

Universidade Portucalense Infante D. Henrique

Mestrado em Psicologia Clínica e da Saúde

Ana Rita Saraiva Costa, Nº 38103

# A INFLUÊNCIA DA MÚSICA NO DESENVOLVIMENTO NEUROCOGNITIVO

Orientação: Professor Doutor António Jorge da Costa Leite

Ano Letivo: 2020/ 2021



UNIVERSIDADE PORTUGALENSE

Do conhecimento à prática.

IMP.GE.72.1

Título parte 1  
Título Parte 2

Nome do Autor





DEPARTAMENTO **PSICOLOGIA  
E EDUCAÇÃO**

Ana Rita Saraiva Costa Nº 38103

Mestrado em Psicologia Clínica e da Saúde  
Dissertação de Mestrado

# **A INFLUÊNCIA DA MÚSICA NO DESENVOLVIMENTO NEUROCOGNITIVO**

Orientador: Professor Doutor António Jorge da Costa Leite

Ano letivo: 2020/2021

## RESUMO

O ser humano não nasce com todas as competências, necessita sim, de um desenvolvimento dessas capacidades ao longo da vida. Os primeiros passos do desenvolvimento são dados durante a diferenciação intrauterina e a maturação de todas as estruturas neuronais que decorrem ao longo de várias décadas. São conhecidos diversos fatores que influenciam o desenvolvimento tais como melhor desempenho, melhores capacidades de memorização, maiores valores de anisotropia fracionada, maior volume de matéria cinzenta, maior lateralização bem como ativação mais forte das áreas de associação auditiva, desenvolvimento linguístico e fonológico e elevado Q.I.. Contudo, o menos estudado é o efeito da música ao longo do desenvolvimento do ser humano.

Sob essa perspectiva, o presente estudo teve como objetivo mostrar os impactos da música no desenvolvimento neurocognitivo, para isso, foi realizada uma pesquisa de artigos incluídos na base de dados *PubMed*, de acordo com as palavras chave *Cognitive Development* e *Music*, no idioma inglês, de forma a integrar a literatura internacional. A base de dados foi configurada para buscar as palavras nos campos “título/resumo”, foi utilizado o operador booleano “and” visando induzir que as palavras selecionadas constassem nos referidos campos. Foram recuperados 18 estudos, que foram organizados em três tabelas intituladas como *Alterações neuroanatômicas*; *Alterações das competências musicais* e *Alterações das competências cognitivas*.

Os resultados encontrados na presente pesquisa sugerem que a música demonstra ter um papel relevante no desenvolvimento neurocognitivo da criança, havendo uma correlação positiva. Esta, traz benefícios às crianças, tendo sido possível identificar os benefícios proporcionados pela música tais como as mudanças cerebrais, de competências musicais e cognitivas. No entanto existem diversas limitações dos estudos tais como as amostras não são representativas; maioritariamente dos estudos recolhidos não têm uma aleatorização dos participantes; o treino não está estruturado no mesmo; não havendo um grupo de controlo e não manipulando a variável independente não é possível examinar a causa direta ou a relação preditiva entre as variáveis de forma a investigar os efeitos da alteração realizada, desta forma deveriam existir mais estudos experimentais para testar da melhor forma a veracidade das variáveis em causa.

**Palavras-chave:** Música; Desenvolvimento Neurocognitivo; Cérebro; Crianças

## ABSTRACT

Not all skills are fully developed at birth. On the contrary, human being undergo a long development process until all the skills are fully developed. Development is dependent on several factors such as better performance, better memorization skills, higher fractional anisotropy values, greater gray matter volume, greater lateralization as well as stronger activation of auditory association areas, linguistic and phonological development and high IQ. However, the least studied is the effect of music throughout human development.

From this perspective, the present study aimed to show the impacts of music on Neurocognitive development. In this sense, a search of articles included in the PubMed database was performed, following the keywords Cognitive Development and Music, in English language. Search strategy included search for the words in the fields "title/abstract", by the Boolean operator "and". Eighteen articles were retrieved and organized in three tables entitled as neuroanatomical alterations; Changes in musical skills and Changes in cognitive skills.

The show that music has a relevant role in children's neurocognitive development, with a positive correlation. These beneficial effects of music in children's development include brain changes, and musical skills and cognitive development. However, there are several limitations such as the samples are not representative; most of the collected studies do not have a randomization of the participants; training is not structured in it; without a control group and not manipulating the independent variable, it is not possible to examine the direct cause or the predictive relationship between the variables in order to investigate the effects of the change performed, so there should be more experimental studies to better test the veracity of the variables concerned.

**Keywords:** Music; Neurocognitive Development; Brain; Kids

# ÍNDICE

RESUMO .....	II
ABSTRACT .....	III
ÍNDICE DE FIGURAS .....	V
ÍNDICE DE TABELAS .....	VI
1. ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	7
2. MÉTODO .....	12
3. RESULTADOS .....	14
3.1. DIVISÃO DOS ESTUDOS EM TABELAS .....	15
4. DISCUSSÃO.....	25
5. LIMITAÇÕES.....	28
6. QUESTÕES EM ABERTO/ INVESTIGAÇÕES FUTURAS .....	29
7. CONCLUSÃO .....	31
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1. Análise morfométrica baseada em voxel de músicos profissionais e amadores com não músicos**

**Figura 2. Imagens paramétricas durante tarefas de discriminação rítmica e melódica em crianças de nove a 11 anos com e sem treinamento de música instrumental**

**Figura 3. Fluxograma do processo de seleção de artigos para revisão integrativa da literatura**



## ÍNDICE DE TABELAS

**Tabela 1. Alterações neuroanatômicas**

**Tabela 2. Alterações das competências musicais**

**Tabela 3. Alterações das competências cognitivas**



## 1. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O ser humano não nasce com todas as competências que vai utilizar ao longo da sua vida. Muito embora alguns sistemas de suporte a estas competências estejam já presentes na altura do nascimento, o processo de maturação no ser humano normalmente compreende várias décadas. Os primeiros passos do desenvolvimento são dados durante a diferenciação intrauterina e a maturação de todas as estruturas neuronais que decorre ao longo de várias décadas. Num contexto clássico, o desenvolvimento humano abrange o estudo de variáveis cognitivas, afetivas, sociais e biológicas durante o ciclo da vida, estabelecendo-se uma interface entre diversas áreas do conhecimento como a biologia, antropologia, sociologia, educação, medicina entre outras (Mota, 2005). Muito embora exista esta multitude de variáveis envolvidas, os estudos clássicos centraram-se inicialmente numa variável cognitiva ao longo do desenvolvimento: a inteligência.

A composição de estruturas da inteligência da criança, levaram Piaget (1977) nos seus estudos a concluir que existe um funcionamento interno que é estimulado a partir da interação da mesma com o mundo. Este, ocorre por meio de assimilação ou incorporação de um componente exterior (e.g., acontecimento, objeto) num esquema sensório-motor ou estrutura do sujeito e da acomodação ou modificação de um esquema em função das particularidades que o objeto oferece ao ser assimilado (Freitas & Assis, 2007). Para investigar o processo de desenvolvimento, o autor desenvolveu um método clínico-crítico, no sentido de acompanhar o desenrolar do pensamento das crianças ao longo do seu crescimento desenvolvimental.

Deste modo, ao longo do desenvolvimento existem sucessivos períodos críticos de maturação e desenvolvimento neuronal, nos quais as competências adquiridas são facilmente perceptíveis. Piaget (2002) elucida o desenvolvimento da criança por meio de estágios, nomeadamente o Sensório-motor (zero aos dois anos) a criança não consegue parecer as consequências das suas ações, a “inteligência” é essencialmente prática através de símbolos ou ações; Pré-operatório (dois aos sete anos) surge a linguagem, o desenho e a imitação, é possível construir imagens mentais de objetos ou ações, a criança pergunta, compreende e explica; Operatório Concreto (sete aos 12 anos) possui uma linguagem social e diversificada, há uma consolidação de conceitos como número, peso, entre outros; e o último estágio de desenvolvimento é o Operatório Formal (12 anos aos 16 anos) a inteligência torna-se dedutiva e lógica, conseguindo facilmente prever consequências, ou visualizar objetos, sem a necessidade de executar as ações ou que os objetos estejam presentes.

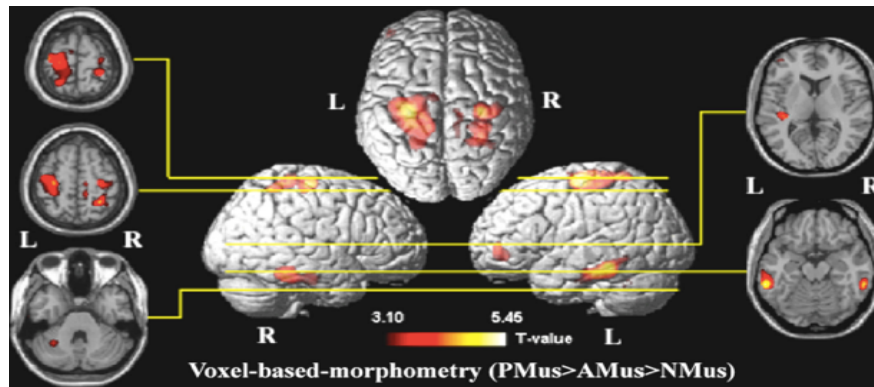


No entanto, os estágios anteriormente mencionados estão associados, para além de diversas alterações neuroanatômicas e neurofuncionais, as experiências de vida, para um ajuste fino essencial para o desenvolvimento de funções cognitivas superiores. A oralidade, o desenho, a pintura, a modelagem, os conhecimentos matemáticos, a escrita e a leitura assumem uma relevância na formação das aptidões intelectuais, práticas e artísticas e também no desenvolvimento da personalidade (Bissoli, 2014). A construção e aprendizagem de novas habilidades de forma contínua, dinâmica e progressiva oferece às crianças a realização de funções cada vez mais complexas. Trata-se de um conceito vasto que engloba o crescimento e maturação cerebral em diversos contextos (Tierney & Nelson, 2009). Apesar de serem conhecidas outras contribuições, outros fatores, como a música, podem ser importantes para o desenvolvimento humano.

Durante o desenvolvimento intrauterino, o bebé tem contacto com sons, como a voz da mãe e o batimento cardíaco (Cardoso, 2013). Esta, é uma vivacidade que estabelece desde cedo as relações entre os interesses das crianças, as vivências e propostas das mesmas no desenvolvimento de uma prática (Bond, 2011). De um ponto de vista funcional, a música passa pelo Córtex Auditivo, o centro de processamento do som, e posteriormente passará por um conjunto de estruturas que se designam por Sistema Límbico, que, por sua vez estimulam a produção de um neurotransmissor, a Dopamina, que está associada à sensação de prazer (Muszkat et al., 2000).

Tal como apresentado na Figura 1, comparativamente com os não músicos, os músicos têm significativamente mais massa cinzenta em várias regiões do Cérebro, incluindo o Córtex Sensório-motor Primário, o Pré-motor Superior Adjacente e Superior Anterior, o Córtex Parietal Bilateralmente, Giro de *Heschl* (Córtex Auditivo Primário), o Cerebelo, o Giro Frontal Inferior, e parte do Lobo Temporal Inferior Lateral (Schlaug et al., 2005).

Figura 1

**Análise morfométrica baseada em voxel de músicos profissionais e amadores com não músicos**

**Nota:** Reproduzido sem permissão, Schlaug, G., Norton, A., Overy, K., & Winner, E. (2005). Effects of Music Training on the Child's Brain and Cognitive Development. *New York Academy of Sciences*, 1060, 219–230. <https://doi.org/10.1196/annals.1360.015>

Quando falamos de música, não podemos cingir a um conjunto de sons, ou ordenação hierárquica e melódica dos mesmos. Mencionamos sim, um conjunto de atividades motoras e cognitivas envolvidas no processamento da música, e por isso mencionamos funções musicais (Muszkat et al., 2000). Estas funções musicais possibilitam o desenvolvimento cognitivo por recurso a um conjunto de variadíssimos códigos (inteligência desenvolvida por meio de audição) que, segundo Stralio (2001), possibilita o desenvolvimento intelectual da pessoa, quanto mais cedo as crianças entrarem em contacto com o mundo da música, maiores serão as hipóteses de reterem o reconhecimento de símbolos e novos códigos sonoros que a música poderá oferecer. A música contribui ainda para o conhecimento armazenado na memória (fonológica e operatória), bem como para a vivência emocional, pois a prática de um instrumento musical, possibilita à criança uma nova forma de exteriorização de sentimentos-emoções. É nos primeiros oito anos de vida que se aprimoram as habilidades musicais nos indivíduos, e podem inspirar positivamente o desenvolvimento infantil, enquanto a criança ouve e/ou toca um instrumento, trabalha a cultura e desenvolve um autocontrolo e regras, demonstrando assim uma flexibilidade mental (Muszkat, 2019).

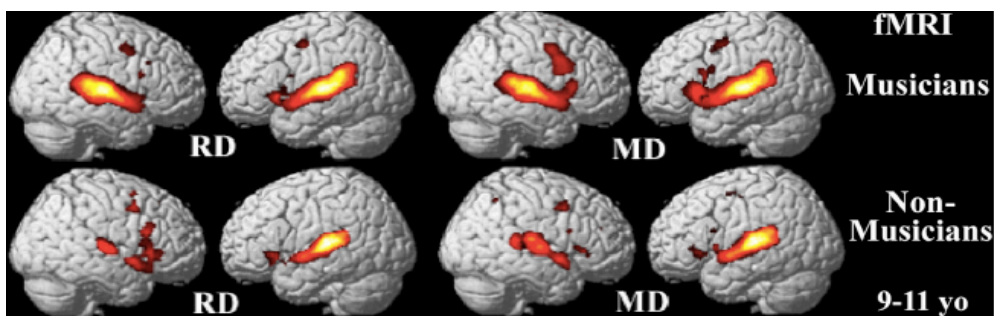
A flexibilidade mental, bem como a coesão social aumentam por estimulação do chamado cérebro musical, utilizando recursos como a dança, jogos musicais e a atividade musical de modo a potencializar técnicas de restabelecimento físico e cognitivo. Quando ouvimos uma música, o nosso batimento cardíaco, a nossa respiração e os nossos ritmos elétricos cerebrais vão-se alterando e adaptando em paralelo com o ritmo e melodia da música (Muszkat, 2019). As crianças, por norma,

expressam-se melhor através do som e pela música do que pelas palavras, podendo ser uma alternativa de comunicação para crianças com défice de atenção, dislexia, autismo, depressão, esquizofrenia, físicas (e.g., movimentos de marcha e postura) (Muszkat, 2019).

A música facilita um processo de neurodesenvolvimento saudável, pois a capacidade musical estimula reações fisiológicas que se interligam entre o cérebro emocional e o executivo (Muszkat, 2019). O mesmo autor, refere que, o hemisfério direito demonstra ser predominante para discriminar o contorno melódico no que concerne ao conteúdo emocional da música, e por sua vez, o hemisfério esquerdo responsável pela métrica e o ritmo, a parte mais “lógica” da harmonia. Conforme apresentado na Figura 2, as comparações, revelaram que ambos os grupos (músicos e não músicos entre os nove e 11 anos) mostraram uma forte ativação bilateral do Giro Temporal Superior (ligeiramente anterior e inferior para o Giro de *Heschl*). No entanto, o grupo de músicos, mostrou uma maior ativação do Giro Temporal Superior, particularmente à direita, e igualmente ativação do Giro Frontal Inferior Posterior e Médio em ambos os Hemisférios, mais ainda nos exercícios melódicos (MD) do que nos exercícios rítmicos (RD) (Schlaug et al., 2005).

**Figura 2**

### **Imagens paramétricas durante tarefas de discriminação rítmica e melódica em crianças de nove a 11 anos com e sem treinamento de música instrumental**



**Nota:** Reproduzido sem permissão, Schlaug, G., Norton, A., Overy, K., & Winner, E. (2005). Effects of Music Training on the Child's Brain and Cognitive Development. *New York Academy of Sciences*, 1060, 219–230. <https://doi.org/10.1196/annals.1360.015>

Apesar de serem conhecidos muitos fatores que estão associados e medeiam esta modulação com o desenvolvimento humano, o papel da música ainda não é muito conhecido, embora já existam diversos estudos que estão a perceber o papel da música no desenvolvimento humano. Deste modo, o objetivo deste trabalho, é reunir e compilar a informação dos estudos de forma a perceber as principais alterações



neuroanatómicas, bem como das competências musicais e das competências cognitivas do indivíduo.

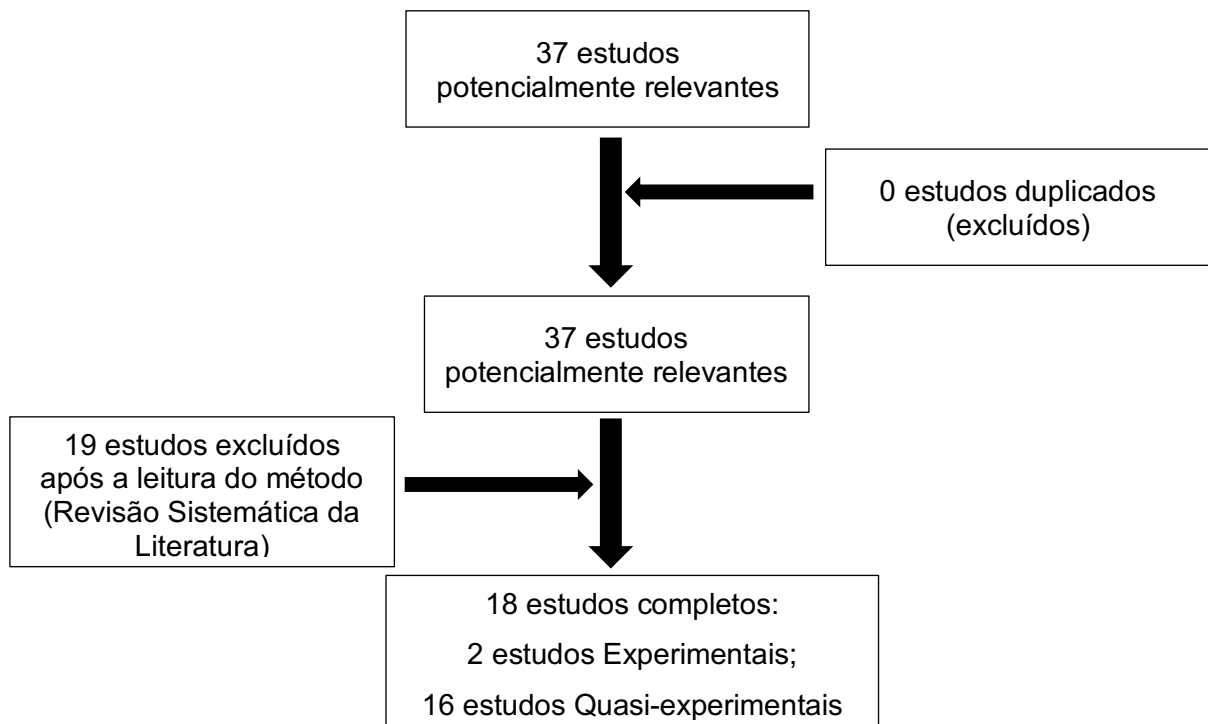
## 2. MÉTODO

A presente investigação constitui-se como um estudo de Revisão Sistemática da Literatura. O trabalho centra-se em questões relativas ao efeito que a música fornece em crianças, pretendendo-se verificar se a música influencia o desenvolvimento cognitivo das mesmas.

Os artigos incluídos na base de dados *PubMed* foram selecionados com as palavras chave *Cognitive Development* e *Music*, no idioma inglês, de forma a integrar a literatura internacional. A base de dados foi configurada para procurar as palavras nos campos “título/resumo”, foi utilizado o operador booleano “and” visando induzir que as palavras selecionadas constassem nos referidos campos. Determinou-se que a base de dados, apresentasse artigos publicados desde 1992 até 2020, contudo foi nas últimas duas décadas que se intensificaram os estudos sobre a música e o desenvolvimento cognitivo. A procura foi realizada no dia 10 de novembro de 2020, e foram encontrados 37 estudos potencialmente relevantes. Após a leitura do texto integral, foram excluídos 19 estudos por serem de carácter de Revisão Sistemática da Literatura. Foram incluídos neste trabalho os restantes 18 estudos, *quasi*-experimentais ou experimentais. Este processo, é evidenciado no fluxograma, apresentado na Figura 1.

Figura 1.

### Fluxograma do processo de seleção de artigos para revisão integrativa da literatura





Adicionalmente e por forma a aferir a possibilidade de viés dos estudos experimentais, foi aplicada a Escala de *Jadad* criada pelo Dr. Alejandro Jadad em 1996, consiste numa lista de três perguntas que avalia três aspetos dos ensaios clínicos- a randomização, o cegamento e a descrição das perdas no seguimento. O valor do resultado varia entre zero e cinco, sendo que os resultados superiores ou iguais a três, são considerados com baixo risco de viés, permitindo assim, medir a qualidade da fonte (Jadad et al., 1996).



### 3. RESULTADOS

Os estudos encontrados foram agrupados em três categorias: *Alterações neuroanatômicas* (cinco estudos), *Alterações de competências musicais* (três estudos) e *Alterações das competências cognitivas* (dez estudos). As tabelas seguintes (i.e., 1, 2 e 3) sintetizam os principais resultados encontrados pelos estudos.



### 3.1. Divisão dos Estudos em Tabelas

Tabela 1

#### Alterações neuroanatômicas

<b>Autores</b>	<b>Amostra</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Variáveis Avaliadas</b>	<b>Resultados</b>
Habibi et al. (2018)	75 crianças	Comparação do grupo alvo (aulas de música) com dois grupos (aula de desporto e nenhum treino sistemático) durante dois anos.	Efeitos do treino musical (habilidades auditivas) no cérebro das crianças e o desenvolvimento cognitivo.	Crianças do grupo de música obtiveram melhor desempenho do que os grupos de comparação. Maiores valores de Anisotropia Fracionada em três segmentos do Corpo Caloso (Giro Frontal, Giro Pré-central e Giro Pós-central).
Nutley et al. (2014)	64 crianças e adultos	Avaliado uma vez em cada três anos. Recorreram a avaliação neuropsicológica e questionários; Dotmatrix; Avaliação automatizada da MT; Utilização de um dígito de letra de tarefa de substituição (VP); Matrizes Progressivas de Raven.	Desempenho de raciocínio (DR), velocidade de processamento (VP), memória de trabalho (MT) com a prática musical.	Prática musical teve uma associação positiva com as variáveis em análise; maior volume de matéria cinzenta no Córtex Temporo-occipital e Insular.
Schlaug et al. (2005)	50 crianças	Um ano de aulas de música combinadas com exames de RM estruturais e funcionais. WISC-III, WPPSI-III, Matrizes Progressivas; Primary Measures of Music Audiation; exames de RM.	Motricidade fina Domínio verbal, visuo-espacial e matemática na influência da prática musical.	Diferenças estruturais e funcionais nos cérebros de músicos em comparação com os de não músicos- maior lateralização e ativação mais forte das áreas de associação auditiva, Lobo Temporal e Parietal-temporal.



Matthews et al. (2018)	20 adultos e 76 crianças	Tarefa de correspondência perceptual para crianças e adultos com o número de oito imagens expostas- reconhecimentos faciais desconhecidos numa matriz. Livros de histórias.	Grupo um estudo de matrizes, grupo dois criar imagens. Apresentação de imagens e duas opções de resposta (presente ou ausente).	As crianças foram menos precisas que os adultos (momento um) embora no momento dois não tivessem sido encontradas melhoras. Contudo, concluíram que as habilidades são desenvolvidas aos seis anos.
Burroni et al. (2008)	19 crianças	Comparação de 11 crianças autismo com oito crianças sem autismo através de uma análise quantitativa do rCBF ( <i>regional cerebral blood flow</i> ) avaliado com Tc-ECD SPET ( <i>technetium-99m ethyl cysteinate dimer (ECD) single-photon emission tomography (SPET)</i> ).	Ligação entre rCBF avaliado com Tc-ECD SPET e a manifestação clínica da doença.	O Tc-ECD- SPET parece ser sensível em revelar alterações do fluxo sanguíneo cerebral e assimetrias da esquerda para a direita, quando os padrões neurorradiológicos são normais.

---



No que concerne às *Alterações neuroanatômicas* (cf. Tabela 1) foram recuperados cinco estudos, que representam um *N* combinado de 304 participantes com metodologias distintas, tais como a comparação do grupo alvo, aulas de música, aulas de desporto, treino sistemático, avaliação neuropsicológica, tarefa de correspondência (cognitiva), e em amostras de crianças com e sem autismo. Alguns estudos utilizaram também adultos nas suas amostras.

No que concerne ao estudo de Habibi et al. (2018) avaliaram o efeito do treino musical (habilidades auditivas) no cérebro das crianças e o seu desenvolvimento cognitivo. Foi possível concluir que as crianças do grupo de música obtiveram melhor desempenho do que os grupos de comparação (aulas de desporto e nenhum treino sistemático). No grupo de música ocorreram maiores valores de Anisotropia Fracionada em três segmentos do corpo caloso, no giro frontal, no giro pré-central e no giro pós-central. Nutley et al. (2014) compararam a prática musical com o desempenho de raciocínio, a velocidade de processamento e a memória de trabalho. Foi possível concluir que a prática musical teve uma associação positiva com as variáveis em análise e também, maior volume de matéria cinzenta no córtex temporo-occipital e insular. Já no estudo de Schlaug et al. (2005), recorreram a variáveis como a motricidade fina, o domínio verbal, visuo-espacial e a matemática na influência da prática musical, e foi possível concluir que as diferenças estruturais e funcionais nos cérebros de músicos em comparação com os de não músicos- maior lateralização e ativação mais forte das áreas de associação auditiva, nomeadamente no lobo temporal e parietal-temporal. Já no estudo de Matthews, et al. (2018), a amostra (crianças e adultos) foi dividida em dois grupos (estudo de matrizes e criação de imagens) de modo a que estes, optassem por uma resposta. As crianças foram menos precisas que os adultos (momento um) embora no momento dois não tivessem sido encontradas melhoras relacionadas à idade em qualquer codificação de conjunto ou à capacidade de se beneficiar da exposição a variabilidade intrapessoal na aparência ao aprender um rosto novo, sugerindo que ambas as habilidades são desenvolvidas aos seis anos de idade. Contudo, os autores, concluíram que as habilidades musicais apresentam já um substancial desenvolvimento aos seis anos. Burroni et al. (2008) realizaram um estudo de comparação com crianças autistas e sem patologia. Avaliaram a ligação entre rCBF avaliado com Tc-ECD SPET e a manifestação clínica da doença. Foi possível concluir que o Tc-ECD- SPET parece ser sensível em revelar alterações do fluxo sanguíneo cerebral e assimetrias da esquerda para a direita, quando os padrões neurorradiológicos são normais.



Tabela 2  
Alterações das competências musicais

Autores	Amostra	Metodologia	Variáveis Avaliadas	Resultados
Barbaroux et al. (2019)	54 crianças	Avaliar o impacto do programa <i>Démos</i> em vários aspetos do desenvolvimento cognitivo.	Inteligência geral, consciência fonológica e habilidades de leitura, noutras habilidades cognitivas que podem ser melhoradas pelo treino musical.	O treino com o programa <i>Démos</i> melhorou as pontuações de musicalidade.
Hille et al. (2011)	194 crianças	Desempenho em leitura, soletração e inteligência não verbal através de questionários; Cattells Cultural Fair Intelligence Test; Salzburger Lese- und Rechtschreibtest.	Leitura e soletração e inteligência não verbal com atividades musicais desde a pré-escola.	53% das crianças aprenderam a tocar um instrumento musical e a inteligência foi maior para os mesmos. Concluindo que há uma associação entre a educação musical e a habilidade cognitiva geral.
Norton et al. (2005)	70 crianças	Duas a três sessões de música ao longo de três a quatro semanas. Comparação de crianças com aulas de música e sem aulas de música. Utilização de sub-testes da WISC-III ou da Escala de Inteligência Pré-escolar e Primária de Wechsler; Matrizes Progressivas de Raven; Teste de Análise Auditiva; Tarefa de tapping Wenger, as Medidas Primárias de Audição Musical e Imagem de Ressonância Magnética.	Tarefas cognitivas com utilização de música.	Não foram encontradas diferenças neuronais, cognitivas ou musicais nos dois grupos; foram encontradas correlações entre habilidades perceptivas musicais e de raciocínio não verbal e consciência fonémica.



Relativamente às *Alterações das competências musicais* (cf. Tabela 2) foram recuperados três estudos, que representam um *N* combinado de 318 participantes com metodologias distintas, tais como o impacto do programa *Démos*, o desempenho em leitura e inteligência não verbal, e sessões de aulas de música. Barbaroux et al. (2019) avaliaram a inteligência geral, consciência fonológica e habilidades de leitura, noutras habilidades cognitivas que podem ser melhoradas pelo treino musical. Foi possível concluir que o programa *Démos* melhorou as pontuações de musicalidade. Por outro lado, Hille et al. (2011) recorreram à leitura, à soletração e a inteligência verbal com a junção de atividades musicais desde a pré-escola, e puderam concluir que 53% das crianças aprenderam a tocar um instrumento musical e a inteligência foi maior para os mesmos, sugerindo uma associação entre a educação musical e a habilidade cognitiva geral. Norton et al. (2005) avaliaram as tarefas cognitivas com a utilização de música e não encontraram quaisquer diferenças neuronais, cognitivas ou musicas nos dois grupos; foram encontradas correlações entre habilidades perceptivas musicais e de raciocínio não verbal e consciência fonémica.



Tabela 3  
Alterações das competências cognitivas

Autores	Amostra	Metodologia	Variáveis Avaliadas	Resultados	Escala de Jadad
Kaviani et al. (2013)	60 crianças	Investigar os efeitos do ensino da música no desenvolvimento cognitivo. 30 crianças recebiam aulas de música (12 sessões de 75 minutos semanais) e outras 30 crianças não. <i>Escala de Inteligência Teerã-Stanford-Binet.</i>	A influência da música no desenvolvimento cognitivo.	Houve um aumento significativo no Q.I. nos participantes que receberam aulas de música- raciocínio verbal e memória a curto prazo.	Três pontos
Mehr et al. (2013)	32 crianças	Dois ensaios clínicos randomizados investigando os efeitos cognitivos de uma série de aulas de música (124) comparando com o ensino de artes visuais (374). Duração seis semanas com duração de 45 minutos. Utilização de <i>Peabody Picture Vocabulary Test.</i>	Raciocínio de navegação espacial, análise de forma visual, discriminação numérica e vocabulário recetivo com aulas de música ou artes visuais.	As crianças que receberam aulas de música não tiveram um desempenho melhor do que aqueles com artes visuais ou sem aulas em qualquer avaliação. Há uma necessidade de replicação em ensaios clínicos randomizados.	Três pontos
Koolidge e Holmes (2018)	87 crianças	Completar um quebra-cabeças com diferentes ambientes sonoros de fundo (com letra, apenas música e sem música) do filme "Moana" a música "You're Welcome".	Influência da música de fundo na memória verbal e visual.	Maior concentração na música sem letra do que na música com letra.	

Norton et al. (2005)	70 crianças	Duas a três sessões de música ao longo de três a quatro semanas. Comparação de crianças com aulas de música e sem aulas de música. Utilização de sub-testes da WISC-III ou da Escala de Inteligência Pré-escolar e Primária de Wechsler; Matrizes Progressivas de Raven; Teste de Análise Auditiva; Tarefa de <i>tapping</i> Wenger, as Medidas Primárias de Audição Musical e Imagem de Ressonância Magnética.	Tarefas cognitivas com utilização de música.	Não foram encontradas diferenças neuronais, cognitivas ou musicais nos dois grupos; foram encontradas correlações entre habilidades perceptivas musicais e de raciocínio não verbal e consciência fonémica.
Mak e Fancourt (2019)	6209 crianças	Associação entre o envolvimento nas artes: ouvir/tocar música, desenhar ou pintar e ler. Escala de Autoestima de Rosenberg. Questionário acerca das artes.	Envolvimento em artes relacionado com o nível de autoestima.	Iniciativas para promover o envolvimento artístico em crianças fornecem uma maneira prática e eficiente de melhorar a autoestima das crianças.
Kasuya-Ueba et al. (2020)	35 crianças	Examinação do efeito de uma intervenção musical na atenção comparado com videojogos. Teste de Atenção Diária para Crianças (pré e pós-teste); Matrizes Progressivas de Raven.	Eficácia da música como meio de avaliar melhorias da função cognitiva-atenção.	Fornece a primeira evidência de que as intervenções musicais podem ser mais eficazes do que as intervenções de videojogos para melhorar o controlo da atenção.

Aslan e John (2016)	90 crianças	Planeamento fatorial misto (três alunos de infância, crianças mais novas e mais velhas do ensino fundamental). Receberam 36 palavras fictícias emparelhadas com características humanas e animais. Teste de reconhecimento para as não palavras.	Se as crianças mostram retenção aprimorada de informações relacionadas à animação.	Os resultados apoiam uma evolucionária visão funcional da memória, sugerindo que a memória de crianças está “sintonizada” para processar e reter informações relativamente à animação.
Martínez-Castilla et al. (2016)	74 crianças	Estudo da cognição musical na síndrome de Williams (20) 54 sem autismo. Hibridização In-Situ de Fluorescência, WISC-IV, WPPSI-III.	Perfusão cerebral global, disfunção hemisférica esquerda nas áreas temporoparietais dedicadas à linguagem, e à música.	A música traz benefícios às crianças e estas, são consistentes em relatos neuroconstrutivistas.
Goswami et al. (2011)	96 crianças	Comparação de amostras de crianças com dislexia e sem dislexia a aprender três línguas diferentes (inglês, espanhol e chinês). Apresentação de música entre os 250 e os 8000 Hz. Testes de leitura, de QI personalizados, tarefa de dinossauros e tarefas psicoacústicas de avaliação auditiva.	Avaliação do desenvolvimento linguístico e fonológico recorrendo à audição de música.	Os dados apoiam uma teoria de linguagem universal da base neuronal da dislexia com base na percepção rítmica e segmentação de sílaba. A música oferece benefícios para o desenvolvimento linguístico e fonológico.
Soley e Spelke (2016)	24 crianças	Preferências sociais baseadas na musica para investigar essas forças em crianças. Efeito do conhecimento compartilhado. Exibição de seis fotografias e 12 canções sem letra.	Aspetos de estímulos musicais, familiaridade melódica.	As crianças têm uma sensibilidade extraordinária seletiva ao conhecimento cultural e a comunicação é eficaz por meio de interações sociais.



No que concerne às *Alterações das Competências Cognitivas* (cf. Tabela 3) foram recuperados dez estudos, que representam um *N* combinado de 6493 participantes com metodologias estabelecidas, tais como a relevância das aulas de música, o desenvolvimento cognitivo, o envolvimento de artes (e.g. ouvir/tocar música, desenhar ou pintar e ler) e a atenção em videojogos. No estudo de Kaviani et al. (2013) os autores avaliaram a influência da música no desenvolvimento cognitivo, havendo um aumento significativo no Quociente Inteligência nos participantes que receberam aulas de música no raciocínio verbal e na memória a curto prazo. Este estudo na Escala da *Jadad* obteve uma pontuação de três pontos. Mehr et al. (2013) avaliaram navegação espacial, análise de forma visual, discriminação numérica e vocabulário recetivo com aulas de música ou artes visuais. Foi possível concluir que as crianças que receberam aulas de música não tiveram um desempenho melhor do que aqueles com artes visuais ou sem aulas em qualquer avaliação. É de notar que este estudo na Escala da *Jadad* obteve uma pontuação de três pontos.

Koolidge e Holmes (2018) avaliaram a influência da música de fundo na memória verbal e visual, e foi possível concluir que havia maior concentração na música sem letra do que na música com letra. Norton et al. (2005) recorreram a avaliar tarefas cognitivas com a utilização de música, mas não foram encontradas diferenças neuronais, cognitivas ou musicas nos dois grupos; foram encontradas correlações entre habilidades perceptivas musicais e de raciocínio não verbal e consciência fonémica. Mak e Fancourt (2019) testaram o envolvimento em artes relacionado com o nível de autoestima, e foi possível concluir que as iniciativas para promover o envolvimento artístico em crianças fornecem uma maneira prática e eficiente de melhorar a autoestima das crianças. Kasuya-Ueba et al. (2020) avaliaram a eficácia da música como meio de avaliar melhorias da função cognitiva (atenção) concluindo que as intervenções musicais podem ser mais eficazes do que as intervenções de videojogos para melhorar o controlo da atenção. Aslan e John (2016) testaram se as crianças mostravam retenção aprimorada de informações relacionadas à animação, e os resultados apoiaram uma evolucionária visão funcional da memória, sugerindo que a memória de crianças está “sintonizada” para processar e reter informações relativamente à animação. Martínez-Castilla et al. (2011) avaliaram a perfusão cerebral global, disfunção hemisférica esquerda nas áreas temporoparietais dedicadas à linguagem, e à música, podendo concluir que a música traz benefícios às crianças e estas, são consistentes em relatos neuroconstrutivistas. Goswami et al. (2011) recorreram à avaliação do desenvolvimento linguístico e fonológico recorrendo à audição de música, os dados apoiam uma teoria de linguagem universal da base neuronal da dislexia com base na percepção rítmica e segmentação de sílaba. A música oferece benefícios para o desenvolvimento linguístico





e fonológico. Por fim, Soley e Spelke (2016) avaliaram aspetos de estímulos musicais e familiaridade melódica, e concluíram que as crianças têm uma sensibilidade extraordinária seletiva ao conhecimento cultural e a comunicação é eficaz por meio de interações sociais.

## 4. DISCUSSÃO

Durante o processo de pesquisa foi possível recuperar 37 estudos, mas apenas foram incluídos 18, que representam uma amostra total de 7399 participantes (crianças e adultos). Estes 18 foram agrupados em três áreas, tais como as *Alterações neuroanatômicas* (Tabela 1); *Alterações das competências musicais* (Tabela 2) e *Alterações das competências cognitivas* (Tabela 3), tendo por base os estudos que dão suporte. Seguidamente, irão ser detalhadas cada uma das secções em cima mencionadas.

Em termos das alterações neuroanatômicas, a música está associada ao desenvolvimento de áreas cerebrais, demonstrando diferenças estruturais e funcionais, em resposta à aquisição e à prática intensiva de habilidades musicais, mostrando assim, uma correlação positiva entre o volume de substância cinzenta e a intensidade da prática musical; é caracterizado por funções corticais superiores, especialmente as ligadas ao processamento auditivo/fonológico.

A área de *Wernicke* está relacionada com a linguagem escrita e auditiva, havendo indícios de que uma boa discriminação de ritmo na música possa contribuir para uma boa distinção fonológica e para o desenvolvimento precoce da leitura. Uma mais valia associada a esta área, é que, quanto mais cedo as crianças aprenderem música, maior facilidade terão em desenvolver o ouvido absoluto, que se caracteriza por uma rara capacidade de imediatamente reconhecer ou produzir a altura de uma determinada nota musical, sem recorrer a uma referência externa, refletindo-se num maior volume do *planum temporale* esquerdo (região da área de *Wernicke*) em detrimento, de um menor volume da mesma região no hemisfério direito (Loui et al., 2011). A área desta região costuma ser assimétrica e é utilizada como um marcador estrutural da dominância esquerda em destros (Jansen et al., 2010). O significado funcional desta assimetria esquerda pode ser interpretado como a sua maior capacidade de associar a uma dada nota a sua etiqueta verbal, o que, por sua vez, influencia o reconhecimento desse determinado tom (Zatorre, 2003); Iguamente maiores valores de anisotropia fracionada podem ser relacionados a fatores como o grau de mielinização e densidade axonal, aumentando assim a taxa de condução, bom como melhor e mais eficiente comunicação entre áreas cerebrais (Suminaite et al., 2019). Esta, é de extrema importância para os movimentos independentes dos dedos de um músico devido à sua *performance* (Watson, 2006); também um maior volume de matéria cinzenta no córtex temporo-occipital (percepção, visão e as emoções) e insular (processamento emocional), bem como alterações do fluxo sanguíneo cerebral (Maguire, 2012). Por exemplo, Blood e Zatorre (2001) realizaram uma experiência, em que, a música ouvida pelo indivíduo provocava arrepios ou calafrios acompanhados por mudanças no ritmo cardíaco, comprovadas através do eletromiograma e da respiração. Foi possível demonstrar que,

à medida que esses calafrios aumentaram, o fluxo sanguíneo cerebral também aumentava e diminuía em regiões cerebrais consideradas envolvidas na recompensa, como a motivação e a emoção, incluindo estriado ventral, mesencéfalo, amígdala, córtex órbito-frontal e córtex pré-frontal medial ventral (Blood et al., 2001).

Atualmente, o cérebro é conhecido como um sistema complexo seja de áreas específicas e não-específicas, contribuindo para a integração das funções cognitivas, sensoriais e afetivas. Este sistema funcional, atua de forma concêntrica e complementar, de forma a facultar diversos papéis funcionais tanto ao hemisfério cerebral direito como ao esquerdo, designada como *Assimetria Funcional Hemisférica*, e também com hierarquias distintas entre as diferentes áreas subcorticais e neocorticais (Muszkat et al., 2000). A ciência contempla a relação entre o cérebro e as funções musicais como a *Assimetria Funcional Hemisférica*, ou seja, a informação que chega ao cérebro é processada (geralmente combinada com informações previamente armazenadas) enquanto estímulo sensorial em ambos os hemisférios mas é interpretada de forma diferente em cada um dos hemisférios (hemisfério direito responsável pela criatividade, imaginação e pela emoção, e o hemisfério esquerdo responsável pela lógica, a memória e pela fração mecânica, entre outros) (Muszkat et al., 2000). Interessantemente, o neocórtex do *planum temporale* esquerdo (córtex auditivo secundário) é mais longo e mais fino do que o neocórtex da direita, um resultado que os autores consideraram consistente com um “modelo balão” de desenvolvimento cortical (Harasty et al., 2003).

No que concerne às competências musicais, foi apresentada uma correlação entre a educação musical e a habilidade cognitiva (Hille et al., 2011). Sendo elas, o córtex pré-frontal (criação de expectativas e satisfação das mesmas quando se realiza a tarefa), motor (movimentos como bater o pé para marcar a pulsação ou tocas o instrumento), sensorial (reação tátil a tocar um instrumento), o auditivo (primeiras etapas da audição dos sons, a percepção e análise dos tons, bem como discriminar alterações musicais devido a representações mais precisas neste córtex) e visual (leitura da música) (Rodrigues et al., 2013). Outras correlações entre competências musicais e estruturas cerebrais incluem o corpo caloso (responsável pela ligação entre os dois hemisférios cerebrais-ambos envolvidos na percepção da música), o hipocampo (armazenamento das memórias da música), o cerebelo (coordenação motora, percepção de ritmos e uma reação emocional à música), a amígdala (possibilita uma reação emocional à música) e o núcleo de *accumbens* (assegura uma reação emocional à música) (Gosselin et al., 2006). Estas, são áreas que podem ser ativadas e ligadas diretamente às emoções e que podem ser uma poderosa ferramenta para tratamentos complementares de desordens neurológicas e psiquiátricas. Relativamente à habilidade cognitiva, as crianças apresentam melhorias na linguagem (Goswami et al., 2011; Martínez-Castilla et al., 2016), memória (Aslan & John, 2016; Kaviani et al., 2013;

Koolidge & Holes, 2018; Nutley et al., 2014), atenção (kasuya-Ueba et al., 2020), emoção e na criatividade (Schellenberg & Weiss, 2013). Estando estas ligadas, a determinadas regiões cerebrais, tais como o lobo temporal e occipital, frontal e parietal, e também a determinadas funções cognitivas como o raciocínio não verbal e a consciência fonémica (Anvari et al., 2002; Strong & Mast, 2019).

Por último, em termos de funções cognitivas, as alterações das competências musicais estão associadas a determinadas competências, tais como o aumento significativo do Q.I., mais concretamente no raciocínio verbal e memória a curto prazo, maior concentração, correlações entre as habilidades percetivas musicais e de raciocínio não verbal e consciência fonémica (Anvari et al., 2002; Strong & Mast, 2019). Estas, terão um impacto no desenvolvimento a nível neuroconstrutivista. A perceção rítmica, assim como a melódica, é realizada pelo cérebro em diversos níveis hierárquicos, envolvendo assim um grande número de estruturas cerebrais. Quanto mais complexo o padrão rítmico ouvido, maior a atividade neural de quem ouve (Chen et al., 2008).

Em suma, o desenvolvimento de competências musicais em crianças não se encontra circunscrito à música propriamente dita, mas compreende alterações mais substanciais em termos de funcionamento cognitivo e inclusive de alterações neuroanatômicas e funcionais. No entanto, os estudos existentes revelam ainda uma elevada heterogeneidade.

## 5. LIMITAÇÕES

No que concerne às limitações, é de notar a escassez de estudos experimentais para testar da melhor forma a veracidade das variáveis em causa, este, pode ter como foco de avaliação o indivíduo (*clinical trials*) ou uma comunidade (*community trials*); maioritariamente dos estudos recolhidos não têm uma aleatorização dos participantes, pois é a randomização que distingue de um verdadeiro desenho experimental; as amostras não são representativas pois são por conveniência; na maioria dos estudos o treino não está estruturado no mesmo; não havendo um grupo de controlo e não manipulando a variável independente não é possível examinar a causa direta ou a relação preditiva entre as variáveis de forma a investigar os efeitos da alteração realizada.

Existem limitações em relação às variáveis não controladas como as atividades não musicais fora da escola, o aumento da autoestima e a personalidade, as variáveis exógenas são externas ao estudo e podem ter um impacto no mesmo. Outra limitação é o facto de os programas não serem estruturados, e por isso, não é possível replicá-los nem compará-los.

O facto de estudos experimentais e os quase-experimentais terem uma amostra reduzida (à exceção do estudo de Mak e Fancourt (2019)) pois quanto maior for a amostra, mais representativo se torna o estudo.

## 6. QUESTÕES EM ABERTO/ INVESTIGAÇÕES FUTURAS

Este trabalho contribui para a junção da informação, tornando-se numa compilação de informação acerca da influência da música no desenvolvimento cognitivo. Os estudos demonstraram que a música produz um efeito positivo no desenvolvimento do Cérebro das crianças. É importante ressaltar que os efeitos sobre o desenvolvimento cognitivo dependem do momento da iniciação musical devido aos períodos sensíveis durante o desenvolvimento, bem como de várias outras variáveis moduladoras. .

Pode-se inferir que existem ainda questões em aberto, pois os estudos analisados apresentam uma associação positiva entre a prática musical e desenvolvimento das funções executivas, contudo, não deixam claro se os resultados estão relacionados com as habilidades cognitivas predispostas das crianças, ou à consequência do ajuste em atividades de educação musical, ou mesmo de uma combinação dessas duas dimensões, o que demanda novas pesquisas nessa direção, podendo ser avaliadas antes (pré-teste).

Se a música está presente mesmo antes do nascimento da criança, seria interessante realizar intervenções musicais na Unidade de Terapia Intensiva Neonatal (crianças que nascem prematuras), pois o sistema auditivo da criança começa a funcionar às 24 semanas de gestação. Estudos de imagem por ressonância magnética funcional, revelam que os neonatos têm um grau de lateralização cerebral nas respostas corticais à música. Para estes sujeitos, o contato físico pode ser difícil, no entanto, a música pode fornecer um sinal social de apoio substituto. Seria interessante investigar o processamento emocional posterior dessas crianças a fim de examinar os resultados do neurodesenvolvimento a longo prazo e, para saber se esse efeito positivo persistiria durante a infância.

No que concerne a investigações futuras, estas devem testar a hipótese e examinar quaisquer efeitos mediadores ou moderadores do tipo de personalidade e os efeitos do treino cognitivo associados à música e prosseguir na questão da causalidade, o mecanismo através do qual, a interligação da prática musical com a capacidade cognitiva. Praticamente todas as referências que analisaram a prática musical focaram-se na influência da música no processo de desenvolvimento de habilidades cognitivas, neurocognitivas ou nas alterações estruturais do cérebro. Até ao momento, poucos estudos propuseram-se a investigar a associação entre o treino musical e o desenvolvimento de competências socioemocionais. Seria interessante comparar crianças na mesma faixa etária que tenham aulas de música na escola e crianças que pratiquem um instrumento, de forma a perceber as diferenças a nível do desenvolvimento cognitivo, inteligência emocional e também as habilidades sociais, pois

uma criança que pratique um instrumento, poderá estar mais prontificada com a sociedade pois tem provas com público.

Sabe-se que ouvir música clássica com frequência ativa os genes associados à função cerebral, contudo há uma escassez deste tema, e de que modo o tipo de música ouvida (e.g., clássica, jazz) pode influenciar o desenvolvimento cognitivo e a satisfação das crianças. O nível de treino musical está ligado à experiência prazerosa de ouvir ou tocar um estilo de música adotado, e um envolvimento do sistema de recompensa musicalmente ativado, e também ligado à motivação. No entanto, pouco se sabe sobre a variabilidade individual nas respostas emocionais positivas induzidas pela música e a motivação (sistema de recompensa) para a mesma.

Foram excluídos voluntários que já tivessem frequentado aulas de música ou algum tipo informal de experiências musicais sistemáticas, o que se sugere que pesquisas futuras, devem também observar o envolvimento musical desta população, clarificando as diferenças cerebrais e de funcionamento cognitivo entre músicos e não músicos. Poderão também avaliar crianças com progenitores músicos, de modo a perceber se a hereditariedade poderá influenciar o desenvolvimento cognitivo, comparativamente com músicos (sem progenitores músicos); e podendo incluir também não músicos, avaliando assim, três grupos distintos.

No que concerne ao Modelos da Replicabilidade, os estudos necessitam de amostras mais abrangentes e em vários locais para serem representativos da população e poderem demonstrar o que realmente se transpõe com estas intervenções, independentemente das questões de replicabilidade. Porém, mais importante que a replicabilidade, é ter os programas estruturados, validados e testados em amostras alargadas que representem a comunidade. Estudos que contenham programas estruturados são uma mais valia, em comparação com os restantes, pois demonstram ser mais organizados, sistemáticos e explícitos, contudo, estes devem ser validados.

Dever-se-á realizar mais estudos randomizados em efeitos cognitivos e o treino musical, de forma a determinar a existência e extensão dos benefícios cognitivos extrínsecos da educação musical na infância, bem como os benefícios musicais das experiências musicais, e também, de que forma a música facilita a aprendizagem. Poderá ser interessante avaliar crianças ao longo do seu desenvolvimento e compará-las numa fase mais avançada, por exemplo na juventude e perceber se a música tem efeitos prolongados não apenas musicais, pois a bibliografia sugere que o grau de adaptação estrutural e funcional observada no cérebro se correlaciona com a intensidade e a duração da prática.

## 7. CONCLUSÃO

Nesta Revisão da Literatura, demonstrou-se como a música na infância melhora muitas funções cognitivas, mas também as mudanças neuroplásticas na estrutura e função do cérebro de músicos (resultante do treino musical) comparativamente com não músicos.

Os resultados encontrados na presente pesquisa sugerem que a música demonstra ter um papel relevante no desenvolvimento neurocognitivo da criança, tendo sido possível identificar os benefícios proporcionados pela música tais como as mudanças cerebrais. Favorece também, o desenvolvimento afetivo, aumenta a atividade mental, mostrando um aumento significativo no Quociente de Inteligência, melhora a sensibilidade e a criatividade, a memória, o senso rítmico, a concentração, a autoestima, conhecimento cultural e também, o desenvolvimento linguístico e fonológico, despertando sensações prazerosas para as crianças. Os resultados evidenciam que a música induz neuroplasticidade, que por sua vez possibilitará um melhor desempenho no desenvolvimento cognitivo, maior lateralização e ativação mais forte das áreas de associação auditiva, Lobo Temporal e Parietal-temporal, demonstrando igualmente, um aumento do volume de matéria cinzenta em comparação de músicos com não músicos.

A música tem um impacto positivo no Cérebro humano, no entanto, existem algumas limitações encontradas. Estas, centram-se na escassez de estudos experimentais para testar da melhor forma a veracidade das variáveis em causa, as amostras serem pouco alargadas e também e os programas não serem estruturados - os dados não são consistentes- diferenças metodológicas entre os estudos, baixa qualidade em determinados estudos, reduzidos, não existe replicabilidade, diversos estudos não têm desenhos que possam ser livre de viés (não experimentais, randomizados ou controlados). Contudo em pesquisas futuras, deve-se testar a hipótese e examinar quaisquer efeitos mediadores ou moderadores e também testar em amostras mais abrangentes e em vários locais para serem representativos da população, alargar as amostras e o tempo de avaliação para as mesmas.

Apesar de futuras propostas, o presente estudo vem evidenciar que, de facto, existe uma relação entre a música e o desenvolvimento cognitivo da criança, mostrando ser importante que as duas se complementem, de forma a que o ser humano cresça saudável e completo em diversos níveis, como a nível cognitivo, emocional ou motor. Portanto são precisos mais estudos no futuro acerca do desenvolvimento cognitivo mas também socioemocional.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anvari, S. H., Trainor, L., Woodside, J., & Levy, B. A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology, 83*(2). [https://doi.org/10.1016/S0022-0965\(02\)00124-8](https://doi.org/10.1016/S0022-0965(02)00124-8)
- Aslan, A. & John, T. (2016). The development of adaptive memory: Young children show enhanced retention of animacy-related information. *Journal of Experimental Child Psychology, 152*, 343–350. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.07.007>
- Barbaroux, M., Dittinger, E., & Besson, M. (2019). Music training with Démos program positively influences cognitive functions in children from low socio-economic backgrounds. *PloSone, 14*(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216874>
- Bissoli, M. (2014). Development of children's personality: The role of early childhood education. *Psicologia em Estudo, 19*(4). <http://dx.doi.org/10.1590/1413-73722163602>
- Blood, A. J. & Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 98*(20), 11818-11823. <https://doi.org/10.1073/pnas.191355898>
- Bond, V. L. (2011). Before They Walk in the Door: Environmental Influences on Musical Ability in Early Childhood and Implications for Nurturing the Nurturers. *Contributions to Music Education, 38*(2), 73–89.
- Burroni, L., Orsi, A., Monti, L., Hayek, Y., Rocchi, R., & Vattimo, A. G. (2008). Regional cerebral blood flow in childhood autism: A SPET study with SPM evaluation. *Nuclear Medicine Communications, 29*(2), 150–156. <https://doi.org/10.1097/MNM.0b013e3282f1bb8e>
- Cardoso, A. C. D. S. (2013). *O ensino especializado da música como promotor da aprendizagem*. Dissertação de mestrado não publicada. Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação. Universidade de Coimbra.

- Chen, J. L., Penhume, V. B., Zatorre, R. J. (2008). Moving on time: Brain network for auditory-motor synchronization is modulated by rhythm complexity and musical training. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(2), 226-239. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20018>
- Freitas, M. L. L. U. & Assis, O. Z. M. (2007). The children cognitive and affective aspects evaluated through symbolic function manifestations. *Ciências & Cognição*, 11, 91-109.
- Gosselin, N., Samson, S., Adolphs, R., Noulhiane, M., Roy, M., Hasboun, D., Baulac, M., & Peretz, I. (2006). Emotional responses to unpleasant music correlates with damage to the parahippocampal cortex. *Brain : A Journal of Neurology*, 129(10), 2585–2592. <https://doi.org/10.1093/brain/awl240>
- Goswami, U., Wang, H. L., Cruz, A., Fosker, T., Mead, N., & Huss, M. (2011). Language-universal sensory deficits in developmental dyslexia: English, spanish, and chinese. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(2), 325–337. <https://doi.org/10.1162/jocn.2010.21453>
- Habibi, A., Damasio, A., Ilari, B., Elliott Sachs, M., & Damasio, H. (2018). Music training and child development: a review of recent findings from a longitudinal study. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 10.1111/nyas.13606. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/nyas.13606>
- Harasty, J., Seldon, H. L., Chan, P., Halliday, G., & Harding, A. (2003). The left human speech-processing cortex is thinner but longer than the right. *Laterality*, 8(3), 247–260. <https://doi.org/10.1080/13576500244000175>
- Hille, K., Gust, K., Bitz, U., & Kammer, T. (2011). Associations between music education, intelligence, and spelling ability in elementary school. *Advances in Cognitive Psychology*, 7, 1–6. <https://doi.org/10.2478/v10053-008-0082-4>
- Jadad, A. R., Moore, R. A., Carroll, D., Jenkinson, C., Reynolds, D. J., Gavaghan, D. J., & McQuay, H. J. (1996). Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary?. *Controlled clinical trials*, 17(1), 1–12. [https://doi.org/10.1016/0197-2456\(95\)00134-4](https://doi.org/10.1016/0197-2456(95)00134-4)

- Jansen, A., Liuzzi, G., Deppe, M., Kanowski, M., Ölschläger, C., Albers, J. M., Schlaug, G., & Knecht, S. (2010). Structural correlates of functional language dominance: a voxel-based morphometry study. *Journal of Neuroimaging : official journal of the American Society of Neuroimaging*, 20(2), 148–156. <https://doi.org/10.1111/j.1552-6569.2009.00367.x>
- Kasuya-Ueba, Y., Zhao, S., & Toichi, M. (2020). The Effect of Music Intervention on Attention in Children: Experimental Evidence. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 757. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00757>
- Kaviani, H., Mirbaha, H., Pournaseh, M., & Sagan, O. (2014). Can music lessons increase the performance of preschool children in IQ testes? *Cognitive Processing*, 15, 77-84. <https://doi.org/10.1007/s10339-013-0574-0>
- Koolidge, L. & Holmes, R. M. (2018). Piecing It Together: The Effect of Background Music on Children's Puzzle Assembly. *Perceptual and Motor Skills*, 125(2), 387–399. <https://doi.org/10.1177/0031512517752817>
- Loui, P., Li, H. C., Hohmann, A., & Schlaug, G. (2011). Enhanced cortical connectivity in absolute pitch musicians: a model for local hyperconnectivity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(4), 1015–1026. <https://doi.org/10.1162/jocn.2010.21500>
- Maguire, M. J. (2012). Music and epilepsy: a critical review. *Epilepsia*, 53 (6), 947-961. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2012.03523.x>
- Mak, H. W. & Fancourt, D. (2019). Arts engagement and self-esteem in children: results from a propensity score matching analysis. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1449(1), 36–45. <https://doi.org/10.1111/nyas.14056>
- Martínez-Castilla, P., Rodríguez, M., & Campos, R. (2016). Developmental trajectories of pitch-related music skills in children with Williams syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 51-52, 23–39. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.01.001>
- Matthews, C. M., Davis, E. E., & Mondloch, C. J. (2018). Getting to know you: the development of mechanisms underlying face learning. *Journal of Experimental Child Psychology* 167, 295-313. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.10.012>

- Mehr, S. A., Schachner, A., Katz, R. C., & Spelke, E. S. (2013). Two randomized trials provide no consistent evidence for nonmusical cognitive benefits of brief preschool music enrichment. *PLoS one*, 8(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082007>
- Mota, M. E. (2005). Psicologia do desenvolvimento: Uma perspectiva histórica. *Temas em Psicologia*, 13(2), 105-111.
- Muszkat, M., Correia, C. M. F., & Campos, S. M. (2000). Música e Neurociências. *Revista Neurociências*, 8(2), 70-75.
- Muszkat, M. (2019). Music and neurodevelopment: Searching for an inclusive music poetic. *Literates*, 10, 234-240.
- Norton, A., Winner, E., Cronin, K., Overy, K., Lee, D. J., & Schlaug, G. (2005). Are there pre-existing neural, cognitive, or motoric markers for musical ability?. *Brain and Cognition*, 59(2), 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2005.05.009>
- Nutley, S. B., Darki, F., & Klingberg, T. (2014). Music practice is associated with development of working memory during childhood and adolescence. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 926. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00926>
- Piaget, J. (1977). *O Desenvolvimento do Pensamento. Equilíbrio das Estruturas Cognitivas*. Traduzido do francês por Álvaro de Figueiredo. Publicações Dom Quixote. 227 p.
- Piaget, J. (2002). *Seis estudos de psicologia*. (24ª ed.) Editora Forense Universitária. 136 p.
- Rodrigues, A. C., Loureiro, M., & Caramelli, P. (2013). Efeitos do treinamento musical no cérebro: aspetos neurais e cognitivos. *Neuropsicologia Latinoamericana*, 5(4), 15-31. <https://doi.org/10.5579/nl.2013.0164>
- Schellenberg, E. G. & Weiss, M. W. (2013). Music and cognitive abilities. *Psychology of Music*. 3rd Edn. Ed. Deutsch, 499-550. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381460-9.00012-2>
- Schlaug, G., Norton, A., Overy, K., & Winner, E. (2005). Effects of Music Training on the Child's Brain and Cognitive Development. *New York Academy of Sciences*, 1060, 219–230. <https://doi.org/10.1196/annals.1360.015>

- Soley, G. & Spelke, E. S. (2016). Shared cultural knowledge: Effects of music on young children's social preferences. *Cognition*, 148, 106–116. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.09.017>
- Straliozzo, J. (2001). *Brain and Music: Secrets of this relationship*. Odorizzi. 159 p.
- Strong J. V. & Mast, B. T. (2019). The cognitive functioning of older adult instrumental musicians and non-musicians. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 26(3), 367-386. <https://doi.org/10.1080/13825585.2018.1448356>
- Suminaite, D., Lyons, D. A., & Livesey, M. R. (2019). Myelinated axon physiology and regulation of neural circuit function. *Glia*, 67(11), 2050–2062. <https://doi.org/10.1002/glia.23665>
- Tierney, A. L. & Nelson, C. A. (2009). Brain Development and the Role of Experience in the Early Years. *Zero to Three*, 30(2), 9–13.
- Watson A. H. (2006). What can studying musicians tell us about motor control of the hand?. *Journal of Anatomy*, 208(4), 527–542. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2006.00545.x>
- Zatorre R. J. (2003). Music and the brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999, 4–14. <https://doi.org/10.1196/annals.1284.001>



UNIVERSIDADE PORTUCALENSE

R. Dr. António Bernardino de Almeida,  
541/619, 4200-072 Porto

T +351 22 557 20 00  
M +351 96 977 39 67  
[upt@upt.pt](mailto:upt@upt.pt)

GPS  
41° 10' 49.16" N  
8° 36' 18.17" W

[www.upt.pt](http://www.upt.pt)