memorização de extensas passagens musicais, exigindo, portanto, a capacidade de memorizar grande variedade de símbolos visuais presentes na partitura, seria razoável esperar efeito positivo do treinamento musical na capacidade de memória visual. Como as diferenças significativas entre os grupos envolveram apenas os tempos de reação, é possível que o melhor desempenho dos músicos no teste de memória visual reflita maior eficiência dos processos atencionais, tendo em vista que estes indivíduos, de fato, apresentaram resultado superior nos testes de atenção visual. Assim, embora músicos e não-músicos tenham realizado a tarefa de reconhecimento visual com acurácia semelhante, os músicos talvez estivessem mais atentos aos estímulos visuais, o que teria levado a respostas mais rápidas a tais estímulos. Alternativamente, é possível que os menores tempos de reação dos músicos indiquem uma recuperação mais rápida, ao longo da tarefa de reconhecimento, dos estímulos previamente memorizados. Contudo, para investigação desta hipótese, são necessários testes mais específicos.

Nossos resultados aparentemente não estão de acordo com os dados de Jakobson et al. (2008), que sugeriram maior capacidade de memória visual em músicos, verificada em tarefas de evocação e de reconhecimento. Entretanto, é preciso observar que a natureza do teste utilizado por estes pesquisadores difere daquela referente ao teste aplicado em nosso estudo. Enquanto no *Rey Visual Design Learning Test* (Rey, 1964) os estímulos a serem memorizados são figuras geométricas simples, apresentadas sequencialmente, no teste utilizado em nossa investigação os estímulos são figuras de maior complexidade, com maior ou menor codificação semântica, apresentadas em bloco. Além disso, enquanto no primeiro teste a tarefa de reconhecimento é realizada 15 minutos após a apresentação das figuras, em nossa pesquisa tal tarefa ocorre imediatamente após a exibição do bloco de estímulos. Desse modo, talvez haja maior efeito do treinamento musical na capacidade de memorização de determinados tipos de estímulos visuais e/ou nos casos em que a memorização envolve maior tempo de retenção.

Por outro lado, apesar de Jakobson et al. (2008) terem encontrado resultados positivos, outros estudos (Chan et al. 1998; Ho et al., 2003; Brandler & Rammsayer, 2003; Cohen et al., 2011) não verificaram influência do treinamento musical na capacidade de memória visual. Chan et al. (1998) e Ho et al. (2003) investigaram respectivamente adultos que receberam ou não treinamento musical antes dos 12 anos de idade e crianças com e sem prática musical. Já o estudo de Brandler & Rammsayer (2003) envolveu músicos profissionais e não-músicos. Entretanto, como apontam Jakobson et al. (2008), alguns aspectos destes três estudos podem ter contribuído para uma aparente discrepância entre os resultados. Chan et al. (1998) e Ho et al. (2003) trabalharam com amostras de população asiática, a qual é tradicionalmente treinada em um sistema ideográfico de escrita, o que, de acordo com alguns estudos (e.g. Flaherty, 1997; 2000), pode ser associado a uma melhor capacidade de memorização para desenhos abstratos. Brandler & Rammsayer (2003), apesar de não terem investigado população asiática, aplicaram um teste de memória visual que exigia habilidades topográficas, as quais, segundo alguns trabalhos (e.g. Maguire & Cipolotti, 1998; Mecklinger, 1998), envolvem substratos neurais distintos quando comparados aos relacionados à capacidade de memorização para faces e desenhos.

O estudo de Cohen et al. (2011), apesar de ter demonstrado maior capacidade de memória auditiva em músicos, para estímulos musicais e não-musicais, não verificou diferença entre os grupos quanto à memória visual. No teste utilizado pelos pesquisadores, vários estímulos visuais – objetos e imagens abstratas de arte – eram sequencialmente apresentados aos indivíduos, os quais deveriam memorizá-los. Em seguida, a mesma quantidade de estímulos era exibida, sendo que apenas metade já havia sido vista pelos sujeitos na fase de aprendizagem, os quais deveriam, portanto, classificar cada estímulo como “novo” ou “antigo”. É válido ressaltar que este teste, assim como aquele utilizado em nosso estudo e ao contrário do aplicado por Jakobson et al. (2008), envolvia estímulos visuais de maior complexidade, o que pode ter contribuído para a divergência de resultados entre os estudos. É importante mencionar também que, assim como em nosso trabalho, o teste de memória visual apresentava estímulos com maior (objetos) e menor (imagens abstratas de arte) codificação semântica e, da mesma forma, os autores não verificaram diferenças significativas entre músicos e não-músicos em relação ao reconhecimento de um ou outro tipo de estímulo. Além disso, de modo semelhante a nossa investigação, a tarefa de

reconhecimento era realizada imediatamente após a exibição dos estímulos a serem memorizados, ao contrário do teste utilizado por Jakobson et al. (2008), no qual havia o intervalo de 15 minutos entre as duas etapas.

Na segunda parte da pesquisa de Cohen et al. (2011), foi realizada comparação, em ambos os grupos, entre as capacidades de memória auditiva e visual com a utilização do mesmo tipo de paradigma descrito acima. Os resultados mostraram que tanto músicos quanto não-músicos reconheceram mais objetos do que trechos musicais familiares e sons de fala. Assim, mesmo os músicos, que apresentaram maior capacidade de memória auditiva quando comparados aos não-músicos, não mostraram superioridade desta em relação à capacidade de memória visual, embora a diferença entre as duas capacidades tenha sido menor. Segundo os autores, os dados sustentam a ideia de que a superioridade da memória de reconhecimento visual em relação à auditiva, demonstrada em estudo prévio (Cohen et al., 2009), é resultante da dominância da percepção visual em seres humanos.

Os dados referentes à influência do treinamento musical sobre a capacidade de memória visual ainda não são consistentes, sendo necessários mais estudos para investigar essa relação. É importante ressaltar a existência de estudos neuroanatômicos e neurofisiológicos que podem sugerir maior eficiência dos processos mnemônicos em músicos. Gaser & Schlaug (2003) demonstraram, nestes indivíduos, maior volume de substância cinzenta no giro temporal inferior dos dois hemisférios, região que participa da via visual ventral e é responsável por mediar o reconhecimento de objetos e a memória (Desimone, 1996). Como já mencionado, Groussard et al. (2010) verificaram, em músicos, maior ativação bilateral do córtex frontal medial, região provavelmente envolvida em processos de recuperação da memória (e.g. Wiltgen et al., 2004) e também do hipocampo, além de terem demonstrado maior volume de substância cinzenta na região anterior do hipocampo esquerdo. De forma semelhante, Herdener et al. (2010) mostraram maior ativação desta área em músicos profissionais, quando comparados a não-músicos, e também em estudantes após um ano de estudos em curso superior de Música. Huang et al. (2010) observaram maior ativação do córtex frontal, hipocampo e amígdala durante tarefa de recuperação de memória em indivíduos com treinamento musical.

Apesar de não termos verificado diferenças significativas entre músicos e não-músicos em relação à acurácia no teste de memória visual, a comparação entre o desempenho dos mesmos indivíduos de cada grupo nas partes 1 e 2 do teste em questão revelou resultados interessantes. Os dois grupos apresentaram menor tempo de reação na parte 2 em relação à parte 1, o que pode estar relacionado à menor codificação semântica dos estímulos da segunda parte do teste, fato que, apesar de elevar o grau de dificuldade da tarefa de reconhecimento, pode tornar mais rápida, embora não necessariamente mais correta, a decisão a ser tomada pelo indivíduo devido à menor possibilidade de associações entre estímulos. Já em relação à acurácia, enquanto os músicos não mostraram diferença significativa entre as duas partes do teste, os não-músicos apresentaram menor porcentagem de respostas corretas na parte 2. Este resultado indica que o aumento do grau de dificuldade da tarefa não influenciou o desempenho dos músicos, os quais conseguiram manter o mesmo nível de acurácia nas duas partes do teste, ao contrário dos não-músicos, que apresentaram queda do desempenho. É interessante notar que, em suas rotinas profissionais, os músicos lidam constantemente com a necessidade de memorização visual, a qual deve ser igualmente eficiente, de trechos musicais com diferentes níveis de complexidade. Portanto, é possível que haja relação entre nossos resultados e a demanda mnemônica envolvida na prática musical.

O processo de transferência de habilidades pode ser definido como a capacidade de aplicar o que foi aprendido em determinado contexto em novos contextos (e.g. Byrnes, 1996). Como mencionam Wan & Schlaug (2010), a transferência de habilidades pode ser classificada em duas categorias: “transferência próxima”, na qual há grande semelhança entre as características do treinamento e os domínios cognitivos envolvidos na transferência, e “transferência distante”, na qual tal semelhança é menor. Efeitos de “transferência próxima” do treinamento musical sobre a percepção auditiva e habilidades motoras finas têm sido observados de modo consistente. Por outro lado, efeitos de “transferência distante”, embora verificados em diferentes domínios cognitivos, como raciocínio matemático, verbal e visual-espacial, têm envolvido resultados muitas vezes controversos, obtidos frequentemente em estudos transversais. Nossa pesquisa, ainda que não tenha sido uma investigação longitudinal, sugere a existência de efeitos de “transferência distante” do treinamento musical, contribuindo para acrescentar resultados positivos à literatura. Wan & Schlaug (2010) ressaltam que os estudos transversais representam bom ponto de partida para a

elucidação dos possíveis benefícios do treinamento musical, bem como para definição de domínios cognitivos que podem ser positivamente influenciados e planejamento de pesquisas longitudinais.

Em relação à capacidade sensório-motora, Brochard et al. (2004) também não verificaram diferença significativa entre músicos e não-músicos em um teste controle de tempo de reação simples, o que está de acordo com nosso trabalho. Considerando que a execução musical com leitura de partitura envolve a conversão de sinais visuais em ações motoras, menores tempos de reação em testes de atenção e memória visuais poderiam ser explicados por maior capacidade sensório-motora, desenvolvida durante a prática diária de um instrumento musical. Embora nossa investigação não tenha revelado diferença significativa entre os grupos no teste de tempo de reação simples, é válido salientar que foi verificada uma tendência a menor tempo de reação no grupo dos músicos ( $p = 0,067$ ), o que, contudo, não explica inteiramente os resultados observados nos testes de atenção e memória visuais.

Por fim, é válido ressaltar que a subanálise, considerando apenas indivíduos do sexo masculino em cada grupo, revelou resultados similares aos encontrados na análise da amostra total do estudo, o que sugere que o gênero não influenciou de forma significativa os resultados. Foi verificada diferença entre as análises apenas na comparação entre o desempenho dos mesmos indivíduos de cada grupo nas partes 1 e 2 do teste de memória visual. Ao contrário da análise com a amostra total da pesquisa, na qual os não-músicos apresentaram menor acurácia na parte 2 em relação à parte 1, na subanálise os mesmos mantiveram aproximadamente o mesmo nível de acurácia nas duas partes do teste, assim como os músicos. É preciso salientar que esta pequena diferença entre as análises pode ter ocorrido em função da redução do tamanho da amostra – de 38 para 25 indivíduos em cada grupo. Contudo, considerando a existência de estudos demonstrando diferenças cognitivas entre homens e mulheres (e.g. Bosco et al., 2004; Cazzato et al., 2010), são necessárias mais investigações que abordem a possível influência do gênero no desempenho cognitivo de músicos e não-músicos.

## 8.2 COMPARAÇÃO ENTRE MÚSICOS

Quanto à possível relação entre o desempenho dos músicos nos testes e fatores associados à experiência musical (idade de início dos estudos musicais, tempo de prática musical total e com orquestra e tempo de estudo individual com instrumento por dia), foram observadas, ao todo, dez correlações significativas – seis envolvendo idade de início dos estudos musicais, uma envolvendo tempo de prática musical com orquestra e três envolvendo tempo de estudo individual com instrumento por dia. Quanto mais precoce o início dos estudos musicais, menores os tempos de reação nos testes de atenção visual seletiva, dividida e sustentada e no teste de tempo de reação simples e maior a acurácia no teste de memória visual, partes 1 e 2 e parte 2. Quanto maior o tempo de prática musical com orquestra, menor o tempo de reação no teste de tempo de reação simples. Quanto maior o tempo de estudo individual com instrumento por dia, menores os tempos de reação no teste de memória visual, partes 1 e 2, parte 1 e parte 2.

É válido salientar que, embora não tenha sido encontrado um grande número de correlações significativas, as correlações verificadas envolveram tanto variáveis dos testes de atenção quanto do teste de memória visual. De modo geral, os dados sugerem que quanto mais precoce o início da prática musical e quanto mais intensa a mesma, maior tende a ser a eficiência dos processos atencionais e mnemônicos. Além disso, é importante observar que algumas correlações envolveram variáveis que mostraram diferenças significativas entre músicos e não-músicos: tempos de reação nos testes de atenção visual dividida e sustentada (correlação com idade de início dos estudos musicais) e tempos de reação no teste de memória visual partes 1 e 2, parte 1 e parte 2 (correlação com tempo de estudo individual com instrumento por dia).

Como ressaltam Pantev et al. (1998), a reorganização cortical induzida pela aprendizagem ocorre de acordo com o padrão de experiências sensoriais vivenciadas durante a prática de uma habilidade. Assim, o início precoce da prática musical, bem como sua maior intensidade, seria capaz de induzir maior reorganização do córtex cerebral, o que poderia refletir em capacidades cognitivas aumentadas. Como já mencionado, vários estudos têm demonstrado correlações significativas entre idade de início dos estudos musicais (Elbert et al., 1995; Schlaug et al., 1995b; Amunts et al., 1997; Pantev et al., 1998; Ohnishi et al., 2001), assim como intensidade de prática

musical (Gaser & Schlaug, 2003; Bengtsson et al., 2005), e aspectos estruturais e funcionais do cérebro. As correlações observadas neste trabalho sugerem a existência de um processo adaptativo resultante de crescente estimulação sensorial a longo prazo, o que está de acordo com o conceito de neuroplasticidade cerebral. Nosso estudo anterior (Rodrigues et al., 2007), embora não tenha investigado possíveis correlações envolvendo a intensidade de prática, verificou duas correlações significativas entre idade de início dos estudos musicais e capacidade de atenção visual. É preciso ressaltar que, em nossa atual pesquisa, apesar de ter sido verificado maior número de correlações, principalmente quanto à idade de início dos estudos musicais, tais correlações não envolveram todas as variáveis que mostraram diferenças significativas entre músicos e não-músicos, além de apresentarem, inclusive, baixos coeficientes de correlação.

Logo, devido à ausência de evidências suficientes, ainda não é possível estabelecer uma clara relação entre a idade de início dos estudos musicais e o tempo de estudo individual com instrumento por dia e as capacidades de atenção e memória visuais. Contudo, é válido salientar que a maior parte das pesquisas que têm abordado as implicações do início precoce da prática musical, assim como de sua intensidade, demonstra influência destes fatores em características estruturais e funcionais do cérebro. Assim, a presente investigação, assim como nosso estudo prévio, sugere que tal influência pode ser observada também em características comportamentais, o que tem sido pouco explorado até o momento.

Não foram observadas correlações significativas entre o desempenho dos músicos nos testes de atenção e memória e o tempo de prática musical total e com orquestra, assim como em nossa pesquisa anterior (Rodrigues et al., 2007). A única correlação significativa encontrada foi entre o tempo de reação no teste de tempo de reação simples e o tempo de prática musical com orquestra. Tais resultados sugerem que o tempo de prática, em relação à idade de início dos estudos musicais e à intensidade do treinamento, talvez exerça menor influência nas capacidades cognitivas. Entretanto, como há evidências de correlações significativas entre tempo de prática musical e grau de alteração estrutural e funcional do cérebro (Sluming et al., 2002; Musacchia et al., 2007; George & Coch, 2011), nossos dados não podem ser considerados conclusivos.

Tendo em vista que nosso estudo sugere a possibilidade de influência positiva do início precoce do treinamento musical, é interessante considerar a interação entre genes, desenvolvimento e experiência. Como aponta Penhune (2011), exemplo de tal interação consiste no período sensível – período durante o desenvolvimento no qual a experiência possui efeito diferencial no cérebro e no comportamento. A autora menciona que o conceito de período sensível deve ser definido em relação ao conceito de período crítico. A definição deste último tem origem em estudos mostrando que certos comportamentos, bem como seus substratos neurais, não são desenvolvidos normalmente se a estimulação apropriada não é recebida durante um intervalo restrito de tempo. O período crítico geralmente apresenta início e final abruptos e parece estar sob controle genético. Por outro lado, o período sensível apresenta sistemas neurais particularmente sensíveis à experiência e, portanto, mais susceptíveis a mudanças, além de possuir início e final mais flexíveis e ser fortemente influenciado pela experiência. Embora estabeleça clara distinção entre período crítico e período sensível, a autora ressalta que provavelmente existe, na verdade, um *continuum*, havendo maior ou menor contribuição da genética e da experiência para o desenvolvimento do cérebro e do comportamento, de acordo com o sistema neural envolvido e o estágio do desenvolvimento.

Estudos investigando a capacidade de ouvido absoluto em músicos, por exemplo, têm sugerido que o intervalo de tempo envolvido no desenvolvimento desta capacidade se aproxima mais do conceito de período crítico (e.g. Baharloo et al., 1998). Por outro lado, pesquisas investigando capacidades motoras têm fornecido evidências da existência de um período sensível, no qual o treinamento motor enriquecido por meio da prática musical resulta em benefícios que persistem até a idade adulta (e.g. Watanabe et al., 2007). Assim, é possível que haja diferentes períodos críticos e sensíveis para o treinamento musical. Enquanto o desenvolvimento do ouvido absoluto pode exigir treinamento mais precoce, a fim de possibilitar o estabelecimento de categorias precisas de altura, outras capacidades, como a sincronização motora, podem continuar a se desenvolver ao longo do tempo, coincidindo com o aumento da conectividade entre regiões motoras e auditivas.

Estudos indicam que, no processo de maturação cerebral, o aumento do volume de substância branca em áreas de associação frontais e têmporo-parietais ocorre posteriormente em relação a outras áreas (e.g. Sowell et al., 2004), o que sugere que

o desenvolvimento dos processos atencionais, por exemplo, não se dê precocemente. Penhune (2011) menciona que uma direção interessante para futuras pesquisas seria a realização de estudos longitudinais em crianças com início do treinamento musical antes e após prováveis períodos sensíveis, de modo a possibilitar a investigação de alterações neurais e comportamentais em função da prática musical em diferentes estágios do desenvolvimento.

A comparação entre instrumentistas de cordas e de sopros teve como objetivo investigar se a categoria de instrumento poderia exercer alguma influência no desempenho dos músicos nos testes. É interessante observar que os instrumentistas de cordas, além da necessidade de atenção à partitura e aos movimentos dos outros músicos, precisam estar atentos ao próprio instrumento, verificando constantemente as posições dos dedos da mão esquerda e também do arco. Assim, em relação aos instrumentistas de sopros, os quais não necessitam de atenção específica dirigida ao instrumento, os instrumentistas de cordas lidam com mais um tipo de estímulo visual, o que poderia levar, por exemplo, a maior desenvolvimento dos processos atencionais.

A comparação entre músicos com diferentes instrumentos não revelou nenhuma diferença significativa entre os grupos nos testes de atenção visual, memória visual e tempo de reação simples. Em relação à comparação entre o desempenho dos mesmos indivíduos de cada grupo nas partes 1 e 2 do teste de memória visual, tanto os instrumentistas de cordas quanto os de sopros apresentaram menor tempo de reação na parte 2 em relação à parte 1 e não mostraram diferença significativa na acurácia entre as duas partes do teste, resultado semelhante ao encontrado no grupo dos músicos como um todo.

Os resultados indicam considerável homogeneidade entre instrumentistas de cordas e de sopros, não tendo sido observada nenhuma tendência estatística a diferenças significativas, o que demonstra unidade de desempenho entre instrumentistas de orquestras profissionais. Em nosso estudo prévio (Rodrigues et al., 2007), também não foram verificadas diferenças significativas entre instrumentistas de cordas e de sopros em relação à capacidade de atenção visual. Como mencionam Sluming et al. (2002), algumas habilidades relacionadas à performance musical, particularmente motoras, são específicas para cada instrumento. Entretanto, há diversas capacidades desenvolvidas em músicos de maneira geral, independentemente de tal

especificidade. Assim, a ausência de diferenças em relação à categoria de instrumento pode sugerir que atividades como leitura de partitura, estudo individual com instrumento, prática musical em conjunto e apresentação de concertos, comuns à rotina profissional de todos os músicos, sejam os fatores determinantes, representando demandas cognitivas similares, independentemente do tipo de instrumento praticado. Logo, o desenvolvimento das capacidades de atenção e memória visuais seria também equivalente. Por outro lado, é preciso salientar que o reduzido tamanho da amostra utilizada para tal comparação (15 indivíduos em cada grupo) talvez possa ter influenciado os resultados. Portanto, para investigação mais consistente das capacidades de atenção e memória visuais em músicos com diferentes instrumentos, são necessárias pesquisas envolvendo amostras maiores.

### **8.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO**

Apesar de nosso estudo sugerir efeitos positivos do treinamento musical sobre capacidades cognitivas visuais, é importante considerarmos algumas limitações da pesquisa. Um aspecto relevante diz respeito à inteligência geral. Schellenberg (2004), em um estudo longitudinal, demonstrou maior aumento do quociente de inteligência (Q.I.) em crianças após um ano de aulas de música. Posteriormente, Schellenberg (2006) verificou correlações positivas entre tempo de prática musical na infância e Q.I. em crianças e adultos. De fato, como nossa investigação não envolveu controle da inteligência geral dos indivíduos, é possível que nossos resultados estejam associados a maior Q.I. no grupo dos músicos. Porém, é preciso ressaltar que alguns estudos (e.g. Stoesz et al., 2007; Jakobson et al., 2008) têm demonstrado que diferenças cognitivas entre músicos e não-músicos persistem mesmo após o controle dos efeitos de diversas variáveis potencialmente relevantes, incluindo a inteligência geral. Além disso, outras pesquisas (e.g. Ho et al., 2003; Franklin et al., 2008), investigando possíveis efeitos do treinamento musical em capacidades cognitivas, não têm verificado diferenças entre os grupos em relação à inteligência geral. Assim, considerando as evidências de estudos prévios, embora não tenhamos controlado esta variável, é possível que não tenha havido influência significativa da mesma em nossos resultados.

Há também outras variáveis, especificamente relacionadas ao grupo dos músicos, que não foram controladas, como leitura de partitura e prática musical com orquestra. Para

investigação da contribuição real de tais práticas no desenvolvimento dos processos atencionais e mnemônicos, seria interessante, posteriormente, comparar grupos distintos de indivíduos como músicos com e sem prática de orquestra, músicos instrumentistas e não-instrumentistas, músicos dedicados à música de concerto ou à música popular, dentre outras comparações.

Outro ponto a ser considerado refere-se à escolaridade dos pais dos voluntários. No grupo dos músicos, especialmente no caso dos instrumentistas de cordas, os pais dos sujeitos apresentaram maior nível de escolaridade. Conforme apontado por Stoesz et al. (2007) e Jakobson et al. (2008), esta variável seria um indicador da situação socioeconômica dos indivíduos. No presente estudo, tal avaliação é relevante, uma vez que famílias com melhor situação socioeconômica poderiam supostamente favorecer a inserção dos jovens em ambientes enriquecidos, o que levaria a benefícios cognitivos. Assim, as diferenças encontradas entre músicos e não-músicos nos testes de atenção e memória visuais poderiam estar, em parte, relacionadas a diferenças quanto à situação socioeconômica dos indivíduos. Contudo, é preciso observar que, embora também tenha sido verificada maior escolaridade dos pais no caso instrumentistas de cordas, em relação aos instrumentistas de sopros, não foi constatada nenhuma diferença cognitiva entre estes grupos, o que sugere que a situação socioeconômica provavelmente não influenciou os resultados obtidos na comparação entre músicos e não-músicos.

Outra questão refere-se à experiência musical dos voluntários pertencentes ao grupo dos não-músicos. Embora todos os participantes tenham declarado não ler partitura atualmente, seis indivíduos (16%) relataram já ter recebido algum tipo de educação musical formal com prática de leitura de partitura na infância, adolescência ou início da idade adulta, por, no máximo, um ano e seis meses. Além disso, cinco indivíduos (13%) mencionaram tocar algum instrumento musical, sem regularidade, atualmente. Embora a possibilidade de influência da experiência musical dos não-músicos nos resultados dos testes não possa ser totalmente desconsiderada, é preciso ressaltar que tal experiência resumiu-se a curto período de educação musical formal, ocorrida no passado, e prática ocasional de instrumento atualmente. Ho et al. (2003), que demonstraram maior capacidade de memória verbal em crianças submetidas a treinamento musical, verificaram que, após um ano, enquanto as crianças que deram continuidade do treinamento apresentaram melhora do desempenho em tarefas de

memória verbal, aquelas que interromperam o treinamento não mostraram diferença significativa em tal desempenho. O estudo, portanto, fornece evidências de que possível aumento dos benefícios do treinamento musical depende do caráter contínuo do mesmo. Como, em nossa pesquisa, a educação musical formal dos não-músicos se deu pontualmente, é provável que não tenha influenciado de forma significativa os resultados.

Ainda em relação ao estudo de Ho et al. (2003), é interessante observar que, no caso das crianças que interromperam o treinamento musical, embora não tenha havido aumento da capacidade de memória verbal, esta permaneceu estável ao longo do tempo, não existindo, portanto, perda do ganho cognitivo alcançado anteriormente à interrupção do treinamento. Os autores sugerem que este resultado pode estar relacionado ao fato de as crianças terem sido submetidas à prática musical durante aproximadamente três anos. Por outro lado, Hyde et al. (2009), embora tenham demonstrado maior desenvolvimento de capacidades motoras e auditivas em crianças submetidas a 15 meses de treinamento musical, em relação a crianças do grupo controle, não verificaram diferenças significativas entre os grupos em testes verbais e visuais-espaciais. Segundo os pesquisadores, 15 meses de treinamento pode ter sido um período de tempo curto para a produção de efeitos positivos em capacidades cognitivas não-musicais. Em nosso estudo, considerando os não-músicos com experiência musical prévia, o tempo médio de educação musical formal com prática de leitura de partitura foi de aproximadamente nove meses, e o tempo máximo, observado no caso de apenas um indivíduo, de 18 meses. Assim, é possível que a experiência musical prévia dos indivíduos não tenha sido suficiente para influenciar as capacidades cognitivas visuais avaliadas nesta pesquisa.

Cabe também salientar que o grupo dos não-músicos apresentou considerável heterogeneidade quanto às áreas do conhecimento referentes à formação acadêmica dos voluntários. Se, por um lado, tal fato contribui para que o grupo possa constituir amostra representativa da população em geral, por outro, pode dificultar, em alguma medida, a interpretação dos resultados, uma vez que o grau de demanda das capacidades de atenção e memória visuais pode variar em função das áreas de atuação profissional dos indivíduos. Portanto, seria interessante, posteriormente, preservando a análise de um grupo heterogêneo, aprofundar a investigação das

referidas capacidades cognitivas em diferentes subgrupos de não-músicos, sendo, cada um deles, homogêneo em relação à área do conhecimento dos sujeitos.

Finalmente, é válido ressaltar que nossa investigação não envolveu a utilização de testes neuropsicológicos padronizados para avaliação das capacidades de atenção e memória visuais. Todos os testes aplicados foram construídos especialmente para este estudo, sendo que, na elaboração dos mesmos, buscou-se utilizar grande variedade de estímulos visuais e possibilitar o registro preciso dos tempos de reação, variável muitas vezes não mensurada em instrumentos de avaliação convencionais. Embora outros estudos também tenham envolvido a aplicação de testes não padronizados para a comparação de capacidades cognitivas visuais entre músicos e não-músicos (e.g. Brochard et al., 2004; Patston et al., 2007a; Kalakoski, 2007), é preciso reconhecer a relevância da utilização de testes já validados para a população em geral. Assim, seria necessário, futuramente, investigar as capacidades de atenção visual, em diferentes modalidades, e de memória visual com a aplicação de testes padronizados, a fim de verificar se os mesmos resultados podem ser observados em diferentes paradigmas.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como ressaltam Schellenberg & Peretz (2007), um dos aspectos relacionados à interface música/cognição que não está claro é o que se refere à causa das diferenças. Ainda não é possível determinar se as capacidades cognitivas aumentadas, verificadas em músicos, são realmente consequência de treinamento prolongado ou são inatas. Muitas pesquisas que sugerem benefícios cognitivos da prática musical são estudos de correlação ou de natureza *quasi*-experimental, como é o caso de nossa investigação, o que torna difícil o estabelecimento de uma clara relação causal. Contudo, vários estudos têm fornecido evidências que apóiam a perspectiva da aprendizagem. Por exemplo, alguns trabalhos longitudinais têm demonstrado capacidades espaciais (e.g. Costa-Giomi, 1999; Graziano et al., 1999; Bilhartz et al., 1999), verbais e de raciocínio (e.g. Forgeard et al., 2008) aumentadas em crianças após um período de aulas de música. Outras pesquisas, como já mencionado, têm verificado correlações entre o grau de alterações estruturais e funcionais no cérebro e a idade de início dos estudos musicais (Elbert et al., 1995; Schlaug et al., 1995b; Amunts et al., 1997; Pantev et al., 1998; Ohnishi et al., 2001), o tempo de prática musical (Sluming et al., 2002; Musacchia et al., 2007; George & Coch, 2011) e sua intensidade (Gaser & Schlaug, 2003; Bengtsson et al., 2005).

O estudo de Norton et al. (2005) comparou dois grupos de crianças, com idade entre cinco e sete anos, sendo que um estava prestes a iniciar o estudo de um instrumento musical e o outro, embora estivesse exposto regularmente a aulas de música na escola, não iria iniciar o estudo individual de instrumento. Todas as crianças foram submetidas a uma série de testes cognitivos, motores e musicais, bem como a procedimentos de ressonância magnética estrutural e funcional. Não foi encontrada nenhuma diferença neural, cognitiva, motora ou musical pré-existente entre os grupos, o que reforça a ideia de que o treinamento musical prolongado, mais do que características inatas, é o principal responsável pelas diferenças cerebrais, cognitivas e motoras encontradas entre músicos e não-músicos. Hyde et al. (2009), em prosseguimento à investigação de Norton et al. (2005), verificaram, no grupo de crianças participantes da pesquisa, alterações estruturais no cérebro após apenas 15 meses de treinamento musical. Tais alterações, observadas em áreas relacionadas à motricidade e audição, correlacionaram-se com melhor desempenho dos indivíduos em testes motores e auditivos.

Também é importante mencionar que a prática musical é apenas uma das formas de treinamento capazes de levar a alterações neurais e cognitivas no cérebro humano. Há evidências de que tais alterações podem ocorrer após diversos tipos de treino. Por exemplo, Pascual-Leone et al. (1995b) mostraram que o mapeamento do córtex motor referente à mão utilizada para a leitura em leitores de Braille é modificado após várias horas de treinamento. Maguire et al. (2000) verificaram que motoristas de táxi possuem maior volume do hipocampo posterior, em relação à população em geral, provavelmente devido às intensas demandas visuais-espaciais envolvidas em suas atividades. Sims & Mayer (2002) observaram maior capacidade de rotação mental em indivíduos que praticam *video game*. Assim, várias formas de treino intensivo podem exercer influência no cérebro, mas é possível que o treinamento musical tenha efeitos específicos, ou mesmo que produza um conjunto de efeitos diversos, considerando sua natureza multifacetada. Como apontam Norton et al. (2005), os benefícios cognitivos da prática musical, reflexo de processos neuroplásticos, podem ser resultado de uma combinação de habilidades exigidas por tal treinamento, tais como decodificação da informação visual em atividade motora, memorização de extensos trechos musicais, discriminação auditiva espectral e temporal, desenvolvimento de habilidades motoras finas, dentre outras.

Estudos que demonstram capacidades cognitivas aumentadas em músicos podem ter implicações teóricas e práticas, como salientam Stoesz et al. (2007). No nível teórico, tais investigações podem levar a uma melhor compreensão dos efeitos da prática musical no desenvolvimento e funcionamento de diversos sistemas neurais, subjacentes a várias capacidades cognitivas, e, no nível prático, ainda que músicos profissionais representem um grupo muito específico na população, podem contribuir para avanços nas áreas de saúde e educação.

Como sugerem Wan & Schlaug (2010), tendo em vista as evidências indicando que o cérebro humano pode ser moldado pela experiência musical, uma linha de pesquisa promissora consiste no estudo da aplicação da prática musical no tratamento de distúrbios neurológicos e na mitigação do processo de declínio cognitivo associado ao envelhecimento. Cabe ressaltar que os processos neuroplásticos podem ocorrer durante toda a vida, embora o grau de neuroplasticidade diminua com o passar do tempo (e.g. Berardi et al., 2000). A revisão de Kramer et al. (2004) abordou a ligação entre fatores relacionados ao estilo de vida e vitalidade cognitiva durante o

envelhecimento. Estudos conduzidos em diferentes países revelaram que indivíduos com ocupações mais complexas são capazes de manter seu funcionamento cognitivo à medida que envelhecem. Além disso, fora do ambiente profissional, sujeitos envolvidos em atividades com demanda cognitiva, como, por exemplo, jogos, apresentam redução do potencial para o declínio cognitivo associado ao envelhecimento. O efeito protetor da atividade mental parece depender da natureza das tarefas.

Segundo Green & Bavelier (2008), os efeitos da aprendizagem são geralmente específicos em relação à habilidade aprendida, mostrando reduzido grau de generalização para tarefas similares ou novos ambientes. Tal especificidade pode ser considerada um dos maiores obstáculos na elaboração de paradigmas de reabilitação eficientes. De acordo com os autores, há poucos programas de treinamento nos quais a aprendizagem parece apresentar efeitos mais generalizados. Tais paradigmas são tipicamente mais complexos em relação a manipulações em laboratório e correspondem a experiências da vida real. Como apontam Bugos et al. (2007) e Green & Bavelier (2008), intervenções cognitivas ideais devem incluir auto-eficácia, *feedback*, dificuldade progressiva, prática motivada, variedade de estímulos e integração multissensorial. Especificamente quanto à motivação, Penhune (2011) ressalta que estímulos relevantes podem induzir maior grau de neuroplasticidade em relação a estímulos não significativos (e.g. Blake et al., 2006). Nessa perspectiva, o treinamento musical parece envolver os atributos necessários para engajar e preservar sistemas cognitivos ao longo da vida.

Em um estudo longitudinal, Bugos et al. (2007) avaliaram o efeito de aulas de piano individuais em voluntários saudáveis entre 60 e 85 anos de idade. Foram aplicados diversos testes neuropsicológicos anteriormente ao início do treinamento, após seis meses de intervenção – que consistiu em aulas semanais de 30 minutos e prática instrumental independente por, no mínimo, três horas por semana – e após três meses de intervalo. Os resultados mostraram que os indivíduos sujeitos ao treinamento apresentaram melhor desempenho no subteste *Digit Symbol* do *WAIS III* (Wechsler, 1997a) e na parte B do *Trail Making Test* (Reitan & Wolfson, 1985), em relação aos sujeitos pertencentes ao grupo controle, após seis meses de intervenção e também após três meses de intervalo. Tais testes permitem a avaliação das capacidades de atenção visual, concentração, processamento executivo e memória operacional.

Assim, o efeito de aulas de piano individuais não apenas foi verificado em capacidades cognitivas não-musicais, como também foi mantido após um período de intervalo. Segundo os autores, os resultados podem estar relacionados ao fato de o treinamento musical envolver a participação de múltiplos domínios cognitivos, ao contrário de outras intervenções que empregam tarefas unimodais, o que sugere a possibilidade de aplicação da prática musical como estratégia de intervenção em casos de declínio cognitivo associado ao envelhecimento.

Hanna-Pladdy & MacKay (2011), em um estudo transversal, investigaram a possível influência do tempo de prática instrumental ao longo da vida sobre o envelhecimento cognitivo. A pesquisa envolveu avaliação neuropsicológica de indivíduos saudáveis entre 60 e 83 anos de idade pertencentes a três grupos distintos: não-músicos (sem experiência musical), músicos com reduzida atividade musical (1 a 9 anos de prática instrumental) e músicos com intensa atividade musical (acima de 10 anos de prática instrumental regular).

Os pesquisadores verificaram diferenças significativas entre músicos com intensa atividade musical e não-músicos, sendo que os primeiros apresentaram melhor desempenho em tarefas envolvendo as capacidades de nomeação (*Boston Naming Test* – Kaplan et al., 1983), memória visual (subteste *Visual Reproduction II* do *WMS III* – Wechsler, 1997b), atenção visual e processamento executivo (parte B do *Trail Making Test* – Reitan & Wolfson, 1985). Além disso, os músicos com intensa atividade musical superaram aqueles com reduzida atividade na parte A do *Trail Making Test*, que permite avaliação das capacidades de atenção visual e sequenciamento. Embora a maior parte das diferenças entre músicos com diferentes níveis de atividade musical não tenha sido significativa, o desempenho cognitivo dos músicos com reduzida atividade situou-se entre o dos não-músicos e o dos músicos com intensa atividade, sugerindo uma relação linear entre o tempo de prática instrumental e o funcionamento cognitivo em indivíduos idosos. Análises de regressão revelaram, dentre outras associações, correlação entre o desempenho no teste de memória visual e o tempo de prática instrumental, assim como a idade de início dos estudos musicais.

É interessante notar, como ressaltam Hanna-Pladdy & MacKay (2011), que as capacidades nas quais os músicos com intensa atividade musical superaram os não-músicos estão relacionadas a áreas cerebrais envolvidas em processos de declínio

cognitivo ao longo do envelhecimento. Assim, o perfil neuropsicológico dos primeiros sugere a existência de benefícios capazes de favorecer a reserva cognitiva em idosos, sendo, entretanto, necessários mais estudos para investigar os fatores de mediação e os mecanismos neurais subjacentes. Por não se tratar de uma pesquisa de natureza experimental, como salientam os autores, não é possível afirmar claramente que o treinamento musical foi o responsável pelo aumento cognitivo observado nos indivíduos.

É válido ressaltar que o subteste *Digit Symbol* do *WAIS III*, utilizado por Bugos et al. (2007), e o *Trail Making Test*, aplicado nas investigações de Bugos et al. (2007) e Hanna-Pladdy & MacKay (2011), também foram usados em nosso estudo prévio (Rodrigues et al., 2007), como mencionado anteriormente, embora em população jovem. Apesar de não termos verificado diferenças significativas entre os grupos no subteste *Digit Symbol* do *WAIS III*, os músicos apresentaram melhor desempenho no *Trail Making Test*, partes A e B, o que é consistente com as demais pesquisas.

A investigação de Sluming et al. (2002), ao comparar músicos de orquestra e não-músicos, demonstrou redução significativa, associada ao envelhecimento, no volume total do cérebro e em regiões tais como o córtex pré-frontal dorsolateral e o giro frontal inferior esquerdo, apenas no grupo dos não-músicos. Portanto, os músicos parecem ser menos susceptíveis a degenerações neurais relacionadas ao envelhecimento, presumivelmente em função de suas atividades musicais diárias. Em um estudo longitudinal, Verghese et al. (2003) avaliaram a contribuição relativa de diferentes atividades, ao longo de cinco anos, para a manutenção do funcionamento cognitivo em idosos acima de 75 anos de idade. Os resultados mostraram que os indivíduos que possuíam prática regular de instrumento apresentaram menor probabilidade de desenvolvimento de demência em relação àqueles que raramente praticavam. O efeito protetor da prática instrumental foi mais significativo quando comparado ao efeito de outras atividades cognitivas, como leitura, escrita ou jogo de palavras-cruzadas.

Há também possíveis implicações, na área de educação, de estudos que demonstram capacidades cognitivas aumentadas em músicos. Como foi descrito, várias pesquisas têm evidenciado, em crianças, efeitos positivos da prática musical em capacidades cognitivas pertencentes ao domínio não-musical, como raciocínio verbal, matemático e visual-espacial. Contudo, é preciso cautela na aplicação dos resultados de tais

investigações na prática educacional. O ensino de música não deve ocorrer unicamente em função de proporcionar aumento de capacidades cognitivas. Hetland & Winner (2001) sustentam que se a presença do ensino de artes nas escolas se dá somente em razão da crença de que o mesmo leva a melhora do desempenho acadêmico, as artes rapidamente perderão sua posição enquanto componente curricular, caso não sejam verificados benefícios em tal desempenho. A justificativa para o ensino artístico deve, sobretudo, considerar seu caráter único e evidenciar o que somente as artes, dentre diversos componentes curriculares, podem ensinar. As aulas de música podem ser consideradas experiências singulares porque envolvem uma combinação particular de vários aspectos tais como percepção multissensorial, atenção, concentração, raciocínio, planejamento, estratégias de adaptação, habilidades motoras finas, sensibilidade emocional e expressividade.

## 10. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos em nosso estudo sugerem principalmente maior capacidade de atenção visual, em diferentes modalidades – seletiva, dividida e sustentada –, em músicos em relação a não-músicos, o que pode indicar a existência de efeito positivo do treinamento musical prolongado em uma capacidade cognitiva não-musical. Parte do resultado observado no teste de atenção visual dividida pode também sugerir maior capacidade de memória operacional em músicos. O melhor desempenho dos músicos no teste de memória visual reforça a possibilidade de maior eficiência dos processos atencionais, já que as diferenças foram observadas apenas nos tempos de reação. Os resultados do estudo não podem ser explicados por melhor integração sensório-motora, uma vez que não houve diferença entre os grupos no teste de tempo de reação simples.

Nossos dados também apresentam indícios da existência de correlações significativas entre as capacidades de atenção e memória visuais e dois fatores relacionados à experiência musical: idade de início dos estudos musicais e tempo de estudo individual com instrumento por dia. Quanto mais cedo os indivíduos começam a estudar música e quanto mais intenso é o treinamento, melhores tendem a ser seus desempenhos em algumas variáveis dos testes. Entretanto, ainda não é possível afirmar, de maneira consistente, a relação entre as capacidades cognitivas visuais e os fatores mencionados.

A comparação entre instrumentistas de cordas e de sopros não revelou nenhuma diferença significativa entre os grupos nos testes de atenção visual, memória visual e tempo de reação simples, o que sugere que atividades comuns à rotina profissional de todos os músicos podem ser os fatores determinantes, representando demandas cognitivas similares, independentemente do tipo de instrumento praticado. Contudo, para dados conclusivos, são necessários estudos com amostras maiores.

Esta pesquisa pode contribuir para a crescente literatura que tem fornecido evidências comportamentais sugerindo a existência de processos de neuroplasticidade cerebral como resultado da prática musical prolongada, além de gerar possíveis implicações para as áreas de saúde e educação.

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLPORT, A. Visual attention. In: POSNER, M. I. (Ed.) *Foundations of Cognitive Science*. Cambridge: MIT Press, 1991.

ALLPORT, A. Attention and control: have we been asking the wrong questions? A critical review of twenty-five years. In: MEYER & KORNBLUM (Eds.) *Attention and Performance XIV*. New Jersey: Erlbaum, 1993.

ALTENMÜLLER, E. O. How many music centers are in the brain? In: ZATORRE, R. J. & PERETZ, I. (Eds.) *The Biological Foundations of Music*. New York: The New York Academy of Sciences, 2001. v. 930, p. 273-280.

AMEDI, A., RAZ, N., PIANKA, P., MALACH, R., ZOHARY, E. Early 'visual' cortex activation correlates with superior verbal memory performance in the blind. *Nature Neuroscience*, v. 6, p. 758-766, 2003.

AMUNTS, K., SCHLAUG, G., JÄNCKE, L., STEINMETZ, H., SCHLEICHER, A., DABRINGHAUS, A., ZILLES, K. Motor cortex and hand motor skills: structural compliance in the human brain. *Human Brain Mapping*, v. 5, p. 206-215, 1997.

ANDERSEN, R. A., ASANUMA, C., ESSICK, G., SIEGEL, R. M. Corticocortical connections of anatomically and physiologically defined subdivisions within the inferior parietal lobule. *Journal of Comparative Neurology*, v. 296, p. 65-113, 1990.

ANDERSON, B. J., LI, X., ALCANTARA, A. A., ISAACS, K. R., BLACK, J. E., GREENOUGH, W. T. Glial hypertrophy is associated with synaptogenesis following motor-skill learning, but not with angiogenesis following exercise. *Glia*, v. 11, p. 73-80, 1994.

ANDERSON, B. J., ECKBURG, P. B., RELUCIO, K. I. Alterations in the thickness of motor cortical subregions after motor-skill learning and exercise. *Learning and Memory*, v. 9, p. 1-9, 2002.

ANVARI, S. H., TRAINOR, L. J., WOODSIDE, J., LEVY, B. A. Relations among musical skills, phonological processing and early reading ability in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 83, p. 111-130, 2002.

ATKINSON, R. C. & SHIFFRIN, R. M. Human memory: a proposed system and its control process. In: SPENCE, K. W. & SPENCE, J. T. (Eds.) *The Psychology of Learning and Motivation*. New York: Academic Press, 1968. v. 2, p. 89-195.

BADDELEY, A. The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, v. 4, p. 417-423, 2000.

BADDELEY, A. & ANDRADE, J. Working memory and the vividness of imagery. *Journal of Experimental Psychology General*, v. 129, p. 126-145, 2000.

BADDELEY, A. & HITCH, G. Working memory. In: BOWER, G. H. (Ed.). *The Psychology of Learning and Motivation*. New York: Academic Press, 1974. v. 8, p. 47-89.

- BAECK, E. The neural networks of music. *European Journal of Neurology*, v. 9, p. 449-456, 2002.
- BAHARLOO, S., JOHNSTON, P., SERVICE, S., GITSCHIER, J., FREIMER, N. Absolute pitch: an approach for identification of genetic and nongenetic components. *American Journal of Human Genetics*, v. 62, p. 224-231, 1998.
- BARNETT, K. J., CORBALLIS, M. C., KIRK, I. J. Symmetry of callosal information transfer in schizophrenia: a preliminary study. *Schizophrenia Research*, v. 74, p. 171-178, 2005.
- BAVELIER, D. & NEVILLE, H. J. Cross-modal plasticity: where and how? *Nature Reviews Neuroscience*, v. 3, p. 443-452, 2002.
- BAYS, P. M., CATALAO, R. F. G., HUSAIN, M. The precision of visual working memory is set by allocation of a shared resource. *Journal of Vision*, v. 9, p. 1-11, 2009.
- BENGTSSON, S. L., NAGY, Z., SKARE, S., FORSMAN, L., FORSSBERG, H., ULLÉN, F. Extensive piano practicing has regionally specific effects on white matter development. *Nature Neuroscience*, v. 8, p. 1148-1150, 2005.
- BERARDI, N., PIZZORUSSO, T., MAFFEI, L. Critical periods during sensory development. *Current Opinion in Neurobiology*, v. 10, p. 138-145, 2000.
- BESSON, M., FAITA, F., REQUIN, J. Brain waves associated with musical incongruities differ for musicians and non-musicians. *Neuroscience Letters*, v. 168, p. 101-105, 1994.
- BEVER, T. G. & CHIARELLO, R. J. Cerebral dominance in musicians and non-musicians. *Science*, v. 185, p. 537-539, 1974.
- BIALYSTOK, E., CRAIK, F. I. M., RYAN, J. Executive control in a modified antisaccade task: Effects of aging and bilingualism. *Journal of Experimental Psychology*, v. 32, p. 1341-1354, 2006.
- BIALYSTOK, E. & DEPAPE, A-M. Musical expertise, bilingualism, and executive functioning. *Journal of Experimental Psychology*, v. 35, p. 565-574, 2009.
- BILHARTZ, T. D., BRUHN, R. A., OLSON, J. E. The effect of early music training on child cognitive development. *Journal of Applied Developmental Psychology*, v. 20, p. 615-636, 1999.
- BIODATA. *Multipsy 821*: user manual. Frankfurt: Biodata, 1988.
- BISCALDI, M., FISCHER, B., HARTNEGG, K. Voluntary saccadic control in dyslexia. *Perception*, v. 29, p. 509-521, 2000.
- BISLEY, J. W. The neural basis of visual attention. *Journal of Physiology*, v. 589, p. 49-57, 2011.
- BLACK, J. E., ISAACS, K. R., ANDERSON, B. J., ALCANTARA, A. A., GREENOUGH, W. T. Learning causes synaptogenesis, whereas motor activity causes angiogenesis,

in cerebellar cortex of adult rats. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 87, p. 5568-5572, 1990.

BLAKE, D., HEISER, M., CAYWOOD, M., MERZENICH, M. Experience-dependent adult cortical plasticity requires cognitive association between sensation and reward. *Neuron*, v. 52, p. 371-381, 2006.

BOSCO, A., LONGONI, A. M., VECCHI, T. Gender effects in spatial orientation: cognitive profiles and mental strategies. *Applied Cognitive Psychology*, v. 18, p. 519-532, 2004.

BOWERS, D. & HEILMAN, K. M. Pseudoneglect: effects of hemispace on a tactile line bisection task. *Neuropsychologia*, v. 18, p. 491-498, 1980.

BRADY, T. F., KONKLE, T., ALVAREZ, G. A. OLIVA, A. Visual long-term memory has a massive storage capacity for object details. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 105, p. 14325-14329, 2008.

BRADY, T. F., KONKLE, T., ALVAREZ, G. A. A review of visual memory capacity: beyond individual items and toward structured representations. *Journal of Vision*, v. 11, p. 1-34, 2011.

BRANDLER, S. & RAMMSAYER, T. H. Differences in mental abilities between musicians and non-musicians. *Psychology of Music*, v. 31, p. 123-138, 2003.

BRIAND, K. A. & KLEIN, R. M. Is Posner's "beam" the same as Treisman's "glue"?: on the relation between visual orienting and feature integration theory. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, v. 13, p. 228-241, 1987.

BROCHARD, R., DUFOUR, A., DESPRÉS, O. Effect of musical expertise on visuospatial abilities: evidence from reaction times and mental imagery. *Brain and Cognition*, v. 54, p. 103-109, 2004.

BRODSKY, W., HENIK, A., RUBINSTEIN, B-S., ZORMAN, M. Auditory imagery from musical notation in expert musicians. *Perception & Psychophysics*, v. 65, p. 602-612, 2003.

BROWN, W. S. & JEEVES, M. A. Bilateral visual field processing and evoked potential interhemispheric transmission time. *Neuropsychologia*, v. 31, p. 1267-1281, 1993.

BROWN, W. S., LARSON, E. B., JEEVES, M. A. Directional asymmetries in interhemispheric transmission time: evidence for visual evoked potentials. *Neuropsychologia*, v. 32, p. 439-448, 1994.

BUGOS, J. A., PERLSTEIN, W. M., MCCRAE, C. S., BROPHY, T. S., BEDENBAUGH, P. H. Individualized piano instruction enhances executive functioning and working memory in older adults. *Aging & Mental Health*, v. 11, p. 464-471, 2007.

BUSCHMAN, T. J. & MILLER, E. K. Top-down versus bottom-up control of attention in the prefrontal and posterior parietal cortices. *Science*, v. 315, p. 1860-1862, 2007.

- BYRNES, J. P. *Cognitive development and learning in instructional contexts*. Boston: Allyn & Bacon, 1996.
- CABEZA, R. & ST JACQUES, P. Functional neuroimaging of autobiographical memory. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 11, p. 219-227, 2007.
- CARLSON, S. M. & MELTZOFF, A. M. Bilingual experience and executive functioning in young children. *Developmental Science*, v. 11, p. 282-298, 2008.
- CAZZATO, V., BASSO, D., CUTINI, S., BISIACCHI, P. Gender differences in visuospatial planning: an eye movements study. *Behavioural Brain Research*, v. 206, p. 177-183, 2010.
- CHAN, A. S., HO, Y-C., CHEUNG, M-C. Music training improves verbal memory. *Nature*, v. 396, p. 128, 1998.
- COHEN, M. A., EVANS, K. K., HOROWITZ, T. S., WOLFE, J. M. Auditory and visual memory in musicians and nonmusicians. *Psychonomic Bulletin & Review*, v. 18, p. 586-591, 2011.
- COHEN, M. A., HOROWITZ, T. S., WOLFE, J. M. Auditory recognition memory is inferior to visual recognition memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 106, p. 6008-6010, 2009.
- COHEN, R. M., SEMPLE, W. E., GROSS, M., KING, A. C., NORDAHL, T. E. Metabolic brain pattern of sustained auditory attention. *Experimental Brain Research*, v. 92, p. 165-172, 1992.
- COHEN-KDOSHAY, O. & MEIRAN, N. The representations of instructions in working memory leads to autonomous response activation: evidence from the first trials in the flanker paradigm. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 60, p. 1140-1154, 2007.
- COLZATO, L., BAJO, M. T., VAN DER WILDENBERG, W., PAOLIERI, D., NIEUWENHUIS, S., LA HEIJ, W., HOMMEL, B. How does bilingualism improve executive control? A comparison of active and reactive inhibition mechanisms. *Journal of experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, v. 34, p. 302-312, 2008.
- CORBETTA, M., MIEZIN, F. M., DOBMEYER, S., SHULMAN, G. L., PETERSEN, S. E. Attentional modulation of neural processing of shape, color, and velocity in humans. *Science*, v. 248, p. 1556-1559, 1990.
- CORBETTA, M., MIEZIN, F. M., DOBMEYER, S., SHULMAN, G. L., PETERSEN, S. E. Selective and divided attention during visual discriminating of shape, color, and speed: functional anatomy by positron emission tomography. *Journal of Neuroscience*, v. 11, p. 2383-2402, 1991.
- CORNETTE, L., DUPONT, P., SALMON, E., ORBAN, G. A. The neural substrate of orientation working memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, v. 13, p. 813-828, 2001.

COSTA-GIOMI, E. The effects of three years of piano instruction on children's cognitive development. *Journal of Research in Music Education*, v. 47, p. 198-212, 1999.

COULL, J. T. Neural correlates of attention and arousal: insights from electrophysiology, functional neuroimaging and psychopharmacology. *Progress in Neurobiology*, v. 55, p. 343-361, 1998.

COULL, J. T., FRITH, C. D., FRACKOWIAK, R. S. J., GRASBY, P. M. A fronto-parietal network for rapid visual information processing: a PET study of sustained attention and working memory. *Neuropsychology*, v. 34, p. 1085-1095, 1998.

CRAIK, F. I. M. & LOCKHART, R. S. Levels of processing: a framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, v. 11, p. 671-684, 1972.

CURRIE, J., RAMSDEN, B., MCARTHUR, C., MARUFF, P. Validation of a clinical saccadic eye movement test in the assessment of dementia. *Archives of Neurology*, v. 48, p. 644-648, 1991.

DELIS, D. C., KAPLAN, E., KRAMER, J., OBER, B. A. *California Verbal Learning Test - Second Edition*. USA: Psychological Corporation, 2000.

D'ERRICO, F., HENSHILWOOD, C., LAWSON, G., VANHAEREN, M., TILLIER, A.-M., SORESSI, M. et al. Archeological evidence for the emergence of language, symbolism, and music: an alternative multidisciplinary perspective. *Journal of World Prehistory*, v. 17, p. 1-70, 2003.

DE SANTIS, L.; CLARKE, S.; MURRAY, M. Automatic and intrinsic auditory "what" and "where" processing in humans revealed by electrical neuroimaging. *Cerebral Cortex*, v. 17, p. 9-17, 2007.

DESIMONE, R. Neural mechanisms for visual memory and their role in attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 93, p. 13494-13499, 1996.

D'MELLO, G. D. & STECKLER, T. Animal models in cognitive behavioural pharmacology: an overview. *Cognitive Brain Research*, v. 3, p. 345-352, 1996.

EKSTROM, A. D., KAHANA, M. J., CAPLAN, J. B., FIELDS, T. A., ISHAM, E. A., NEWMAN, E. L., FRIED, I. Cellular networks underlying human spatial navigation. *Nature*, v. 425, p. 184-188, 2003.

ELBERT, T., PANTEV, C., WIENDBRUCH, C., ROCKSTROH, B., TAUB, B. Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, v. 270, p. 305-307, 1995.

ENGELHARDT, E. & MOREIRA, D. M. A substância branca cerebral. Localização dos principais feixes com anisotropia fracionada direcional. *Revista Brasileira de Neurologia*, v. 44, p. 19-34, 2008.

ERICSSON, K. A., KRAMPE, R. T., TESCH-RÖMER, C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, v. 100, p. 363-406, 1993.

ESTÉVEZ-GONZÁLEZ, A., GARCÍA-SÁNCHEZ, C., JUNQUÉ, C. La atención: una compleja función cerebral. *Revista de Neurología*, v. 25, p. 1989-1997, 1997.

FINK, G. R., HALLINGAN, P. W., MARSHALL, J. C., FRITH, C. D., FRACKOWIAK, R. S. J., DOLAN, R. J. Neural mechanisms involved in the processing of global and local aspects of hierarchically organized visual stimuli. *Brain*, v. 120, p. 1779-1791, 1997.

FLAHERTY, M. The validity of tests of visuo-spatial skills in cross-cultural studies. *Irish Journal of Psychology*, v. 18, p. 404-412, 1997.

FLAHERTY, M. Memory in the deaf: A cross cultural study in English and Japanese. *American Annals of the Deaf*, v. 145, p. 237-244, 2000.

FLOR, H., ELBERT, T., KNECHT, S., WIENBRUCH, C., PANTEV, C., BIRBAUMERS, N., LARBIG, W., TAUB, E. Phantom-limb pain as a perceptual correlate of cortical reorganization following arm amputation. *Nature*, v. 375, p. 482-484, 1995.

FORGEARD, M., WINNER, E., NORTON, A., SCHLAUG, G. Practicing a musical instrument in childhood is associated with enhanced verbal ability and nonverbal reasoning. *PLoS ONE*, v. 3, p. 1-8, 2008.

FOXTON, J. M., TALCOTT, J. B., WITTON, C., BRACE, H., MCINTYRE, F., GRIFFITHS, T. D. Reading skills are related to global, but not local, acoustic pattern perception. *Nature Neuroscience*, v. 6, p. 343-344, 2003.

FRANKLIN, M., MOORE, K., YIP, C-Y., JONIDES, J., RATTRAY, K., MOHER, J. The effects of musical training on verbal memory. *Psychology of Music*, v. 36, p. 353-365, 2008.

FUJIOKA, T., ROSS, B., KAKIGI, R., PANTEV, C., TRAINOR, L. One year of musical training affects development of auditory cortical-evoked fields in young children. *Brain*, v. 129, p. 2593-2598, 2006.

FUSTER, J. M. *Memory in the Cerebral Cortex: an empirical approach to neural networks in the human and nonhuman primate*. Cambridge: MIT Press, 1995.

GASER, C. & SCHLAUG, G. Brain structures differ between musicians and non-musicians. *Journal of Neuroscience*, v. 23, p. 9240-9245, 2003.

GAZZANIGA, M. S., IVRY, R. B., MANGUN, G. R. *Neurociência Cognitiva: a biologia da mente*. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GEORGE, E. M. & COCH, D. Musical training and working memory: an ERP study. *Neuropsychologia*, v. 49, p. 1083-1094, 2011.

GOOLSBY, T. W. Computer applications to eye movement research in music reading. *Psychomusicology*, v. 8, p. 111-125, 1989.

GRADY, C. L., HORWITZ, B., PIETRINI, P., MENTIS, M. J., UNGERLEIDER, L. G., RAPOPORT, S. I., HAXBY, J. V. Effect of task difficulty on cerebral blood flow during perceptual matching of faces. *Human Brain Mapping*, v. 4, p. 227-239, 1996.

- GRAHAM, K. S., BARENSE, M. D., LEE, A. C. H. Going beyond LTM in the MTL: A synthesis of neuropsychological and neuroimaging findings on the role of the medial temporal lobe in memory and perception. *Neuropsychologia*, v. 48, p. 831-853, 2010.
- GRAZIANO, A. B., PETERSON, M., SHAW, G. L. Enhanced learning of proportional math through music training and spatial-temporal reasoning. *Neurological Research*, v. 21, p. 139-152, 1999.
- GREEN, C. S. & BAVELIER, D. Exercising your brain: a review of human brain plasticity and training-induced learning. *Psychology ad Aging*, v. 23, p. 692-701, 2008.
- GROMKO, J. E. The effect of music instruction on phonemic awareness in beginning readers. *Journal of Research in Music Education*, v. 53, p. 199-209, 2005.
- GROUSSARD, M., LA JOIE, R., RAUCHS, G., LANDEAU, B., CHÉTELAT, G., VIADER, F., DESGRANGES, B., EUSTACHE, F., PLATEL, H. When music and long-term memory interact: effects of musical expertise on functional and structural plasticity in the hippocampus. *PLoS ONE*, v. 5, 2010.
- GRUHN, W., LITT, F., SCHERER, A., SCHUMANN, T., WEIB, E., GEBHARDT, C. Suppressing reflexive behaviour: saccadic eye movements in musicians and non-musicians. *Musicae Scientiae*, v. 10, p. 19-32, 2006.
- HALL, M. D. & BLASKO, D. G. Attentional inference in judgments of musical timbre: individual differences in working memory. *The Journal of General Psychology*, v. 132, p. 94-112, 2005.
- HAMERS, J. F. & LAMBERT, W. Bilingual interdependencies in auditory perception. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, v. 11, p. 303-310, 1972.
- HAN, Y., YANG, H., LV, Y-T., ZHU, C-Z., HE, Y., TANG, H-H., GONG, Q-Y., LUO, Y-J., ZANG, Y-F., DONG, Q. Gray matter density and white matter integrity in pianists' brain: a combined structural and diffusion tensor MRI study. *Neuroscience Letters*, v. 459, p. 3-6, 2009.
- HANNA-PLADDY, B. & MACKAY, A. The relation between instrumental musical activity and cognitive aging. *Neuropsychology*, v. 25, p. 378-386, 2011.
- HANNON, E. E. & TRAINOR, L. J. Music acquisition: effects of enculturation and formal training on development. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 11, p. 466-472, 2007.
- HARRISON, A., JOLICOEUR, P., MAROIS, R. "What" and "Where" in the intraparietal sulcus: an fMRI study of object identity and location in visual short-term memory. *Cerebral Cortex*, v. 20, p. 2478-2485, 2010.
- HARRISON, A. & TONG, F. Decoding reveals the contents of visual working memory in early visual areas. *Nature*, v. 458, p. 632-635, 2009.
- HAUSMANN, M., ERGUN, G., YAZGAN, Y., GÜNTÜRKÜN, O. Sex differences in line bisection as a function of hand. *Neuropsychologia*, v. 40, p. 235-240, 2002.
- HERDENER, M., ESPOSITO, F., di SALLE, F., BOLLER, C., HILTI, C. C., HABERMEYER, B., SCHEFFLER, K., WETZEL, S., SEIFRITZ, E., CATTAPAN-

LUDEWIG, K. Musical training induces functional plasticity in human hippocampus. *Journal of Neuroscience*, v. 30, p. 1377-1384, 2010.

HERRINGTON, T. M. & ASSAD, J. A. Temporal sequence of attentional modulation in the lateral intraparietal area and middle temporal area during rapid covert shifts of attention. *Journal of Neuroscience*, v. 30, p. 3287-3296, 2010.

HETLAND, L. Learning to make music enhances spatial reasoning. *Journal of Aesthetic Education*, v. 34, p. 179-238, 2000.

HETLAND, L. & WINNER, E. The arts and academic achievement: what the evidence shows. *Arts Education Policy Review*, v. 102, p. 3-6, 2001.

HIRSHKOWITZ, M., EARLE, J., PALEY, B. EEG alpha asymmetry in musicians and non-musicians: a study of hemispheric specialization. *Neuropsychologia*, v. 16, p. 125-128, 1978.

HO, Y-C., CHEUNG, M-C., CHAN, A. S. Music training improves verbal but not visual memory: cross sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology*, v. 17, p. 439-450, 2003.

HOLLINGWORTH, A. Constructing visual representations of natural scenes: the role of short- and long-term visual memory. *Journal of Experimental Psychology: human perception and performance*, v. 30, p. 519-537, 2004.

HORN, W. *Leistungspruefssystem* (Achievement Measure System). Göttingen: Hogrefe, 1983.

HUANG, Z., ZHANG, J. X., YANG, Z., DONG, G., WU, J., CHAN, A. S., WENG, X. Verbal memory retrieval engages visual cortex in musicians. *Neuroscience*, v. 168, p. 179-189, 2010.

HYDE, K., LERCH, J., NORTON, A., FORGEARD, M., WINNER, E., EVANS, A. C., SCHLAUG, G. Musical training shapes structural brain development. *Journal of Neuroscience*, v. 29, p. 3019-3025, 2009.

IGNASHCHENKOVA, A., DICKE, P. W., HAARMEIER, T., THEIR, P. Neuron-specific contribution of the superior colliculus to overt and covert shifts of attention. *Nature Neuroscience*, v. 7, p. 56-64, 2004.

IPATA, A. E., GEE, A. L., BISLEY, J. W., GOLDBERG, M. E. Neurons in the lateral intraparietal area create a priority map by the combination of disparate signals. *Experimental Brain Research*, v. 192, p. 479-488, 2009.

ISAACS, K. R., ANDERSON, B. J., ALCANTARA, A. A., BLACK, J. E., GREENOUGH, W. T. Exercise and the brain: angiogenesis in the adult rat cerebellum after vigorous physical activity and motor skill learning. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, v. 12, p. 110-119, 1992.

JÄGER, A. O., SÜSS, H. M., BEAUDUCEL, A. *Berliner Intelligenzstrukturtest Form 4* (Berliner Intelligence-Structure Test, Version 4). Göttingen: Hogrefe, 1997.

- JAKOBSON, L., LEWYCKY, S., KILGOUR, A., STOESZ, B. Memory for verbal and visual material in highly trained musicians. *Music Perception*, v. 26, p. 41-55, 2008.
- JOHNS, M. W. A new method for measuring daytime sleepiness: The Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*, v. 14, p. 540-545, 1991.
- JURASKA, J. M. & KOPCIK, J. R. Sex and environmental influences on the size and ultrastructure of the rat corpus callosum. *Brain Research*, v. 450, p. 1-8, 1988.
- KALAKOSKI, V. Musical imagery and working memory. In: GODOY, R. I. & JORGENSEN, H. (Eds.) *Musical Imagery*. Lisse: Swets & Zeitlinger, 2001. p. 43-45.
- KALAKOSKI, V. Effect of skill level on recall of visually presented patterns of musical notes. *Scandinavian Journal of Psychology*, v. 48, p. 87-96, 2007.
- KANG, M. S., HONG, S. W., BLAKE, R., WOODMAN, G. F. Visual working memory contaminates perception. *Psychonomic Bulletin Review*, v. 18, p. 998-1005, 2011.
- KAPLAN, E., GOODGLASS, H., WEINTRAUB, S. *Boston Naming Test*. Philadelphia: Lee & Febiger, 1983.
- KARNI, A., MEYER, G., JEZZARD, P., ADAMS, M. M., TURNER, R., UNGERLEIDER, L. G. Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. *Nature*, v. 377, p. 155-158, 1995.
- KARNI, A., MEYER, G., REY-HIPOLITO, C., JEZZARD, P., ADAMS, M. M., TURNER, R. et al. The acquisition of skilled motor performance: fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 95, p. 861-868, 1998.
- KEMPERMANN, G., KUHN, H. G., GAGE, F. H. More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment. *Nature*, v. 386, p. 493-495, 1997.
- KEMPERMANN, G., KUHN, H. G., GAGE, F. H. Experience-induced neurogenesis in the senescent dentate gyrus. *Journal of Neuroscience*, v. 18, p. 3206-3212, 1998.
- KEOGH, R. & PEARSON, J. Mental imagery and visual working memory. *PLoS ONE*, v. 6, p. 1-8, 2011.
- KLEIM, J. A., LUSSNIG, E., SCHWARZ, E. R., COMERY, T. A., GREENOUGH, W. T. Synaptogenesis and Fos expression in the motor cortex of the adult rat after motor skill learning. *Journal of Neuroscience*, v. 16, p. 4529-4535, 1996.
- KILGOUR, A. R., JAKOBSON, L. S., CUDDY, L. L. Music training and rate of presentation as mediator of text and song recall. *Memory & Cognition*, v. 28, p. 700-710, 2000.
- KINSLER, V. & CARPENTER, R. H. S. Saccadic eye movements while reading music. *Vision Research*, v. 35, p. 1447-1458, 1995.
- KNIGHT, R. Contribution of human hippocampal region to novelty detection. *Nature*, v. 383, p. 256-259, 1996.

KOELSCH, S., SCHROGER, E., TERVANIEMI, M. Superior pre-attentive auditory processing in musicians. *NeuroReport*, v. 10, p. 1309-1313, 1999.

KONKLE, T., BRADY, T. F. ALVAREZ, G. A., OLIVA, A. Scene memory is more detailed than you think: the role of categories in visual long-term memory. *Psychological Science*, v. 21, p. 1551-1556, 2010.

KOPIEZ, R. & GALLEY, N. The musicians' glance: a pilot study comparing eye movement parameters in musicians and non-musicians. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MUSIC PERCEPTION AND COGNITION, 7, 2002, Sidney. *Proceedings of the 7th International Conference on Music Perception and Cognition*. Sidney, 2002.

KRAMER, A. F., BHERER, L., COLCOMBE, S. J., DONG, W., GREENOUGH, W. T. Environmental influences on cognitive and brain plasticity during aging. *Journal of Gerontology*, v. 59, p. 940-957, 2004.

KRAUS, N. & CHANDRASEKARAN. Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 11, p. 599-605, 2010.

KVIFTE, T. Images of form: an example from Norwegian hardingfiddle music. In: GODOY, R. I. & JORGENSEN, H. (Eds.) *Musical Imagery*. Lisse: Swets & Zeitlinger, 2001. p. 219-235.

LAND, M. F. & FURNEAUX, S. The knowledge base of the oculomotor system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 352, p. 1231-1239, 1997.

LAVIE, N., RO, T., RUSSELL, C. The role of perceptual load in processing distractor faces. *Psychological Science*, v. 14, p. 510-515, 2003.

LEHMANN, S. & MURRAY, M. The role of multisensory memories in unisensory object discrimination. *Cognitive Brain Research*, v. 24, p. 326-334, 2005.

LEMAN, M. Relevance of neuromusicology for music research. *Journal of New Music Research*, v. 28, p. 186-199, 1999.

LINDEN, D. E. J., BITTNER, R. A., MUCKLI, L., WALTZ, J. A., KRIEGESKORTE, N., GOEBEL, R., SINGER, W., MUNK, M. H. J. Cortical capacity constraints for visual working memory: dissociation of fMRI load effect in a fronto-parietal network. *NeuroImage*, v. 20, p. 1518-1530, 2003.

LÓPEZ, V.; LÓPEZ-CALDERÓN, J.; ORTEGA, R.; KREITHER, J.; CARRASCO, X.; ROTHHAMMER, P.; ROTHHAMMER, F.; ROSAS, R.; ABOITIZ, F. Attention-deficit hyperactivity disorder involves differential cortical processing in a visual spatial attention paradigm. *Clinical Neurophysiology*, v. 117, p. 2540-2548, 2006.

LOVEJOY, L. P. & KRAUZLIS, R. J. Inactivation of primate superior colliculus impairs covert selection of signals for perceptual judgments. *Nature Neuroscience*, v. 13, p. 261-266, 2010.

LUCK, S. J. & HOLLINGWORTH, A. *Visual Memory*. New York: Oxford University Press, 2008.

MADDEN, D. J., TURKINGTON, T. G., PROVENZALE, J. M., HAWK, T. C., HOFFMAN, J. M., COLEMAN, R. E. Selective and divided attention: age-related changes in regional cerebral blood flow measured by H<sub>2</sub><sup>15</sup> O PET. *Human Brain Mapping*, v. 5, p. 389-409, 1997.

MAGUIRE, E. A. Neuroimaging, memory and the human hippocampus. *Revista de Neurología (Paris)*, v. 157, p. 791-794, 2001.

MAGUIRE, E. A. & CIPOLOTTI, L. Selective sparing of topographical memory. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, v. 65, p. 903-909, 1998.

MAGUIRE, E. A., GADIAN, D. G., JOHNSRUDE, I. S., GOOD, C. D., ASHBURNER, J., FRACKOWIAK, R. S. J. et al. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 97, p. 4398-4403, 2000.

MARZI, C. A., BISIACCHI, P., NICOLETTI, R. Is interhemispheric transfer of visuomotor information asymmetric? Evidence from a meta-analysis. *Neuropsychologia*, v. 29, p. 1163-1177, 1991.

MCALONAN, K., CAVANAUGH, J., WURTZ, R. H. Guarding the gateway to cortex with attention in visual thalamus. *Nature*, v. 456, p. 391-394, 2008.

MCPEEK, R. M. & KELLER, E. L. Superior colliculus activity related to concurrent processing of saccade goals in a visual search task. *Journal of Neurophysiology*, v. 87, p. 1805-1815, 2002.

MECKLINGER, A. On the modularity of recognition memory for object form and spatial location: a topographic ERP analysis. *Neuropsychologia*, v. 36, p. 441-460, 1998.

MILLER, R. *In Axonal Conduction Time and Human Cerebral Laterality: a psychobiological theory*. Amsterdam: Harwood Academic, 1996.

MIYAKE, A. & SHAH, P. Toward unified theories of working memory: Emerging general consensus, unresolved theoretical issues, and future research directions. In: MIYAKE, A. & SHAH, P. (Eds.) *Models of working memory: mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press, 1999. p. 442-481.

MOORE, T. & FALLAH, M. Control of eye movements and spatial attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 98, p. 1273-1276, 2001.

MOSCOVITCH, M., KAPUR, S., KÖHLER, S., HOULE, S. Distinct neural correlates of visual long-term memory for spatial location and object identity: a positron emission tomography study in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 92, p. 3721-3725, 1995.

MOUNTAIN, R. Composers and imagery: myths and realities. In: GODOY, R. I. & JORGENSEN, H. (Eds.) *Musical Imagery*. Lisse: Swets & Zeitlinger, 2001. p. 271-288.

MUIR, J. L. Attention and stimulus processing in the rat. *Cognitive Brain Research*, v. 3, p. 215-225, 1996.

MÜNTE, T. F., ALTENMÜLLER, E., JÄNCKE, L. The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nature Reviews*, v. 3, p. 473-478, 2002.

MURRAY, M. M., FOXE, J. J., WYLIE, G. R. The brain uses single-trial multisensory memories to discriminate without awareness. *NeuroImage*, v. 27, p. 473-478, 2005.

MUSACCHIA, G., SAMS, M., SKOE, E., KRAUS, N. Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 104, p. 15894-15898, 2007.

NABAS, T. R. & XAVIER, G. F. Neurobiologia da atenção visual. In: ANDRADE, V. M.; SANTOS, F. H.; BUENO, O. F. A. (Orgs.) *Neuropsicologia Hoje*. São Paulo: Artes Médicas, 2004. p. 101-124.

NEMES, V. A., PARRY, N. R. A., WHITAKER, D., McKEEFRY, D. J. The retention and disruption of color information in human short-term visual memory. *Journal of Vision*, v. 12, p. 1-14, 2012.

NEUHOFF, J. G., KNIGHT, R., WAYAND, J. Musicians, nonmusicians and the perception of pitch change: which way is up? In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUDITORY DISPLAY, 8, 2002, Kyoto. *Proceedings of the 8th International Conference on Auditory Display*, Kyoto, 2002.

NORMAN, D. & SHALLICE, T. *Attention to Action: willed and automatic control of behavior*. Center for Human Information Processing Report 99. La Jolla: University of California, San Diego, 1980.

NORTON, A., WINNER, E., CRONIN, K., OVERY, K., LEE, D., SCHLAUG, G. Are there pre-existing neural, cognitive, or motoric markers for musical ability? *Brain and Cognition*, v. 59, p. 124-134, 2005.

NOUDOOST, B., CHANG, M. H., STEINMETZ, N. A., MOORE, T. Top-down control of visual attention. *Current Opinion in Neurobiology*, v. 20, p. 183-190, 2010.

OHNISHI, T., MATSUDA, H., ASADA, T., ARUGA, M., HIRAKATA, M., NISHIKAWA, M., KATOH, A., IMABAYASHI, E. Functional anatomy of musical perception in musicians. *Cerebral Cortex*, v. 11, p. 754-760, 2001.

OLIVERI, M., RAUSEI, V., KOCH, G., TORRIERO, S., TURRIZIANI, P., CALTAGIRONE, C. Overestimation of numerical distances in the left side of space. *Neurology*, v. 63, p. 2139-2141, 2004.

OVERY, K. Dyslexia and music: from timing deficits to musical intervention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 999, p. 497-505, 2003.

PANTEV, C., OOSTENVELD, R., ENGELIEN, A., ROSS, B., ROBERTS, L. E., HOKE, M. Increased auditory cortical representation in musicians. *Nature*, v. 392, p. 811-813, 1998.

PASCUAL-LEONE, A., NGUYET, D., COHEN, L., BRASIL-NETO, J. P., CAMMAROTA, A., HALLETT, M. Modulation of muscle responses evoked by

transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *Journal of Neurophysiology*, v. 74, p. 1037-1045, 1995a.

PASCUAL-LEONE, A., WASSERMANN, E. M., SADATO, N., HALLETT, M. The role of reading activity on the modulation of motor cortical outputs to the reading hand in Braille readers. *Annals of Neurology*, v. 38, p. 910-915, 1995b.

PASTERNAK, T. & GREENLEE, M. Working memory in primate sensory systems. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 6, p. 97-107, 2005.

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

PATEL, A. D. & IVERSEN, J. R. The linguistic benefits of musical abilities. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 11, p. 369-372, 2007.

PATSTON, L. L. M., CORBALLIS, M. C., HOGG, S. L., TIPPETT, L. J. The neglect of musicians. Line bisection reveals opposite bias. *Psychological Science*, v. 17, p. 1029-1031, 2006.

PATSTON, L. L. M., HOGG, S. L., TIPPETT, L. J. Attention in musicians is more bilateral than in non-musicians. *Laterality*, v. 12, p. 262-272, 2007a.

PATSTON, L. L. M., KIRK, I. J., ROLFE, M. H. S., CORBALLIS, M. C., TIPPETT, L. J. The unusual symmetry of musicians: Musicians have equilateral interhemispheric transfer for visual information. *Neuropsychologia*, v. 45, p. 2059-2065, 2007b.

PENHUNE, V. B. Sensitive periods in human development: evidence from musical training. *Cortex*, v. 47, p. 1126-1137, 2011.

PERETZ, I. The nature of music from a biological perspective. *Cognition*, v. 100, p. 1-32, 2006.

PESSOA, L., GUTIERREZ, E., BANDETTINI, P. A., UNGERLEIDER, L. G. Neural correlates of visual working memory: fMRI amplitude predicts task performance. *Neuron*, v. 35, p. 975-987, 2002.

PIRO, J. M. & ORTIZ, C. The effect of piano lessons on the vocabulary and verbal sequencing skills of primary grade students. *Psychology of Music*, v. 37, p. 1-23, 2009.

PLATEL, H., PRICE, C., BARON, J. C., WISE, R., LAMBERT, J., FRACKOWIAK, R. S. J., LECHEVALIER, B., EUSTACHE, F. The structural components of music perception: a functional anatomic study. *Brain*, v. 120, p. 229-243, 1997.

POLICH, J. Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, v. 118, p. 2128-2148, 2007.

POSNER, M. I. Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (B)*, v. 32, p. 3-25, 1980.

POSNER, M. I. The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, v. 13, p. 25-42, 1990.

- POSNER, M. I. & DEHAENE, S. Attentional networks. *Trends in Neuroscience*, v. 17, p. 75-79, 1994.
- POSNER, M. I. & RAICHLER, M. E. *Images of Mind*. New York: Scientific American Library, 1994.
- RAUSCHER, F. H., SHAW, G. L., LEVINE, L. J., WRIGHT, E. L., DENNIS, W. R., NEWCOMB, R. L. Music training causes long-term enhancement of preschool children's spatial-temporal reasoning. *Neurological Research*, v. 19, p. 2-8, 1997.
- RAUSCHER, F. H. & ZUPAN, M.A. Classroom keyboard instruction improves kindergarten children's spatial-temporal performance: a field experiment. *Early Childhood Research Quarterly*, v. 15, p. 215-228, 2000.
- RAYNER, K., CHACE, K. H., SLATTERY, T. J., ASHBY, J. Eye movements as reflections of comprehensions processes in reading. *Scientific Studies of Reading*, v. 10, p. 241-255, 2006.
- REITAN, R. M. & WOLFSON, D. *The Halstead-Reitan Neuropsychological Test Battery: therapy and clinical interpretation*. Tucson, AZ: Neuropsychological Press, 1985.
- REY, A. *L'examen Clinique en Psychologie*. Paris: Presse Universitaire de France, 1964.
- REYNOLDS, D. & VORESS, J. *Test of Memory and Language* (2nd ed.) Austin: PRO-ED Inc., 2007.
- RIZZOLATTI, G. & CRAIGHERO, L. Spatial attention: mechanisms and theories. In: SABOURIN, CRAIK, ROBERT (Eds.) *Advances in Psychological Science. Vol. 2: Biological and Cognitive Aspects*. East Sussex: Psychology Press, 1998.
- RIZZOLATTI, G., RIGGIO, L., SHELIGA, B. M. Space and selective attention. In: RIZZOLATTI, G. (Ed.) *Attention and Performance XV*. Cambridge: MIT Press, 1994.
- RO, T., FRIGGEL, A., LAVIE, N. Musical expertise modulates the effects of visual perceptual load. *Attention, Perception & Psychophysics*, v. 71, p. 671-674, 2009.
- RODER, B., ROSLER, F., NEVILLE, H. Auditory memory in congenitally blind adults: a behavioral-electrophysiological investigation. *Brain Research Cognitive Brain Research*, v. 11, p. 289-303, 2001.
- RODRIGUES, A. C., GUERRA, L., LOUREIRO, M. Visual attention in musicians and non-musicians: a comparative study. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERDISCIPLINARY MUSICOLOGY, 3, 2007, Tallin. *Proceedings of the 3rd International Conference on Interdisciplinary Musicology*. Tallin, 2007.
- RODRIGUES, F. V. *Orientação encoberta da atenção visual em não-músicos e músicos com estudo formal em música*. São Paulo: Instituto de Biociências da USP, 2011. 116p. (Tese, Doutorado em Ciências).

RÜSSELER, J.; ALTENMÜLLER, E.; NAGER, W.; KOHLMETZ, C.; MÜNTE, T. F. Event-related brain potentials to sound omissions differ in musicians and non-musicians. *Neuroscience Letters*, v. 308, p. 33-36, 2001.

SAALMANN, Y. B. & KASTNER, S. Gain control in the visual thalamus during perception and cognition. *Current Opinion in Neurobiology*, 19, p. 408-414, 2009.

SALA, J. B. & COURTNEY, S. M. Binding of what and where during working memory maintenance. *Cortex*, v. 43, p. 5-21, 2007.

SAMSON, S., EHRLE, N., BAULAC, M. Cerebral substrates for musical temporal processes. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 930, p. 166-178, 2001.

SANTOS, M. A. R., MUNHOZ, M. S. L., PEIXOTO, M. A. L., HAASE, V. G., RODRIGUES, J. L., RESENDE, L. M. Contribuição do Mismatch Negativity na avaliação cognitiva de indivíduos portadores de esclerose múltipla. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, v. 72, p. 800-807, 2006.

SATO, T., MURTHY, A., THOMPSON, K. G., SCHALL, J. D. Search efficiency but not response interference affects visual selection in frontal eye field. *Neuron*, v. 30, p. 583-591, 2001.

SCHELLENBERG, E. G. Music and nonmusical abilities. . In: ZATORRE, R. J. & PERETZ I. (Eds.) *The Biological Foundations of Music*. New York: The New York Academy of Sciences, 2001. v. 930, p. 355-371.

SCHELLENBERG, E. G. Music lessons enhance IQ. *Psychological Science*, v. 15, p. 511-514, 2004.

SCHELLENBERG, E. G. Long-term positive associations between music lessons and IQ. *Journal of Educational Psychology*, v. 98, p. 457-468, 2006.

SCHELLENBERG, E. G. & PERETZ I. Music, language and cognition: unresolved issues. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 12, p. 45-46, 2007.

SCHLAUG, G., JÄNCKE, L., HUANG, Y., STEINMETZ, H. In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians. *Science*, v. 267, p. 699-701, 1995a.

SCHLAUG, G., JÄNCKE, L., HUANG, Y., STAIGER, J. F., STEINMETZ, H. Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia*, v. 33, p. 1047-1055, 1995b.

SCHLAUG, G., LEE, L. H. L., THANGARAJ, V., EDELMAN, R. R., WARUCH, S. Macrostructural adaptation of the cerebellum in musicians. *Proceedings Society for Neuroscience*, v. 24, p. 842-847, 1998.

SCHLAUG, G. The brain of musicians: a model for functional and structural adaptations. In: ZATORRE, R. J. & PERETZ, I. (Eds.) *The Biological Foundations of Music*. New York: The New York Academy of Sciences, 2001. v. 930, p. 281-299.

SCHLAUG, G., NORTON, A., OVERY, K., WINNER, E. Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1060, p. 219-230, 2005.

SCHMIDT, M. *Key Auditory and Verbal Learning Test: a handbook*. Los Angeles, CA: Western Psychological Services, 1996.

SCHMITHORST, V. J. & HOLLAND, S. K. The effect of musical training on music processing: a functional magnetic resonance imaging study in humans. *Neuroscience Letters*, v. 348, p. 65-68, 2003.

SCHMITHORST, V. J. & HOLLAND, S. K. The effect of musical training on the neural correlates of math processing: a functional magnetic resonance imaging study in humans. *Neuroscience Letters*, v. 354, p. 193-196, 2004.

SCHNEIDER, W., ESCHMAN, A., ZUCCOLOTTO, A. *E-Prime User's Guide*. Pittsburgh: Psychology Software Tools Inc., 2002.

SCHÜRMAN, M., RAIJ, T., FUJIKI, N., HARI, R. Mind's ear in a musician: Where and when in the brain. *NeuroImage*, v. 16, p. 434-440, 2002.

SERGENT, J., ZUCK, E., TERRIAH, S., MACDONALD, B. Distributed neural network underlying musical sight-reading and keyboard performance. *Science*, v. 257, p. 106-109, 1992.

SHALLICE, T. *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

SHEEHAN, D. V., LECRUBIER, Y., SHEEHAN, K. H., AMORIM, P., JANAVS, J., WEILLER, E., HERQUETA, T., BAKER, R., DUNBAR, G. C. The Mini International Neuropsychiatric Interview (MINI): The development and validation of a structured diagnostic psychiatric interview for DSM-IV and ICD-10. *Journal of Clinical Psychiatry*, v. 59, p. 22-33, 1998.

SHEN, K. & PARE, M. Neuronal activity in superior colliculus signals both stimulus identity and saccade goals during visual conjunction search. *Journal of Vision*, v. 15, p. 1-13, 2007.

SHIPP, S. The functional logic of cortico-pulvinar connections. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, v. 358, p. 1605-1624, 2003.

SIMS, V. K. & MAYER, R. E. Domain specificity of spatial expertise: the case of video game players. *Applied Cognitive Psychology*, v. 16, p. 97-115, 2002.

SIMON, J. R. & RUDELL, A. P. Auditory S-R compatibility: The effect of an irrelevant cue on information processing. *Journal of Applied Psychology*, v. 51, p. 300-304, 1967.

SLUMING, V., BARRICK, T., HOWARD, M., CEZAYIRLI, E., MAYES, A., ROBERTS, N. Voxel-based morphometry reveals increased gray matter density in Broca's area in male symphony orchestra musicians. *NeuroImage*, v. 17, p. 1613-1622, 2002.

SLUMING, V., BROOKS, J., HOWARD, M., DOWNES, J. J., ROBERTS, N. Broca's area supports enhanced visuospatial cognition in orchestral musicians. *Journal of Neuroscience*, v. 27, p. 3799-3806, 2007.

SOARES, J. F. & SIQUEIRA, A. L. *Introdução à Estatística Médica*. Belo Horizonte: Coopmed Editora Médica, 2002.

- SOTO, D. & BLANCO, M. Spatial attention and object-based attention: a comparison within a single task. *Vision Research*, v. 44, p. 69-81, 2004.
- SOWELL, E., THOMPSON, P., LEONARD, C., WELCOME, S., KAN, E., TOGA, A. Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children. *Journal of Neuroscience*, v. 24, p. 8223-8231, 2004.
- SQUIRE, L. R. *Memory and Brain*. New York: Oxford University Press, 1987.
- STANDLEY, J. M. & HUGHES, J. E. Evaluation of an early intervention music curriculum for enhancing prereading/writing skills. *Music Therapy Perspectives*, v. 15, p. 79-85, 1997.
- STANTON, G. B., BRUCE, C. J., GOLDBERG, M. E. Topography of projections to posterior cortical areas from the macaque frontal eye fields. *Journal of Comparative Neurology*, v. 353, p. 291-305, 1995.
- STOESZ, B., JAKOBSON, L., KILGOUR, A., LEWYCKY, S. Local processing advantage in musicians: evidence from disembedding and constructional tasks. *Music Perception*, v. 25, p. 153-165, 2007.
- STRANGE, B. A., FLETCHER, P. C. HENSON, R. N., FRISTON, K. J., DOLAN, R. J. Segregating the functions of human hippocampus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 96, p. 4034-4039, 1999.
- STYLES, E. A. *The Psychology of Attention*. Hillsdale: Psychology Press, 1997.
- TANAKA, M., LINDSLEY, E., LAUSMANN, S., CREUTZFELDT, O. D. Afferent connections of the prelunate visual association cortex (areas V4 and DP). *Anatomy and Embryology (Berl)*, v. 181, p. 19-30, 1990.
- TARDIF, E., MURRAY, M., MEYLAN, R., SPIERER, L., CLARKE, S. The spatio-temporal brain dynamics of processing and integrating sound localization cues in humans. *Brain Research*, v. 1092, p. 161-176, 2006.
- THOMAS, N. W. & PARE, M. Temporal processing of saccade targets in parietal cortex area LIP during visual search. *Journal of Neurophysiology*, v. 97, p. 942-947, 2007.
- TODD, J. J. & MAROIS, R. Capacity limit of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. *Nature*, v. 428, p. 751-754, 2004.
- TODD, J. J., HAN, S. W., HARRISON, S., MAROIS, R. The neural correlates of visual working memory encoding: a time-resolved fMRI study. *Neuropsychologia*, v. 49, p. 1527-1536, 2011.
- TREISMAN, A. M. & GELADE, G. A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, v. 12, p. 97-136, 1980.
- TRUITT, F. E., CLIFTON, C., POLLATSEK, A., RAYNER, K. The perceptual span and the eye-hand span in sight reading music. *Visual Cognition*, v. 4, p. 143-161, 1997.
- TULVING, E. Concepts of memory. In: TULVING, E. & CRAIK, F. I. M. (Eds.) *The Oxford Handbook of Memory*. New York: Oxford University Press, 2000. p. 33-43.

- TURATTO, M., BENSO, F., FACOETTI, A., GALFANO, G., MASCETTI, G., UMILTÁ, C. Automatic and voluntary focusing of attention. *Perception & Psychophysics*, v. 62, p. 935-952, 2000.
- VAUGHN, K. Music and mathematics: modest support for the oft-claimed relationship. *Journal of Aesthetic Education*, v. 34, p. 149-166, 2000.
- VAN DER HEIJDEN, A. H. C. *Selective Attention in Vision*. London: Routledge, 1992.
- VERGHESE, J., LIPTON, R. B., KATZ, M. J., HALL, C. B., DERBY, C. A., KUSLANSKY, G. Leisure activities and the risk of dementia in the elderly. *The New England Journal of Medicine*, v. 348, p. 2508-2516, 2003.
- WAIS, P. E., RUBENS, M. T., BOCCANFUSO, J., GAZZALEY, A. Neural mechanisms underlying the impact of visual distraction on retrieval of long-term memory. *Journal of Neuroscience*, v. 30, p. 8541-8550, 2010.
- WAN, C. Y. & SCHLAUG, G. Music making as a tool for promoting brain plasticity across the life span. *Neuroscientist*, v. 16, p. 566-577, 2010.
- WATANABE, D., SAVION-LEMIEUX, T., PENHUNE, V. The effect of early musical training on adult motor performance: evidence for a sensitive period in motor learning. *Experimental Brain Research*, v. 176, p. 332-340, 2007.
- WECHSLER, D. *Wechsler Intelligence Scale for Children - Third Edition*. San Antonio, TX: Psychological Corporation, 1991.
- WECHSLER, D. *Wechsler Adult Intelligence Scale - Third Edition: administration and scoring manual*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation, 1997a.
- WECHSLER, D. *Wechsler Memory Scale manual - Third Edition*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation, 1997b.
- WEISS, R. I. *CFT3 Grundintelligenztest Skala 3 (Culture Free Intelligence Test, Scale 3)*. Braunschweig: Westermann, 1971.
- WILTGEN, B. J., BROWN, R. A., TALTON, L. E. SILVA, A. J. New circuits for old memories: the role of the neocortex in consolidation. *Neuron*, v. 44, p. 101-108, 2004.
- WITKIN, H. A., OLTMAN, P. K., RASKIN, E., KARP, S. A. *A Manual for the Embedded Figures Tests*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press, 1971.
- WURTZ, P., MUERI, R. M., WIESENDANGER, M. Sight-reading of violinists: eye movements anticipate the musical flow. *Experimental Brain Research*, v. 194, p. 445-450, 2009.
- ZHANG, W. & LUCK, S. J. Discrete fixed-resolution representations in visual working memory. *Nature*, v. 452, p. 233-235, 2008.

## 12. ANEXO I

### **Termo de consentimento livre e esclarecido para participação na pesquisa**

**Efeito do treinamento musical em capacidades cognitivas visuais: atenção e memória**

#### **1 Objetivo das informações**

Gostaríamos de convidá-lo(a) a participar como voluntário(a) desta pesquisa. As informações a seguir serão fornecidas para esclarecer quaisquer dúvidas sobre o estudo e obter o seu consentimento, caso você decida participar.

A pesquisa intitulada *Efeito do treinamento musical em capacidades cognitivas visuais: atenção e memória* é um trabalho de doutorado integrante do Programa de Pós-Graduação em Neurociências da Universidade Federal de Minas Gerais. Este estudo está sendo proposto porque várias evidências científicas têm mostrado que os músicos possuem características cerebrais únicas, que não são encontradas em não-músicos. Muitas pesquisas neurológicas indicam a existência de uma reorganização do córtex cerebral como resultado do treinamento musical. Também existem evidências de que tal reorganização pode produzir diferenças entre indivíduos com e sem treinamento musical no que se refere a capacidades cognitivas não-musicais. O objetivo deste estudo é a investigação das capacidades de atenção e memória visuais em músicos e não-músicos.

#### **2 Procedimentos**

O estudo envolverá a aplicação de um questionário de identificação, a ser respondido previamente, e a utilização de diferentes testes neuropsicológicos, que consistirão em tarefas que exijam a necessidade de atenção visual e memória visual, as quais envolverão basicamente respostas motoras a diversos estímulos visuais. Os testes serão feitos com o auxílio de um computador. Na tela serão mostrados diferentes estímulos e você deverá pressionar uma tecla específica o mais rapidamente possível. O objetivo é medir o número de acertos no teste e o tempo necessário para a resposta após o aparecimento do estímulo na tela. Cada teste será precedido por instruções padronizadas a respeito da tarefa a ser cumprida. A duração total dos testes para cada indivíduo será de aproximadamente quarenta minutos.

#### **3 Benefícios / Riscos**

Este estudo busca uma melhor compreensão das diferenças entre músicos e não-músicos, no que se refere a capacidades cognitivas não-musicais, e poderá contribuir para ressaltar a existência de benefícios do treinamento musical em tais capacidades, o que poderá ser considerado mais uma justificativa para o ensino da música. A pesquisa não proporcionará nenhum benefício direto a você, exceto o fato de permitir que haja um maior conhecimento de determinados aspectos de sua função cognitiva, já que você terá pleno acesso aos resultados de seus testes.

O estudo não oferece riscos aos indivíduos envolvidos na avaliação, pois os procedimentos propostos não são de natureza invasiva e não envolvem situações e/ou perguntas que possam causar constrangimento aos participantes.

#### **4 Garantia de acesso**

Em qualquer etapa da pesquisa, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela mesma para esclarecimento de eventuais dúvidas. Você poderá entrar em contato com Ana Carolina Rodrigues, responsável pela pesquisa, pelo telefone 93385705 e/ou pelo e-mail [carolor@email.com](mailto:carolor@email.com). Você também poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (COEP) pelo telefone 34094592, pelo e-mail [coep@prpq.ufmg.br](mailto:coep@prpq.ufmg.br) ou pelo endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627, Unidade Administrativa II – 2º andar, sala 2005. Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG. CEP 31270901.

#### **5 Confidencialidade**

As informações obtidas serão analisadas pelos pesquisadores, não sendo divulgada a identificação de nenhum indivíduo. Você tem o direito à privacidade e serão tomadas as devidas precauções para proteger a confidencialidade dos registros. Seu nome e quaisquer outras informações que possam lhe identificar não aparecerão em nenhuma apresentação ou publicação deste estudo.

Os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para fins de pesquisa. Os resultados serão divulgados por meio da defesa da tese de doutorado, da publicação de artigos em periódicos especializados e da apresentação da pesquisa em eventos científicos. Cabe a você decidir sobre a opção de participar ou não deste estudo. Caso decida participar, você deve estar ciente de que a qualquer momento pode retirar o seu consentimento de participação. Em caso de recusa à participação, você não terá qualquer prejuízo ou dano.

Confirmo que fui devidamente esclarecido sobre os propósitos e os procedimentos deste estudo e livremente aceito participar do mesmo.

Nome por extenso:

\_\_\_\_\_

Assinatura:

\_\_\_\_\_

Local e data:

\_\_\_\_\_

Declaro que expliquei aos participantes os propósitos e procedimentos do estudo.

Nome por extenso:

\_\_\_\_\_

Assinatura:

\_\_\_\_\_

Local e data:

\_\_\_\_\_

## 13. ANEXO II

### Questionário de identificação dos participantes do estudo (Músicos)

1 - Nome:

---

2 - Sexo: ( )M ( )F

3 - Data de nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

4 - Preferência manual ( ) destro(a) ( ) canhoto(a)

5 - Escolaridade:

( ) Graduação em curso Curso: \_\_\_\_\_

( ) Graduação completa Curso: \_\_\_\_\_

( ) Pós-graduação em curso Curso: \_\_\_\_\_  
Nível: ( ) Especialização ( ) Mestrado ( ) Doutorado

( ) Pós-graduação completa Curso: \_\_\_\_\_  
Nível: ( ) Especialização ( ) Mestrado ( ) Doutorado

6 - Tempo total de escolaridade (em anos): \_\_\_\_\_

7 - Escolaridade dos pais

7.1 - Escolaridade da mãe

- ( ) 1 - Ensino básico incompleto
- ( ) 2 - Ensino básico completo
- ( ) 3 - Graduação incompleta
- ( ) 4 - Graduação completa
- ( ) 5 - Pós-graduação

7.2 - Escolaridade do pai

- ( ) 1 - Ensino básico incompleto
- ( ) 2 - Ensino básico completo
- ( ) 3 - Graduação incompleta
- ( ) 4 - Graduação completa
- ( ) 5 - Pós-graduação

8 - Atividade(s) profissional(is):

---

9 - Atividades de lazer:

---

10 - Prática de exercícios físicos: ( ) Pratico ( ) Não pratico

Em caso afirmativo, especifique a(s) modalidade(s) e a(s) frequência(s) semanal(is)

Modalidade: \_\_\_\_\_ Menos de 1x ( ) De 1 a 2 x ( ) De 3 a 4x ( ) De 5 a 7x ( )

Modalidade: \_\_\_\_\_ Menos de 1x ( ) De 1 a 2 x ( ) De 3 a 4x ( ) De 5 a 7x ( )

Modalidade: \_\_\_\_\_ Menos de 1x ( ) De 1 a 2 x ( ) De 3 a 4x ( ) De 5 a 7x ( )

Modalidade: \_\_\_\_\_ Menos de 1x ( ) De 1 a 2 x ( ) De 3 a 4x ( ) De 5 a 7x ( )

11 - Instrumento:

---

12 - Instrumento(s) secundário(s) (se houver):

---

13 - Idade de início dos estudos musicais: \_\_\_\_\_

14 - Tempo de prática musical total (em anos): \_\_\_\_\_

15 - Tempo de prática musical com orquestra (em anos): \_\_\_\_\_

16 - Horas de ensaio com orquestra por semana: \_\_\_\_\_

17 - Horas de estudo individual com instrumento por dia: \_\_\_\_\_

18 - Você faz uso regular de medicamentos? ( ) Sim ( ) Não

Em caso afirmativo, especifique qual(is) e a frequência(s) semanal(is).

Medicamento: \_\_\_\_\_ ( ) Menos que 3x ( ) De 3 a 6 x ( ) Diariamente

Medicamento: \_\_\_\_\_ ( ) Menos que 3x ( ) De 3 a 6 x ( ) Diariamente

Medicamento: \_\_\_\_\_ ( ) Menos que 3x ( ) De 3 a 6 x ( ) Diariamente

Medicamento: \_\_\_\_\_ ( ) Menos que 3x ( ) De 3 a 6 x ( ) Diariamente

19 - Você considera que possui um bom estado geral de saúde? ( ) Sim ( ) Não

Em caso negativo, justifique.

---

20 - Você possui alguma doença neurológica, psiquiátrica ou outras doenças?

( ) Sim ( ) Não

Em caso afirmativo, especifique qual(is).

---

21 - Você apresenta algum problema de visão? ( ) Sim ( ) Não

Em caso afirmativo, especifique qual(is).

---

22 - Você usa óculos ou lentes de contato? ( ) Sim ( ) Não

23 - No caso de usar ou não lentes corretivas, considera sua visão boa?

( ) Sim ( ) Não

Em caso negativo, justifique.

---

## **Questionário de identificação dos participantes do estudo** **(Não-músicos)**

1 - Nome:

\_\_\_\_\_

2 - Sexo: ( )M ( )F

3 - Data de nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

4 - Preferência manual ( ) destro(a) ( ) canhoto(a)

5 - Escolaridade:

( ) Graduação em curso Curso: \_\_\_\_\_

( ) Graduação completa Curso: \_\_\_\_\_

( ) Pós-graduação em curso Curso: \_\_\_\_\_  
Nível: ( ) Especialização ( ) Mestrado ( ) Doutorado

( ) Pós-graduação completa Curso: \_\_\_\_\_  
Nível: ( ) Especialização ( ) Mestrado ( ) Doutorado

6 - Tempo total de escolaridade (em anos): \_\_\_\_\_

7 - Escolaridade dos pais

7.1 - Escolaridade da mãe

( ) 1 - Ensino básico incompleto

( ) 2 - Ensino básico completo

( ) 3 - Graduação incompleta

( ) 4 - Graduação completa

( ) 5 - Pós-graduação

7.2 - Escolaridade do pai

( ) 1 - Ensino básico incompleto

( ) 2 - Ensino básico completo

( ) 3 - Graduação incompleta

( ) 4 - Graduação completa

( ) 5 - Pós-graduação

8 - Atividade(s) profissional(is):

\_\_\_\_\_

9 - Atividades de lazer:

\_\_\_\_\_

10 - Prática de exercícios físicos: ( ) Pratico ( ) Não pratico

Em caso afirmativo, especifique a(s) modalidade(s) e a(s) frequência(s) semanal(is)

Modalidade: \_\_\_\_\_ Menos de 1x ( ) De 1 a 2 x ( ) De 3 a 4x ( ) De 5 a 7x ( )

Modalidade: \_\_\_\_\_ Menos de 1x ( ) De 1 a 2 x ( ) De 3 a 4x ( ) De 5 a 7x ( )

Modalidade: \_\_\_\_\_ Menos de 1x ( ) De 1 a 2 x ( ) De 3 a 4x ( ) De 5 a 7x ( )

Modalidade: \_\_\_\_\_ Menos de 1x ( ) De 1 a 2 x ( ) De 3 a 4x ( ) De 5 a 7x ( )

11 - Você já recebeu algum tipo de educação musical formal com prática de leitura de partitura? ( ) Sim ( ) Não

Em caso afirmativo, especifique quando e por quanto tempo.

---

12 - Você atualmente toca algum instrumento? ( ) Sim ( ) Não

Em caso afirmativo, especifique o instrumento e o tempo de prática.

---

13 - Você atualmente lê partitura? ( ) Sim ( ) Não

14 - Você faz uso regular de medicamentos? ( ) Sim ( ) Não

Em caso afirmativo, especifique qual(is) e a frequência(s) semanal(is).

Medicamento: \_\_\_\_\_ ( ) Menos que 3x ( ) De 3 a 6 x ( ) Diariamente  
Medicamento: \_\_\_\_\_ ( ) Menos que 3x ( ) De 3 a 6 x ( ) Diariamente  
Medicamento: \_\_\_\_\_ ( ) Menos que 3x ( ) De 3 a 6 x ( ) Diariamente  
Medicamento: \_\_\_\_\_ ( ) Menos que 3x ( ) De 3 a 6 x ( ) Diariamente

15 - Você considera que possui um bom estado geral de saúde? ( ) Sim ( ) Não

Em caso negativo, justifique.

---

16 - Você possui alguma doença neurológica, psiquiátrica ou outras doenças?  
( ) Sim ( ) Não

Em caso afirmativo, especifique qual(is).

---

17 - Você apresenta algum problema de visão? ( ) Sim ( ) Não

Em caso afirmativo, especifique qual(is).

---

18 - Você usa óculos ou lentes de contato? ( ) Sim ( ) Não

19 - No caso de usar ou não lentes corretivas, considera sua visão boa?  
( ) Sim ( ) Não

Em caso negativo, justifique.

---

## 14. ANEXO III

### Composição da amostra de músicos

Indivíduo	Sexo	Idade	Escolaridade (anos)	Idade de início dos estudos musicais	Tempo de prática musical total (anos)	Tempo de prática musical com orquestra (anos)	Tempo de estudo individual com instrumento por dia (horas)	Instrumento	Instrumento secundário
1	M	28	17	6	22	12	3	violino	-
2	M	32	15	6	26	8	2,5	viola	violino, piano, teclado
3	M	32	15	10	22	17	2	violino	-
4	M	48	9	12	36	26	4	violoncello	violão
5	M	38	16	9	29	21	2,5	violino	violão
6	M	47	21	20	27	22	3	contrabaixo	-
7	M	47	23	20	25	22	3	contrabaixo	-
8	M	29	15	10	20	8	5	viola	-
9	M	34	15	8	26	20	3,5	violino	piano
10	M	31	15	6	25	16	1	trompete	piano
11	M	52	15	19	33	26	3	viola	violino
12	M	28	16	14	14	7	4	oboé	corne inglês
13	M	45	19	17	28	20	3	violoncello	saxofone, clarineta, violão
14	M	38	16	6	32	20	8,5	violino	guitarra, piano
15	M	31	18	12	18	4	4,5	clarineta	requinta
16	M	29	18	12	17	10	5	oboé	teclado, saxofone
17	M	26	15	7	20	10	5	violino	-
18	M	33	15	9	24	11	4	flautim	flauta
19	M	34	18	6	28	20	3	violino	-
20	M	31	15	15	16	7	3	trompa	-
21	M	27	20	15	12	10	2	clarineta	-
22	M	25	17	8	17	8	4	clarineta	clarone, requinta, saxofone
23	M	31	15	13	18	12	3,5	violino	viola
24	M	25	13	7	18	15	2	viola	violino, violão, bandolim
25	M	33	22	6	28	17	2,5	violino	-
26	M	28	17	11	16	9	2,5	trompete	-
27	M	25	16,5	6	16	8	3	fagote	clarineta
28	M	28	16	6	22	16	3	oboé, corne inglês	flauta
29	M	29	19	6	22	14	3	violino	piano
30	M	47	16	15	33	16	3	contrabaixo	violão, contrabaixo elétrico
31	M	20	11	9	11	5	4	contrabaixo	violão
32	F	27	18	7	20	8	2	violoncello	piano
33	F	36	20	6	25	10	2	fagote	-
34	F	33	15	5	27	12	3	viola	piano
35	F	44	20	7	37	24	3	violino	-
36	F	34	21	4	30	15	2	flauta	-
37	F	29	15	7	12	8	3	flauta	-
38	F	32	17	6	22	17	2,5	flauta	piano

## Composição da amostra de não-músicos

Indivíduo	Sexo	Idade	Escolaridade (anos)	Área do conhecimento	Recebeu educação musical formal com leitura de partitura?	Atualmente toca algum instrumento?	Atualmente lê partitura?
1	M	21	14	Humanas	não	não	não
2	M	31	17	Humanas	não	não	não
3	M	40	20	Humanas	sim, aos 20 anos, por seis meses	sim, violão	não
4	M	28	15	Humanas	não	sim, violão	não
5	M	27	17	Sociais Aplicadas	não	não	não
6	M	37	15	Saúde	não	não	não
7	M	36	18	Exatas e da Terra	não	não	não
8	M	38	18	Engenharias	sim, aos 13 anos, por um ano e seis meses	não	não
9	M	40	17	Humanas	não	não	não
10	M	29	18	Ling., Letras e Artes	não	não	não
11	M	24	14	Engenharias	não	não	não
12	M	29	18	Humanas	não	não	não
13	M	28	16	Exatas e da Terra	não	não	não
14	M	39	15	Exatas e da Terra	não	não	não
15	M	26	16	Engenharias	não	não	não
16	M	36	17	Saúde	não	sim, bateria, violão, contrabaixo	não
17	M	27	17	Humanas	sim, aos 19 anos, por seis meses, e aos 27 anos, por três meses	sim, violão, guitarra	não
18	M	29	15	Humanas	não	não	não
19	M	31	17	Sociais Aplicadas	sim, aos 19 anos, por três meses, e aos 29 anos, por três meses	sim, violão, contrabaixo	não
20	M	33	20	Exatas e da Terra	não	não	não
21	M	29	17	Sociais Aplicadas	não	não	não
22	M	47	24	Ling., Letras e Artes	não	não	não
23	M	35	15	Sociais Aplicadas	não	não	não
24	M	33	15	Saúde	não	não	não
25	M	30	20	Humanas	não	não	não
26	F	24	15	Sociais Aplicadas	sim, aos 12 anos, por seis meses	não	não
27	F	29	16	Sociais Aplicadas	não	não	não
28	F	37	21	Exatas e da Terra	não	não	não
29	F	25	16	Ling., Letras e Artes	não	não	não
30	F	25	17	Sociais Aplicadas	sim, aos 8 anos, por seis meses	não	não
31	F	39	15	Ling., Letras e Artes	não	não	não
32	F	35	18	Saúde	não	não	não
33	F	33	19	Ling., Letras e Artes	não	não	não
34	F	31	21	Ling., Letras e Artes	não	não	não
35	F	30	18	Sociais Aplicadas	não	não	não
36	F	28	11	Saúde	não	não	não
37	F	24	18	Saúde	não	não	não
38	F	27	18	Ling., Letras e Artes	não	não	não

## 15. ANEXO IV

### Instruções que precedem os testes

#### 1 Teste de atenção visual seletiva

Bem vindo(a) ao teste.

Você verá uma figura alvo e, abaixo dela, um conjunto de outras figuras. Sua tarefa consiste em determinar, o mais rápido possível, se a figura alvo está presente de maneira idêntica (mesma forma e mesma orientação) no conjunto de figuras. Pressione “1” se a figura alvo estiver e “2” se não estiver presente no conjunto de figuras.

Agora você fará um pequeno treino.

Pressione a barra de espaço para começar!

#### 2 Teste de atenção visual dividida

Bem vindo(a) ao teste.

Você poderá ver a letra “X” aparecer no centro da tela em três possíveis condições: “X”, “XX”, “XXX”. Na parte superior da tela poderão aparecer outras letras. Sua tarefa consiste em responder, o mais rápido possível, ao aparecimento da letra “X” no centro da tela, em cada uma das condições, e em contar mentalmente quantas vezes a letra “A” apareceu na parte superior da tela. Pressione “1” quando aparecer “X”, “2” quando aparecer “XX”, “3” quando aparecer “XXX” e diga, ao final do teste, quantas vezes a letra “A” apareceu.

Agora você fará um pequeno treino.

Pressione a barra de espaço para começar!

#### 3 Teste de atenção visual sustentada

Bem vindo(a) ao teste.

Você verá os símbolos “+” e “=” aparecerem alternadamente no centro da tela. Ao longo do teste, ao invés destes símbolos, poderão aparecer os seguintes números: “1”, “2” ou “3”. Sua tarefa consiste em responder, o mais rápido possível, ao aparecimento de cada um dos números. Pressione “1” quando aparecer o número “1”, “2” quando aparecer o número “2” e “3” quando aparecer o número “3”.

Agora você fará um pequeno treino.

Pressione a barra de espaço para começar!

#### 4 Teste de memória visual

Bem vindo(a) ao teste.

Você verá um conjunto de figuras e deverá memorizá-lo em 10 segundos. Em seguida, várias figuras serão apresentadas separadamente. Sua tarefa consiste em determinar, o mais rápido possível, se cada figura apresentada está presente de maneira idêntica (mesma forma e mesma orientação) no conjunto de figuras memorizado. Pressione “1” se a figura estiver e “2” se não estiver presente no conjunto memorizado.

Pressione a barra de espaço para começar!

Em seguida, você terá a mesma tarefa, porém deverá memorizar um segundo conjunto de figuras em 10 segundos. Pressione, o mais rápido possível, “1” se a figura estiver e “2” se não estiver presente no conjunto memorizado. Pressione a barra de espaço para começar!

Em seguida, você terá a mesma tarefa, porém deverá memorizar um terceiro conjunto de figuras em 10 segundos. Pressione, o mais rápido possível, “1” se a figura estiver e “2” se não estiver presente no conjunto memorizado. Pressione a barra de espaço para começar!

Em seguida, você terá a mesma tarefa, porém deverá memorizar um quarto conjunto de figuras em 10 segundos. Pressione, o mais rápido possível, “1” se a figura estiver e “2” se não estiver presente no conjunto memorizado. Pressione a barra de espaço para começar!

### **5 Teste de tempo de reação simples**

Bem vindo(a) ao teste.

Você verá o símbolo “\*” aparecer no centro da tela. Sua tarefa consiste em responder, o mais rápido possível, ao aparecimento deste símbolo. Pressione “1” toda vez que o símbolo “\*” aparecer.

Pressione a barra de espaço para começar!