

# A MUSICALIZAÇÃO (RITMO-SOM-CORPOREIDADE) COMO INTERVENÇÃO NEUROCOGNITIVA DE HABILIDADES MATEMÁTICAS

**Herica Cambraia Gomes**

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo / [herica.cambraia@gmail.com](mailto:herica.cambraia@gmail.com)

**Ana Lucia Manrique**

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo / [manrique@pucsp.br](mailto:manrique@pucsp.br)

## Resumo

Estratégias pedagógicas utilizadas pelo educador são estímulos que reorganizam o desenvolvimento do sistema nervoso, atuando nas transformações neurobiológicas que produzem aprendizagem. A partir da relação das habilidades neurocognitivas típicas da educação matemática (contagem, seriação e complementaridade) com o processo de musicalização, foram observados avanços positivos no desenvolvimento do conceito numérico e nas funções executivas (atenção e memória). Este texto descreve primícias de investigação do doutoramento acerca da abordagem neurocognitiva de intervenção da musicalização para o ensino de matemática, tomando-se como fio condutor, a neurociência. Para esta identificação foram realizadas atividades de musicalização (ritmo-som-corporeidade) com alunos da primeira série do ensino fundamental e observado o relato da professora regente.

**Palavras-chave:** Conceito Numérico; Habilidades Neurocognitivas da Matemática; Musicalização (Ritmo-Som-Corpo); Funções Executivas (Atenção e Memória).

## Introdução

É definido como neurociência o estudo científico do sistema nervoso. Tradicionalmente vista como um ramo da biologia, hoje é considerada uma ciência interdisciplinar que colabora com vários campos do conhecimento, como a química, engenharia, educação, antropologia, psicologia, filosofia e áreas afins. As técnicas usadas pelos neurocientistas foram expandidas com o avanço da tecnologia do imageamento da anatomia, fisiologia, tarefas sensoriais e motoras do cérebro. A década de 1990 ficou marcada como a “década do cérebro”, com o desencadeamento da aplicação de verbas em pesquisas em neurociências do governo norte-americano.

A visão atual, fruto do intenso desenvolvimento da neurociência e da ciência cognitiva revela o cérebro semelhante a um ecossistema (MUSZKAT, 2005), determinante para a vida humana, possuindo características de um sistema integral e relacional, podendo ser comparado a uma orquestra sinfônica.

Portanto, áreas como a neuropsicologia e neuroeducação, voltam-se para a compreensão de seu desenvolvimento e, principalmente, na identificação de elementos que possam contribuir para sua plasticidade com vistas às aprendizagens, inclusive na compreensão dos distúrbios e doenças que possam afetar o aprendizado dos alunos, como na dislexia, discalculia, gagueira, desordem de atenção e hiperatividade, disfunção cerebral mínima, deficiência mental, dificuldades de aprendizagem, deficiências da visão e audição, lesões cerebrais, dispraxia, doenças mentais como depressão, ansiedade, e outras.

Neste sentido, as discussões em torno do processo ensino-aprendizagem e da competência matemática remontam a longa data. Já no final do século passado, por exemplo, Edward L. Thorndike (1874 - 1949), um dos autores de referência na história da psicologia científica, publicava livro acerca dos fundamentos da aprendizagem em geral, e da aprendizagem da aritmética em particular, formulando etapas essenciais para resolução de problemas, que naturalmente não poderia deixar de refletir sobre a competência da resolução dos problemas matemáticos. Uma das inabilidades mais investigadas pela neuroeducação, no aprendizado da matemática, é a chamada “ansiedade matemática”, apesar de não ser a única responsável pela diferença de rendimento, sabe-se que grande número de estudantes apresentam sintomas ansiosos que afetam a memória de trabalho, essencial para a estruturação do pensamento matemático, o que também pode ser explorado pelos estudos acerca da musicalidade e emoção.

Questões importantes fortalecem os estudos acerca de matemática/música, entre elas, a busca de fundamentos científicos referentes a neurocognição e neuropedagogia na internalização de conceitos e construção de conhecimentos. Habilidades lógico-matemáticas requerem estruturação didática para o desenvolvimento de conceitos que compõem a faculdade intelectual valorizada pela cultura e sociedade ocidental. Na dinâmica ensino-aprendizagem esta afirmação evidencia-se em distintas circunstâncias, tais como: resolução de problemas, abordagens de conteúdos significativos, estratégias de estimulação à atenção e memorização, processos de planejamento didático e avaliação, enfim, procedimentos didáticos em geral. Algumas reflexões acerca dos desafios de aprender e ensinar matemática nas séries iniciais do ensino fundamental envolvem desde a estruturação curricular dos cursos de formações de professores até a construção de identidades individuais e coletivas constituídas de seus conhecimentos teóricos e reflexão de suas práticas. A ideia é contribuir na atualização de matemática do professor dos anos iniciais do ensino fundamental para que sua atuação seja crítica, participativa e competente, tornando-se sujeito de sua prática, com identidade de pesquisador e desenvolvimento permanente de autonomia consciente e argumentativa, tendo em vista as características e especificidades dos alunos, assim como a prática voltada para os processos educativos de inclusão.

A pesquisa advinda da área de Ensino, situada no campo da Educação Matemática, está vinculada à linha de pesquisa: “A Matemática na Estrutura Curricular e Formação de Professores”, do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, no grupo de pesquisa

cadastrado no CNPq: “Professor de Matemática: formação, profissão, saberes e trabalho docente”, que concentra estudos e pesquisas nos processos de aprendizagem da docência e nas questões relativas à constituição da identidade e da profissionalização, dos saberes e do trabalho dos professores que ensinam Matemática. Busca-se através da neurociência, enquanto ciência interdisciplinar e colaboradora de vários campos referentes ao comportamento humano, à investigação acerca dos processos neurocognitivos da aprendizagem matemática; a investigação acerca dos processos neurocognitivos e neurobiológicos dos efeitos da estimulação através da musicalização, e a relação entre eles, norteados pela questão de pesquisa: De que forma a musicalização pode ser considerada uma abordagem de intervenção neurocognitiva do ensino de matemática?

Elegeu-se para este estudo o aporte teórico de estruturação do pensamento matemático, o Modelo Explicativo do Código Triplo (DEHAENE E COHEN, 1995); como processo mediador, a Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural (FEUERSTEIN, 1996), e como suporte da proposta de intervenção a musicalização composta de qualidades rítmicas, sonoras e psicomotoras (GORDON, 2000; WILLEMS, 1968; SCHAFFER, 1991; LE BOULCH, 1987) para o desenvolvimento das habilidades de contar, seriar e complementar, elementares para a conceituação numérica.

## **Neurocognição Matemática**

A atividade matemática tem sido estudada por educadores, matemáticos, psicopedagogos e neuropsicólogos que buscam a identificação dos fatores subjacentes a esta atividade ou, mais precisamente, ao ‘aprender matemática’. A identificação das funções neuropsicológicas envolvidas deve contemplar as funções cognitivas necessárias e constituintes desta competência, abrangendo um campo científico muito mais amplo do que discutir, apenas, sobre o domínio dos algoritmos aritméticos e realização de cálculos aritméticos; diz respeito também aos sistemas matemáticos de representação utilizados como ferramentas ao possuir uma forma específica de conceituar e de representar o mundo; ao estabelecer relações entre a realidade e a sua representação e entre os diversos elementos desta realidade; ao ser capaz de operar sobre situações; ao estabelecer relações numéricas e espaciais, recorrendo às convenções da cultura; ao possuir ferramentas de pensamento apropriadas utilizando estratégias mentais adequadas. Desse modo, utilizando uma afirmação de Nunes e Bryant (1997), não é suficiente aprender procedimentos, é necessário transformar esses procedimentos em ‘ferramentas de pensamento’.

Para o desenvolvimento das habilidades matemáticas é necessária a fusão integral e relacional entre as nossas capacidades numéricas específicas com as capacidades cognitivas, chamadas funções executivas, definida por Muszkat (2008) como processos mentais descritos como associados ao pensamento que se relacionam com habilidades de planejamento e a utilização de estratégias para a resolução de problemas visando metas. Dentre essas, a Atenção Seletiva e Memória Operacional.

O cálculo é uma função cerebral complexa, em que numa operação aritmética simples, vários mecanismos são envolvidos como: a) o processamento verbal e/ou gráfico da informação; b) percepção (aspectos da discriminação, memória auditiva e visual, memória sequencial, coordenação visomotora, orientação espaço-temporal e controle dos movimentos); c) reconhecimento e produção de números; d) representação número/símbolo; e) discriminação visuo-espacial; f) memória de curto e longo prazo; g) raciocínio sintáxico; h) atenção (BASTOS, 2007).

Estudos neuropsicológicos têm ampliado a compreensão sobre a ‘arquitetura neuronal’ da atividade matemática. A existência de diferentes dissociações entre leitura e escrita de números, por exemplo, seja com relação ao uso da notação arábica ou mediante o uso de palavras, assim como entre as diferentes operações aritméticas, têm sugerido que cada uma destas habilidades está associada a redes neuronais altamente especializadas e relacionadas entre si. Dependendo do tipo de tarefa, do tipo de *input* e de *output*, a informação percorrerá circuitos ou módulos cerebrais diferentes, identificados através de modelos explicativo sobre cognição matemática de repercussão propostos na literatura científica, como o Modelo do Código Triplo (DEHAENE E COHEN, 1995).

O Modelo de Código Triplo (Triple - Code Model), proposto por Dehaene e Cohen (1995) postula a existência de três diferentes códigos para representar números mentalmente: um código auditivo verbal, um código arábico visual e um código de magnitude analógico. A comunicação entre essas representações é realizada por meio de caminhos de tradução. O modelo especifica quais códigos internos são utilizados para quais operações numéricas, indicando que as mesmas representações de base são usadas em uma dada tarefa toda vez que for apresentado um formato de numeral. Nessa perspectiva, o código verbal é usado para a contagem e recuperação de fatos aritméticos, enquanto cálculos com muitos dígitos e julgamentos de paridade são mediados através do código arábico. A magnitude analógica representa a semântica numérica, a noção de quantidades e é empregada para comparação de magnitudes, estimações e cálculos de quantidade aproximada. No Modelo de Código Triplo há, portanto, o assentimento de um código verbal, ou seja, uma representação verbal entre as representações de base para a aritmética.

Uma representação de funcionamento verbal dos números implica na aquisição do sistema de números sob a forma de palavras de uma determinada língua, e do estabelecimento de uma ligação entre a palavra que designa o número e um sistema de número simbólico, como, por exemplo, o sistema indo-arábico. A transformação de um código numérico para outro é chamada de transcodificação. Por exemplo, a leitura em voz alta de um número em sua representação arábica seria a transcodificação de um número do código arábico para o verbal, ao passo que escrever os números ditados seria a transcodificação de um código verbal – nome do número – para um numeral arábico (BASTOS, 2007). Na representação cognitiva aritmética de base do código verbal, além da habilidade de transcodificação numérica, estão inseridas habilidades de cálculos de multiplicação e adição. Estima-se que o canal auditivo seja a entrada sensorial para os estímulos onde pulso e unidade sonora poderão estabelecer uma relação numérica, promovendo e organizando aprendizagens.

## Musicalização e Processos Cognitivos da Aprendizagem

Diante das abordagens teóricas de Edgar Willems (1968, 2002) e Edwin Gordon (2000, 2008) e as afirmações das pesquisas neurológicas do Dr. Mauro Muszkat (2008, 2010, 2012), o termo musicalização será invocado para expressar vivências associadas aos elementos rítmicos e sonoros presentes na musicalidade corporal (motricidade) (Le Bouche, 1987) e diversidades rítmicas e sonoras como estratégias do processo ensino-aprendizagem da matemática.

Diferenciando do ofício de ensinar música, destaca-se como primeira necessidade, a criação de um ambiente escolar musical saudável, pois envolve, de forma elaborada, a escuta (sensibilização sonora); a projeção espontânea e livre (expressão rítmica, sonora e corporal); as elaborações neurocognitivas (funções cognitivas - transcodificação) e a interação (integração com o meio - elaborações internas contextualizadas).

Os mecanismos didáticos da musicalização são vivenciados através da: 1) Escuta Sonora Sensível, refere-se ao processo de *audibilização* (Edwin Gordon, 2008) que abrange: percepção auditiva, memória auditiva, discriminação auditiva, figura-fundo auditiva, pulsação rítmica, direcionamento autônomo do foco de atenção e concentração sonora, contenção corporal, controle inibitório, sensibilidade musical para a identificação das características sonoras (altura, timbre, intensidade e andamento) referentes à linguagem musical com vistas à organização mental com fins à aprendizagem matemática; 2) Biorritmo Natural e Sugerido (Willems, 2002), refere-se ao respeito à liberdade individual de expressão sonora utilizando-se da projeção através da percussão corporal, abrangendo: coordenação rítmica, improvisação musical; interpretação musical; composição e instrumentalização musical e produção cultural; 3) Embalo e Relaxamento com vistas à percepção social - a música como instrumento afetivo das relações sociais (vínculos), destacando a harmonia dos aspectos necessários à saúde mental e emocional para o desenvolvimento da personalidade humana e sua convivência em sociedade.

Ainda, segundo Muszkat (2008), a alça fonológica é o sistema da memória operacional que se relaciona com a linguagem e armazena palavras faladas e sons significativos. Daí afirmar que a memória, através da impressão sonora (musicalização), armazena sons significativos bastante para emocionar e sensibilizar a ponto de determinar e/ou produzir e/ou formatar, comportamentos, sendo possível a estimulação da memória operacional através da audição. A contribuição da musicalização para o processo de aprendizagem é também nas correlações cerebrais para a extensão do armazenamento na memória, utilizando uma nova forma de registro: o som.

Para a fundamentação e mediação da relação entre os processos neurocognitivos matemáticos e musicalização utilizar-se-á como suporte a Teoria da Modificabilidade Estrutural Cognitiva, de Reuven Feuerstein (1996, 2002, 2007, 2009) que assim como Vygotsky, só vê o desenvolvimento das fases da estrutura e dos níveis da inteligência como causados pela intervenção cultural dos mediadores e não apenas pela maturação biológica. Para Feuerstein, toda operação mental se revela como uma sequência de funções cognitivas para organizar de determinado modo uma realidade. Afirma que os

objetivos pedagógicos são essenciais para uma aprendizagem significativa por ele denominada Experiência de Aprendizagem Mediada (EAM).

Segundo Feuerstein, o professor mediador deve enxergar além da transmissão de conhecimentos, seu foco está nos processos acionados pelo pensamento dos alunos ao tratarem os conteúdos, vistos aqui como meios para o desenvolvimento cognitivo e não como fins em si mesmos. Portanto, pergunta-se de que modo educadores poderiam atuar visando desenvolvimento do potencial cognitivo autopropiciado, autorregulado e multidimensional de seus mediados? Por Modificabilidade Cognitiva Estrutural, entende-se uma tendência, uma propensão do sujeito a assimilar e acomodar os objetos do conhecimento de modo que cause impacto em toda a rede estrutural cognitiva relacionada com aquela realidade. O sujeito aqui aprende mais, além do mero aprendizado local. Do objeto, ele retira informações e relações internas, relaciona com informações e relações implícitas em seus esquemas prévios, revisa e remodela toda a realidade construída anteriormente (reaprende o aprendido) e modifica sua maneira de organizar todos os objetos futuros que estejam ligados àquele presente no momento da aprendizagem. Assim realizado, afirma-se que ocorreu uma Modificação da Estrutura Cognitiva, sendo que modificabilidade é uma tendência autônoma do sujeito a realizar tal modificação diante da necessidade de conhecer o novo.

Feuerstein (1996, 2002, 2007, 2009) indaga sobre a possibilidade dos educadores realizarem mudanças na maneira das pessoas que sofrem de rigidez cognitiva aprenderem. Caso fosse possível gerar modificabilidade, isso significaria flexibilizar estruturas, ativar ações mentais internas que, mais do que gerar mera assimilação e acomodação dos objetos, pudessem ainda provocar uma intensa mudança no modo de organizar outras realidades, tanto as já aprendidas como as que estariam por vir, quando surgisse um novo objeto, uma nova situação exigente de adaptação e superação. Também respaldado pelos estudos de Vygotsky, vislumbrou o início de uma saída, a ser colocada em prática por instrumentos aplicáveis por educadores em todo o mundo, através da mediação.

### **Descrição da Prática – JOGO DA FILA**

Atividades realizadas com 20 alunos do primeiro ano do ensino fundamental, durante 16 semanas, no período de uma hora semanal, nas aulas de musicalização infantil. Os alunos tinham entre 6 e 7 anos de idade.

- a) Marcação com palmas, pés e sílabas de ritmos binários (dois pulsos), ternários (três pulsos) e quaternários (quatro pulsos) através de escuta e percepção de músicas instrumentais infantis do nosso folclore;
- b) Em fila, escutaram a marcação do ritmo do professor que estava como primeiro da fila, andaram conforme o ritmo estabelecido batendo pés; variando a marcação com associações de palmas e sílabas;
- c) Professor alterava os ritmos fazendo uma pausa quando os alunos não sincronizavam, para que se organizassem através da escuta, ao iniciar uma nova sequência; (A atividade exigiu concentração na escuta e contenção

corpórea, uma vez que não tinham acesso no campo visual do corpo do professor, restando a escuta como base referencial de alteração dos ritmos)

- d) Após a atividade, sentaram em roda e relatam o que fizeram e sentiram, livremente.
- e) Professor revisou os conceitos da aula anterior cujo tema foi: **Onde está a matemática?**
- f) Individualmente, alunos relataram onde e como (em que momento ou qual elemento) perceberam a “matemática” na atividade realizada.

(Logicamente, cada um relatou percepções variadas, podendo-se observar: relação número quantidade; duração de sons e variação de pulsação)

- g) A partir dos relatos foi sugerido por um dos alunos que “criassem” um jogo, que denominou de “Jogo da Fila”, que envolvesse a prática rítmica da expressão  $2 + 2 + 3 + 3 + 3 + 4 + 4 + 4 + 4$ , afim de encontrarem o resultado a partir das vivências da fila.
- h) Após todos vivenciarem a fila com os ritmos da expressão acima, foram divididos em 4 grupos de 5 alunos, onde 2 deles teriam a função de registrar na folha de papel a expressão vivenciada pelos outros 3 da equipe. Este registro serviu de base para a soma proposta, após a tentativa do cálculo mental.
- i) Ao final, todos os grupos apresentaram a vivência, as expressões escritas e relataram oralmente, a sua auto-avaliação, que envolveu o desempenho da equipe pertencente; a metodologia adotada na realização da atividade; e o resultado, conferido pela calculadora, neste momento.

### **Indicação dos Resultados – Observação da professora regente**

A professora regente acompanhou todos os encontros, participando e registrando suas observações acerca da associação número-quantidade, seriação de numerais com os ritmos, e a complementaridade entre a atividade vivida, descrita e registrada (forma da escrita numérica apresentada pelos alunos). Teve oportunidade de reforçar as vivências e orientações durante as aulas de matemática na semana, inclusive com a realização da “fila” com as sequencias separadas. Inserindo em seu planejamento variações do “Jogo da fila” para a consolidação do conceito numérico.

Segundo a professora, alunos sugeriram a criação do “**Jogo da Fila pra trás**”, onde o processo seria reverso, com a subtração.

### **Considerações Finais**

Observou-se através da prática descrita elementos conectores entre a musicalização, enquanto processo neurocognitivo, e a estimulação do desenvolvimento das habilidades matemáticas.

Evidentemente, retratam indícios importantes, porém, imaturos, que demandam o aprofundamento da proposta investigação, porém é importante destacar alguns deles além da motivação emocional e social, como: 1) a associação de uma unidade e a marcação de um pulso; 2) a organização dos ritmos binários por duas vezes, depois o ritmo ternário por três vezes, depois o ritmo quaternário por quatro vezes contribuindo para a habilidade de seriação e ordenação com critérios matemáticos; 3) além disso propriedades aditivas e multiplicativas através do cálculo numérico a partir da escuta rítmica e produção sonora.

As funções executivas estimuladas tanto na vivência quanto no registro e suas elaborações, na qual destacam-se pela condição de realização, foram atenção e memória.

## Referências

BASTOS, J.A. **O cérebro e a matemática**. São José do Rio Preto, Edição do Autor, 2007.

DEHAENE, S., COHEN, L. **Towards an anatomical and functional model of number processing**. Mathematical Cogn. 1995.

GOMES, C. M. A. **Feuerstein e a construção mediada do conhecimento**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

GORDON, E. E. **Teoria de Aprendizagem Musical: Competências, conteúdos e padrões**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000.

LE BOULCH, J. **Educação Psicomotora: a psicocinética na idade escolar**. Trad. de Jeni Wloff. Porto Alegre: Artmed, 1987.

MUSZKAT, M. Mello, C.B., MIRANDA, M.C. **Neuropsicologia do Desenvolvimento Conceitos e Abordagens**. São Paulo: Memnon, 2005.

MUSZKAT, M. Mello, C.B. **Neuropsicologia do desenvolvimento e suas Interfaces**. Vol 1. São Paulo: All Print Editora, 2008.

\_\_\_\_\_. **Neuropsicologia do desenvolvimento e suas Interfaces**. Vol 2. Conceitos: São Paulo: Editorama, 2010.

NUNES, T., BRYANT, P. **Crianças fazendo matemática**. Porto Alegre: Editora: Artes Médicas, 1997.

SCHAFER, M. **O Ouvido Pensante**. Trad. de Marisa Fonterrada. São Paulo: Editora Unesp, 1991.

TZABAN, N. **Teoria de la modicibabilidade cognitiva estructural**: San Cayetano Alto - Loja: Universidade Técnica Particular de Loja, 2009. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=xKtUZz2d-WM&feature=search>. Acesso em 29 de junho de 2014.

WILLEMS, E. **As Bases Psicológicas da Educação Musical**. Suíça. Trad. Ed. Pró Musica, Bienne, 1968.