

Cognição Numérica: contribuições da pesquisa à clínica

Flávia Heloísa dos Santos; Fabiana Silva Ribeiro; Paulo Adilson da Silva; Rosana Satiko Kikuchi; Juliana Molina; Marina Cury Tonoli

Como citar: SANTOS, Flávia Heloísa dos. *et al.* Cognição Numérica: contribuições da pesquisa à clínica. *In:* PRADO, Paulo Sérgio Teixeira; CARMO, João dos Santos (org.). **Diálogos sobre ensino-aprendizagem da matemática:** abordagens pedagógica e neuropsicológica. Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016. p. 63-98.
DOI: <https://doi.org/10.36311/2016.978-85-7983-760-9.p63-98>



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported.

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição - Uso Não Comercial - Partilha nos Mesmos Termos 3.0 Não adaptada.

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported.

CAPÍTULO 3

COGNIÇÃO NUMÉRICA: CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA À CLÍNICA

Flávia Heloísa dos Santos

Fabiana Silva Ribeiro

Paulo Adilson da Silva

Rosana Satiko Kikuchi

Juliana Molina

Marina Cury Tonoli

INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta conceitos elementares relacionados à Cognição Numérica, por exemplo, cálculo e processamento numérico e os modelos de representação numérica. No que concerne ao desenvolvimento, parte de uma capacidade observável na fase pré-verbal, inata para manipular pequenas quantidades sem necessidade do recurso da contagem, denominada senso numérico; capacidade esta que seria estimulada na fase escolar e culminaria no desenvolvimento da linha numérica mental que é um produto da experiência. Défices no funcionamento do senso numérico e problemas específicos no desenvolvimento de habilidades matemáticas podem produzir a Discalculia do Desenvolvimento (DD). Este capítulo se subdivide em duas partes, a primeira apresenta os estudos internacionais sobre aspectos culturais e emocionais relacionados às habilidades matemáticas, além de discutir as implicações educacionais e neuropsicológicas da DD, principalmente durante a fase escolar, período em que o transtorno se

manifesta de forma mais pronunciada. Na segunda parte será apresentada uma breve coletânea de pesquisas brasileiras, sobre o desenvolvimento da Cognição Numérica, bem como os fatores que influenciam o seu rendimento: idade, gênero, ambiente, método de ensino, nível socioeconômico e estimulação musical.

CONCEITOS ELEMENTARES

A *matemática*, segundo Haskell (2000), é definida como um conjunto de estruturas formais baseadas em regras particulares derivadas a partir de um raciocínio compatível com um grupo de verdades lógicas, o qual demanda habilidades cognitivas de alto nível para a manipulação de operações matemáticas, compreensão conceitual e resolução de problemas. A *aritmética* consiste no entendimento de fatos numéricos, contagem, classificação ordinal, leitura e manipulação dos símbolos e o conhecimento das regras que regem as quatro operações básicas.

Cognição Numérica é a parte das neurociências que estuda as bases cognitivas, neurais e do desenvolvimento dos números e matemática. É influenciada por fatores biológicos, cognitivos, educacionais e culturais (COHEN; WALSH, 2009) e se constitui de dois sistemas denominados primário (DEHAENE, 1997) e secundário (McCLOSKEY; CARAMAZZA; BASILI, 1985).

Com relação ao *sistema primário*, Dehaene (1997) difundiu o conceito de Senso Numérico (*Number Sense*), que seria uma capacidade inata para reconhecer, comparar, somar e subtrair pequenas quantidades sem recurso da contagem; a partir das experiências escolares uma Linha Numérica Mental (*Mental Number Line*) que é orientada espacialmente e representa quantidades se ampliaria progressivamente. Podemos exemplificar o senso numérico pela capacidade para responder, se a quantidade 3 está mais próxima de 1 ou 10, enquanto que a linha numérica mental pode ser ilustrada pela capacidade de identificar em um mapa a distância real entre duas cidades, a partir de uma escala cartográfica. O senso numérico é considerado de extrema importância para o desenvolvimento das habilidades matemáticas de modo que crianças com dificuldades matemáticas

desenvolvem mais lentamente a capacidade de perceber diferenças de magnitude numérica (DEHAENE, 2001)

Em relação ao *sistema secundário*, McCloskey, Caramazza e Basili (1985) estabeleceram que o *cálculo* refere-se à realização de operações matemáticas principais como adição, subtração, multiplicação e divisão, por meio de símbolos (por exemplo, +, -, × ou ÷) ou palavras (por exemplo, mais, menos, vezes, dividir), à recuperação desses e de outros fatos aritméticos básicos e à execução de procedimentos de cálculos aritméticos. Por outro lado, o *processamento numérico* refere-se tanto ao entendimento da natureza dos símbolos numéricos associados às suas quantidades, quanto à produção numérica em forma de leitura, escrita e contagem de quantidades.

Os sistemas da cognição numérica foram esquematizados na Figura 1.

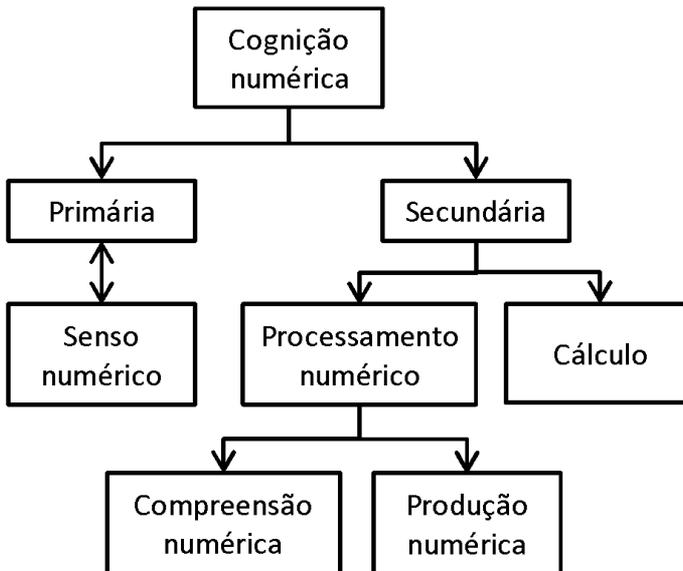


Figura 1: Organização dos sistemas da Cognição Numérica

Fonte: elaboração própria.

DESENVOLVIMENTO DA COGNIÇÃO NUMÉRICA

A capacidade numérica – que corresponde à compreensão implícita¹ de numerosidade, ordinalidade, contagem e aritmética simples – aparece desde o início do desenvolvimento humano e está presente também de outras espécies animais, sugerindo sua abrangência universal (GEARY, 2000). Wynn (1992) demonstrou que bebês de 5 meses de idade podem calcular os resultados de operações aritméticas simples em um pequeno número de itens. Isto indica que os seres humanos são naturalmente dotados de habilidades aritméticas, e que antes do primeiro ano de vida já estão ativos conceitos numéricos elementares. Este processo decorre da capacidade de subtização (*subitizing*) que é a habilidade de quantificar um pequeno número de itens sem uma contagem consciente, que pode envolver o reconhecimento de padrões perceptuais holísticos que não revelam relações ordinais entre os números. A subtização seria um processo que codifica a informação ordinal, e não um procedimento de reconhecimento de padrões, pois produz percepções não-numéricas.

Shinsky et al. (2009) evidenciaram que crianças de três anos possuem melhor capacidade para fazer cálculos de adição do que de subtração, por meio de representações aritméticas não simbólicas. Barth et al. (2006) verificou que crianças de cinco anos de idade são capazes de realizar operações básicas de aritmética (soma e subtração) com estímulos não simbólicos (em padrão de pontos), sugerindo seu desenvolvimento durante a infância. Crianças em torno dos oito anos de idade conseguem escrever quantidades numéricas de três dígitos, reconhecer aritmética, símbolos e realizar exercícios elementares em adição e subtração. Outras competências como a habilidade para a multiplicação e a divisão são adquiridas entre 9 e 12 anos de idade (DEHAENE, 1997; GEARY, 2000). No ensino médio, a complexidade desses processos aumenta, adquirindo procedimentos de várias etapas e em adultos as habilidades quantitativas são ligadas àquelas adquiridas no ensino fundamental e médio (GEARY; FRENCH; WILEY, 1993). Decorre que, indivíduos idosos (61 a 80 anos) apresentam melhor desempenho do que indivíduos jovens (18 a 38 anos) na resolução de contas de subtração (GEARY; FRENCH; WILEY, 1993) e adição (GEARY;

¹ Capacidade implícita diz respeito a uma intuição numérica, em outras palavras, a uma aritmética aproximada presente no *homo sapiens*. Constitui-se de um processo rápido, automático, e inacessível à introspecção (DEHAENE et al. 2008). Este termo corresponde, ainda, ao senso numérico.

WILEY, 1991), devido à maior prática na utilização de estratégias de resoluções aritméticas.

MODELOS DE COGNIÇÃO NUMÉRICA

Dehaene e Cohen (2000) propuseram o Modelo do Código Triplo que postula três principais representações dos números: visual arábico, verbal e analógico. Pode-se passar da forma verbal à forma visual (escrever sob ditado) e inversamente (ler os números arábicos) sem necessariamente ativar a “representação analógica das quantidades numéricas” (sem associar os números à quantidade que eles representam).

Von Aster e Shalev (2007) defendem que as habilidades numéricas inatas, assim como o senso numérico, sofreriam uma transição a partir da fase pré-verbal, passando pela fase escolar até a idade adulta que culminaria no desenvolvimento da linha numérica mental. Os autores postulam que a linha numérica mental é um produto da experiência e do desenvolvimento neurológico a qual depende tanto de um sistema numérico intacto quanto do desenvolvimento de habilidades visuoespaciais, da linguagem e da memória operacional, as quais ocupam lugar importante durante a pré-escola e ensino fundamental. Ashkenazi, Mark-Zigdon e Henik (2009) constataram que crianças com DD apresentam maior número de erros na comparação numérica entre números de um dígito e maior tempo de reação na comparação de números de dois dígitos em relação a crianças do grupo controle. Os autores atribuíram este resultado a uma dificuldade para a diferenciação de quantidades nas crianças com DD, que é associada à linha numérica mental e envolve a capacidade de representação analógica de magnitudes numéricas (DEHAENE, 1992).

As habilidades básicas requeridas durante a infância são frequentemente interpretadas como conhecimento fundamental no processamento numérico e em tarefas aritméticas. Dessa forma, pesquisas recentes têm sugerido que um déficit desde o nascimento na formação da unidade numérica (BUTTERWORTH, 1999), ou no senso numérico (DEHAENE, 1992; WILSON; DEHAENE, 2007) estaria subjacente aos problemas específicos do desenvolvimento de habilidade matemáticas, ou seja, à DD (LANDERL; KÖLLE, 2009).

Segundo Von Aster e Shalev (2007) o Modelo de Desenvolvimento para a Aquisição de Habilidades Numéricas constitui-se de quatro passos e estes permitem possíveis previsões quanto às disfunções neuropsicológicas associadas à DD. A Figura 2 apresenta os quatro passos do desenvolvimento, conforme o modelo de cognição numérica proposto pelos autores.

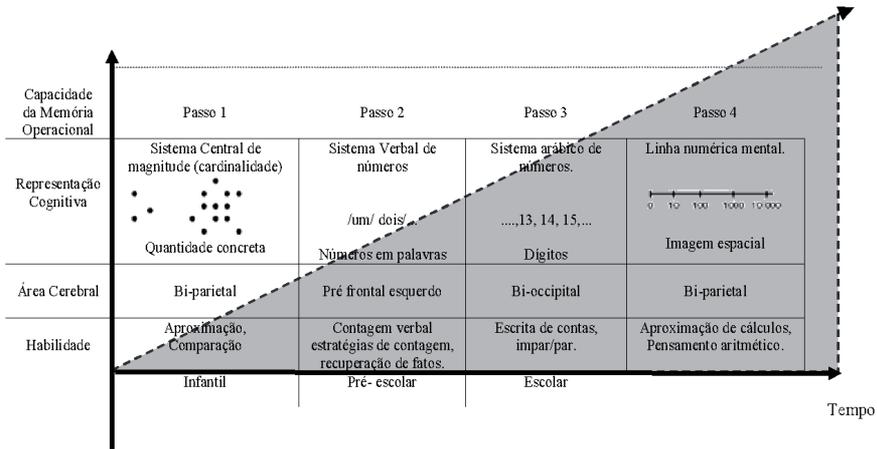


Figura 2: Modelo de desenvolvimento para a aquisição de habilidades numéricas

Fonte: adaptado de Von Aster & Shalev (2007); (Santos, Kikuchi & Ribeiro, 2009).

É importante salientar que este modelo está em convergência com os modelos propostos por Dehaene (1997), onde o passo 1 corresponderia ao senso numérico mental e o passo 4 a linha numérica mental, além disso o constructo teórico das baterias Zareki está orientado pelo modelo do código triplo, explicitado acima (DEHAENE; COHEN, 2000; VON ASTER, 2000), sendo compatível com o Modelo de Desenvolvimento para a Aquisição de Habilidades Numéricas. Os três módulos funcionam de maneira autônoma, interconectada e são ativadas de acordo com as necessidades particulares de cada tarefa e constituem o sistema de processamento numérico e cálculo. Desta forma, as habilidades de aproximação e comparação numérica dependem de um módulo análogo, considerando as habilidades como as de contagem (em operações como as de adição e subtração) dependem do módulo verbal. As operações com diversos dígi-

tos e atividades de julgamento contam o módulo arábico visual, em que os números são representados pelo código Arábico (VON ASTER, 2000).

A memória operacional (*working memory*) é um modelo teórico de múltiplos componentes que representa a função de armazenar e manipular informações auditivo-verbais (alça fonológica) e não-verbais (esboço visuoespacial) por curtos períodos de tempo, as quais são integradas em episódios coerentes (retentor episódico) e dependem de recursos atencionais (executivo central) (BADDELEY; HITCH, 1974). O processo de aprendizagem matemática parece estar fortemente associado ao desenvolvimento da capacidade de memória operacional (GATHERCOLE; ALLOWAY, 2004; GEARY, 2000; DUFF; LOGIE, 2001; GATHERCOLE et al., 2006), sendo que a realização do cálculo numérico dependeria da ativação de componentes da memória operacional (HITCH; McAULEY, 1991; ALLOWAY, 2006; RUBINSTEN; HENIK, 2009).

Hitch e McAuley (1991) não observaram prejuízos em tarefas de *span* de dígitos, que avalia a alça fonológica em crianças com dificuldades específicas na aprendizagem da aritmética, por outro lado, Duff e Logie (2001) destacaram a importância da memória operacional para o entendimento das operações envolvidas no cálculo, sugerindo assim, que os processamentos de componentes complexos verbais em tarefas de *span* são apoiados pelo executivo central, enquanto que o armazenamento é fornecido pela alça fonológica, destacando então componentes na memória operacional. Outro estudo demonstrou que crianças com DD, apresentam défices em memória operacional para informações visuoespaciais (SILVA; SANTOS, 2011; SILVA; RIBEIRO; SANTOS, 2015).

DISFUNÇÕES DA COGNIÇÃO NUMÉRICA

Acalculia. Refere-se a uma condição em que pacientes com habilidades normais para cálculos desenvolvem prejuízos no processamento numérico como consequência de uma lesão cerebral (HEILMAN; VALENSTEIN, 2003). Três subtipos foram postulados por Hécaen et al. (1961): i) Acalculia com alexia e agrafia para números: prejuízo para ler ou escrever números, associado a lesões no hemisfério esquerdo (principalmente parietal); ii) Acalculia de tipo espacial: prejuízos na organização espacial de

números, com desalinhamento numérico e inversão dos números, associados a lesões no hemisfério direito; iii) Anaritmética: é diagnosticada quando a acalculia não corresponde às outras duas definições. Denota a discalculia primária, causada por lesões no hemisfério esquerdo e eventualmente por lesões no hemisfério direito. Classicamente a acalculia é associada a lesões no lobo parietal esquerdo e às afasias; contudo, a acalculia pode ser decorrente de danos cerebrais em áreas distintas de cada hemisfério.

Síndrome de Gerstmann. É a constatação de quatro sinais neuropsicológicos identificados (MAYER et al., 1999; MORENO et al., 1991): 1) agnosia digital (falta de habilidade para reconhecer, identificar, diferenciar, nomear, selecionar, determinar e orientar os dedos de maneira normal); 2) desorientação direita-esquerda (incapacidade para nomear ou determinar o lado direito e esquerdo dos objetos, incluindo as partes do corpo); 3) agrafia (alteração da linguagem escrita secundária por uma lesão cortical); 4) acalculia.

Discalculia do Desenvolvimento (DD). Também denominada Transtorno Específico da Habilidade em Aritmética (CID-10; OMS, 1993) e Transtorno Específico de Aprendizagem (DSM-5; APA, 2013) é caracterizada como dificuldade para realizar operações elementares de adição, subtração, multiplicação e divisão, sem que isso seja resultado de um ensino inadequado ou deficiência intelectual exclusivamente (F81. 2, OMS, 1993); o diagnóstico requer que tais operações sejam aferidas por testes padronizados² (315.1; APA, 2013). Este transtorno pode também influenciar de maneira consistente nas atividades da vida diária do indivíduo afetado, particularmente as atividades acadêmicas (HAASE; SANTOS, 2014). A DD é um prejuízo persistente, associado à desatenção, escrita pobre e ao Quociente Intelectual (QI) mais baixo (SHALEV; MANOR; GROSS-TSUR, 2005).

Segundo Landerl et al. (2009) a DD seria proveniente de uma modulação deficiente dos números. Recentemente, discute-se se a DD seria uma desordem múltipla ou única (KAUFMANN, 2008). Rubinsten

² Instrumentos utilizados internacionalmente: Bateria de testes de compreensão de cálculos (Benton, 1963); *KeyMath-R*, *Keymath Diagnostic Arithmetic Test-Revised* (Connolly, 1991), *PIAT-R*, *Peabody Individual Achievement Test-Revised* (Markwardt, 1989). Entretanto, não se tem, até o presente momento, conhecimento sobre estudos quanto à validação e a adaptação dos mesmos em nosso país. No Brasil, há estudos sendo conduzidos com as baterias Zareki-K e Zareki-R.

e Henik (2009) propuseram uma diferenciação entre DD e problemas de aprendizagem da matemática. A primeira seria uma dificuldade específica no processamento quantitativo uma DD pura, baseada no modelo de cálculo de Dehaene e Cohen (2000) sugerem que a DD é causada por um déficit no “senso numérico”, com substrato em regiões cerebrais intraparietais (BUTTERWORTH, 2005; LANDERL; BEVAN; BUTTERWORTH, 2004). A segunda seria causada por défices cognitivos em outras habilidades cognitivas como: (i) baixa capacidade de representação verbal simbólica; (ii) funções executivas prejudicadas, (iii) baixa capacidade de atenção visuoespacial (WILSON; DEHAENE, 2007). De acordo com Landerl, Bevan e Butterworth (2004), os subtipos de DD podem ser descritos em comorbidade com outros Transtornos do Desenvolvimento Psicológico (OMS, 1993).

Estudos recentes têm demonstrado que indivíduos com DD possuem desempenho prejudicado em tarefas simples de processamento numérico como: comparar e nomear dígitos, contar em sequência e contar pequenos números de pontos; suas médias estão um, dois, três ou mais desvios padrões abaixo do esperado em comparação às crianças de mesma escolaridade (LANDERL; BEVAN; BUTTERWORTH, 2004; ROUSSELLE; NOËL, 2007; LANDERL et al., 2008; LANDERL; KÖLLE, 2009; SILVA; SANTOS, 2011; SILVA; RIBEIRO; SANTOS, 2015). A DD se manifesta nos primeiros anos escolares e possui como características: problemas na recuperação da aritmética básica e em exercícios de computação aritmética (GEARY, 1994). As crianças entre 9 e 10 anos podem apresentar graves dificuldades para aprender aritmética e compreender algoritmos de adição, subtração, multiplicação e divisão. No entanto, ao longo dos anos elas podem adquirir conceitos básicos e escrever números, ler, ou relacioná-los às palavras correspondentes (GROSS-TSUR; MANOR; SHALEV, 1996; SHALEV; MANOR; GROSS-TSUR, 1997). Esse ganho parcial é sugestivo de uma desconexão entre conceitos de numerosidade e de símbolos que dão significado aos números. Enquanto a aquisição do conceito de numerosidade permitiria à criança comparações não simbólicas de números, haveria uma inabilidade para comparar os mesmos números expressos simbolicamente sob a forma de dígitos (ROUSSELLE; NÖEL, 2007).

Trata-se de um Transtorno de Aprendizagem que afeta 5% da população escolar (BADIAN; GHUBLIKIAN, 1983). Estudos populacionais em países como: Estados Unidos, Alemanha, Índia, Israel têm demonstrado que a prevalência de DD atinge cerca de 3 a 6,5% da população (BADIAN; GHUBLIKIAN, 1983; GROSS-TSUR; MANOR; SHALEV, 1996; HEIN; BZUFKA; NEUMARKER, 2000; LEWIS, HITCH & WALKER, 1994; RAMMAA & GOWRAMMA, 2002) enquanto apenas um terço das crianças apresentam DD pura, que corresponde a uma prevalência de 1% (VON ASTER; SHALEV, 2007). Em cerca de 25% dos casos, a DD é comórbida a outros transtornos, principalmente ao Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH) e Dislexia (GROSS-TSUR; MANOR; SHALEV, 1996; KOUMOULA et al., 2004; SILVA; SANTOS, 2011; SILVA; RIBEIRO; SANTOS, 2015). Em geral, crianças com DD em comorbidade com a dislexia são mais comprometidas do que as crianças com DD pura ou em combinação com TDAH (SHALEV; MANOR; GROSS-TSUR, 1997).

A DD é influenciada por fatores genéticos (SHALEV, 2004; HEILMAN; VALENSTEIN, 2003), uma vez que gêmeos monozigóticos e dizigóticos possuem mais probabilidade de desenvolver a DD do que a população em geral (ALARCON et al., 1997). Apesar de crianças com DD apresentarem alterações na morfologia encefálica, como redução de substância cinzenta e branca (ROTZER et al., 2008), outros fatores como privação de ensino, classes heterogêneas e ansiedade podem intensificar a manifestação do transtorno (SHALEV, 2004). Kaufmann (2008) apresenta uma revisão em que se evidencia a associação neurológica e funcional entre dedos e números, de maneira que a utilização dos dedos em tarefas aritméticas subsidiaria a formação da representação mental numérica em crianças escolares.

FATORES QUE INFLUENCIAM A COGNIÇÃO NUMÉRICA

O psicólogo é imprescindível na avaliação diagnóstica da DD, considerando sua competência para ponderar a cerca da interação entre aspectos cognitivos, emocionais e culturais; a avaliação médica será necessária para o diagnóstico diferencial e estudo etiológico por meio de estu-

dos genéticos e de neuroimagem. No entanto, uma equipe interdisciplinar poderá auxiliar em distintos aspectos na intervenção na DD por meio de condutas como discutir com os pais a natureza do prejuízo cognitivo da criança; orientar tanto a criança como os pais e a escola quanto às opções de tratamento mais apropriadas às necessidades da criança e fornecer explicações sobre aspectos neurobiológicos subjacentes ao transtorno e implicações da genética familiar (SHALEV, 2007). No processo diagnóstico, os diversos fatores que podem influenciar o desempenho matemático devem ser considerados, a saber:

Eduacionais. As escolas públicas e privadas possuem propostas pedagógicas diferenciadas, visto que as escolas privadas adotam sistemas de ensino estruturado, caracterizados pelo uso de material próprio e pela organização das aulas, com a adoção das apostilas, criadas para serem utilizadas em aulas do ensino fundamental, médio e de cursos pré-vestibulares, por outro lado, a rede pública de ensino se utiliza do sistema de livros didáticos e possui a progressão continuada (NEVES; BORUCHOVITCH, 2004). Avaliações com a Zareki-R demonstraram desempenho similar nos testes entre crianças das zonas urbanas e rurais (mas que frequentam escolas urbanas), apesar de as crianças da zona rural geralmente apresentarem nível socioeconômico mais baixo. Observa-se, portanto, que o nível socioeconômico de crianças da zona rural não influencia o desempenho delas em aritmética se as mesmas estão submetidas ao mesmo método pedagógico e estimulação educacional que as crianças da zona urbana (SANTOS et al., 2012).

Linguísticos. A linguagem possui influência direta sobre a capacidade de associação verbal e escrita na decodificação dos números (GEARY, 2000). Outro fator linguístico a ser considerado é a velocidade da pronúncia dos algarismos (NAVEH-BENJAMIN; AYRES, 1986) em que haveria vantagem para línguas de pronúncia mais rápida ou de palavras mais curtas.

Ambientais. Dellatolas et al. (2000) compararam o desempenho em habilidades matemáticas de crianças de 7 a 10 anos divididas em quatro grupos de três países (Suíça, França e Brasil), sendo que no Brasil as crianças foram divididas em dois grupos: escolas do centro e da periferia de Brasília. Entre os resultados observados, crianças brasileiras que frequentavam escolas do centro da cidade apresentaram desempenho superior ao de crianças de escolas periféricas, com nível socioeconômico mais baixo.

Este resultado foi corroborado por Santos, Paschoalini e Molina (2006) na avaliação de crianças brasileiras de regiões rurais e urbanas da região centro-oeste paulista, bem como por Koumoula et al. (2004) na avaliação de crianças gregas rurais e urbanas.

Emocionais. A ansiedade matemática é um dos fatores emocionais que pode influenciar nas habilidades matemáticas, esta consiste em elementos como a angústia e o emocional (LIEBERT; MORRIS, 1967). A angústia está relacionada a preocupações cognitivas sobre o próprio desempenho do indivíduo e o emocional refere-se às reações fisiológicas no momento da realização das tarefas, como aumento da pressão sanguínea e transpiração (URHAHNE et al., 2011). Estudos recentes demonstraram que a ansiedade à matemática é maior em meninas na escola primária e que as expectativas dos pais na realização matemática das meninas é mais baixa, o que pode prejudicar o desempenho delas em matemática (KRINZINGER et al., 2012). Essas diferenças de desempenho em relação à matemática entre os sexos não são determinadas biologicamente, pois desaparecem em países que possuem história evolutiva similar ou em sociedades com maior igualdade socioeconômica entre os sexos (GUIISO et al., 2008).

Plásticos. Neuroplasticidade é a capacidade do encéfalo, da infância até a velhice, mudar estruturas e funcionamento em sua organização, em resposta a experiências ambientais. A plasticidade cortical ocorre durante o processo de amadurecimento e desenvolvimento típico, em processos de aprendizagem e memória, na recuperação de danos cerebrais, mas também como consequência de um ambiente rico ou muito pobre em estimulação sensorial (WAN; SCHAULG, 2010). Estudos sugerem que o treino musical poderia atuar como uma estratégia de reabilitação neuropsicológica, pois a música, linguagem, leitura e matemática compartilham algumas propriedades acústicas como altura, ritmo e timbre, sendo assim as crianças estimuladas por treino musical poderiam aprender esses conceitos mais prontamente (ILARI, 2005; ANVARI et al., 2002). De acordo com Musacchia et al. (2007) o treino musical modificaria a organização cortical, que pode se estender às estruturas sensoriais subcorticais e alcançar locais referentes ao processamento da fala, aumentando nos músicos o controle do tronco encefálico tanto para estímulos auditivos como audiovisuais. Schmithorst e Holland (2004) demonstraram que o treino musical

está associado com o aumento da ativação no giro fusiforme e no córtex pré-frontal do hemisfério esquerdo e interpretaram este achado como uma evidência de ligação entre o treino musical e a memória operacional.

ESTIMULAÇÃO DA COGNIÇÃO NUMÉRICA

O tratamento da DD deve abordar as múltiplas características do transtorno incidindo sobre intervenções educativas para melhorar as competências do estudo, no reforço da percepção numérica e aritmética (LAMMINMAKI et al., 1997; SHALEV et al., 1998). Defende-se que a reabilitação neuropsicológica deve se centrar no déficit neurocognitivo subjacente à DD, como prejuízos perceptivos, visuoespaciais, verbais e perceptivo-auditivos, recomendando-se como estratégia a verbalização de conceitos aritméticos, processos e operações e uma orientação adequada em relação aos conceitos na resolução de problemas (ROURKE; CONWAY, 1997; SHALEV, 2004).

Räsänen et al. (2009) estudaram dois jogos computadorizados para intervenção intensiva e de curta duração para a melhora de habilidades numéricas básicas em crianças pré-escolares com desempenho matemático insatisfatório. Concluíram que houve melhora no processo de subitização e na repetição das tarefas, porém essas crianças não alcançaram melhora significativa em contagem.

Vilette, Mawart, Rusinek (2010) utilizaram o *software* “Estimador” em crianças para promover a interação das representações analógicas e simbólicas dos números na realização de operações de adição e subtração. Neste estudo, metade das crianças com DD recebeu treinamento com o Estimador e apresentaram melhora significativa no desempenho matemático. Os autores recomendam que esta interação seja adotada nos programas de reabilitação e intervenção educativa.

A dissertação de mestrado de Fabiana Ribeiro, processo FAPESP n.º 11/01907-4, teve por objetivo verificar se o Treino Musical produziria efeitos persistentes sobre a Cognição Numérica por meio de um estudo longitudinal em 58 crianças com 8 anos de idade. Cada criança realizou três avaliações individuais: antes do início do treino, após sete sessões de treino musical e ao fim do treino musical. Todos os participantes recebe-

ram, durante três meses, sessões de treino musical semanais, com 60 minutos de aulas em grupo, que envolveram dois tipos de estímulos, o Rítmico e o Auditivo, como estratégia de estimulação complementar ao ensino formal. Os resultados da terceira avaliação indicaram que as crianças do grupo DD que receberam primeiro treino Auditivo e depois Rítmico obtiveram ganhos para a compreensão numérica e para memória operacional visuo-espacial e verbal em comparação com as crianças que receberam primeiro o treino Rítmico e depois Auditivo, entretanto a capacidade de cálculo em ambos os grupos ainda estava comprometida em comparação aos controles. Portanto, apesar de a DD ser um transtorno persistente, a formação musical poderia servir como ferramenta para a reabilitação da Cognição Numérica. Contudo, a ordem dos diferentes tipos de metodologia pode afetar os diferentes aspectos da cognição numérica, sendo que a metodologia auditivo-musical aplicada primeiro à rítmica apresentaria melhores benefícios na reabilitação de crianças com DD (RIBEIRO, 2013).

A seguir serão apresentados estudos brasileiros realizados na região Centro-Oeste Paulista em amostras pediátricas com instrumentos especializados para avaliação da Cognição Numérica – Zareki-R e Zareki-K – cujos resultados são discutidos em relação aos fatores associados ao seu desempenho, como: idade, gênero, ambiente, método de ensino, nível socioeconômico e estimulação musical.

ESTUDOS BRASILEIROS SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA COGNIÇÃO NUMÉRICA

Uma etapa que antecedeu ao desenvolvimento destes estudos foi à cuidadosa adaptação para a língua portuguesa, levando em consideração os aspectos culturais, descritos previamente (SANTOS; PASCHOALINI; MOLINA, 2006). A validade de constructo da Zareki-R já foi demonstrada por meio das correlações do seu escore total com os dois principais instrumentos brasileiros que avaliam a aritmética: Teste de Aritmética ($r=0,73$) do Teste de Desempenho Escolar (TDE; STEIN, 1994); e do subteste Aritmética do WISC-III (WESCHLER, 2002) com subtestes da Zareki-R, por exemplo, contagem ($r=0,59$); cálculo ($r=0,56$) e memória ($r=0,51$); as correlações do subteste Aritmética do WISC-III com o subtestes do Zareki-K foram altas e moderadas, por exemplo, contagem ($r=0,77$);

transcodificação ($r=0,72$) e escore total ($r=0,83$) (SANTOS et al., 2012; SANTOS; SILVA, 2008).

ASPECTOS ÉTICOS

Todos os estudos foram aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, processos nº. 1637/2005, 0311/05, 743/2007, 724/2008.

MATERIAIS

Em cada estudo, outros instrumentos complementaram o protocolo, tipicamente utilizados em avaliações neuropsicológicas pediátricas, os quais não serão apresentados no presente capítulo. Foram utilizados os seguintes instrumentos para avaliação da Cognição Numérica:

A Bateria para Avaliação do Tratamento dos Números e do Cálculo para pré-escolares, Zareki-K (WEINHOLD-ZULAUF; SCHWEITER; VON ASTER, 2003). Estruturalmente esta versão é muito similar ao Zareki-R, contudo possui apenas 9 subtestes e tarefas com menor grau de dificuldade. Esta bateria foi utilizada somente no estudo 1 (para descrição dos subtestes ver MOLINA et al., 2015; SANTOS; PASCHOALINI; MOLINA, 2006).

A Bateria para Avaliação do Tratamento dos Números e do Cálculo na Criança Revisada, ou Zareki-R (do alemão *Neuropsychologische Testbatterie für ZAhlenarbeitung und REtchnen bei KIndern*) tem por finalidade avaliar a representação numérica por meio de diversas habilidades matemáticas que se encontram em desenvolvimento durante a infância. Os escores da bateria são indicadores da DD. A bateria avalia tanto processamento numérico quanto cálculo, por meio de 12 subtestes (para descrição dos mesmos, ver Santos et al., 2012). São eles: i) Enumeração de pontos (EP) e ii) Estimativa visual de quantidades (EV); iii) Comparação de números apresentados oralmente (CO); iv) Comparação de números escritos (CE) e v) Estimativa contextual de quantidades (EC); vi) Contagem oral em ordem inversa (CI); vii) Ditado de números (DN) e viii) Leitura de números (LN); ix) Posicionamento de números em escala vertical (PE); x)

Cálculo mental (CM) e xi) Problemas aritméticos apresentados oralmente (PA); xii) Memorização de dígitos (MD), tanto na ordem direta quanto na ordem inversa. O Escore Total é computado pela soma de todos os subtestes, exceto a Memorização de Dígitos. Por convenção em todos os gráficos foram apresentadas as porcentagens de acertos.

ESTUDO 1. CRIANÇAS PRÉ-ESCOLARES DE 5 E 6 ANOS

Iniciação científica de Juliana Molina, Processo FAPESP: 05/00595-8.

Foram avaliadas 42 crianças, de ambos os sexos, idade entre 5 e 6 anos, sendo 19 de regiões rurais e 23 de regiões urbanas, com o nível intelectual normal - Percentil= $54,75 \pm 14,18$ (MATRIZES PROGRESSIVAS COLORIDAS DE RAVEN; ANGELINI et al., 1999); nível socioeconômico médio (38 ± 13), correspondendo à classe C (ALMEIDA; WICKERHAUSER, 1991) por meio da Bateria para Avaliação do Tratamento dos Números e do Cálculo para pré-escolares, Zareki-K (WEINHOLD-ZULAUF; SCHWEITER; VON ASTER, 2003).

Na Figura 3 são apresentados os subtestes da Zareki-K, com a seguinte legenda:

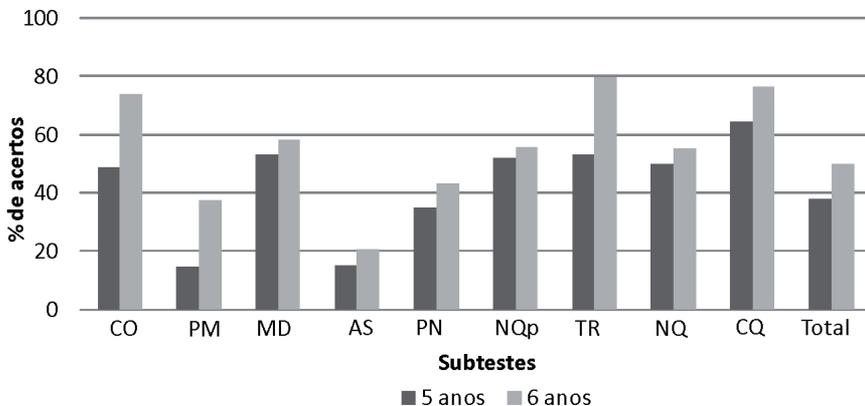


Figura 3: Resultados por idade obtidos em cada subteste da Zareki-K

Fonte: elaboração própria.

CO=Contagem, PM=Problemas Matemáticos, MD=Memorização de Dígitos, AS=Adição/Subtração, PN=Posicionamento de Números em Escala Vertical, NQp=Noção de Quantidade-parte perceptiva, TR=Transcodificação, NQ=Noção de Quantidade, CQ=Comparação de Quantidades. Os demais gráficos se referem aos subtestes da Zareki-R, com a seguinte legenda: EP=Enumeração de Pontos; CI=Contagem Oral em Ordem Inversa; DN=Ditado de Números; CM=Cálculo Mental; LN=Leitura de Números; PE= Posicionamento de números em escala vertical; MD=Memorização de Dígitos; CO=Comparação Oral; EV=Estimativa Visual; EC=Estimativa no Contexto; PA=Problemas Aritméticos; CE=Comparação Escrita.

A análise dos resultados obtidos da Zareki-K não identificou diferenças entre os grupos urbano e rural em nenhum dos subtestes e nem no escore total da bateria, tão pouco, diferenças quanto a gênero. Efeito de idade foi observado nos subtestes: CO ($t=-3,90$, $p=0,0003$), PM ($t=-2,97$, $p=0,004$), TR ($t=-3,29$, $p=0,002$), CQ ($t=-3,28$, $p=0,002100$) e no escore total da Zareki-K ($t=-3,49$; $p=0,001$), sendo que crianças de 6 anos desempenharam de forma melhor que crianças de 5 anos.

ESTUDO 2. CRIANÇAS DE ESCOLAS PÚBLICAS E PRIVADAS DE 6 E 7 ANOS DE IDADE

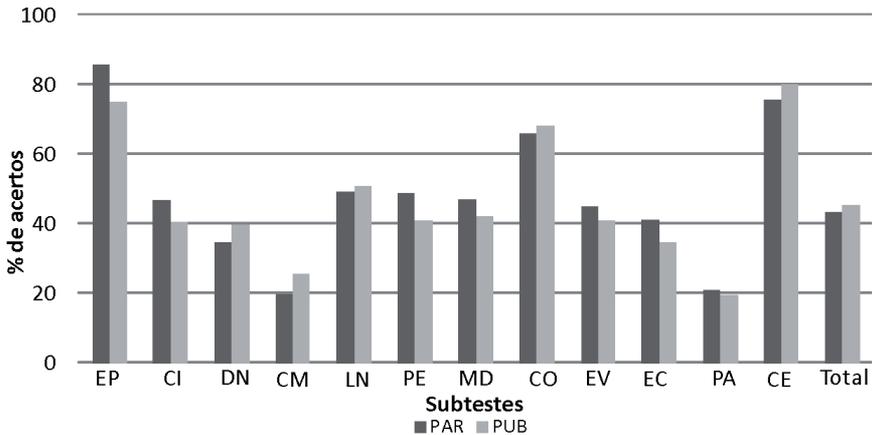
Iniciação Científica de Rosana Satiko Kikuchi, Processo FAPESP: 08/54971-9

Foram selecionadas 40 crianças sendo 24 de escolas públicas e 16 de escolas particulares com níveis socioeconômicos estatisticamente diferentes ($t=3,46$; $p=0,001$) com idade entre 6 anos ($N=21$) e 7 anos ($N=19$). Os grupos diferiram quanto ao nível socioeconômico ($t=3,46$; $p=0,001$), mas não foram encontradas diferenças associadas às escolas públicas e privadas na Zareki-R. As escolas particulares pertenciam a franquias difusas pelo país e que utilizam sistemas de ensino que diferem do método utilizado nas escolas públicas. Na comparação entre idades, as crianças de 7 anos obtiveram escores significativamente maiores do que as crianças de 6 anos na maioria dos subtestes, com exceção de EP, CO, EV, EC e PA. A Figura 4 apresenta os resultados das análises realizadas.

PAR = de escolas particulares; PUB = de escolas públicas (as iniciais dos subtestes são as mesmas nos sucessivos gráficos e foram descritas no método, item materiais).

ESTUDO 3. CRIANÇAS DO ENSINO FUNDAMENTAL DE 7 A 12 ANOS

Iniciação Científica de Bruna Paschoalini, Ana Luiza Dias e Michele Frigério, com os respectivos Processos FAPESP: 05/00593-5, 05/00592-9 e 05/00593-5.



Fonte: Elaboração própria

Figura 4: Resultados por grupo obtidos em cada subteste da Zareki-R
Fonte: elaboração própria.

Foram selecionadas 122 crianças de ambos os sexos e idade entre 7 e 12 anos, sendo 54 de regiões rurais e 68 de regiões urbanas, nível intelectual normal – QIV= $106,6 \pm 11,70$ (WISC-III; WECHSLER, 2002), com nível socioeconômico classificado como C ou médio [35-58 pontos] (ALMEIDA; WICKERHAUSER, 1991). Os resultados são apresentados na Figura 5.

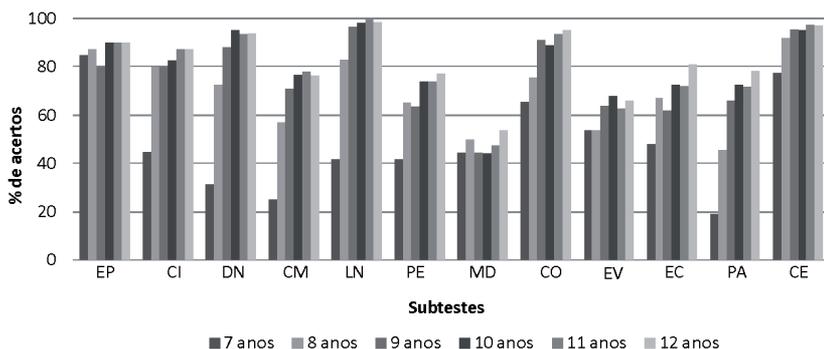


Figura 5: Resultados por idade obtidos em cada subteste da Zareki-R
Fonte: elaboração própria.

As análises utilizando a MANCOVA, grupos rural e urbano como covariável evidenciaram efeito de idade [$R(60,490)=4,32; p<0,0001$] para todos os subtestes exceto para EP e EV. As crianças de 7 anos tiveram menores escores do que as crianças de outras idades nos subtestes CI, PE, CO, EC, PA e CE. As crianças de 7 e 8 anos exibiram desempenho inferior às crianças mais velhas nos subtestes DN, CM e LN. (Para mais detalhes, ver Santos e Silva, 2008).

ESTUDO 4. CRIANÇAS COM PREJUÍZOS EM ARITMÉTICA

Iniciação Científica de Paulo Adilson Silva, Processo FAPESP: 05/60375-1.

Foram selecionadas 42 crianças, 22 meninos e 20 meninas, de idade entre 9 e 10 anos, matriculadas em escolas públicas de 4.º e 5.º anos do ensino fundamental. As crianças foram divididas em dois grupos: controle (GC, N=21) e com prejuízo em aritmética (GPA, N=21), pareadas por sexo e idade. Contudo, as crianças do grupo GPA exibiam transtornos de aprendizagem caracterizados por uma defasagem de dois anos em relação às crianças de mesma idade e série escolar, aferidos pelo Escore Total Bruto do TDE (09 anos, $M=71,20 \pm 22,53$; 10 anos, $M=89,26 \pm 20,38$). Além disso, como critério específico para Transtorno da Matemática foram selecionadas crianças que obtiveram escores classificados como inferior no

Teste de Aritmética do TDE (STEIN, 1994). Os resultados são apresentados na Figura 6.

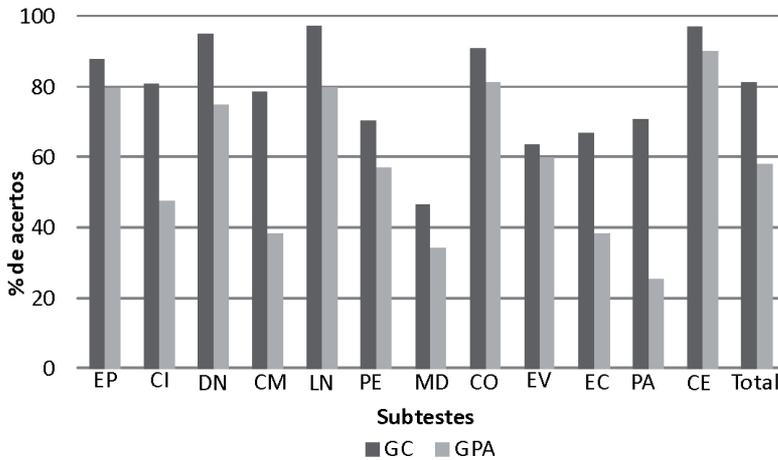


Figura 6: Resultados por grupo obtidos em cada subteste da Zareki-R
GC= grupo controle; GPA = grupo com prejuízos em aritmética

Fonte: elaboração própria.

A análise de variância multivariada (MANOVA) revelou efeito de grupo para todos os subtestes da bateria [$R(12,29)=5,51$; $p<0,0001$], com exceção de EP e EV, nos demais subtestes as crianças GPA apresentaram escores significativamente menores que as crianças GC. No Total da Zareki-R, o teste t de Student encontrou efeito de grupo [$t= 7,10$; $p<0,0001$], no qual as crianças GC apresentaram escores maiores (2 desvios padrão) que as crianças GPA (SILVA; SANTOS, 2009; SILVA; RIBEIRO; SANTOS, 2015).

ESTUDO 5. CRIANÇAS COM TRANSTORNOS DE APRENDIZAGEM

Iniciação Científica de Paulo Adilson Silva, Processo FAPESP: 05/60375-1.

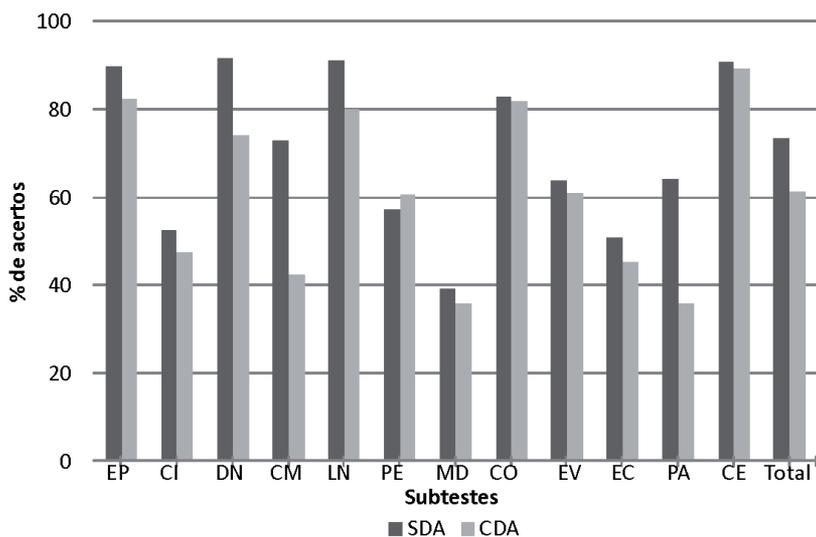


Figura 7: Resultados por grupo obtidos em cada subteste da Zareki-R
SDA= sem dificuldade em aritmética; CDA = com dificuldade em aritmética
Fonte: elaboração própria.

Participaram do estudo 30 crianças de idade entre 9 e 10 anos, de ambos os sexos estudantes de escolas públicas que frequentam salas de reforço em decorrência de acentuada dificuldade de aprendizagem detectada pelos professores e confirmada pelo Teste de Desempenho Escolar (STEIN, 1994). As crianças foram separadas em dois grupos a partir do Teste de Aritmética do TDE ($t=4,09$; $p=0,0003$): sem dificuldade em aritmética (SDA; $N=11$) ($M=18,7$; $DP=3,3$) e com dificuldade em aritmética (CDA; $N=19$), ($M=12,7$; $DP=1,5$). No teste Matrizes Progressivas Coloridas de Raven ($t=2,79$; $p=0,009$), houve maior percentil para crianças SDA ($M=61,7$; $DP=19,2$) do que CDA ($M=45,8$; $DP=12,2$), contudo, ambos pertenciam ao Nível Intelectual Médio. Os resultados são apresentados na Figura 7.

A análise dos resultados através do teste t revelou efeito de grupo para os subtestes Ditado de Números, Cálculo Mental e Problemas Aritméticos. No escore Total da Zareki-R foi observada diferença significativa entre os grupos ($t=3,19$; $p=0,003$), no qual o grupo SDA apresentou

escores mais altos que o grupo CDA (cf. SANTOS; SILVA, 2008; SILVA; SANTOS, 2011; SILVA; RIBEIRO; SANTOS, 2015).

ESTUDO 6. CRIANÇAS ESTIMULADAS POR MUSICALIZAÇÃO.

Iniciação Científica de Fabiana Silva Ribeiro, Processo FAPESP: 08/54970-2.

Foram avaliadas 40 crianças, com idade de 9 a 10 anos, de ambos os sexos, de diferentes níveis socioeconômicos, sem problemas neurológicos e/ou psiquiátricos, que frequentassem as quartas e quintas séries do ensino fundamental e que, simultaneamente fizessem o curso de musicalização na cidade de Ourinhos.

Estas crianças foram divididas em dois grupos: Iniciantes (n=20), recém-inseridas no curso de musicalização – (com conteúdos básicos para discriminar e perceber três dos elementos musicais: duração- o tempo de produção do som, altura do som – grave, médio e agudo e o timbre – qualidade do som, representado por meio de atividades lúdicas) e veteranas (n=20) com um ano de curso de musicalização (estimuladas com conteúdos para discriminar e perceber quatro elementos musicais: intensidade – som mais fraco ou mais forte, com o aperfeiçoamento dos conceitos como duração – o tempo de produção do som, altura do som e o timbre, voltados à escrita e solfejo do que é escutado).

Conforme a Figura 8, o desempenho na Zareki-R demonstrou que tanto iniciantes (escore total: M=152,57; DP=11,28) quanto veteranas (M=150,62; DP=19,84) exibiram escores dentro do esperado para suas idades segundo dados normativos brasileiros (M=148,3; DP=17,4). Em todos os subtestes ambos os grupos obtiveram desempenho conforme o esperado para suas idades, exceto no subteste MD em que os mesmos desempenharam dois desvios-padrão acima da média para a idade (SANTOS et al., 2012; RIBEIRO; SANTOS, 2012).

Posteriormente, a metodologia foi aperfeiçoada para um novo estudo, incluindo avaliações em distintos momentos (pré-treino, durante e pós-treino musical) e duas modalidades distintas de estimulação musical (rítmica *versus* auditiva) para uma amostra de crianças com Discalculia do

Desenvolvimento em comparação a um grupo controle (RIBEIRO, 2013). Por fim, realizou-se um *follow-up* após seis meses da conclusão do treino musical e verificou-se que os ganhos cognitivos foram persistentes (o estudo de seguimento constituiu a iniciação científica de Marina Tonoli, processo FAPESP 13/12071-0). Novos projetos desta linha de investigação estão em desenvolvimento junto ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia do Desenvolvimento e Aprendizagem da UNESP, Campus Bauru.

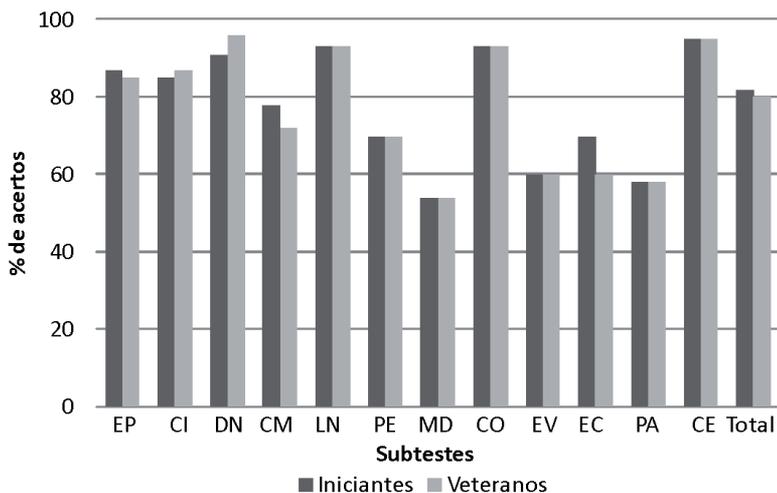


Figura 8: Efeitos do treino musical sobre habilidades matemáticas

Fonte: elaboração própria.

DISCUSSÃO

O presente capítulo apresentou uma revisão da literatura internacional acerca da DD e de seus desdobramentos com o intuito de elucidar o estado da arte a respeito deste transtorno e ainda exibiu as pesquisas realizadas em nosso meio, com as quais foi possível investigar os efeitos de idade, método de ensino, nível socioeconômico e ambiente sobre as habilidades matemáticas.

No estudo 1 foram avaliadas crianças pré-escolares por meio da Zareki-K. Os resultados indicaram que crianças de 5 e 6 anos apresentam diferenças entre si em tarefas de contagem, transcodificação e comparação numérica e problemas matemáticos simples, sugerindo que mesmo nas mo-

dalidades pré-escolares há discrepância no processamento numérico para informações não-verbais, verbais e simbólicas, sendo que as crianças de 6 anos apresentavam mais acertos do que as crianças de 5 anos (McCLOSKEY; CARAMAZZA; BASILI, 1985; GEARY, 2000; SANTOS; PASCHOALINI; MOLINA, 2006; MOLINA et al., 2015). Apesar da Zareki-K avaliar o processamento de habilidades numéricas básicas com estímulos concretos (por exemplo, pontos pretos, dedos e cubos), algumas tarefas da bateria avaliam também o processamento simbólico dos números (dígitos), cuja aquisição depende de escolarização (VON ASTER; SHALEV, 2007), o que poderia em parte, justificar o baixo percentual de acertos no escore total, que não ultrapassou os 50% de acerto para crianças de 5 e 6 anos.

O estudo 2 avaliou crianças de 6 e 7 anos de idade de escolas públicas e privadas por meio da Zareki-R. Nenhuma das crianças desta amostra eram pré-escolares, pois o estudo foi realizado após a implantação do novo sistema de ensino no estado de São Paulo, no qual o Ensino Fundamental passou a ter duração de nove anos, com início aos 6 anos de idade. Portanto, as crianças de 6 anos eram matriculadas no 1.º ano escolar e as crianças de 7 anos eram matriculadas no 2.º Ano que corresponde á antiga 1. série. Neste estudo, as crianças de 7 anos tiveram desempenho superior às crianças de 6 anos, que estavam no início da escolarização formal, principalmente nas tarefas que necessitam do sistema de processamento simbólico verbal e visual-arábico (por exemplo, ditado e leitura de número, cálculo mental, comparação escrita), que segundo o Modelo de Desenvolvimento para a Aquisição de Habilidades Numéricas de Von Aster e Shalev (2007) são mais complexos.

Em relação ao tipo de escola, como observado, não houve diferença entre os resultados de crianças de escola pública e privada no desempenho da Zareki-R, sugerindo que o método de ensino não exerceu influência significativa no início da aprendizagem da matemática, isto é, nos primeiros anos de ensino formal. Um estudo prévio realizado com crianças brasileiras (DELLATOLAS et al., 2000) ressaltou a influência do nível socioeconômico sobre o desempenho. Em nosso estudo as diferenças socioeconômicas encontradas eram pequenas: crianças de escola particular pertenciam à classe B1 e de escola pública à classe B2, que correspondem respectivamente às rendas médias de R\$ 3.479,00 e R\$ 2.013,00; por-

tanto, no presente estudo este fator pouco influenciou o desempenho das crianças. Por outro lado, é importante ressaltar que o estudo é preliminar e que os resultados ora apresentados não podem ser generalizados.

No estudo 3, foram apresentadas comparações entre crianças de 7 a 12 anos na realização da Zareki-R. As principais diferenças em relação às habilidades matemáticas foram observadas entre as crianças de 7 e de 8 anos em comparação àquelas com mais idades, sugerindo que, na cultura brasileira, as crianças a partir dos 9 anos de idade já evidenciam consolidação de algumas habilidades numéricas como leitura e ditado de números, assim como comparação oral e escrita, que são dependentes de processamento simbólico dos números, facilitando atividades dependentes dessas habilidades, como a realização de procedimentos de cálculos aritméticos de várias etapas ou manipulação de número de grandes magnitudes (GEARY, 2000; McCLOSKEY; CARAMAZZA; BASILI, 1985; VON ASTER; SHALEV, 2007).

A partir da porcentagem dos grupos nos subtestes específicos pode-se demonstrar o Modelo de Aquisição de Habilidades Numéricas (VON ASTER; SHALEV, 2007): EP – as crianças de 7 anos obtiveram pontuação acima de 80% porque esta tarefa se enquadra ao passo 1, pois se utiliza do sistema cardinal e envolve quantidades concretas; CI – as crianças de 8 a 12 anos obtiveram pontuação dentro dos 80%, por ser uma atividade relacionada ao passo 2 que envolve estratégias de contagem, portanto as crianças de 7 anos ainda não desenvolveram esta habilidade; DN – as crianças de 10 a 12 anos apresentaram acertos acima de 90%, esta tarefa se enquadra no passo 3, pois envolve o domínio do sistema arábico de números; CM – as crianças de 9 a 12 anos obtiveram acertos acima de 70%, subteste este que pode ser apontado como uma tarefa do passo 4, devido a utilização do pensamento aritmético para sua realização; LN – as crianças de 9 a 12 anos pontuaram acima de 90%, pois é uma tarefa relacionada ao passo 3; PE – as crianças de 10 a 12 anos acertaram 70%, tarefa relacionada ao passo 4; CO – crianças de 9, 11 e 12 acertaram acima de 90%, habilidade relacionada ao passo 2; EV – as crianças acima de 9 anos exibiram pontuação superior aos 70%, habilidade relacionada ao passo 1; EC- crianças de 8 a 12 anos pontuaram acima de 60 %, atividade relacionada ao passo 2; PA – as crianças de 12 anos obtiveram pontuações acima de 70%, atividade enquadrada no passo 4; CE – as crianças de 8 a 12 anos

pontuaram acima de 90% e as crianças de 7 acima de 70%, habilidade relacionada ao passo 1.

Estes resultados são consistentes com a ideia de que a aprendizagem da matemática não segue os estágios propostos por Piaget (1952). A teoria Piagetiana defende que as crianças não possuiriam nenhuma representação estável e que o conhecimento da aritmética emergiria lentamente como uma construção lógica. Conforme revisão de Dehaene (2009), estudos da década de 1970 demonstraram que crianças pré-escolares possuíam intuições aritméticas (senso numérico), isto é, capacidade para detectar mudanças inesperadas em uma numerosidade pequena ou alterações na contagem regular. Os estudos de Wynn (1992) confirmaram o caráter inato de habilidades numéricas como estimativa e subitização em bebês, e atualmente, um grande conjunto de estudos comportamentais usando os paradigmas de habituação e alteração de expectativa tem revelado uma sensibilidade clara para números grandes em bebês de 4 à 6 meses de idade (DEHAENE, 2009).

Os estudos 1, 2 e 3 em conjunto, demonstraram em geral, que o desenvolvimento das habilidades matemáticas está associado à idade e à escolaridade, porém não de forma linear, mas de maneira que as habilidades específicas se desenvolvem respeitando os passos do Modelo de Desenvolvimento para a Aquisição de Habilidades Numéricas, tendo um início inato ganhando complexidade a partir do ensino formal. Por exemplo, observou-se que tarefas com estímulos concretos, como contagem de pontos e estimativa visual, são processados com facilidade mesmo em crianças mais novas como as de 5 anos; e que crianças acima desta idade até os 12 anos não apresentam diferença estatística nestas tarefas. Estes resultados vão ao encontro com os modelos de representação numérica que propõem que há uma tendência inata para processar os números (senso numérico) e que um sistema central primário seria responsável por este processamento (DEHAENE, 1997; DEHAENE; COHEN, 2000; VON ASTER; SHALEV, 2007; GEARY, 2000).

Por outro lado, em conformidade com outros estudos (DELLATOLAS et al., 2000; KOUMOULA et al., 2004), algumas tarefas foram mais sensíveis para diferenciar crianças de diferentes idades e níveis escolares, como as tarefas de contagem oral em ordem inversa, ditado e leitura de números, comparação escrita, posicionamento de número em

escalas verticais, cálculo mental e problemas aritméticos, nas quais o desempenho das crianças progrediu em função do ensino formal. Como podemos observar, são tarefas que abrangem tanto o processamento das magnitudes numéricas quanto o cálculo propriamente dito (McCLOSKEY; CARAMAZZA; BASILI, 1985; GEARY; FRESCH; WILEY, 1993; GEARY, 2000; VON ASTER; SHALEV, 2007; LANDERL; KÖLLE, 2009; WEINHOLD-ZULAUF; SCHWEITER; VON ASTER, 2003).

Foi possível demonstrar nos estudos 4 e 5 a aplicabilidade clínica da bateria Zareki-R como instrumento sensível para a identificação de transtornos de aprendizagem associados às habilidades matemáticas em crianças brasileiras, assim como em estudos internacionais (BZUFKA; HEIN; NEUMARKER, 2000; DELLATOLAS et al., 2000; ROTZER et al., 2009). Como podemos observar no estudo 4, as crianças com transtorno de aprendizagem que apresentavam problemas com a aritmética exibiram prejuízo em quase todos os aspectos das representações numéricas, com exceção de enumeração de pontos e estimativa visual, que conforme descrito acima são processados por um sistema numérico central primário e básico (VON ASTER; SHALEV, 2007). Para todas as outras tarefas da bateria, os escores das crianças do grupo GPA foram inferiores estatisticamente, mas os prejuízos foram acentuadamente maiores nas duas tarefas de cálculo, além disso, o escore Total da Zareki-R esteve 2 desvios-padrão abaixo dos controles (SILVA; SANTOS, 2009; SILVA; RIBEIRO; SANTOS, 2015), que é um dos critérios para o diagnóstico de DD (APA, 2013). Esses resultados em conjunto são de extrema importância para a elaboração de um programa de reabilitação neuropsicológica, pois, neste caso, a intervenção poderá ser focada apenas nos aspectos mais complexos da representação numérica (por exemplo, representações simbólicas verbais e visuais ou de magnitudes ordinais), visto que os sistemas básicos estão preservados (VON ASTER; SHALEV, 2007).

O estudo 5 apresentou as diferenças entre crianças com problemas de aprendizagem e foi possível observar que quando comparadas às crianças com outros problemas de aprendizagem, as crianças com dificuldades específicas em aritmética apresentaram prejuízos apenas em ditado de números e, principalmente em cálculo aritmético. Estas dificuldades são

as mais significativamente associadas à DD e sua persistência (ROTZER et al., 2009; SHALEV; MANOR; GROSS-TSUR, 2005).

No estudo 6, que avaliou crianças estimuladas por musicalização, o escore total da Zareki-R tanto de iniciantes quanto de veteranas foi equivalente aos dados normativos brasileiros para crianças de mesma idade. Em todos os subtestes ambos os grupos obtiveram desempenho esperado para suas idades exceto na Memorização de Dígitos em que ambos os grupos desempenharam dois desvios-padrão acima da média para a idade (SANTOS et al., 2012; SANTOS; SILVA, 2008; SILVA; SANTOS, 2009). Infere-se que crianças com treino musical possuem maior aproveitamento de sua capacidade mnemônica o que pode contribuir para o desenvolvimento das habilidades matemáticas (GATHERCOLE; ALLOWAY, 2004; GEARY, 2000; DUFF; LOGIE, 2001; ALLOWAY et al., 2004; GATHERCOLE et al., 2006) e que o treino musical pode ser utilizado como uma alternativa na reabilitação das habilidades matemáticas. De acordo com Schellenberg (2005), quanto maior e duradouro o tempo de treino musical, independente da condição socioeconômica da família, mais duradouras serão as diferenças entre os grupos de crianças em treino musical e sem treino. É importante ressaltar, ainda que este tenha sido o primeiro estudo brasileiro utilizando a Zareki-R para investigação dos efeitos do treino musical sob habilidades matemáticas de crianças de 9 e 10 anos.

Com relação ao fator ambiental, tanto no estudo 1 (crianças de 5 e 6) quanto no estudo 3 (crianças de 7 a 12 anos) as amostras foram balanceadas quanto a procedência, rurais e urbanos. Entre as crianças avaliadas pelo Zareki-K não foram observadas diferenças no desempenho, sugerindo que o teste seja menos influenciado por fatores culturais. No que concerne ao Zareki-R, crianças rurais tiveram pontuações mais baixas do que as crianças urbanas apenas em duas tarefas (MD e CE), demonstrando o cálculo preservado, enquanto que no estudo de Koumoula et al. (2004) as crianças rurais obtiveram baixas pontuações em sete subtestes da Zareki-R (explicitado), incluindo a CE, mas não MD. Em estudos anteriores foi sugerido que um baixo nível socioeconômico e de ambiente educacional poderiam determinar tais diferenças (DELLATOLAS et al., 2000; KOUMOULA et al., 2004). No presente estudo, o status socioeconômico foi avaliado objetivamente e a análise estatística indicou que crianças rurais

de fato tiveram pontuações mais baixas na escala socioeconômica do que as crianças urbanas. Apesar disso, o grupo rural mostrou uma pontuação levemente abaixo do esperado para idade, restrita a um aspecto do processamento numérico, mesmo assim, a magnitude de efeito demonstrou que esta diferença foi de pequena magnitude. Isto significa que, apesar dessa discrepância socioeconômica, ambos os grupos realizaram a Zareki-R de forma similar. Uma vez que todas as crianças da zona rural estudavam na mesma escola que as crianças urbanas, portanto, sob a mesma estimulação educacional, observou-se que o método pedagógico pode ser mais determinante no desempenho aritmético do que o status socioeconômico (SANTOS et al., 2012).

CONCLUSÃO

Os estudos brasileiros realizados com a Zareki-K e R puderam identificar aspectos como: i) diferenças no desempenho associadas à idade em que crianças com mais idade apresentaram melhores escores, confirmando a hipótese de que haja um progressivo desenvolvimento destas habilidades, ii) desempenho similar entre crianças de escolas públicas e particulares, com a ressalva de que a diferença socioeconômica foi considerada mínima e que as escolas públicas eram localizadas no centro da cidade, iii) prejuízos em sistemas numéricos de processamento simbólico verbais e visuais e de cálculo, sem prejuízos em processamento básico; e iv) desempenho dentro do esperado no escore total em crianças normais e com iniciação musical tanto do grupo de iniciantes quanto do grupo de experientes, contudo desempenho superior em um dos subtestes (Memorização de dígitos).

AGRADECIMENTOS

Às crianças, familiares e instituições de ensino que participaram destes estudos. Aos pesquisadores e colaboradores Dr. Georges Dellatolas e Professor Michael Von Aster. À FAPESP pelo subsídio aos autores e ao Acordo de Cooperação Internacional processo n.º 04/11.067-0 sem o qual o conjunto destes estudos não poderia ter sido realizado.

REFERÊNCIAS

- ALARCON, M. et al. A twin study of mathematics disability. *Journal of Learning Disabilities*, n. 30, p. 17-623, 1997.
- ALLOWAY, T. P. Working memory, reading, and mathematical skills in children with developmental coordination disorder. *Journal of Experimental Child Psychology*, n. 96, p. 20-36, 2006.
- ALLOWAY, T. P. et al. A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. *Journal of experimental child psychology*, v. 87, n. 2, p. 85-106, 2004.
- ALMEIDA, P. M.; WICKERHAUSER, H. *O critério ABA/ABIPEME: em busca de uma atualização. Um estudo e uma proposta submetidos à ABA e à ABIPEME*. São Paulo: ABA/ABIPEME, 1991. p. 23. (Documento de circulação restrita da ABA e da ABIPEME)
- American Psychiatric Association (APA). *DSM-5. Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. Washington, DC: American Psychiatric Press, 2013.
- ANGELINI, A. L. et al. *Matrizes progressivas coloridas de Raven*. São Paulo: Centro Editor de Testes e Pesquisas em Psicologia, 1999.
- ANVARI, S. H. et al. Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*. n. 83, p. 111-120, 2002.
- ASHKENAZI, S.; MARK-ZIGDON, N.; HENIK, A. Numerical distance effect in developmental dyscalculia. *Cognitive Development*, v. 24, n. 4, p. 387-400, 2009.
- BADDELEY, A. D.; HITCH, G. J. Working memory. In: BOWER, G. A. *Recent advances in learning and motivation*. New York: Academic Press, 1974. p. 47-90.
- BADIAN, N. A.; GHUBLIKIAN, M. The personal-social characteristics of children with poor mathematical computation skills. *Journal Learning Disabilities*, n. 16, p. 145-157, 1983.
- BARTH, H. et al. Non-symbolic arithmetic in adults and young children. *Cognition*, New York, n. 98, p. 199-222, 2006.
- BUTTERWORTH, B. *The mathematical brain*. London: MacMillan, 1999.
- _____. The development of arithmetical abilities. *Child Psychol Psychiatry*, New York, n. 46, p. 3-18, 2005.

- BZUFKA, M. W.; HEIN, J.; NEUMÄRKER, K. J. Neuropsychological differentiation of subnormal arithmetic abilities in children. *European child & adolescent psychiatry*, v. 9, n. 2, p. S65-S76, 2000.
- DEHAENE, S. *The number sense*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1997.
- _____. Varieties of numerical abilities. *Cognition*, New York, v. 44, p. 1-42, 1992.
- DEHAENE, S.; COHEN, L. Un modèle arithmétique e fonctionnel de l'arithmétique mental. In: PESENTI, M., SERON, X. *Neuropsychologie des troubles du calcul e du traitement des números*. Marseille, Solal, p. 191-232, 2000.
- DEHAENE, S. et al. Log or Linear? distinct Intuitions of the number scale in western and amazonian indigene cultures, *Science*, v. 320 (5880), p. 1217-1220, 2008.
- _____. Origins of mathematical intuitions: the year in cognitive. *Neuroscience: Annals of the New York Academy Science*, p. 232–259, 2009.
- _____. Précis of the number sense. *Mind & Language*, v. 16, p. 16-36, 2001.
- DELLATOLAS, G. et al. Number processing and mental calculation in school children aged 7 to 10 years: transcultural comparison. *European Child & Adolescent Psychiatry*, v. 9, p. 102-110, 2000.
- DUFF, S. C.; LOGIE, R. H. Processing and storage in working memory span. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 54, p. 31-48, 2001.
- GATHERCOLE, S. E.; ALLOWAY, T. P. Working memory and classroom learning. *Professional Association for Teachers of Students with Specific Learning Difficulties*, v. 17, p. 2-12, 2004.
- GATHERCOLE, S. E. et al. Working memory in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 93, p. 265-281, 2006.
- GEARY, D. C.; WILEY, J. G. Cognitive addition: strategy choice and speed-of-processing differences in young and elderly adults. *Psychology and Aging*, v. 6, p. 474-83, 1991.
- GEARY, D. C.; FRENSCH, P. A.; WILEY, J. G. Simple and complex mental subtraction: strategy choice and speed-of-processing differences in younger and older adults. *Psychology and Aging*, v. 8, p. 242-256, 1993.
- GEARY, D. C. *Children's mathematical development: research and practical applications*. Washington, DC: American Psychological Associations, 1994.

_____. From infancy to adulthood: the development of arithmetical abilities. *European Child and Adolescent Psychiatry*, v. 9, p. 11-16, 2000.

GROSS-TSUR, V.; MANOR, O.; SHALEV, R. S. Developmental dyscalculia: prevalence and demographic features. *Developmental Medicine and Child Neurology*, v. 38, p. 25-33, 1996.

GUIISO, L. et al. Culture, gender, and math. *Education Forum*, v. 320, p. 1164-1165, 2008.

HAASE, V. G.; SANTOS, F. H. Transtornos específicos de aprendizagem: dislexia e discalculia. In: FUENTES, D.; MALLOY-DINIZ, L. F.; CAMARGO, C. H. P.; COSENZA, R. M. *Neuropsicologia: teoria e prática*. Porto Alegre: ARTMED, p. 139-153, 2014.

HASKELL, S. H. The determinants of arithmetic skills in young children: some observations. *European Child and Psychiatry*, v. 9, p. 77-86, 2000.

HÉCAEN, H. et al. Les variétés cliniques des acalculies au cours des lésions rétrolandiques approche statistique du problème. *Archives of Neurology*, v. 105, p. 85-103, 1961.

HEILMAN, K. M.; VALESTEIN, E. *Clinical neuropsychology*. 4. ed. US: Oxford University Press, 2003.

HEIN, J.; BZUFKA, M. W.; NEUMARKER, K. J. The specific disorder of arithmetical skills. Prevalence study in a rural and an urban population sample and their clinico-neuropsychological validation. *European Child and Adolescent Psychiatry*, v. 9, p. 87-101, 2000.

HITCH, G. J.; McAULEY, E. Working memory in children with specific arithmetical difficulties. *British Journal of Psychology*, v. 82, p. 375-386, 1991.

ILARI, B. Research on music, the brain and cognitive development: addressing some common questions of music educators. *Music Education International*, v. 2, p. 85-97, 2005.

KAUFMANN, L. Dyscalculia: neuroscience and education. *Educational Research*, v. 50, p. 163-175, 2008.

KOUMOULA, A. et al. An epidemiological study of number processing and mental calculation in greek schoolchildren. *Journal of Learning Disabilities*, v. 37, p. 377-388, 2004.

KRINZINGER, H. et al. Gender differences in the development of numerical skills in four european countries. *International Journal of Gender, Science and Technology*, v. 4, p. 62-77, 2012.

- LAMMINMAKI, T. et al. Two-year group treatment for children with learning difficulties: assessing effects of treatment duration and pretreatment characteristics. *Journal of Learning Disabilities*, v. 30, p. 354-364, 1997.
- LANDERL, K.; BEVAN, A.; BUTTERWORTH, B. Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: study of 8-9-year-old students. *Cognition*, v. 93, p. 99-125, 2004.
- LANDERL, K. et al. Dyslexia and dyscalculia: two learning disorders with different cognitive profiles. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 103, p. 309-324, 2009.
- LANDERL, K.; KÖLLE, C. Typical and atypical development of basic numerical skills in elementary school. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 103, p. 546-565, 2009.
- LEWIS, C; HITCH, G. J.; WALKER, P. The prevalence of specific arithmetic difficulties and specific reading difficulties in 9-to 10-year-old boys and girls. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, v. 35, n. 2, p. 283-292, 1994.
- LIEBERT, R. M.; MORRIS, L. W. Cognitive and emotional components of test anxiety. *Psychological Reports*, v. 29, p. 975-978, 1967.
- MAYER, E. et al. A pure case of Gerstmann syndrome with a subangular lesion. *Brain*, v. 122, p. 1107-1120, doi:<10.1093/brain/122.6.1107>, 1999.
- McCLOSKEY, M.; CARAMAZZA, A.; BASILI, A. Cognitive mechanisms in number processing and calculation: evidence from. *Brain and Cognition*, v. 4, p. 171-196, 1985.
- MORENO, M. J. et al. Síndrome de Gerstmann. *Revista Española de Neurología*, v. 6, p. 505-507, 1991.
- MOLINA, J. et al. Cognição Numérica de crianças pré-escolares brasileiras pela ZAREKI-K. *Temas em Psicologia*, v. 23, p. 123-135, 2015.
- MUSACCHIA, G. et al. Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, v. 104, p. 15894-15898, 2007.
- NAVEH-BENJAMIN, M.; AYRES, T. J. Digit span, reading rate, and linguistic relativity. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 38A, p. 739-751, 1986.
- NEVES, E. R. C.; BORUCHOVITCH, E. A Motivação de Alunos no Contexto da Progressão Continuada. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 20, p. 77-85, 2004.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). *Classificação de transtornos mentais e de comportamento da CID-10: descrições clínicas e diretrizes diagnósticas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.

PIAGET, J. *The Child's Conception of Number*. New York: Norton, 1952.

RAMAA, S.; GOWRAMMA, I. A systematic procedure for identifying and classifying children with dyscalculia among primary school children in India. *Dyslexia*, v. 8, n. 2, p. 67-85, 2002.

RÄSÄNEN, P. et al. Computer-assisted intervention for children with low numeracy skills. *Cognitive Development*, v. 24, p. 450-472, 2009.

RIBEIRO, F. S.; SANTOS, F. H. Treino musical e capacidade da memória operacional em crianças iniciantes, veteranas e sem conhecimentos musicais. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 25, p. 559-567, 2012.

RIBEIRO, F. S. *O efeito do treino musical sobre a capacidade da memória operacional e das habilidades matemáticas de crianças com discalculia do desenvolvimento*. Dissertação (Mestrado em Psicologia do Desenvolvimento e Aprendizagem) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2013.

ROUSSELLE, L.; NÖEL, M. P. Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs. non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, v. 102, p. 361-395, 2007.

ROTZER, S. et al. Optimized voxel based morphometry in children with developmental dyscalculia. *Neuro Image*, v. 39, p. 417-422, 2008.

ROTZER, S. et al. Dysfunctional neural network of spatial working memory contributes to developmental dyscalculia. *Neuropsychologia*, v. 47, p. 2859–2865, 2009.

ROURKE, B. P.; CONWAY, J. A. Disabilities of arithmetic and mathematical reasoning: perspectives from neurology and neuropsychology. *Journal of Learning Disabilities*, v. 30, p. 4-46, 1997.

RUBINSTEN, O.; HENIK, A. Developmental dyscalculia: heterogeneity might not mean different mechanisms. *Trends in cognitive sciences*, v. 13, p. 92-99, 2009.

SANTOS, F. H.; PASCHOALINI, B.; MOLINA, J. Novos instrumentos para avaliação de habilidades matemáticas em crianças. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA E (RE)HABILITAÇÃO COGNITIVA, 5., 2006, São Paulo.

SANTOS, F. H.; SILVA, P. A. Avaliação da discalculia do desenvolvimento: uma questão sobre o processamento numérico e o cálculo. In: CONGRESSO

MULTIDISCIPLINAR DE TRANSTORNOS DE APRENDIZAGEM E REABILITAÇÃO, 1, 2008, São Paulo.

SANTOS, F. H.; KIKUCHI, R. S.; RIBEIRO, F. S. *Atualidade em discalculia do desenvolvimento: atualização em transtornos de aprendizagem*. São Paulo: Artes Médicas, 2009.

SANTOS, F. H. et al. Number processing and calculation in Brazilian children aged 7-12 years. *Spanish Journal of Psychology*, v. 15, p. 513-525, 2012.

SANTOS, F. H. et al. Development of numerical cognition among Brazilian school-aged children. *Jornal internacional de estudos em educação matemática*, v. 5, p. 44-64, 2012.

SCHELLENBERG, E. G. Music and cognitive abilities. *Current Directions in Psychological Science*, v. 14, p. 317-320, 2005.

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

SHALEV, R. S. Prevalence of developmental dyscalculia. 2007.

SHALEV, R. S.; MANOR, O.; GROSS-TSUR, V. Neuropsychological aspects of developmental dyscalculia. *Math Cogn*, p. 105-120, 1997.

SHALEV, R. S. et al. Persistence of developmental dyscalculia; what counts? Results from a three year prospective follow-up study. *J Pediatr*, 133, p. 358-362, 1998.

SHALEV, R. S. Developmental dyscalculia. *J Child Neuro*, v. 19, p. 65-771, 2004.

SHALEV, R. S.; MANOR, O.; GROSS-TSUR, V. Developmental dyscalculia: a prospective six-year follow-up. *Developmental Medicine & Child Neurology*, v. 47, p. 121-125, 2005.

SHINSKEY, J. L. et al. Preschoolers' nonsymbolic arithmetic with large sets: is addition more accurate than subtraction? *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 103, p. 409-420, doi: <10.1016/j.jecp.2009.01.012>, 2009.

SILVA, P.A.; RIBEIRO, F.S.; SANTOS, F. H. Cognição Numérica em crianças com Transtornos Específicos de Aprendizagem. *Temas em Psicologia*, v. 23, p. 197-210, 2015.

SILVA, P. A.; SANTOS, F. H. Prejuízos específicos em habilidades matemáticas de crianças com transtornos de aprendizagem. In: MONTIEL, J. M.; CAPOVILLA, F. C. (Org.), *Atualização em transtornos de aprendizagem*. São Paulo: Artes Médicas, 2009.

- SILVA, P. A.; SANTOS, F. H. Discalculia do Desenvolvimento: avaliação da Representação Numérica pela ZAREKI-R. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 27, p. 169-177, 2011.
- STEIN, L. M. *TDE - Teste de desempenho escolar*. São Paulo: Casa do psicólogo, 1994.
- URHAHNE, D. et al. Academic self-concept, learning motivation, and test anxiety of the underestimated student. *British Journal of Educational Psychology*, v. 81, p. 161-177, 2011
- VILETTE, B.; MAWART, C.; RUSINEK, S. L'outil "estimateur": la ligne numérique mentale et les habiletés arithmétiques. *Pratiques Psychologiques*, v.16, p.203-214. 2010.
- VON ASTER, M.; SHALEV, R. S. Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, v. 49, p. 868-873, 2007.
- VON ASTER, M. Developmental cognitive neuropsychology of number processing and calculation: varieties of developmental dyscalculia. *European Child and Adolescent Psychiatry*, v. 9, p. 41-57, 2000.
- WAN, C. Y.; SCHLAUG, G. Music making as a tool for promoting brain plasticity across the life span. *The Neuroscientist*, v. 16, p. 566-577, 2010.
- WEINHOLD-ZULAUF, M.; SCHWEITER, M.; VON ASTER, M. Das kindergartentalter: sensitive periode für die entwicklung numerischer fertigkeiten. *Kindheit und Entwicklung*, v. 12, p. 222-230, 2003.
- WILSON, A.; DEHAENE, S. Number sense and developmental dyscalculia. Human behavior, learning, and the developing brain: atypical development (ed.) COCH, D.; DAWSON, G.; FISHER. New York: Guilford Press, 2007.
- WYNN, K. Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, p. 749-750, 1992.
- WECHSLER, D. *WISC-III: Escala de Inteligência Wechsler para Crianças: manual*. 3. ed., São Paulo: Casa do Psicólogo, 2002.