

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
1 O FUNCIONAMENTO CEREBRAL GERAL.....	9
2 A MÚSICA E O FUNCIONAMENTO CEREBRAL.....	13
2.1 Assimetria Cerebral e Música.....	14
2.2 Funções Musicais.....	16
2.2.1 Déficits musicais.....	18
3 MÚSICA E LINGUAGEM.....	21
4 MÚSICA E EMOÇÃO.....	25
5 PROCESSAMENTO MUSICAL.....	29
5.1 Processamento Auditivo.....	29
5.2 Crianças e Adultos.....	31
5.3 Músicos e Não-músicos.....	34
6 POTENCIAL MUSICOTERAPÊUTICO.....	39
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

## INTRODUÇÃO

Meu forte contato com a música e com as experiências proporcionadas por ela sempre me instigaram a conhecer mais sobre seus efeitos nos seres, em especial, na mente humana.

Esta foi a razão principal pela qual ingressei no curso de Musicoterapia, e através da graduação ampliei consideravelmente minha visão sobre a relação da música com o homem. Pude vivenciar e compreender a música academicamente e em minha vida pessoal de uma forma bem subjetiva, porém senti um pouco a falta de estudar mais concreta e objetivamente este assunto.

Ocorreu-me então, em desenvolver um trabalho ligado às neurociências. Tive uma grande afinidade ao estudar, nas aulas de Psicoacústica, as relações da música com a atividade cerebral, e penso que as pesquisas que estão sendo feitas na área podem me ajudar a entender melhor o tema.

Considero esta uma boa oportunidade para fazer uma revisão bibliográfica, discutir sobre este universo que muitos não têm acesso (seja por falta de interesse, falta de acesso a tais artigos e pesquisas, ou por uma limitação de idiomas, sendo que a maioria dessas publicações estão em línguas estrangeiras), e tornar mais claros alguns aspectos neurológicos da música.

Acredito que conhecendo melhor e tendo um maior domínio das bases neuropsicológicas da percepção musical, o musicoterapeuta pode sentir-se mais confiante para aplicar e desenvolver técnicas em seu trabalho clínico. Além disso, ter a carreira amparada e sustentada por pesquisas e dados científicos pode ajudar no reconhecimento da profissão (não me refiro apenas à questão burocrática, mas ao respeito e credibilidade que buscamos de nossos pacientes, colegas de trabalho e da população em geral).

Neste trabalho serão abordados tópicos que envolvem a música e as neurociências, como a localização da música no cérebro, seus mecanismos, e como ele reage ao executar tarefas musicais específicas. Serão estudados textos científicos de casos clínicos e pesquisas realizadas com neuroimagem, que nos ajudarão a esclarecer detalhes sobre estes temas.

Neurociência é considerada um campo de estudo que lida com a estrutura, o funcionamento, a genética, a bioquímica, a psicologia, a farmacologia e patologia do

sistema nervoso. Portanto, um campo de estudo interdisciplinar, que observa o sistema nervoso desde o nível molecular e celular, como neurônios individuais, até sistemas maiores, tal qual o córtex cerebral, cerebelo e o sistema nervoso como um todo (LENT, 2004).

Quando utilizo o termo música neste trabalho, refiro-me aos sons em geral, estruturados, que obedecem a uma organização rítmica, melódica, harmônica e tímbrica (considerando temporalidade, horizontalidade, verticalidade e peculiaridades desta estrutura), sem me prender a determinado julgamento estético ou cultural.

## 1 O FUNCIONAMENTO CEREBRAL GERAL

Antes de começarmos a estudar sobre a relação música e cérebro é interessante relembrar e entender alguns conceitos básicos do funcionamento cerebral geral.

Anatomicamente, o sistema nervoso central é dividido em: encéfalo, que está localizado dentro da caixa craniana; e medula espinhal, que segue pelo interior do canal da coluna vertebral. No encéfalo, podemos reconhecer três partes:

**[...] o cérebro, constituído por dois hemisférios justapostos e separados por um sulco profundo; o cerebelo, um “cérebro” em miniatura, também constituído por dois hemisférios, mas sem um claro sulco de separação; e o tronco encefálico, estrutura em forma de haste que se estende a partir da medula espinhal, escondendo-se por baixo do cerebelo e por dentro do cérebro [...]** (LENT, 2004, p. 8).

As funções neurais e psíquicas mais complexas estão representadas no córtex cerebral, que é a superfície enrugada repleta de giros e sulcos do cérebro. Os lobos frontal, parietal, occipital, temporal e insular são as grandes regiões do cérebro; e os núcleos da base e o diencefalo se localizam no interior dos hemisférios. Assim como o cérebro, o cerebelo também possui uma superfície enrugada, com folhas e fissuras, e abriga os núcleos profundos no interior de seus hemisférios. O tronco encefálico é subdividido em mesencéfalo, ponte e bulbo (LENT, 2004).

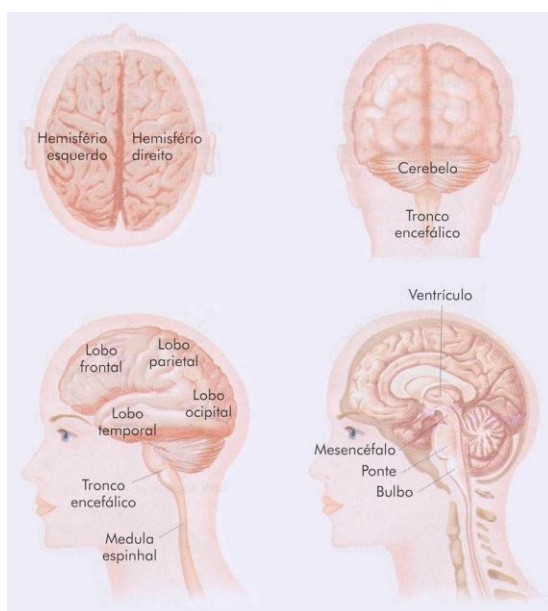


Figura 1 (LENT, 2004, p.9)

Em relação aos hemisférios cerebrais, na década de 1960 estudos sobre o corpo caloso - feixe de fibras nervosas que ligam os hemisférios direito e esquerdo - revelaram que ambos estavam *“...envolvidos no funcionamento cognitivo superior, sendo cada metade especializada, de maneira complementar, em diferentes modalidades de raciocínio, ambas altamente complexas”* (EDWARDS, 2004, p. 54).

Pesquisas feitas com pessoas que apresentavam cérebro bipartido (que tiveram o corpo caloso cortado) sugeriram ainda que *“...a modalidade de funcionamento do hemisfério esquerdo é verbal e analítica, ao passo que a do hemisfério direito é não-verbal e global”* (Idem).

Jerre Levy (apud EDWARDS, 2004) descobriu que:

**[...] a modalidade de processamento utilizada pelo cérebro direito é rápida, complexa, configuracional, espacial e perceptiva – um processamento que não só é diferente mas que é comparável em complexidade ao processamento verbal e analítico do cérebro esquerdo. [...] Os dois modos de processamento tendem a interferir um com o outro, impedindo um desempenho máximo [...] (EDWARDS, 2004, p. 54).**

Oliveira (1999) também lembra a importância de se utilizar o cérebro holisticamente, e faz uma comparação funcional entre os dois hemisférios cerebrais. A autora relata que o hemisfério esquerdo é intelectual, objetivo, realista, científico, literal, avaliativo, dotado de controle e consciência focal, enquanto o hemisfério direito mostra-se sensual, subjetivo, imaginativo, idiossincrático, acrítico, artístico, não-racional, metafórico, e emotivo.

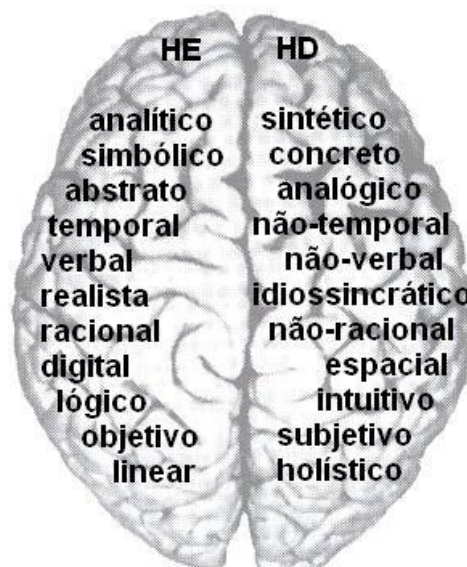


Figura 2 (modificado de EDWARDS, 2004, p.51)

Sobre a localização das grandes funções neurais, Lent (2004) relata que estudos de neurologistas europeus comprovam que a expressão da linguagem está localizada no lobo frontal do hemisfério esquerdo, enquanto sua compreensão se representa na parte posterior do lobo temporal desse hemisfério. Porém, ressalta que alguns aspectos afetivos da linguagem estão localizados no hemisfério direito.

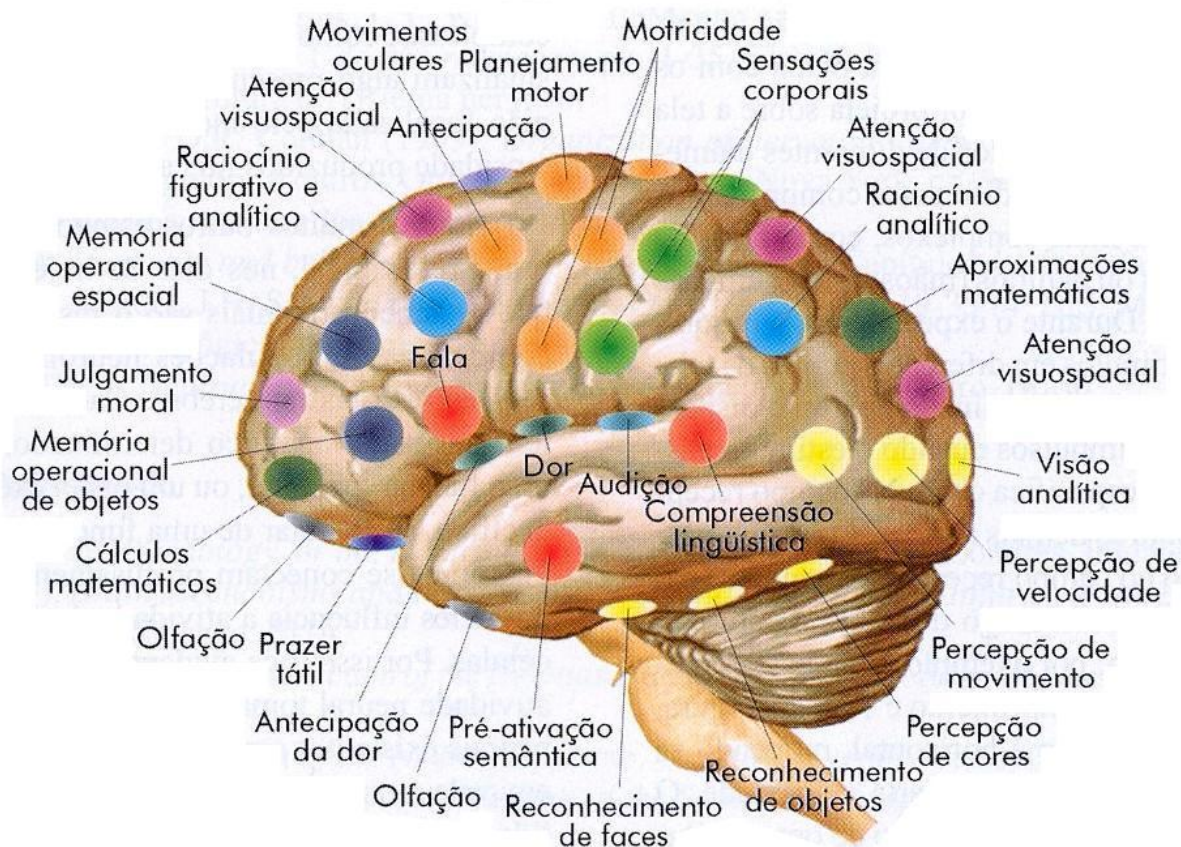


Figura 3 (LENT, 2004, p. 23)

O mesmo autor afirma ainda que as técnicas de imagem funcional computadorizada proporcionaram um grande avanço nos estudos do sistema nervoso, permitindo uma melhor conclusão sobre a localização das funções neurais no cérebro.

[...] Observou-se, por exemplo, em concordância com os estudos de pacientes com lesões, que a função do tato está representada em uma região bem demarcada do lobo parietal, que a função auditiva é realizada por um setor restrito do lobo temporal, que a visão é localizada no lobo occipital, e assim por diante [...] (LENT, 2004, p. 22).

Alguns aspectos da memória estão concentrados no lobo temporal, a sensibilidade corporal e o reconhecimento espacial no lobo parietal, e as funções motoras, de planejamento mental e comportamento no lobo frontal, o que “... *não significa, é claro, que essas regiões operem isoladamente*”, lembra Lent (2004). Segundo o autor,

**[...] Ao contrário, o grau de interação entre elas é altíssimo, pois o número e a variedade de conexões neurais é muito grande. E é natural que seja assim, pois não há função mental pura, mas uma combinação muito mais complexa de ações fisiológicas e psicológicas em cada ato que os indivíduos realizam [...] (Idem).**

Portanto, por mais que seja interessante para a ciência conhecer os lobos e hemisférios cerebrais separadamente, também é de extrema importância perceber que eles fazem parte desta intrincada trama neural e psíquica que unifica todos eles.

## 2 A MÚSICA E O FUNCIONAMENTO CEREBRAL

Passeando pela história do Ocidente, é possível traçar um paralelo entre as concepções de música e cérebro. Na Idade Média, por exemplo, período em que se tinha uma visão de mundo focada na fé e na espiritualidade, encontra-se uma música monodimensional, junto à idéia do cérebro como uma massa homogênea.

Já no racionalismo do Renascimento, com o surgimento da perspectiva na pintura, a mudança de concepção do homem, (que passa a ser considerado como separado do resto do universo), a música se apresenta métrica, tonal e harmônica. No período Barroco, a música temática na qual o pulso era marcado “...*como o tique-taque de um relógio, reflete o pensamento determinista de tendência racionalista e materialista*” (MUSZKAT, CORREIA & CAMPOS, 2000, p. 71). Estas características perduraram por mais de cinco séculos, acompanhando, no século XIX, a visão de que o cérebro era compartimentado em diferentes áreas e funções psíquicas.

No início do século XX, os novos conceitos de espaço-tempo fundamentados pela física quântica e a teoria da relatividade influenciam a música contemporânea, que abandona a tonalidade, trazendo uma estrutura temporal assimétrica e múltiplas direções sonoras. Aí abdica-se das referências prontas, valorizando a criatividade e o caráter individual de percepção, tanto do intérprete quanto do ouvinte. Neste momento “*o cérebro é visto como um sistema complexo de áreas específicas e não-específicas, colaborando à integração das funções cognitivas, afetivas e sensoriais*” (Ibidem p. 72).

O estudo sobre a localização da música no cérebro humano tem sido enriquecido por médicos neurologistas, musicólogos, musicoterapeutas e profissionais de várias áreas, principalmente a partir de 1990.

A curiosidade sobre a relação entre o cérebro e a música foi saciada pela abordagem psicobiológica, primeiramente por estudos com lesões e procedimentos neurocirúrgicos e depois através da neuroimagem. As pesquisas, que foram tornando-se mais significativas a partir da segunda metade do século XX, apontam as diferenças no processamento musical quanto aos hemisférios e lobos cerebrais, aprofundando nossos conhecimentos sobre as funções e os déficits musicais.



## 2.1 Assimetria Cerebral e Música

Os estudos sobre a dominância hemisférica em respostas à música trouxeram um grande número de resultados controversos devido, provavelmente, ao fato de a experiência musical ser complexa e subjetiva. Além disso, essa variedade de resultados pode estar relacionada *“às diferenças metodológicas ou às diferentes experiências musicais das pessoas examinadas, isto é, sujeitos normais ou pacientes com lesões cerebrais”* (MATTEIS et al, 1997, p. 58).

Inicialmente, conferiu-se ao hemisfério direito a maioria dos aspectos da percepção musical. Esta atribuição se deu a partir de testes pré e pós-operatórios de habilidade musical com pacientes epiléticos que haviam sofrido uma cirurgia de extração do lobo temporal esquerdo ou direito. Nestes testes constatou-se que *“...a remoção do hemisfério direito aumentou os erros no teste de padrão melódico, sonoridade, duração do som e timbre. No hemisfério esquerdo, a remoção não produziu mudança no desempenho”* (SPRINGER & DEUTSCH, 1993, p. 225).

No entanto, outros casos clínicos sugeriram que o hemisfério direito não é o único responsável pelas funções musicais. Zatorre (apud SPRINGER & DEUTSCH, 1993), examinando a literatura sobre a percepção musical de lesionados cerebrais mostrou que:

**[...] deficiências no processamento de padrões de tonalidade e no processamento de diferenças de timbre acompanham consistentemente as lesões no lado direito. Lesões no lado esquerdo, independentemente da ocorrência ou não de deficiência afásica, causam problemas para a nomeação ou a identificação de melodias familiares [...] (Ibidem).**

Um dos casos de estudo mais famosos e curiosos de músicos que sofreram de doença cerebral progressiva é o do compositor Maurice Ravel, que *“...tornou-se incapaz de compor, embora declarasse que os pensamentos musicais permaneciam intactos”* (ANDRADE, 2004, p. 25). Sua lesão atingiu primeiramente o hemisfério esquerdo, prejudicando assim sua linguagem. As dificuldades de Ravel estavam em compor músicas. Ele mantinha a percepção musical e as idéias sonoras, porém *“...estava incapacitado para expressá-las pela escrita e pela execução musical”* (MUSZKAT, CORREIA & CAMPOS, 2000, p. 73).

Na literatura verifica-se que:

**[...] Lesões no hemisfério esquerdo prejudicam a percepção dos intervalos deixando intacta a percepção do contorno melódico, ao passo que lesões no hemisfério direito prejudicam tanto a percepção do contorno quanto do intervalo [...] (ANDRADE, 2004, p. 26).**

Assim, o autor nota uma hierarquia no processamento melódico: o hemisfério esquerdo efetua a análise dos intervalos, mas antes o hemisfério direito deve perceber as diferentes alturas das notas, ou seja, o contorno melódico.

O eletroencefalograma é um outro método de pesquisa, no qual se mede a atividade elétrica do cérebro. Vemos que:

**[...] estudos com EEG confirmam a dominância do hemisfério direito para a percepção melódica, mas também o envolvimento de ambos hemisférios quando do processamento mais local e analítico dos componentes musicais [...] (ANDRADE, 2004, p. 28).**

Há também evidências de uma hierarquia no processamento tonal e temporal da música: o hemisfério direito deve primeiramente reconhecer o contorno e a métrica, para que assim o hemisfério esquerdo possa identificar o intervalo e o ritmo. *“O modelo de amusia<sup>1</sup> de Peretz sugere que a organização métrica se dá no HD (hemisfério direito) e os grupamentos temporais do ritmo são codificados no HE (hemisfério esquerdo), ou no hemisfério contralateral ao da linguagem”* (ANDRADE, 2004, p. 26).

No final da década de 1970 dois pesquisadores australianos, julgando as evidências de especialização hemisférica muito fracas, desenvolveram um estudo baseado em seis experimentos com indivíduos destros (homens, mulheres, músicos, não-músicos). Gates e Bradshaw (1977) avaliaram tempo de reação; e diferenças entre os ouvidos na exatidão do reconhecimento de mudanças (tonais, rítmicas ou harmônicas) e na sensibilidade do reconhecimento de melodias. Os pesquisadores concluíram que ambos hemisférios cerebrais estavam ligados à percepção musical.

Estes autores relatam que, levando em conta o tempo de reação não se percebeu nenhuma diferença entre os ouvidos para detectar uma nota alterada em uma melodia. Porém, notou-se que o ouvido direito se mostrou mais preciso na detecção dessas mudanças. Já no teste de detecção de alteração rítmica, o ouvido esquerdo foi consideravelmente mais rápido, enquanto o direito foi mais exato. E acrescentam:

---

<sup>1</sup> O termo será explicado no capítulo 2.2.1.

**[...] No entanto, quando alterações de nota e ritmo idênticas às aquelas apresentadas separadamente foram aleatoriamente distribuídas durante uma série de cinco notas seqüenciais, nenhuma diferença significativa entre os ouvidos ficou aparente. Similarmente, uma alteração em uma seqüência harmônica comparável também não revelou nenhuma diferença entre os ouvidos (GATES & BRADSHAW, 1977, p. 399).**

Outro experimento desta mesma pesquisa demonstrou que as diferenças entre os ouvidos poderiam ser atribuídas às diferentes estratégias de processamento adotadas pelo sujeito. Os testes revelaram que melodias familiares foram mais bem reconhecidas pelo ouvido esquerdo, enquanto as melodias não familiares foram reconhecidas pelo ouvido direito na maioria dos sujeitos. Este resultado mostrou o envolvimento do hemisfério esquerdo, contrariando a concepção mais antiga de que o hemisfério direito era dominante no processamento musical.

**[...] Assim, o hemisfério cerebral direito pode ser superior para processar o que envolve a apreciação do som todo, e o hemisfério esquerdo pode ser superior para processar aquilo que envolve a análise das inter-relações entre sons individuais [...] (GATES & BRADSHAW, 1977, p. 400).**

Podemos notar então, que não há necessariamente uma capacidade maior de um ou outro hemisfério para processar a música. O que fica claro é que cada hemisfério é eficiente em sua modalidade especializada de processamento, atuando conforme as formas de audição musical e estratégias de processamento utilizadas pelo sujeito (Idem).

## **2.2 Funções musicais**

Para que o processamento musical seja efetuado, necessitamos de um conjunto de atividades cognitivas e motoras, o qual chamamos de funções musicais.

**[...] Tais funções exigem operações mentais multimodais, pois a sua prática envolve a modalidade visual para as notações musicais; a modalidade auditiva para apreciar melodias, ritmos, harmonias e timbres, combinação que define uma peça musical; a expressão motora para a execução musical, que requer a coordenação de diversos músculos e os processos cognitivos e emocionais envolvidos na interpretação da música (CORREIA et al, 1998, p. 747).**

Podemos conhecer a localização das funções musicais através de estudos com lesões. Andrade (2004) descreve que, levando em consideração os lobos cerebrais, geralmente, danos no giro temporal superior direito geram déficits intensos no processamento melódico - que refere-se à discriminação e reconhecimento de melodias. Similarmente a essas lesões dos lobos temporais, danos no lobo frontal direito prejudicam a memória tonal, porém não desencadeiam dificuldades na percepção musical. Isso mostra que *“...podem ocorrer déficits seletivos dentro do próprio domínio musical, como dissociação entre déficits perceptuais e déficits na memória musical”* (ANDRADE, 2004, p. 26). O mesmo autor relata que quando a lesão ocorre no hemisfério esquerdo, a percepção dos intervalos fica prejudicada, porém a percepção do contorno melódico se mantém.

Além da importância dos lobos temporais no processamento tonal, *“...reconhece-se também o papel das áreas frontais no processamento melódico em tarefas cognitivamente mais complexas”* (Ibidem), que precisam da memória tonal para reter por um curto prazo os padrões melódicos, e assim, comparar e discriminar melodias.

É possível visualizar as funções cerebrais através do Tomógrafo por Emissão de Pósitrons (PET) que, com injeção de glicose radioativa, *“possibilita demonstrar qual a área cerebral mais ativada durante determinada função executada”* (OLIVEIRA, 1999, p. 37). Essas medições de atividade metabólica cerebral são feitas considerando o fluxo sanguíneo nas áreas cerebrais como indicadores de atividade neuronal (ANDRADE, 2004). Na figura abaixo, podemos ver como o cérebro se mostra após receber um estímulo sonoro. Os lobos temporais são intensamente ativados, o lobo occipital também se mostra presente, sugerindo a criação de imagens do som, assim como os lobos frontais, que indicam o pensamento sobre o som.

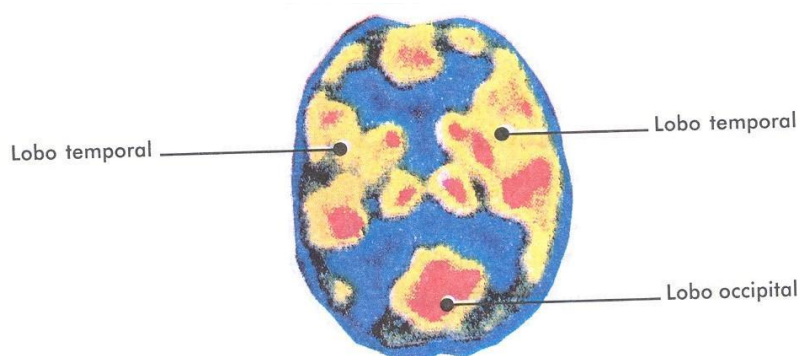


Figura 4 (OLIVEIRA, 1999, p.38)

### 2.2.1 Déficits musicais

Atualmente se tem conhecimento e nomenclatura para diversos tipos de déficits musicais. Utiliza-se o termo “amusia” para designar desordens das funções musicais, sendo que ela pode ser adquirida (após uma lesão cerebral) ou congênita (por fatores hereditários) (ANDRADE, 2004).

Um estudo feito por Wilson e Pressing (1999) na Universidade de Melbourne, da Austrália, nos fornece muitas informações dos modelos e avaliações de funções e déficits musicais. É sobre este capítulo, publicado no livro “Music Medicine and Music Therapy” do qual falaremos a seguir. Conforme descrito por estes autores, amusia “...*inclui desordens de percepção musical, performance musical, memória musical, leitura de partituras, composição musical, e até apreciação musical*” (WILSON & PRESSING, 1999, p. 47).

Observando a classificação tradicional de amusias temos que elas são separadas em duas categorias: receptiva e expressiva. Dentre as amusias receptivas encontramos: amusia sensorial (déficit na percepção musical - discriminação e apreciação - ex: ao ouvir a música “Parabéns a você” o sujeito não percebe os sons nem discrimina as diferenças rítmicas ou melódicas); agnosia musical (déficit no reconhecimento e identificação musical – ex: este, ao ouvir a mesma canção, discrimina os sons e a percebe como música, mas não a reconhece ou identifica como “Parabéns a você”); alexia musical (déficit de leitura musical); e arritmia (déficit no senso rítmico). No grupo das amusias expressivas temos: amusia vocal ou amusia de expressão oral (déficit na produção vocal); amusia instrumental ou apraxia musical (déficit na produção instrumental); e agrafia musical (déficit de escrita musical).

Quanto à localização dessas amusias, os autores mostram que as formas de amusia receptiva (amusia sensorial e agnosia musical) foram correlacionadas a danos no lobo temporal, apenas com uma distinção em relação à presença ou não de afasia<sup>2</sup>. Os casos em que há afasia foram associados a lesões no hemisfério esquerdo, enquanto os casos sem afasia foram relacionados a danos em ambos os hemisférios. Por sua vez, as amusias expressivas (amusia vocal e instrumental)

---

<sup>2</sup> Enfraquecimento ou perda quase total do poder de captação, manipulação e por vezes de expressão de palavras como símbolos de pensamentos, em virtude de lesões em alguns centros cerebrais e não devido a defeito no mecanismo auditivo ou fonador; logastenia (HOUAISS, 2001).

foram associadas a lesões na porção anterior dos lobos frontais, sendo que, aquelas com presença de afasia foram relacionados ao hemisfério esquerdo, e as com afasia ausente, ao hemisfério direito.

Como podemos notar, as habilidades musicais de perceber, discriminar, apreciar, reconhecer, identificar, cantar ou tocar um instrumento foram separadas ainda das funções musicais que envolvem a leitura e a escrita musical. A alexia e a agrafia musical foram consideradas como conseqüências de lesões no hemisfério esquerdo, mais especificamente na região temporo-parietal posterior.

Os mesmos autores, no entanto, lembram que o fato de que essas funções musicais receptivas e expressivas são intercedidas por sistemas neurais diferentes não foi devidamente verificado. *“A divisão das funções musicais em componentes receptivos e expressivos está implícita na abordagem das pesquisas mais modernas de psicologia musical e nas áreas neuropsicológicas”* (Ibidem, p. 49). Portanto, eles apresentam um estudo de caso que desafia as teorias de até então.

Este estudo feito por Wilson e Pressing (1999) acompanha o caso de um músico que sofreu uma hisquemia cerebral que envolveu o córtex de associação auditiva do giro temporal médio direito, assim como a porção posterior do giro temporal superior. As dificuldades deste indivíduo em expressar-se musicalmente não estavam claramente diferenciadas de seus déficits perceptuais, o que os fez concluírem que a distinção entre amusia expressiva e receptiva é desnecessária e inválida, embora muitos autores – que não serão citados aqui – ainda a utilizem e considerem-na uma importante classificação. E acrescentam:

**[...] A suposição tradicional de que os lobos temporais são ‘receptivos’ enquanto os lobos frontais são ‘produtivos’ parece muito simplista para a maioria dos casos de distúrbios musicais. Parece, portanto, que a utilidade do modelo tradicional de amusia é altamente questionável. A distinção receptiva/expressiva não parece fornecer uma dimensão confiável de que funções musicais se dissociam [...] (Ibidem, p. 70).**

Com isso, estes autores sugerem que um estudo neuropsicológico adequado deve atentar-se às suas estruturas cognitivas. Em sua pesquisa, sustentam o modelo de Zatorre, no qual se considera os processos perceptivos e cognitivos e são enfatizados alguns aspectos do estímulo musical como a nota, a melodia e suas relações neurológicas.

Através de uma observação do contato do indivíduo com a música, é possível obter detalhes sobre sua amusia. É o exemplo de Ravel (que apresentava afasia, alexia e apraxia, porém mantinha seus pensamentos musicais) e uma de suas obras mais famosas, o “Bolero”. Ao analisá-la poderíamos interpretar que:

**[...] esta obra deveria sua extrema riqueza em timbres de diversos instrumentos à preservação e à prevalência das regiões do hemisfério direito, conhecidamente importantes no reconhecimento e processamento de timbres, e portanto na seleção dos elementos dessa composição (ANDRADE, 2004, p. 25).**

O estudo das amusias desenvolveu-se bastante nos últimos anos, com pesquisas e composições de novos modelos e critérios de diagnóstico. Estes conhecimentos das particularidades dos déficits musicais têm contribuído muito ao clarificar sobre as especializações cerebrais no processamento musical (AYOTTE, PERETZ & HYDE, 2002).

### 3 MÚSICA E LINGUAGEM

Podemos perceber que a música é uma forma de expressão, mas é possível afirmar então que a música é linguagem? *“É linguagem, uma vez que utiliza um sistema de signos estabelecidos naturalmente ou por convenção, que transmite informações ou mensagens de um sistema (orgânico, social, sociológico) a outro”* (MUSZKAT, CORREIA & CAMPOS, 2000, p. 73).

Assim como a linguagem verbal, a linguagem musical é um meio de comunicação que utiliza audição, visão, atenção, memória, coordenação motora em sua veiculação. Portanto, considerando as funções neurológicas, ela precisa das mesmas estruturas sensoriais que possibilitam a percepção e o processamento auditivo, visual, e demanda que regiões envolvidas com atenção e memória estejam operando normalmente, bem como as estruturas eferentes motoras. Porém, ao contrário da linguagem verbal, os sons transmitidos na música não referem denotações específicas ou conceitos exclusivos para cada signo:

**[...] o código utilizado na música não separa significante de significado, uma vez que a mensagem da música não está condicionada a convenções semântico-linguísticas, mas sim a uma organização que traduz idéias por uma estrutura significativa que é a própria mensagem: a própria música (MUSZKAT, CORREIA & CAMPOS, 2000, p. 73).**

Por isso a música tem uma subjetividade e abstração muito maior que a linguagem verbal. No entanto, ambas possuem algo em comum, o fato de organizar os sons intencionalmente, modulando tom e ritmo. Além disso, tanto a linguagem musical quanto a verbal são universais.

**Diferentemente da escrita, a música e a linguagem não foram inventadas numa determinada época por um ou alguns grupos humanos para depois, então, se espalhar para outras culturas. Até onde se sabe, todas as sociedades humanas sempre tiveram a música e a linguagem no centro de suas manifestações [...] (ANDRADE, 2004, p. 23).**

Essa universalidade fez com que filósofos e cientistas estudassem sobre as origens da música e da linguagem. Rousseau, por exemplo, acreditava que a fala e a canção tinham uma mesma origem, a paixão, onde inicialmente as palavras faladas teriam soado como melodias. Para ele, a linguagem deixou de ser



apaixonada à medida em que as relações sociais foram se tornando mais complexas e a expressão de idéias teve que se dar de forma mais precisa (MIRANDA, 2000).

Podemos correlacionar este desenvolvimento de música para linguagem em nossa espécie com o curso percorrido por cada espécime em seu desenvolvimento na tentativa de comunicar-se. Um bebê recebe informações sonoras de sua mãe através de frases que, diferentemente das sentenças que ela emite a outros adultos, estão mais carregadas de modulações de altura. Sabe-se então que as crianças são iniciadas à linguagem pela prosódia e que *“...a comunicação musical na primeira infância (tal como a música maternal) exerce um grande papel no desenvolvimento emocional, cognitivo, e social das crianças”* (KOELSCH et al, 2005, p. 1068).

O bebê pode não entender ainda o significado das palavras, mas já responde a essa melodia que está ouvindo, que o atinge mais rapidamente. Ele pode, inclusive, perceber diferenças de afeto entre uma frase e outra. Gradativamente, a criança apreende os significados das palavras, e só então começa a se comunicar verbalmente. Ao mesmo tempo, a criança também aprende a diferenciar sons longos e curtos, fortes e fracos, e assim por diante. *“Apesar das habilidades complexas envolvidas em ambos os domínios, a competência musical e lingüística desenvolve-se na criança espontaneamente, sem esforço consciente ou instrução formal”* (AYOTTE, PERETZ & HYDE, 2002, p. 238).

Por sua vez, Darwin defendia que *“...a linguagem (verbal) se desenvolvera a partir dos sistemas de comunicação sonora, os chamados dos animais, e que o comportamento musical foi determinante na seleção reprodutiva...”* (ANDRADE, 2004, p. 22, parênteses nossos), enquanto Spencer confiava no desenvolvimento da música *“...a partir da linguagem (verbal) como uma forma estilizada desta”* (Idem).

Apesar dessa provável origem interligada com a linguagem, analisando pelo caráter neuropsicológico, a música é autônoma. As estruturas que envolvem o processamento musical são diferentes daquelas responsáveis pela linguagem verbal (MUSZKAT, CORREIA & CAMPOS, 2000). Esta separação fica clara quando se observa os inúmeros casos de lesão cerebral onde há afasia e não amusia, e vice-versa: *“...a existência de dissociação entre distúrbios musicais e verbais sugere uma independência funcional relativa de substratos neurobiológicos para cada atividade”* (CORREIA et al, 1998, p. 754).

Notamos esta independência da esfera musical no processamento de escalas de intervalos fixos e na ênfase da composição de um centro tonal. No entanto, a

música compartilha padrões de duração, altura e intensidade com a fala. Estes caracterizam o que na linguagem é chamado de prosódia (PATEL et al, 1998).

O contorno melódico da música, por exemplo, pode ser análogo à entonação da fala. Ao organizar diferentes frequências em certo tempo somos capazes de dar características à mensagem que irão defini-la como afirmação ou interrogação, além de expressar afeto e intenção. Aspectos que interagem com o ritmo também podem ser relacionados com o agrupamento e a métrica da linguagem. No discurso, utilizamos pausas e lentificações para enfatizar a separação de grupos de palavras. Esse agrupamento também é observado no fraseado da música, em unidades maiores de tempo (Idem).

Percebendo essas semelhanças estruturais entre a linguagem verbal e a música, Patel, Peretz, Tramo e Labreque (1998) desenvolveram um estudo que examinou a percepção da prosódia e da música para saber se estas compartilhavam os mesmos recursos neurológicos e processuais. Relataremos a seguir esta pesquisa, publicada na revista “Brain and Language”, na qual os autores acompanharam dois sujeitos com amusia e realizaram testes de discriminação, através de pares de frases verbais e musicais.

O estudo foi feito com duas francesas que sofriam de amusia em consequência de lesões corticais em ambos os hemisférios cerebrais. Foram utilizados dois grupos de estímulos: um verbal e outro musical. Os pesquisadores selecionaram 68 sentenças faladas em francês, com as mesmas palavras, porém com mudanças na prosódia. Os pares de frases eram pronunciados com diferentes modulações, tornando-as afirmação ou interrogação; com ênfase em uma ou outra palavra, mudando seu foco; e com o agrupamento diferentes de palavras, mudando seu sentido. Para formar os estímulos musicais os autores converteram as frases verbais em frases musicais. Os pares melódicos foram gerados utilizando a frequência fundamental (adquirida do harmônico<sup>3</sup> mais grave, a uma frequência de 19,5 Hz) e padrões rítmicos das sílabas dos pares verbais de afirmação-interrogação e de deslocamento de foco.

Os testes avaliaram discriminação de prosódia, discriminação musical, classificação de afirmação-interrogação, detecção de acento, interpretação sintática e detecção de pausa.

---

<sup>3</sup> Chama-se onda harmônica aquela cuja frequência é um múltiplo da frequência da onda denominada fundamental (MATRAS, 1991).

Um dos sujeitos da pesquisa era totalmente incapaz de discriminar padrões musicais durante uma extensão tonal e apresentava déficits para reconhecer melodias familiares, dificuldades em perceber informações lingüísticas da prosódia, julgar entonações e interpretar a localização das pausas nas sentenças. Sua capacidade de avaliar a prosódia afetiva estava preservada, assim como a de reconhecer sons ambientais, e expressar a prosódia. No entanto, nos testes realizados na pesquisa em questão seus resultados foram bons, demonstrando preservação da habilidade de discriminação básica de prosódia e música.

O outro sujeito deste estudo apresentava um quadro semelhante de amusia e teve uma boa performance no teste de detecção do acento, detecção de pausa, bem como nos testes de classificação de afirmação-interrogação e seus análogos melódicos. No entanto, sua atuação no teste de deslocamento do foco e de agrupamento reportaram dificuldades. Estes resultados levaram os pesquisadores a concluir que seu problema não estava em perceber a melodia ou as pausas, mas em manter os padrões melódicos e temporais na memória. *“Assim, parece que manter padrões melódicos e temporais na memória de curto prazo é um estágio em que informações lingüísticas e musicais recrutam procedimentos e recursos similares”* (PATEL et al, 1998, p. 137).

Observando detalhadamente os dados das lesões e do comportamento dos sujeitos avaliados, os autores do estudo enunciam que:

**[...] o córtex auditivo primário esquerdo e o córtex pré-frontal direito podem exercer um papel importante na retenção e comparação de padrões melódicos e temporais em ambos os domínios musical e lingüístico [...] (Idem).**

Esta pesquisa nos faz compreender então que, embora a música seja neurofuncionalmente independente, ela compartilha de alguns aspectos da compreensão da linguagem.

## 4 MÚSICA E EMOÇÃO

As respostas emocionais à música são atribuídas por muitos autores como sendo o principal motivo pelo qual as sociedades a mantiveram firme em suas culturas (ANDRADE, 2004). O impacto emocional ocasionado pela música pode acontecer, inclusive, em casos de agnosia musical, pois, sabe-se atualmente que *“o juízo do conteúdo afetivo de uma melodia (alegre ao contrário de triste) pode efetuar-se em completa ausência de qualquer habilidade para identificar ou reconhecer uma melodia”* (SÁNCHEZ et al, 2004, p. 42).

Um estudo feito por Zatorre sobre música e cérebro publicado em 2003, muito contribui para nossos conhecimentos sobre música e emoção. Como o autor coloca, estudar esta dupla cientificamente não é uma tarefa fácil, uma vez que:

**[...] as respostas emocionais à música tendem a ser idiossincráticas e heterogêneas, e dependem de uma variedade de complexas e difíceis de se controlar variáveis individuais, socioculturais, históricas, educacionais e contextuais [...]** (ZATORRE, 2003, p. 10).

Apesar destas variáveis subjetivas, há alguns pontos onde as respostas são mais padronizadas. Um exemplo é um certo consenso na cultura ocidental de que: *“...música altamente dissonante<sup>4</sup> tende a ser desagradável”* (Idem). A partir desta consideração, Zatorre desenvolveu uma pesquisa com estímulos nos quais uma melodia tonal era acompanhada por acordes que variavam em seu grau de dissonância. Os sujeitos observados ouviram estes estímulos e avaliaram o quanto eles eram prazerosos, confirmando que: *“...quanto mais dissonante o acompanhamento, menos agradável a experiência”* (Idem).

Avaliando o padrão de atividade cerebral associado ao aumento e a diminuição da dissonância, observou-se o envolvimento de regiões para-hipocampais e orbito-frontais, que são locais considerados áreas corticais para-límbicas. Considerando esta uma região intermediária entre as áreas de associação e o sistema límbico, podemos raciocinar que elas interceptam representações perceptuais, cognitivas e emocionais. Estas áreas estão relacionadas a vários

---

<sup>4</sup> A dissonância é uma sensação subjetiva associada a dois (ou mais) sons soando simultaneamente, no qual os harmônicos das notas não se casam com a frequência fundamental. Os sons dissonantes estão associados ao número, intensidade e frequência dos harmônicos em batimento, que surge quando as regiões de ressonância de certas frequências na membrana basilar ficam superpostas, causando “asperezas” (ROEDERER, 1998).

aspectos do humor e respostas emocionais agradáveis ou não. *“Portanto, parece que os efeitos emocionais da música são mediados via as mesmas áreas que mediam emoções eliciadas por outros estímulos ou situações”* (Idem).

Além disso, não só há um aumento da atividade das regiões responsáveis por emoções negativas, como há uma diminuição da atividade nas regiões ativadas em emoções positivas.

**[...] Este tipo de efeito sugere uma interação funcional entre regiões mediando emoções opostas, que por sua vez, pode indicar que a música exerce seu efeito não apenas por evocar uma reação, mas também por inibir aquelas incompatíveis** (Idem).

A sensação de calafrios e “nó na garganta” foi explicada pelo biopsicólogo Jaak Panksepp como sendo derivadas de uma estrutura acústica específica, como um crescendo de altura, a emergência de um solo instrumental ou uma cadência de acordes, que excitariam regiões cerebrais primitivas. Estas regiões seriam ativadas quando um mamífero responde, por exemplo, à expressão de aflição de um filhote perdido. *“O efeito dos uivos pungentes é fazer os pais sentirem uma perturbação física, como um calafrio ou tremor, que dessa forma os alerta para prontamente procurar pelo calor implícito no conforto do reencontro”* (ANDRADE, 2004, p. 30).

Sobre as emoções positivas evocadas pela música, Zatorre aponta que o fenômeno mais adequado para ser estudado no contexto científico é o dos “arrepios musicais” ou o chamado “frio na espinha”, “frio na barriga”. Essas sensações que muitas pessoas dizem sentir quando ouvem determinados trechos musicais tem um efeito considerado como *“...uma emoção muito positiva e às vezes é descrito como extasiante ou eufórico por muitos indivíduos”* (ZATORRE, 2003, p. 11).

Para conhecer as bases neurais responsáveis por estas respostas, Zatorre mediu, através da tomografia por emissão de pósitrons (PET), a atividade cerebral associada a esses arrepios estimulados pela música. Foram selecionados os sujeitos com suas respectivas músicas que incitavam essas sensações agradáveis e o resultado observado foi que: *“Os participantes relataram experimentar a sensação do arrepio em uma média de 77% dos testes...”* (Idem). O autor acrescenta que este é um valor razoável considerando o fato de que as escutas musicais foram feitas dentro de um tomógrafo, não propiciando, portanto, condições tão favoráveis às sensações esperadas.

Diversas regiões estavam envolvidas com esta resposta dos arrepios musicais, entre elas o mesencéfalo dorsal, o estriado ventral, a insula e o córtex órbito-frontal. Houve também uma diminuição de atividade nas regiões envolvidas com o medo e emoções negativas: “A *amígdala* (ver localização na figura abaixo) recebe uma junção pré-sináptica inibitória dos neurônios colinérgicos intrínsecos aos núcleos da base...” (Idem, p. 12).

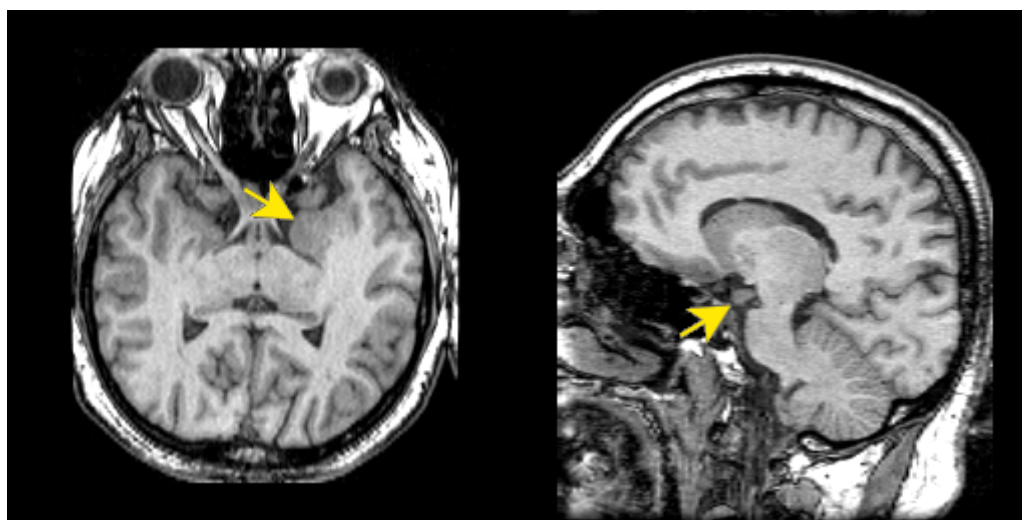


Figura 5 (JOHNSON & BECKER, 1999)

Zatorre acrescenta que este padrão de atividade é parecido com o observado em estudos de mapeamento cerebral de indivíduos na experimentação de sensações de euforia, no consumo de chocolate (contém substâncias que estimulam a produção de serotonina no cérebro, como teobromina, tiramina, feniletilamina, metilxantina) e na administração de cocaína (extraída da folha de coca – *Erythroxylon coca*, produz um aumento artificial da dopamina nas sinapses) em indivíduos dependentes. Estudos com animais também mostrou o envolvimento destas regiões em processos de recompensa, respostas à comida e ao estímulo sexual. “A atividade nessas regiões em relação aos processos de recompensa é conhecida por envolver dopamina e sistemas opióides, bem como outros neurotransmissores” (Idem). Portanto:

[...] o sentimento prazeroso eliciado pela audição musical parece depender de um substrato neural que está primariamente associado a eventos ambientais biologicamente significantes e está presente em muitas outras espécies [...] (Idem).

No entanto, diferentemente da necessidade óbvia do ser humano por sexo ou comida, a música não é essencial para nossa sobrevivência. A música parece ser singular neste sentido pois, através de conexões do neocortex, estimula prazer utilizando-se de sistemas neurais primitivos.

Talvez essa importância primitiva da música se deva ao seu papel decisivo na seleção reprodutiva, como citado no capítulo anterior. Na teoria de Darwin, “...o comportamento musical foi determinante (...) na escolha de parceiros sexuais entre os indivíduos de uma espécie” (ANDRADE, 2004, p. 22). Logo, a participação da música na evolução das espécies pode então ser uma das possíveis explicações para sua relevância biológica.

## 5 PROCESSAMENTO MUSICAL

O processamento musical é um ato complexo que envolve habilidades de memória, atenção, percepção, reconhecimento, identificação, discriminação.

O cérebro, ao receber os sinais elétricos enviados pelos terminais nervosos do ouvido, analisa diversos componentes da música, como altura, intensidade, tempo, timbre, ritmo (HACHINSKI & HACHINSKI, 1994). Percebemos estes estímulos conjuntamente, e podemos focar nossas habilidades neles separadamente. *“Nós somos dotados de uma capacidade única de dirigir a atenção a diferentes características do som de uma nota musical e de praticamente extinguir a percepção de uma característica para destacar outra”* (PLATEL et al, 1997, p. 229).

Como já apresentamos anteriormente, ao fazermos uma focalização mental em determinados aspectos da música, utilizamos diferentes áreas cerebrais para o processamento musical. Além disso, as diferentes estratégias cognitivas utilizadas e a maneira como realizamos o processamento musical também alteram a localização do mesmo no cérebro. Portanto, as redes neurais empregadas dependem de vários fatores relativos ao tipo de contato que o indivíduo estabelece com a música (Idem).

### 5.1 Processamento Auditivo

Para um melhor entendimento do conceito de processamento musical, é preciso compreender o processamento auditivo. Como Lent (2004) coloca, a percepção auditiva envolve duas etapas: a fase analítica inicial (na qual as características do som são extraídas) e a fase sintética posterior (em que estas informações são reunidas e identificadas). Para a realização destas etapas é necessário um conjunto de receptores que absorvam a energia dos estímulos, gerando um potencial receptor (transdução) e que transformem estes em potenciais de ação (codificação).

[...] Esses neurônios constituem o nervo auditivo, que é um dos componentes do oitavo nervo craniano. Daí em diante a informação auditiva entrará no SNC, passando através de sucessivas sinapses, por uma série de núcleos, até chegar ao córtex cerebral (LENT, 2004, p. 249).



O nervo auditivo é composto por fibras aferentes (que saem da cóclea) e eferentes (emergentes do SNC). A cóclea é um órgão receptor do sistema auditivo formado por escalas (vestibular, média e timpânica) e membranas (tectorial e basilar), onde situam-se as células receptoras (LENT, 2004).

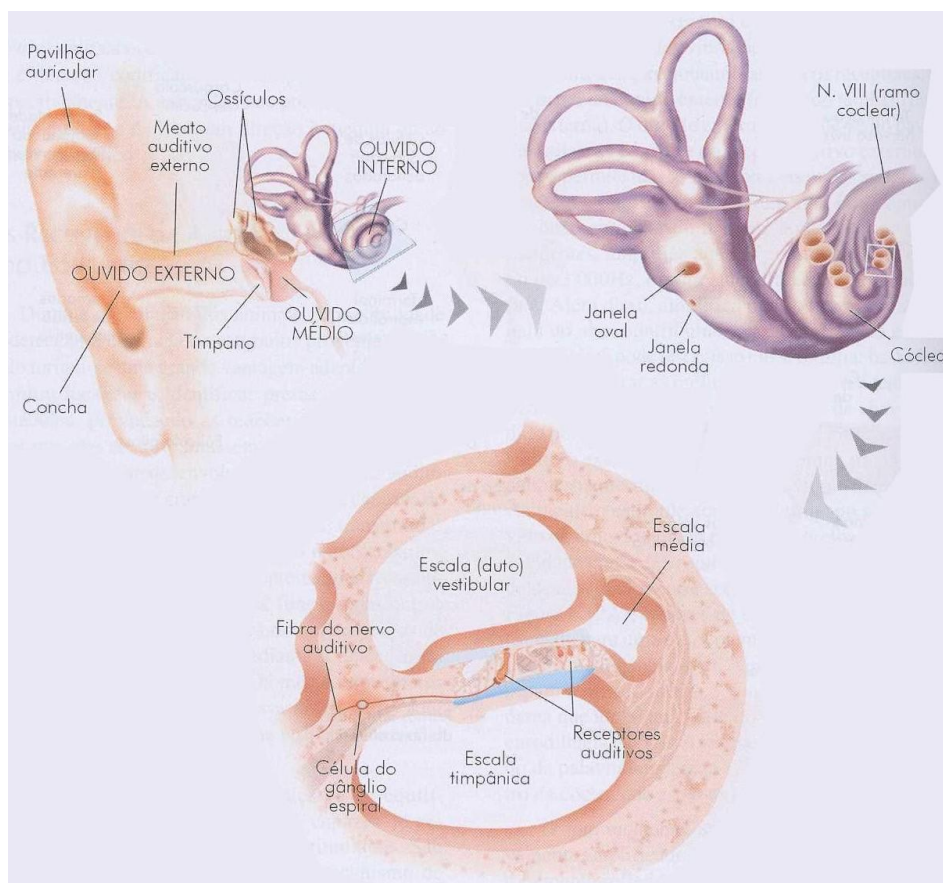


FIGURA 6 (LENT, 2004, p. 190)

O sistema auditivo “...possui estágios sinápticos em cada uma das grandes divisões do SNC: bulbo, ponte, mesencéfalo, diencefalo e córtex cerebral” (Ibidem, p. 250). A área auditiva primária do córtex cerebral está situada no lobo temporal de ambos os hemisférios.

Dessa forma, o sistema auditivo humano capta as vibrações das ondas sonoras, transformando esses estímulos físicos em potenciais bioelétricos para que estes sejam percebidos. O mesmo autor relata que:

**[...] A modalidade auditiva divide-se em algumas submodalidades: discriminação de intensidade sonora, discriminação tonal, identificação de timbres, localização espacial dos sons e compreensão da fala e sons complexos (LENT, 2004, p. 242).**

A amplitude da onda sonora correlaciona-se com a amplitude da vibração da membrana basilar, permitindo a discriminação de intensidade sonora (percebida pelo ser humano entre 0 e 120dB). Por sua vez, a identificação dos tons é possível através da correlação entre a frequência da onda sonora (percebida pelo ser humano entre 20Hz e 20kHz) com a frequência e região de vibração da membrana basilar. A identificação dos timbres é realizada através da percepção da composição harmônica das ondas complexas (LENT, 2004).

Visto que o processamento musical depende desses mecanismos do processamento auditivo, além da atenção, memória, planejamento motor, integração sensório-motora, entre outros (ZATORRE, 2005), as variáveis do caráter do processamento musical devem ser observadas de acordo com as características dos sujeitos e das experiências musicais estabelecidas.

## **5.2 Adultos e Crianças**

Temos poucos estudos que abordam as diferenças e semelhanças do processamento musical entre adultos e crianças. Uma pesquisa interessante sobre este tema foi feita por Koelsch e sua equipe (2005), na qual investigou-se a neuroanatomia funcional da percepção musical através da ressonância magnética. Foram acompanhados três grupos: um formado por crianças com dez anos de idade, com graus variados de treinamento musical; outro de adultos sem formação musical; e um último composto por adultos músicos.

Para investigar o processamento musical destes indivíduos, os pesquisadores basearam-se nas estruturas e regularidades musicais da música tonal maior e menor. Das seqüências de acordes utilizadas, 70% finalizavam com progressões de dominante-tônica (cumprindo a expectativa da finalidade) e 30% terminavam com a dominante sucedida de uma variação irregular da subdominante (com uma cadência não esperada). Os sujeitos da pesquisa foram convocados a identificar esses encadeamentos, apertando no final de cada seqüência um botão para os acordes com as tônicas e outro botão para os acordes de conclusão irregular.

Os resultados mostraram que:

**[...] Em adultos, acordes irregulares ativaram o giro frontal inferior, o córtex frontolateral orbital, a insula anterior, o córtex pré-motor ventrolateral, as áreas anterior e posterior do giro temporal superior, o**

**sulco temporal superior e o giro supramarginal [...] (KOELSCH et al, 2005, p. 1068).**

Este padrão de ativação do hemisfério direito foi muito similar em adultos e crianças, com exceção do giro supramarginal, que não foi ativado nos infantes. “No hemisfério esquerdo, os adultos mostraram maiores ativações que as crianças nas áreas pré-frontais, no giro supramarginal, e nas áreas temporais” (Idem). O hemisfério esquerdo infantil teve apenas uma ativação significativa no córtex fronto-lateral orbital e na porção anterior do giro temporal superior.

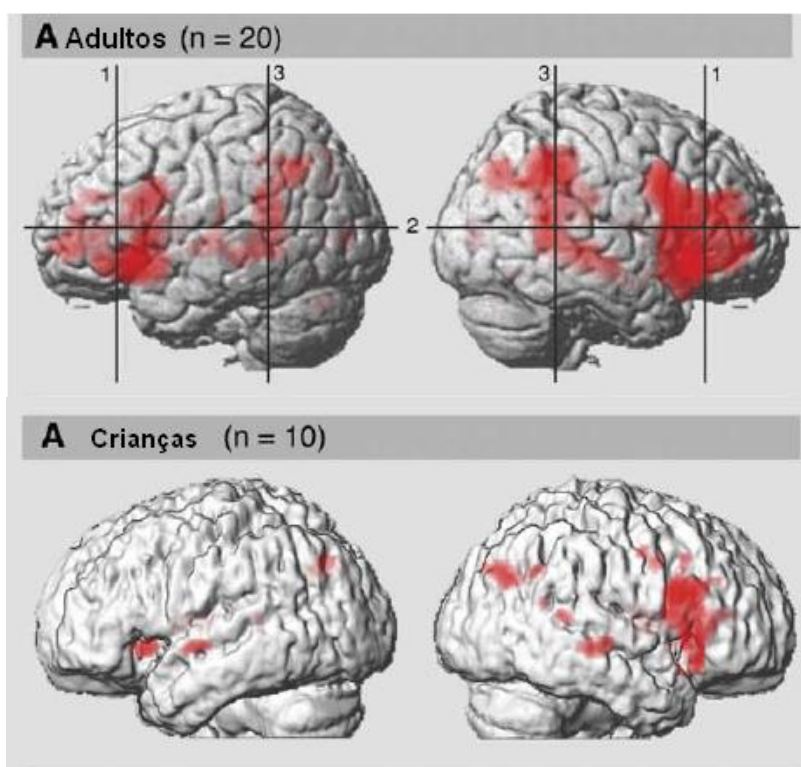


Figura 7 (modificado de KOELSCH et al, 2005, p. 1071/1072)

Portanto, as áreas ativadas pelos acordes inesperados se organizam intercedendo aspectos cognitivos e emocionais do processamento musical. O córtex frontolateral insular e o córtex pré-motor ventrolateral, por exemplo, estão envolvidos ao analisar, reconhecer e prever uma informação auditiva seqüencial. A ativação do córtex pré-motor pode estar ligada à preparação para a ação, a partir da previsão do que há por vir.

**[...] Estudos anteriores mostraram que ouvintes familiarizados às regularidades da música tonal maior-menor constroem expectativas,**

**ou previsões, para funções de acordes musico-sintaticamente regulares durante a percepção de seqüências harmônicas [...] (Ibidem, p. 1072).**

O envolvimento da região do sulco temporal superior, por sua vez, indicado como participante do processamento pré-lexical e da percepção de aspectos acústico-fonológicos, aponta para a semelhança de ativação com o processamento auditivo de estímulos lingüísticos.

**[...] Musicopsicologicamente, a interação de estruturas formais na criação de padrões de tensão e resolução tem sido considerada um aspecto importante do significado musical. [...] Assim, é possível que os acordes irregulares tenham ativado estruturas corticais que estão envolvidas no processamento de informações de significados [...] (Ibidem, p. 1073).**

As funções de memória de trabalho<sup>5</sup> também foram ativadas no processamento dos acordes irregulares, visto o envolvimento do giro supramarginal. E ainda, a ativação do córtex frontolateral orbital sugere a geração de respostas emocionais à audição dos acordes irregulares que, a partir da violação das expectativas musicais, criaram uma sensação de estranhamento.

A não-ativação do giro supramarginal no cérebro infantil, ao contrário do adulto, indica que as crianças confiaram menos na memória para o processamento de melodias, para distinguir as seqüências de acordes.

Koelsch e sua equipe acrescentam ainda que a presença de ativação nos cérebros de crianças e adultos sem treinamento musical apóia a idéia de que o cérebro humano tem um interesse natural à música.

Portanto, mais uma vez nos deparamos com a relevância biológica da música, visto sua universalidade. Andrade (2004) descreve que “...os princípios básicos que regem a teoria da harmonia e a consonância<sup>6</sup> e dissonância são, na verdade, o reflexo das propriedades anatômicas e fisiológicas de nossos circuitos auditivos” (p. 23). É possível que esta seja a explicação, por exemplo, para a prevalência de intervalos de oitava e quinta justa em culturas distintas (ANDRADE, 2004).

---

<sup>5</sup> A memória de trabalho é um termo usado para descrever o conjunto de sistemas de memória temporária que exercem um papel importante em diversas tarefas cognitivas, como raciocinar, aprender e compreender (BADDELEY, 1997).

<sup>6</sup> Consonância é uma sensação subjetiva associada a dois (ou mais) sons soando simultaneamente no qual os harmônicos se casam com a frequência fundamental. Os sons consoantes são considerados agradáveis, equilibrados (ROEDERER, 1998).

### 5.3 Músicos e Não-músicos

A busca pelo conhecimento do processamento musical guiou diversas pesquisas comparativas entre músicos e não-músicos. Notou-se que os estudos com pessoas que tiveram educação musical mostravam resultados inconstantes e diversos quanto à predominância de hemisférios. Assumiu-se, então, que o padrão de ativação depende da estratégia de processamento musical utilizada pelo sujeito (VOLLMER-HAASE et al, 1998).

Estudos mostraram, por exemplo, que quando músicos treinados e pessoas que utilizam um sistema de imagem visual executam uma tarefa de memória tonal, há uma maior ativação da região temporal do hemisfério esquerdo. Por outro lado, percebeu-se que as regiões frontal e temporal do hemisfério direito são mais ativadas em pessoas sem conhecimento musical, que não utilizam nenhuma estratégia ou apenas reproduzem mentalmente a seqüência de sons. Outra pesquisa feita com estudantes de música apontou que durante a audição musical simples, a ativação hemisférica se apresenta simétrica, enquanto que no processamento do material musical, o hemisfério esquerdo se mostra mais presente (Idem).

Notando a dominância do hemisfério esquerdo na audição analítica e na utilização de estratégias viso-espaciais, Andrade (2004) coloca:

**[...] De fato, muitos trabalhos têm mostrado que o treinamento musical parece incrementar as habilidades espaciais e matemáticas, e trabalhos mais recentes têm provido cada vez mais suporte a esta idéia, mostrando alterações plásticas no cérebro dos músicos como o aumento das conexões no corpo caloso da parte mais frontal que pode refletir efeitos motores e cognitivos do treinamento musical, ou da área de Broca que além da linguagem tem estado associada a processos viso-espaciais [...] (p. 29).**

Para esclarecer melhor estas inconstâncias hemisféricas do processamento musical de músicos, Vollmer-Haase (1998) e sua equipe desenvolveram uma pesquisa utilizando as fugas de Bach como estímulo. Participaram desta pesquisa apenas indivíduos com treinamento musical e prática regular de instrumento ou voz. Primeiramente, os participantes foram instruídos a ouvir e apreciar as peças e, em seguida, era feita a audição musical novamente, na qual eles deveriam prestar atenção ao tema musical da fuga e reconhecer sempre que ele aparecesse.

Os resultados, obtidos da medição da velocidade do fluxo sanguíneo através do Doppler Ultra-sônico Transcraniano (TCD), indicaram que, em indivíduos músicos, há “...uma dominância altamente significativa do hemisfério direito durante o processamento ativo de informações musicais complexas, quando comparada à audição passiva do mesmo material musical” (VOLLMER-HAASE et al, 1998, p. 862).

Na versão instrumental das fugas de Bach utilizadas, notou-se uma simetria hemisférica na audição passiva, e uma dominância do hemisfério direito no reconhecimento da repetição do tema musical. Devido à longa duração das peças, os pesquisadores acreditam que não seria plausível os participantes terem usado uma representação da escala ou baseada nos intervalos para reconhecer o tema. O mais provável é que eles tenham utilizado uma estratégia de análise do contorno melódico e agrupamento de estruturas parciais da melodia para reter mais facilmente as informações na memória de trabalho.

Em relação à versão à-capela das fugas, os resultados observados durante a audição passiva foram diferentes, acusando uma maior ativação do hemisfério esquerdo. Apesar de as letras das peças serem relativamente ininteligíveis para os participantes, cogitou-se que a estratégia utilizada neste caso foi a tentativa de compreender as palavras vocalizadas. Na tarefa de reconhecimento do tema, o hemisfério direito mostrou-se dominante novamente.

A pesquisa feita por Koelsch (2005), já relatada na seção anterior, também nos fornece informações sobre o processamento musical comparando os dados obtidos de músicos e não-músicos separadamente. Este estudo, feito com seqüências harmônicas terminadas por acordes regulares ou irregulares, relata que:

**[...] músicos mostraram ativações ligeiramente mais fortes no córtex frontal (especialmente no hemisfério esquerdo), na porção anterior do GTS - giro temporal superior -, no GSM - giro supramarginal -, e em áreas temporais posteriores” (KOELSCH et al, 2005, p. 1071, traços nossos).**

Na Fig. 8 podemos observar esse padrão de ativação. Assim, percebe-se que os músicos reagem de forma mais sensível diante de infrações das regularidades da música tonal, fato que parece estar relacionado com a construção de expectativas e previsões feitas por estes ao perceber seqüências harmônicas (Idem).

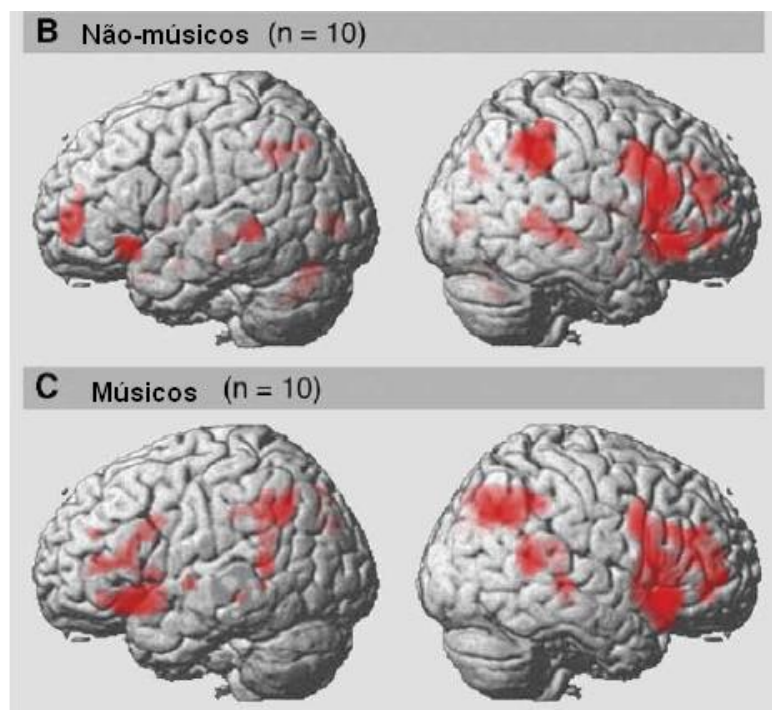


Figura 8 (modificado de KOELSCH et al, 2005, p. 1071)

Uma autópsia realizada em Hans Von Bulow (pianista e regente do século XIX) demonstrou que seu cérebro apresentava um aumento do giro supramarginal e das regiões mediais e posteriores do giro temporal superior. Estudos recentes mostram ainda que existem diferenças, entre músicos e não músicos, de certas porções do cérebro, como o corpo caloso, o córtex motor e o cerebelo. Essas alterações podem ser inatas ou adquiridas pela plasticidade através de treinamento rigoroso (POPP, 2004).

Com o intuito de estudar as bases neuropsicológicas da musicalidade<sup>7</sup> nos seres humanos, Tervaniemi e sua equipe (1997) pesquisaram sobre a detecção de mudanças em sons repetitivos com músicos e não-músicos. Os resultados colhidos pelo EEG mostraram que, mesmo ignorando os sons escutados, o sistema auditivo central dos músicos responde melhor à inversões de ordem de notas em uma sequência de sons repetitivos que os não-músicos. Isto sugere que os músicos possuem uma representação neural mais precisa para elementos temporais de estímulos, com o córtex auditivo processando melhor tais informações.

Além de comparar o processamento musical de indivíduos músicos e não músicos, existe o interesse pelas diferenças de padrões de atividade cerebral de

<sup>7</sup> Abordada, no estudo citado, como uma habilidade ou um senso musical, de estruturação do fluxo musical, percepção das propriedades holísticas da música (TERVANIEMI et al, 1997).

músicos com ouvido absoluto<sup>8</sup> e músicos com ouvido relativo<sup>9</sup>. Estudos morfométricos com ressonância magnética “...identificaram assimetria do *planum temporale* esquerdo em músicos com ouvido absoluto comparado aos músicos sem ouvido absoluto” (POPP, 2004, p. 899).

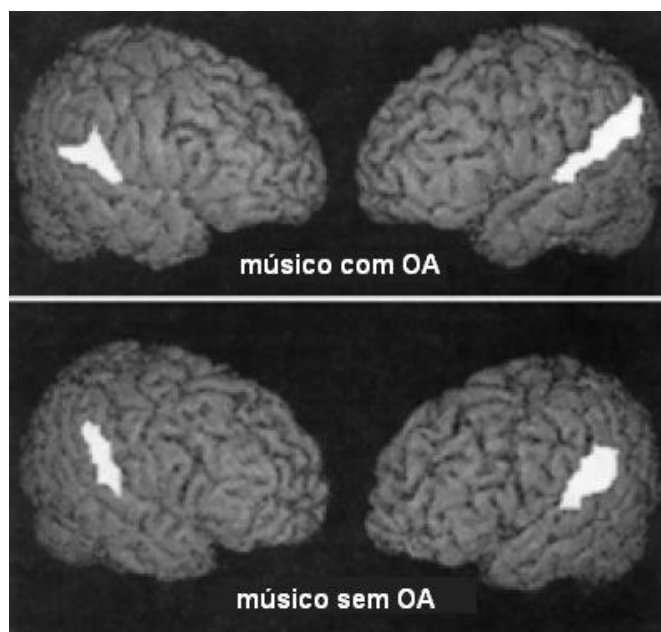


Figura 9 (modificado de POPP, 2004, p. 899)

Sobre esta assimetria, Zatorre (2003) comenta que ainda é necessário verificar-se qual a interpretação mais adequada para esses fatos, se é um crescimento das estruturas do córtex auditivo esquerdo, ou se isto representa uma redução do volume do córtex auditivo do hemisfério direito. Este autor realizou uma pesquisa com indivíduos com ouvido absoluto e com músicos sem esta qualidade, na qual os participantes ouviram pares de tons sem nenhuma instrução explícita e depois escutaram os mesmos sons tendo que determinar seu intervalo musical.

Os resultados, obtidos pela medição do fluxo sanguíneo cerebral, indicaram que aqueles que possuíam ouvido absoluto tiveram a região do córtex frontal mais ativada durante a audição livre dos tons, o que não aconteceu com os indivíduos de ouvido relativo. Por sua vez, no teste de julgamento dos intervalos o padrão de atividade na região frontal foi semelhante em ambos os grupos. Portanto:

<sup>8</sup> Ouvido absoluto é a capacidade de identificar a altura exata das notas musicais, que permite a alguns músicos nomear uma nota musical tocada sem nenhuma referência (ANDRADE, 2004, p. 23).

<sup>9</sup> Ouvido relativo é a capacidade de identificar uma nota através da relação e comparação com outras notas existentes no contexto musical (SOUZA, 2005).



**[...] Sob condições na qual rotular é apenas possível para pessoas com ouvido absoluto, apenas esses indivíduos mostram o efeito, enquanto que quando rotular um intervalo é possível, ambos os grupos mostram atividade similar nesta área. A região particular cortical frontal em questão é conhecida por outras pesquisas por estar relacionada ao estabelecimento e manutenção de associações condicionais na memória, ou seja, a habilidade de desenvolver uma resposta específica em relação a um estímulo dado [...] (ZATORRE, 2003, p. 8).**

Visto que a região do córtex frontal está associada à ligação de uma nota com seu rótulo (que não necessariamente está limitada a seu nome), pode-se considerar que as funções associativas dessa área estão mais facilitadas nos indivíduos com ouvido absoluto, e por isso eles identificam as notas mais espontaneamente (Idem).

## 6 POTENCIAL MUSICOTERAPÊUTICO

O estudo das bases neurológicas da música, dos detalhes do processamento musical e das respostas cerebrais à música, propicia uma visão multidisciplinar para o conhecimento das funções do córtex auditivo. Além da contribuição científica que pesquisas envolvendo cérebro e música trazem, é estimado que esses conhecimentos sejam levados à prática clínica, como explica o neurologista Mark Jude Tramo, fundador do Instituto de Ciências de Música e Cérebro de Harvard:

**[...] explorar os fundamentos neurobiológicos da música provavelmente oferece insights à neurologia da percepção, desempenho, desenvolvimento, plasticidade, emoção, e aprendizado. Mas é importante manter o foco em tentar ajudar pessoas [...]** (TRAMO apud FRIEDRICH, 2004, p. 1555).

Aliás, a prática clínica musicoterapêutica<sup>10</sup> muito se enriquece com tais pesquisas, já que estas contribuem para o conhecimento da relação que sua ferramenta de trabalho tem com o público a ser atendido. A busca por pesquisar é *“...uma demonstração de maturidade do campo, já que indica um novo patamar de compreensão do processo de construção do conhecimento e um movimento de superação de uma visão mais limitada da relação entre teoria e prática terapêutica”* (SANTOS, 2004, p. 43).

Assim sendo, o benefício da junção destas duas áreas é mútuo, sendo que:

**[...] O esforço de trazer a música para as ciências de saúde poderá representar, por um lado, a transcendência de uma prática musical hedonista baseada apenas no ouvir-prazer e, por outro, a ampliação da visão da própria neurociência, para além do enfoque racionalista, que negligencia o subjetivo e o relativo expresso nas artes** (MUSZKAT, CORREIA & CAMPOS, 2000, p. 74).

O estudo das funções musicais, por exemplo, dá suporte à elaboração de avaliações musicais, que podem ser uma abertura para um plano musicoterapêutico de reabilitação, além de contribuir para os estudos de assimetria funcional

---

<sup>10</sup> Musicoterapia, conforme definição da Federação Mundial de Musicoterapia, é a utilização da música e/ou dos elementos musicais pelo musicoterapeuta e pelo cliente ou grupo, em um processo estruturado para facilitar e promover a comunicação, o relacionamento, a aprendizagem, a mobilização, a expressão e a organização para desenvolver potenciais e desenvolver ou recuperar funções do indivíduo de forma que ele possa alcançar melhor integração intra e interpessoal e conseqüentemente uma melhor qualidade de vida (BRUSCIA, 2000).

hemisférica, e auxiliar na elaboração de classificações de amusias e métodos terapêuticos que visem à reabilitação da linguagem. Assim descreve Gabriela Wagner que, além de desenvolver uma ficha neurosonora-musical, pesquisou sobre a musicoterapia no tratamento de pacientes afásicos, mostrando que esta auxilia na comunicação, na percepção e expressão de conteúdos verbais destes pacientes (WAGNER, 1988).

A música como elemento facilitador da comunicação é relatada ainda no tratamento de desordens do espectro autista, por diversas pesquisas que mostram que a musicoterapia se destaca das outras formas de terapias, obtendo resultados importantes na comunicação não-verbal (GOLD, WIGRAM & ELEFANT, 2006).

Da mesma forma, as seqüelas neurológicas provenientes de acidente vascular cerebral (AVC) podem ser abordadas pela musicoterapia. Músicos com déficits de funções musicais podem, por exemplo, serem auxiliados na capacidade de adaptar-se para o fazer musical, diminuindo possíveis estados depressivos causados pela frustração (BRIGHT, 1993).

A musicoterapia na reabilitação neurológica é muito defendida por Aldridge (2001), que explica que esta, como performance, estimula a atenção necessária para realizar ações e coordenar os sons. O autor acrescenta que a musicoterapia trata-se de uma relação terapêutica situada em um ambiente específico de escuta, produção sonora e movimentos integrados, que promovem comunicação e desenvolvimento.

A música pode também ser uma grande ferramenta no tratamento de pacientes com doença de Parkinson, mostrando-se eficaz na diminuição da bradicinesia (lentidão na execução do movimento), favorecendo a marcha; na estimulação da voz e da articulação das palavras, melhorando a coerência da linguagem (BRIGHT, 1993).

Aspectos cognitivos também podem ser facilitados pela musicoterapia que, além de oferecer uma estrutura temporal organizadora, proporciona a oportunidade da realização musical, como uma habilidade cognitiva (ALDRIDGE, 2001). O mesmo autor ainda ressalta a potencialidade da música na área de estimulação, como por exemplo, no tratamento de pacientes em coma, no qual são feitas estimulações sonoras e musicais - muitas vezes com a utilização de vozes de familiares - para desenvolver a comunicação e a recuperação dos níveis de consciência.

Aldridge (2001) aponta para a importância emocional e cultural da musicoterapia no tratamento de pacientes com doenças neuro-degenerativas, revelando que os quadros de agitação ou depressão em pacientes demenciados podem ser diminuídos pela relação e interação promovida na execução musical. Para que esta comunicação seja realizada, faz-se necessária a organização de sua atenção, seu afeto, suas ações.

**Para pacientes em reabilitação neurológica, é imperativo que a integração sensorial seja promovida o quanto antes possível e que esta integração possa ser praticada, mantida e alcançada pela produção musical ativa [...] (ALDRIDGE, 2001, p. 12)**

O tratamento musicoterapêutico de hipertensos e pessoas que sofrem de distúrbios de ansiedade também já foi apoiado por estudos que revelam a ocorrência de *“...uma diminuição significativa em ambas pressões arterial sistólica e diastólica quando indivíduos são expostos aos seus gêneros musicais preferidos...”* (SALAMON et al, 2003, p. 397).

Seja no processo de estimulação, socialização, prevenção, desenvolvimento, reabilitação, é importante que o conhecimento científico seja manejado (e integrado ao empírico). Esta postura não apenas torna possível a potencialização do tratamento pela musicoterapia, mas previne também que o quadro do paciente/cliente seja prejudicado pelo emprego de técnicas equivocadas. Da mesma forma que acreditamos na música como um instrumento terapêutico, facilitador e benéfico, também consideramos os malefícios que ela pode trazer se utilizada sem responsabilidade. *“Devemos saber que existem uns poucos casos em que a musicoterapia está contra-indicada...”* (BRIGHT, 1993, p.170). A especificação desses casos pode depender da visão do profissional, porém deve estar atenta à observação de que o tratamento com a música não prejudique o paciente.

Conhecendo a potencialidade da música, percebe-se a importância de um profissional qualificado para atuar no contexto terapêutico. Dificilmente as pessoas conhecem-se musicalmente para explorar os benefícios que a música pode trazer e reconhecer os tipos de estímulos que particularmente mais as afetam (SALAMON et al, 2003). O musicoterapeuta não detém a música, mas possui o conhecimento necessário para auxiliar as pessoas a se favorecerem de seus efeitos.

Como citado anteriormente, existem muitas evidências da relevância biológica da música para os seres humanos. Assim, ressalta Christine Koh: “*Devido à exposição precoce ou senso intuitivo, os seres humanos parecem ter um senso musical inato*” (KOH apud FRIEDRICH, 2004, p. 1555). Este valor que a música tem para os seres humanos - visto suas já comentadas ligações com o padrão de funcionamento cerebral, linguagem, emoção - enfatiza a necessidade de se pensá-la como uma ferramenta terapêutica independentemente de sua vinculação com o paciente ser íntima e prazerosa ou não.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No desenvolvimento deste trabalho, vimos o funcionamento cerebral básico, relembando nomenclaturas, localizações e apontando as diferenças entre os hemisférios e características dos lobos cerebrais. Observamos, por exemplo, que o hemisfério direito trabalha de forma mais holística, enquanto o hemisfério esquerdo é conhecido por seu caráter analítico.

Essas informações nos ajudaram a compreender como os estilos de operação influenciam no processamento musical. Alguns aspectos, como contorno melódico e timbre, são melhores processados pelo hemisfério direito, enquanto a análise dos intervalos e a identificação musical estão relacionadas ao hemisfério esquerdo. Vimos também que existe uma hierarquia no funcionamento cerebral, mostrando que as informações percebidas e codificadas pelos hemisférios interagem entre si, resultando num processo complexo e completo, quando as faculdades responsáveis por esse processamento encontram-se intactas.

A localização das funções musicais quanto aos lobos cerebrais também revelam particularidades das reações cerebrais à música. Observamos que os lobos temporais exercem um papel crucial no processamento musical, visto sua atuação nas funções auditivas e mnêmicas, e que o lobo frontal está relacionado às suas tarefas cognitivas, assim como o lobo occipital se apresenta determinante na visualização sonora, e assim por diante. O estudo das amusias também nos ensinou que, para entender o funcionamento musical no cérebro, é preciso estar atento tanto aos processos perceptivos quanto aos cognitivos da música.

Como pudemos perceber a partir da revisão de pesquisas feitas sobre o tema, não há uma única área específica responsável pelas respostas à música. A música se encontra presente em diversas regiões do cérebro, e as reações deste dependem da natureza do contato que se estabelece com ela, podendo variar de acordo com as estratégias utilizadas para o processamento musical e com o perfil do sujeito que a contempla. Um músico, por exemplo, tem um padrão de ativação cerebral diferente de uma pessoa sem instrução musical, pois ele (visto seu domínio musical e plasticidade cerebral) recorre a diferentes táticas de apreciação e entendimento musical.

Notamos que a música pode ser considerada uma forma de linguagem e que, apesar de ter um processamento autônomo (principalmente quando se refere ao processamento de intervalos e na composição de um centro tonal), compartilha com a linguagem verbal estruturas sensoriais que possibilitam a percepção, além de memória e atenção. Além disso, ambas são universais e organizam sons intencionalmente como forma de manifestação, podendo ser comparadas rítmica e melodicamente.

Certas respostas emocionais à música revelaram a atuação de sistemas neurais primitivos responsáveis pela evolução e sobrevivência do homem, como a ativação de regiões para-límbicas em reações desagradáveis perante sons dissonantes, e o envolvimento de dopamina e a ativação de áreas como o mesencéfalo dorsal, o estriado ventral, a ínsula e o córtex órbito-frontal em respostas positivas à música.

Muito ainda se tem a saber sobre o tema, mas estudando essas relações cerebrais com a música, pudemos perceber sua relevância biológica, e saber como ela afeta os seres humanos. Essa importância que a música exerce no ser humano comprova a necessidade de que a música seja abordada como uma ferramenta valiosa de terapia, não apenas por seu caráter agradável e misterioso, mas por sua imperativa influência em nosso sistema nervoso central.

Este estudo neurocientífico da música traz maturidade e um embasamento importante para a musicoterapia, mostrando que a música é capaz de facilitar a comunicação, estimular a atenção e os aspectos cognitivos, modificar ritmos motores e biológicos, organizar estados emocionais e afetivos. A abordagem neurocientífica fundamenta a prática musicoterapêutica e auxilia na avaliação do paciente. Portanto, ela se mostra uma óptica (dentre tantas outras) valiosa para a atuação do musicoterapeuta, que traz compreensão sobre as relações estabelecidas entre seu instrumento de trabalho - a música e os sons de forma geral - com o público a ser atingido - clientes ou pacientes.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDRIDGE, David. Music therapy and neurological rehabilitation: recognition and the performed body in an ecological niche. **Music therapy today**, 2001. Disponível em: <<<http://www.musictherapyworld.info>>>, acessado em 30 de maio de 2006.
- ANDRADE, Paulo Estevão. Uma abordagem evolucionária e neurocientífica da música. **Neurociências**, São Paulo, v.1, n.1, ago. 2004. p. 21-33.
- AYOTTE, Julie; PERETZ, Isabelle; HYDE, Krista. Congenital amusia: a group study of adults afflicted with a music-specific disorder. **Brain**, Oxford University Press, n.125, 2002. p. 238-251.
- BADDELEY, Alan. **Human memory: theory and practice**. United Kingdom: Psychology Press, 1997.
- BRIGHT, Ruth. **La musicoterapia en el tratamiento geriátrico: una nueva visión**. Tradução Gregório Tisera-López. Buenos Aires, Argentina: Bonum, 1993.
- BRUSCIA, Kenneth E. **Definindo musicoterapia**. Tradução Mariza Velloso Conde. Rio de Janeiro: Enelivros, 2000.
- CORREIA, Cléo Monteiro F. et al. Lateralização das funções musicais na epilepsia parcial. **Arq Neuropsiquiatr**, São Paulo, v.56, 1998. p. 747-755.
- EDWARDS, Betty. **Desenhando com o lado direito do cérebro**. Tradução Ricardo Silveira. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.
- FRIEDRICH, M. J. Institute probes music's therapeutic potential. **JAMA**, American Medical Association, v.291, n.13, 2004. p. 1554-1555.
- GATES, Anne; BRADSHAW, John L. Music perception and cerebral asymmetries. **Cortex**, Victoria, Austrália, v.13, 1977. p. 390-401.
- GOLD, C.; WIGRAM, T.; ELEFANT, C. Music therapy for autistic spectrum disorder. **The Cochrane Database of Systematic Reviews**, issue 2, 2006.
- HACHINSKI, K. Vlad; HACHINSKI, Vladimir. Music and the brain. **Canadian medical association journal**, n.151, 1994. p. 293-296.
- HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.



- JOHNSON, Keith A.; BECKER, J. Alex. **The whole brain Atlas**, 1999. Disponível em: <<<http://www.med.harvard.edu/AANLIB/home.html>>>, acessado em 19 de maio de 2006.
- KOELSCH, Stefan et al. Adults and children processing music: na fMRI study. **Neuroimage**. Elsevier, n.25, 2005, p. 1068-1076.
- LENT, Roberto. **100 bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência**. São Paulo: Atheneu, 2004.
- MATRAS, Jean-Jacques. **O som**. Tradução Edison D. Heldt. 1.ed. brasileira. São Paulo: Martins Fontes, 1991.
- MATTEIS, Maria et al. Transcranial Doppler assessment of cerebral flow velocity during perception and recognition of melodies. **Journal of Neurological Sciences**, Roma, Itália, Elsevier, n.149, 1997. p. 57-61.
- MIRANDA, Eduardo Reck. Sobre as origens e a evolução da música. **Revista eletrônica de musicologia**, Dpto. de Artes da UFPr, v.5.2, dez. 2000. Disponível em: <<<http://www.humanas.ufpr.br/rem/remv5.2/vol5.2/MIRANDA/miranda.htm>>>, acessado em 29 de abril de 2006.
- MUSZKAT, Mauro; CORREIA, Cleo M.; CAMPOS, Sandra M. Música e Neurociências. **Neurociências**, São Paulo, v.8, n.2, 2000. p. 70-75.
- OLIVEIRA, Maria Aparecida Domingues de. **Neurofisiologia do comportamento: uma relação entre o funcionamento cerebral e as manifestações comportamentais**. Canoas: Ulbra, 1999.
- PATEL, Aniruddh D. et al. Processing Prosodic and Musical Patterns: A Neuropsychological Investigation. **Brain and language**, Montréal, Canadá, n.61, 1998. p. 123-144.
- PLATEL, Hervé et al. The structural components of music perception: a functional anatomical study. **Brain**, Oxford University Press, n.120, 1997. p. 229-243.
- POPP, A. John. Music, musicians, and the brain: an exploration of musical genius. **J Neurosurg**, Nova Iorque, EUA, n.101, 2004. p. 895-903.
- ROEDERER, Juan G. **Introdução à física e psicofísica da música**. Tradução Alberto Luis da Cunha. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998.
- SALAMON, Elliott et al. The effects of auditory perception and musical preference on anxiety in naive human subjects. **Med Sci Monit**, Nova Iorque, EUA, n.9, 2003. p. 396-399.

- SÁNCHEZ, V. et al. Preservación de la memória musical en un síndrome amnésico. **Rev Neurol**, Buenos Aires, Argentina, n.39, 2004. p. 41-47.
- SANTOS, Marco Antonio Carvalho. Ética na pesquisa em musicoterapia. **Revista Brasileira de Musicoterapia**, São Paulo, n.7, 2004. p. 43-48.
- SOUZA, Sônia Leal de. Educação musical com idosos. **Textos sobre envelhecimento**, Rio de Janeiro, v.8, n.3, 2005.
- SPRINGER, Sally P.; DEUTSCH, George. **Cérebro direito, cérebro esquerdo**. São Paulo: Summus, 1998.
- TERVANIEMI, M. et al. The musical brain: brain waves reveal the neurophysiological basis of musicality in human subjects. **Neuroscience letters**, Elsevier, n.226, 1997. p. 1-4.
- VOLLMER-HAASE, Juliane et al. Hemispheric dominance in the processing of J. S. Bach fugues: a transcranial Doppler sonography (TCD) study with musicians. **Neuropsychologia**. Bielefeld, Alemanha, 1998. v.36. p. 857-867.
- WAGNER, Gabriela. A avaliação neurosonora-musical e o tratamento musicoterapêutico do afásico - contribuição para uma neurosonorologia musical. In: BENENZON, Rolando. **Teoria da Musicoterapia**: contribuição ao conhecimento do contexto não-verbal. Tradução Ana Sheila de Uricoechea. São Paulo: Summus, 1988. Cap. V.
- WILSON, Sarah J.; PRESSING, Jeff. Neuropsychological assessment and the modeling of musical deficits. In: GROCKE, Denise Erdonmez; PRATT, Rosalie Rebollo (Orgs). **Music medicine and music therapy**: expanding horizons. Melbourne, Austrália, 1999. v.3. p. 47-74.
- ZATORRE, Robert J. Music and the brain. In: NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES, 2003, Nova Iorque, EUA. **Anais NY acad Sci**, 2003. p. 4-14.
- ZATORRE, Robert. Music, the food of neuroscience?. **Nature**, v.434, 2005. p. 312-315.