

## ***Método sentido de número: intervenção nas competências numéricas iniciais de crianças do 1.º ano de escolaridade***

### ***Number sense method: intervention in early numerical competencies of first grade children***

Lília Marcelino

Núcleo da Discalculia – Apoio Psicopedagógico e Formação  
CeIED – Centro de Estudos Interdisciplinares em Educação e Desenvolvimento  
Instituto da Educação, Universidade Lusófona, Portugal  
lilia.marcelino@gmail.com

Ricardo Cunha Teixeira

NICA – Núcleo Interdisciplinar da Criança e do Adolescente, Universidade dos Açores, Portugal  
ricardo.ec.teixeira@uac.pt

Joana Rodrigues Rato

Centro de Investigação Interdisciplinar em Saúde,  
Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Católica Portuguesa, Portugal  
joana.rato@ics.lisboa.ucp.pt

**Resumo.** A intervenção específica aos primeiros sinais de dificuldades de aprendizagem tem sido destacada como uma das principais medidas no combate ao insucesso escolar (Conselho Nacional de Educação, 2015). Este estudo tem como objetivo testar se o *Método Sentido de Número – Imagens Numéricas* (MSN), aplicado em contexto de sala de aula, melhora o desempenho aritmético e cognitivo no final do 1.º ano de escolaridade. As crianças participantes no estudo ( $n = 130$ ), com uma média de idades de 6,51 anos ( $DP = 0,84$ ), foram rastreadas com uma bateria de sentido de número para identificar baixas, médias e altas competências numéricas; pré e pós-testadas com uma bateria neuropsicológica para avaliar o desempenho cognitivo, como a capacidade de memória e funcionamento executivo e, por fim, pós-testadas com um teste de conhecimento numérico para avaliar o desempenho aritmético. Foram analisados grupos experimentais (GE) com aplicação do MSN e grupos de controlo (GC) sem aplicação do MSN e os resultados demonstram que as crianças dos GE apresentaram melhores resultados no desempenho aritmético em comparação com as crianças dos GC, mas apenas as crianças com baixas competências numéricas apresentam melhorias significativas em comparação com as crianças do GC. Os resultados obtidos permitem concluir que o MSN apresenta-se como uma forte ferramenta no combate das primeiras dificuldades em matemática.

*Palavras-chave:* competências numéricas iniciais; desempenho aritmético; dificuldades de aprendizagem; 1.º ano de escolaridade.

**Abstract.** Specific intervention at the first signs of learning difficulties has been highlighted as one of the main strategies in combating school failure (Concelho Nacional de Educação, 2015). This study aims to test if the Number Sense Method – Numeric Images (MSN) applied in a classroom context improved arithmetic and cognitive achievement at the end of first grade. Children ( $n = 130$ ) with a mean age of 6,51 ( $SD = 0,84$ ) were screened with a number sense battery to identify low, medium, and high early numerical competencies; pre- and post-test with a neuropsychological battery to evaluate cognitive achievement as memory capacity and executive functioning; and, finally post-evaluation which included a number knowledge test to evaluate arithmetic achievement. Experimental groups (with MSN application) and controlled groups (without MSN application) were analysed and the results showed that children in the experimental groups had better results in arithmetic achievement compared to those in the control groups. Only children with low numerical competencies showed significant improvement to those in the control groups. The obtained results allowed us to conclude that MSN can be a strong tool in combating the first difficulties in mathematics.

*Keywords:* early numerical competencies; arithmetic achievement; early mathematics difficulties; 1<sup>st</sup> grade.

(Recebido em dezembro de 2016, aceite para publicação em maio de 2017)

## Introdução

A produção científica sempre se direcionou mais para a identificação e intervenção nas dificuldades de leitura do que de matemática (Brooks, 2007). No entanto, nos últimos anos assistimos a um aumento do número de publicações internacionais na área da intervenção em crianças com baixo desempenho aritmético (e.g., Holmes & Dowker, 2013). Numa revisão de 19 trabalhos em intervenção em aritmética simples publicados em revistas científicas internacionais com revisão de pares, Mononen e colaboradores (2014) defendem que são necessários mais estudos no reforço de competências numéricas na educação pré-escolar e nos primeiros dois anos de escolaridade. Na revisão desses estudos, os autores não encontraram intervenções para crianças de 7 anos de idade, e apenas quatro estavam disponíveis para crianças de 6 anos, embora a idade seja crucial na aprendizagem da matemática.

Denota-se no estudo de Mononnen e colaboradores (2014) que o desenvolvimento de programas de intervenção adequados às primeiras dificuldades na aprendizagem da matemática tem sido cada vez mais direcionado para alguns aspetos específicos da matemática, como a aritmética (Holmes & Dowker, 2013). O propósito de uma intervenção precoce centrada na aritmética simples é o de prevenir o avolumar de problemas severos no desenvolvimento da competência matemática (Okamoto & Case, 1996).

Em Portugal, até à data, não se conhecem trabalhos publicados no domínio da intervenção especializada nas primeiras competências matemáticas, nomeadamente, em crianças de 6 anos de idade. Com este estudo, procuramos colmatar essa lacuna na investigação nacional e internacional, tendo como objetivo verificar se um programa de estimulação focado nas competências numéricas iniciais, denominado de *Método Sentido de Número – Imagens Numéricas* (MSN), melhora o desempenho aritmético e o desempenho cognitivo no final do 1.º ano de escolaridade.

Mais especificamente, procuramos verificar se o MSN aplicado em contexto de sala de aula pode aumentar o desempenho aritmético (medido pelo TCN – *Teste de Conhecimento Numérico*) em crianças com baixas, médias e altas competências numéricas (medidas pela BSN – *Bateria Sentido de Número*) e se pode aumentar o desempenho cognitivo ao nível da memória visuo-espacial, gnosis digital, controlo inibitório (funcionamento executivo) e capacidade de estimação de quantidades (SNA) (medidas pela BANPEL – *Bateria de Avaliação Neuropsicológica Pré-Escolar de Lisboa*).

As seguintes hipóteses serão testadas: a) As crianças das turmas experimentais (com aplicação do MSN) apresentam melhores desempenhos aritméticos no final do ano letivo (medido pelo TCN) do que as crianças das turmas de controlo (sem aplicação do MSN); b) As crianças com baixas competências numéricas (medidas pela BSN) das turmas experimentais (com aplicação do MSN) apresentam melhores desempenhos aritméticos (medido pelo TCN) em comparação às crianças com as mesmas características das turmas de controlo (sem aplicação do MSN); c) As crianças com baixas competências numéricas (medidas pela BSN) das turmas experimentais (com aplicação do MSN) apresentam melhores desempenhos cognitivos (medidas pela BANPEL) no pós-teste em comparação às crianças das turmas de controlo (sem aplicação do MSN).

Passaremos a denominar de competências numéricas iniciais a capacidade da criança em usar adequadamente palavras-número em tarefas de contagem, estabelecer relações numéricas e resolver problemas aritméticos simples. O desempenho aritmético é medido com tarefas de contagem de fichas ou formas geométricas, nomeação de números, identificação dos números naturais entre dois números, resolução de problemas simples de adição e subtração e comparação das diferenças entre dois pares de números. O desempenho cognitivo assenta em tarefas que visam avaliar as funções executivas (nomeadamente, o controlo inibitório), a memória de trabalho, a gnosis digital e a memória visuo-espacial.

## Fundamentação teórica

### As competências cognitivas de domínio específico – sentido de número

Tem sido crescente o interesse por parte de investigadores de diferentes campos científicos (Psicologia, Neurociências e Educação) em, entre outros desafios na área da cognição numérica, mapear os preditores e os processos inerentes ao desenvolvimento da

competência matemática, estando estes focados nas competências cognitivas de domínio específico (ligadas ao conhecimento aritmético) e de domínio geral (Alcock et al., 2016). O mapeamento de fatores cognitivos permite desenvolver medidas válidas e fiáveis e desenhar intervenções eficazes nas dificuldades de aprendizagem em matemática, independentemente de outros fatores que possam influenciar o desenvolvimento da competência matemática típico e atípico, tais como, fatores ambientais (contexto familiar, contexto sala de aula, atividades extracurriculares) e fatores afetivos, como a motivação e ansiedade face à matemática (Alcock et al., 2016). As crianças experienciam as primeiras dificuldades em matemática por diversas razões estando principalmente associadas a dificuldades cognitivas de domínio geral (e.g., memória de trabalho ou memória visuo-espacial) e a dificuldades de domínio mais específico em alguns aspetos da matemática, como o conhecimento e a contagem dos números e a resolução de problemas aritméticos simples (Gifford & Rockcliffe, 2012).

Os primeiros estudos sobre o desenvolvimento da competência matemática focaram-se no sentido da quantidade (ou sentido de número inato, não simbólico), ou seja, na forma como os seres humanos discriminam a quantidade (Saltzman & Gardner, 1948; Taves, 1941, citados por Kaufman, Lord, Reese, & Volkman, 1949).

Para analisar como os indivíduos representam a quantidade sem recorrer à contagem oral, Taves (1941, citado por Kaufman et al., 1949) apresentou a 133 participantes coleções de objetos projetados numa tela que variavam entre 1 a 180 pontos pretos. Os participantes eram instruídos a referir a quantidade e a reportar o grau de confiança nas suas respostas numa escala de 6 pontos que variavam entre 0 e 5. Este foi um dos primeiros estudos em que se verificou que as respostas dos participantes até 6/7 pontos eram precisas, ou seja, identificavam corretamente o cardinal de cada conjunto de pontos, e o grau de confiança nas suas respostas era elevado. A partir de 8 pontos, as respostas dos participantes eram cada vez mais imprecisas e o grau de confiança baixava drasticamente conforme aumentava o número de pontos. Na explicação dos resultados encontrados, foi possível identificar dois mecanismos para a descontinuidade observada a partir do 8. Assim, parece que na discriminação da quantidade entre números pequenos existe uma adequada e precisa representação da quantidade ao passo que na discriminação da quantidade de números maiores existe uma inadequada representação da quantidade, uma vez que os erros eram imensos e o grau de confiança nas respostas dadas era praticamente nulo.

Kaufman e colaboradores (1949) foram os primeiros autores a utilizarem o termo *subitização*<sup>1</sup> para explicar os resultados encontrados por Taves (1941, citado por Kaufman et al., 1949). Propuseram assim dois termos para distinguir os dois mecanismos encontrados. A *subitização* que explica o mecanismo de identificar sem contagem quantidades inferiores a 6 com precisão e rapidez; e a *estimação de quantidades* que implica a ação de identificar quantidades aproximadas, quando estas têm subjacentes conjuntos de objetos maiores do que 6 sem ter presente a precisão e rapidez na resposta.

Estes estudos foram replicados até aos dias de hoje com amostras diferentes e serviram de base para perceber o desenvolvimento numérico na criança em idade pré-escolar. Estudos desenvolvidos nas últimas décadas apontam para que o valor de referência seja 4 e

não 6 (e.g., Dehaene, 2002). A *subitização* é considerada um sistema de identificação preciso de pequenas quantidades até 4 e a *estimação de quantidades*, hoje é considerada um sistema análogo de identificação de quantidades aproximadas de conjuntos maiores do que 4, mais conhecido como *SNA – Sistema Numérico Aproximado* [*ANS – Approximate Number System*] (Dehaene, 2002; Feigenson, Dehaene & Spelke, 2004), de acordo com a proposta apresentada por Dehaene na sua obra *The Number Sense*, que faz referência a competências inatas partilhadas por adultos de diferentes culturas (Pica et al., 2004), por bebés humanos (Starkey & Cooper, 1980) e por outras espécies animais, como, por exemplo, os chimpanzés (Rumbaugh, Savage-Rumbaugh, & Hegel, citado por Dehaene, 2002), denominadas como sentido de número (inato).

Em resumo, as teorias atuais do desenvolvimento numérico ligadas às neurociências cognitivas sugerem que os bebés têm uma capacidade natural de representar números a partir destes dois sistemas de representação da quantidade não-verbais (e.g., Dehaene, Dehaene-Lambertz, & Cohen, 1998; Feigenson et al., 2004; Gallistel & Gelman, 2000).

Além disso, há um conjunto de competências numéricas verbais ou simbólicas apenas partilhadas pelos humanos, que depende do ambiente onde estão inseridos. Deste modo, o sistema de representação verbal ou secundário segue uma perspectiva sociocultural, estando assim dependente das diferenças culturais e da instrução formal da matemática. É constituído por quatro competências numéricas iniciais, consideradas intrínsecas à aprendizagem inicial da matemática: a contagem, a identificação do número, as relações numéricas e as transformações numéricas aditivas e subtrativas, identificadas como componentes do sentido de número simbólico.

Segundo Powel e Fuchs (2012), são as competências de contagem um-a-um que permitem a representação precisa da quantidade de 1 a 20 com o recurso à palavra-número. A passagem da quantidade para o número (através da associação quantidade-número) permite o desenvolvimento da identificação do número e das relações numéricas. Envolve a passagem do sistema de representação da quantidade com tarefas de discriminação da quantidade para o sistema de representação numérico com tarefas de comparação numérica (e.g., “Qual o número maior, 5 ou 7?”) e de identificação de números antecessores e sucessores numa reta numérica (e.g., “Que número vem depois do 8?”, “Qual o número mais próximo do 5, o 2 ou o 6?”).

As competências básicas de cálculo com estímulos verbais envolvem transformações aditivas e subtrativas que começam por ser resolvidas com estratégias de contagem pelos dedos usando dois procedimentos de contagem – o *procedimento-soma* e o *procedimento-mínimo* (Geary & Hoard, 2002). Por exemplo, para calcular  $5 + 3$ , a criança conta um-a-um os elementos dos dois subconjuntos (1, 2, 3, 4, 5...6, 7, 8), denominado por *procedimento-soma*, e só depois passa para uma estratégia mais eficiente com a contagem apenas do subconjunto com menos elementos (5...6, 7, 8), conhecido como *procedimento-mínimo*.

Na resolução de adições e subtrações por cálculo mental já é necessário recorrer a procedimentos de contagem mais sofisticados. Estes parecem estar relacionados com o desenvolvimento da representação mnemónica de factos numéricos básicos (Siegler &

Shrager, 1984). Existem dois tipos de representação mnemónica: a representação direta de factos numéricos e a decomposição. Com a recuperação de factos numéricos, a criança dá uma resposta imediata recorrendo ao facto numérico básico que já tinha sido assimilado pela memória a longo prazo em aprendizagens anteriores. Por exemplo, responde rapidamente 8 quando lhe é solicitado que calcule  $5 + 3$ . Com a decomposição, a criança dá a resposta com base na decomposição de um dos subconjuntos recuperando da memória um determinado facto numérico. Por exemplo, para calcular,  $8 + 7$ , a criança tenta compor uma dezena. Para isso, precisa adicionar 2 unidades ao 8 para obter 10. Basta, então, recorrer à memória a longo prazo das decomposições do 7, recordando que 7 se decompõe em 2 e 5 (diretamente relacionado com o facto numérico básico  $2 + 5 = 7$ ). Consegue assim compor uma dezena e restam-lhe 5 unidades, pelo que o resultado é 15. Mais uma vez a criança recorreu à recuperação imediata de factos numéricos básicos (Geary & Hoard, 2002).

Apesar de nem todas as perturbações de aprendizagem da matemática poderem ser atribuídas a dificuldades numéricas iniciais (pois estas podem estar associadas, por exemplo, a atitudes futuras face à matemática ou a fatores ambientais), em geral existe uma associação forte entre dificuldades iniciais e tardias em matemática (Holmes & Dowker, 2013). Essa associação diz respeito à interferência deste conjunto de competências elementares nas primeiras aprendizagens e nas aprendizagens matemáticas mais complexas e abstratas e que são importantes para o desempenho futuro em matemática.

Alguns estudos indicam que alunos com competências numéricas iniciais mais fracas no jardim de infância apresentam maior probabilidade em demonstrar um fraco desempenho matemático ao longo do seu percurso escolar (Clements & Sarama, 2009; Duncan et al, 2007; Jordan, Glutting, & Ramineni, 2010; Jordan et al., 2007). Outros sugerem que a contagem, a comparação numérica, a identificação do número e as operações numéricas são moderadas a fortes preditores do desempenho aritmético (Clarke & Shinn, 2004; Gersten & Chard, 1999; Griffin & Case, 1997; Jordan et al., 2006; Jordan et al., 2009; Lembke & Foegen, 2009; Methe, Hintze & Floyd, 2008). Um estudo feito em Portugal chegou a resultados semelhantes, em que as competências numéricas iniciais apresentaram-se como um fator cognitivo moderado no desempenho aritmético, com uma predição de cerca 34% da variabilidade do desempenho aritmético no final do 1.º ano de escolaridade (Marcelino, 2015; Marcelino, Sousa, Cruz & Lopes, 2012).

Em resumo, as competências cognitivas de domínio específico focam-se no sentido de número de baixa ordem (sentido de número inato, não simbólico, associado à representação da quantidade) e de alta ordem (sentido do número simbólico associado às competências numéricas iniciais).

### **Competências cognitivas de domínio geral – funções executivas, memória visuo-espacial e gnosia digital**

Atualmente, as teorias dominantes das neurociências cognitivas direcionadas para a Discalculia Desenvolvimental (DD) (dificuldades severas e específicas na aprendizagem da matemática) defendem que esta tem origem em alterações ao nível da representação apro-

ximada da quantidade (SNA) localizado no sulco intraparietal ou em conexões neuronais comprometidas entre os símbolos numéricos e a representação da quantidade (Landerl, Bevan & Butterworth, 2004; Piazza, 2010).

Nesta linha de investigação, o SNA tem sido fortemente apontado por estudos neuropsicológicos como um fator cognitivo de domínio específico fundamental no desenvolvimento da competência matemática e, por isso, inúmeras vezes apontado como um forte preditor no desempenho aritmético. A associação entre o SNA e o desempenho aritmético tem sido consistentemente fortalecida nos últimos estudos. Destacam-se as diferenças de desempenho, por exemplo, numa tarefa de comparação de números não simbólicos, em que alguns indivíduos facilmente discriminam apresentações breves entre 14 pontos e 16 pontos, enquanto outros não (Park & Starns, 2015). Foi também com a evidência do SNA que se chegou ao modelo de triplo código de Dehaene, o modelo contemporâneo mais utilizado de representação da quantidade, processamento e cálculo (Dehaene et al., 2003).

No entanto, pesquisas comportamentais (e.g., Szűcs et al. 2013) oferecem teorias alternativas sugerindo que as deficiências na DD podem estar ligadas a interrupções de outras funções do sulco intraparietal para além da representação da quantidade.

Comparando várias teorias (representação da quantidade, memória de trabalho, memória visuo-espacial de curto prazo, atenção e função inibitória), Szűcs e colaboradores (2013) concluem que as características dominantes da DD não têm o SNA como o único elemento fundamental associado, destacando-se um conjunto de elementos associados à memória de trabalho, à memória visuo-espacial de curto prazo e à função inibitória. Estes autores colocam a hipótese de que o comprometimento do controlo inibitório esteja relacionado com a interrupção da função de memória executiva central, e os problemas visuo-espaciais e de atenção podem depender da memória de curto prazo / memória de trabalho e deficiências de inibição.

Seguindo esta linha de pensamento, alguns autores debruçam-se na problemática das perturbações na aprendizagem da matemática, não só na identificação de défices de processos cognitivos específicos, mas também integrando défices de domínio geral, defendendo que, por exemplo, a DD é melhor compreendida se se tiver em conta, não só os défices de processos cognitivos específicos, mas também os défices ao nível de processos cognitivos gerais como a memória de trabalho, controlo inibitório, a atenção ou o processamento visuo-espacial (e.g., Henik, Rubinsten, & Ashkenazi, 2011; Szűcs et al., 2013).

O interesse do funcionamento neuropsicológico associado à cognição numérica tem crescido consideravelmente, tendo já alguns estudos apontado, por exemplo, para a representação dos dedos (gnosia digital – *finger gnosis*) como bom preditor do desempenho aritmético das crianças (Penner-Wilger et al., 2007; Penner-Wilger & Anderson, 2008). A capacidade de representar mentalmente os dedos foi proposta inicialmente por Butterworth (1999) que considerou ser a base para o desenvolvimento normal das representações numéricas. De acordo com Moeller et al. (2011), crianças com boas representações numéricas baseadas no reconhecimento dos dedos por intermédio do sentido tátil mostram melhores desempenhos aritméticos e, nesse sentido, um treino da gnosia digital pode melhorar as capacidades matemáticas.

As capacidades de memória visuo-espaciais de curto prazo e as funções executivas são também exemplos das tarefas neuropsicológicas ultimamente testadas em crianças no início da sua escolarização (Cordes & Gelman, 2005; Rips, Bloomfield, & Asmuth, 2008). A memória visuo-espacial e o controlo inibitório (principal componente das funções executivas) são as que apresentam maior correlação com o desempenho aritmético (Szücs et al., 2013). A variação individual no desempenho em tarefas executivas parece ser preditiva de competências importantes para o desenvolvimento das crianças, como as competências sociais (Kochanska, Murray & Harlan, 2000) e académicas (Blair & Razza, 2007), especialmente para a matemática (Bull & Scerif, 2001). O funcionamento executivo aparece envolvido em situações que exigem concentração, planeamento e resolução de problemas e recentemente tem-se dado importância ao despiste e promoção desta competência desde a educação pré-escolar (Rato, Ribeiro, & Castro Caldas, 2017).

## Método

### Participantes

De uma população inicial de 159 crianças, participaram neste estudo 130 crianças matriculadas no 1.º ano de escolaridade de quatro estabelecimentos de ensino básico localizados na ilha de S. Miguel, no ano letivo de 2015/2016, pertencentes a dois agrupamentos de escolas (designados na Região Autónoma dos Açores por unidades orgânicas). Os participantes tinham idades compreendidas entre os 5 e os 11 anos ( $MD = 6,61$ ;  $DP = 0,84$ ), sendo 49,2% do género masculino ( $n = 64$ ), com diferenças estatisticamente significativas entre eles,  $t(129) = 34,25$ ;  $p < 0,05$ .

Foram retirados deste estudo 29 participantes, de dois grupos (um experimental e um de controlo) de um terceiro agrupamento de escolas, por não possuírem as mesmas características amostrais. Primeiro, por esse agrupamento de escolas ter apenas duas turmas envolvidas no estudo (uma de controlo e uma experimental), enquanto que os restantes eram constituídos por quatro turmas cada um (duas de controlo e duas experimentais). Segundo, pelo facto de a professora do grupo experimental desse agrupamento ter estado ausente durante o 1.º período escolar, o que condicionou a aplicação do MSN. A terceira razão metodológica deve-se ao facto de a turma do grupo de controlo do agrupamento em causa não possuir as mesmas características em termos de resultados da BSN em relação aos restantes agrupamentos.

Para além das crianças, participaram no estudo quatro professoras titulares das turmas experimentais, com licenciatura em Ensino Básico, e uma professora de apoio com mestrado em Educação Especial, com idades compreendidas entre os 33 e os 48 anos.

Relativamente aos dois agrupamentos escolares que participaram no estudo, designados por AE\_1 (Agrupamento de Escolas 1) e AE\_2 (Agrupamento de Escolas 2), os encarregados de educação das crianças matriculadas nas escolas integradas no AE\_1 apresentam um nível socioeconómico baixo (em média, têm o 6.º ano de escolaridade e são

trabalhadores não qualificados). Por sua vez, em relação ao AE\_2, os encarregados de educação apresentam um nível socioeconómico médio (têm entre o 9.º ano e o 12.º ano de escolaridade e são, em geral, trabalhadores de serviços pessoais, administrativos ou pequenos comerciantes), com exceção de uma das escolas integradas em que predomina um nível socioeconómico médio-baixo (em média, têm o 9.º ano de escolaridade e são trabalhadores não qualificados).

Apresenta-se, de seguida, a Tabela 1 que sistematiza a informação tida em conta para este estudo e o modo como os dados foram tratados.

Tabela 1. Frequência por agrupamento de escolas e grupo de pesquisa e grupo BSN

Agrupamento escolas	AE_1	AE_2	Total
	F	F	
Grupo de Pesquisa			
<i>Experimental (4)</i>	34	30	64
<i>Controlo (4)</i>	33	33	66
Total	67	63	130
Grupo BSN			
<i>Grupo A</i>	39	28	67
<i>Grupo B</i>	19	28	47
<i>Grupo C</i>	9	7	16
Total	67	63	130

*Nota:* AE= Agrupamento de Escolas. F= Frequência. Grupo A= Baixo Desempenho na BSN - Bateria Sentido de Número. Grupo B= Médio Desempenho na BSN. Grupo C= Alto Desempenho na BSN.

Como podemos verificar na Tabela 1, os dados foram tratados tendo em conta a divisão da população em estudo ( $n= 130$  crianças) em grupos de pesquisa com turmas experimentais e turmas de controlo e em grupos de desempenho BSN com crianças identificadas com baixas, médias e altas competências numéricas.

Os grupos de pesquisa foram constituídos por oito turmas: quatro turmas experimentais (com aplicação do MSN) e quatro turmas de controlo (sem aplicação do MSN). Como já foi referido anteriormente, cada agrupamento de escolas contribuiu com duas turmas experimentais e duas turmas de controlo.

O grupo BSN foi constituído por três grupos de desempenho na BSN (baixas, médias e altas competências numéricas iniciais): A (percentil inferior ou igual a 25); B (percentil superior a 25 e inferior ou igual a 75); C (percentil superior a 75), determinados a partir dos dados normativos para a população portuguesa (Marcelino, 2015).

## Instrumentos

O presente estudo fez recurso a três medidas de avaliação e um programa de estimulação. A *Bateria Sentido de Número* (BSN) foi utilizada unicamente como prova de rastreio para identificar as crianças com baixas, médias e altas competências numéricas e como variável independente e preditora do desempenho aritmético. A Bateria de Avaliação Neuropsicológica Pré-Escolar de Lisboa (BANPEL) foi aplicada em pré e pós-avaliação do programa de estimulação apenas no Grupo A (identificado pela BSN com baixas competências numéricas). O programa de estimulação denominado de *Método Sentido de Número – Imagens Numéricas* (MSN) foi aplicado após a pré-avaliação, no decorrer do ano letivo de 2015/2016. A terceira medida – o *Teste de Conhecimento Numérico* (TCN) foi utilizado para medir o desempenho aritmético apenas em pós-avaliação como variável dependente.

### *BSN – Bateria Sentido de Número*

A BSN – *Bateria Sentido de Número* é uma medida constituída por 33 itens que avalia o sentido de número simbólico (SN) à entrada do ensino formal (1.º ano de escolaridade) em crianças com 5/6 anos. Foi desenvolvida por Jordan e colaboradores (2008) e adaptada para a população portuguesa (Marcelino, 2015).

Os resultados da adaptação para a população portuguesa (Marcelino, 2015) demonstraram que aplicada à entrada do ensino formal, a BSN é válida com um coeficiente alfa de Cronbach de 0,89, podendo ser aplicada em menos de 20 minutos. O percentil 50 para a população portuguesa é de 24 pontos.

A medida apresenta uma escala dicotómica (1 = correto; 0 = incorreto) num total de 33 pontos e é constituída pelos seguintes sete subtestes (ou sete competências numéricas iniciais):

- 1) *Contagem* (3 itens). Visa o conhecimento da sequência numérica até 30, a capacidade em numerar conjuntos até 5 objetos e o conhecimento da cardinalidade (e.g., “Quantas estrelas estão no papel que acabaste de ver?”);
- 2) *Princípios de contagem* (4 itens). Avalia a compreensão dos princípios de contagem, tais como o princípio da estabilidade da ordem. Neste subteste, é pedido à criança que reconheça contagens corretas, contagens incorretas (e.g., contar o primeiro objeto duas vezes) e contagens incomuns corretas (por exemplo, contar da direita para a esquerda ou, num conjunto de pontos amarelos e azuis, contar primeiro os pontos amarelos e depois os pontos azuis);
- 3) *Identificação do número* (4 itens). Implica a nomeação de números. É pedido à criança que nomeie um número apresentado visualmente (por exemplo, 13) a partir da questão “Que número é este?”;
- 4) *Comparações numéricas* (7 itens). Envolve a capacidade de comparar magnitudes. Para avaliar o conhecimento do número, é pedido à criança que faça julgamentos

de magnitudes numéricas de três modos diferentes: posição numérica, comparação numérica e proximidade numérica. No primeiro, é dado um número (por exemplo, o 7) e pede-se à criança para identificar o número que vem depois do 7 e dois números depois do 7. No segundo, são apresentados dois números à criança (por exemplo, 5 e 7) e pede-se para indicar qual dos dois números é o maior ou o menor. No terceiro, são apresentados três números (por exemplo, 6, 2 e 5), cada um colocado numa ponta de um triângulo equilátero invisível, e a criança é convidada a identificar o número que está mais próximo do número da ponta superior do triângulo, com a seguinte instrução: “Qual o número que está mais próximo do 6, o 2 ou o 5?”;

- 5) *Cálculo Não-Verbal* (4 itens). Mede a capacidade em desempenhar simples transformações de adição e subtração com a presença de objetos e sem a presença de estímulos verbais. O examinador mostra um conjunto de fichas à criança, realiza a transformação aditiva ou subtrativa (removendo ou adicionando fichas) e pede à criança para apontar, numa matriz de escolha múltipla com 4 conjuntos de pontos, para o número de fichas que estão debaixo da caixa;
- 6) *Problemas Verbais* (5 itens). Avalia a capacidade da criança em resolver pequenas situações problemáticas onde os objetos são referidos, mas não presentes, tendo em conta um estímulo verbal (e.g., “O José tem 3 bolachas. A Sara dá-lhe mais 2. Quantas bolachas tem o José agora?”);
- 7) *Operações numéricas* (6 itens). Envolve a resolução de adições e subtrações simples, sem referência a objetos e com a presença de um estímulo meramente verbal (e.g., “Quanto é  $4 + 3$ ?”).

### ***BANPEL – Bateria de Avaliação Neuropsicológica Pré-Escolar de Lisboa***

Para uma análise complementar das crianças que apresentaram baixas competências numéricas (medida pela BSN) foi também utilizado neste projeto o Protocolo de Competências Matemáticas Emergentes, inserido na *Bateria de Avaliação Neuropsicológica Pré-Escolar de Lisboa* (BANPEL), desenvolvido por Rato e Castro Caldas (2010). Este protocolo destina-se a crianças dos 3 aos 6 anos, tendo como objetivo analisar a memória visuo-espacial, contagem e reconhecimento dos dedos, funções executivas e a estimação da quantidade.

Para o presente projeto, foram selecionadas quatro tarefas da BANPEL:

- 1) *Escola das formas*. Uma tarefa com quatro condições (controlo, inibição, flexibilidade e ambas: inibição mais flexibilidade) para avaliar as funções executivas. O tempo de resposta e o número de estímulos corretamente identificados foram registados pelo pesquisador em cada condição e a pontuação da eficiência foi calculada pelo número de respostas corretas no tempo de reação para cada condição avaliada (eficiência = correto / tempo total);

- 2) *Qual o dedo?* Tarefa que utiliza três ensaios (toque isolado, simultâneo e sucessivo) para avaliar a gnosia digital. As crianças foram instruídas a indicar com a maior rapidez e precisão possível que dedo foi tocado. Todas as respostas corretas foram pontuadas com 1, dando um máximo de 30 pontos no total;
- 3) *Tabuleiro de Corsi*. Tarefa em que se pede para reproduzir uma sequência apresentada para avaliar a memória visuo-espacial e consiste num tabuleiro com nove blocos colocados semi-aleatoriamente, em que o sujeito tem de repetir seqüências de toques nos blocos na ordem apresentada utilizando a memória. A pontuação compreende o total de toques corretos do ensaio correspondente;
- 4) *Mais pontos amarelos ou azuis?* Tarefa com recurso ao software *Panamath* (Halberda & Feigenson, 2008) para avaliar a capacidade para detetar diferenças de magnitude entre os grupos, i.e., *estimação de quantidade* – sistema aproximado de representação de grandes quantidades cuja medição lança valor de fração weber (*Wb* – *weber fraction*), em que uma fração weber maior, indica mais ruído, mais sobreposição e, portanto, pior desempenho de discriminação.

### ***TCN – Teste de Conhecimento Numérico***

O TCN – *Teste de Conhecimento Numérico*, desenvolvido por Okamoto e Case (1996), é um instrumento aplicado individualmente que permite avaliar o conhecimento do número e das operações aritméticas básicas (e.g., conhecimento do número, comparações numéricas e estratégias de contagem aditivas e subtrativas). O teste foi desenvolvido para ser aplicado em crianças dos 4 aos 10 anos de idade com o objetivo de avaliar a compreensão do sistema numérico através de quatro níveis, sendo que só se avança para o nível seguinte quando a criança obtém um número mínimo de respostas corretas no nível anterior.

No nível 1, contar fichas e formas geométricas são alguns dos exemplos das tarefas solicitadas. O nível 2 exige a nomeação de números, a identificação de números maiores ou menores de um par de números e a resolução de problemas com adições e subtrações simples. No nível 3, pede-se para resolver problemas semelhantes aos do nível 2, mas com números maiores. Este nível também exige que as crianças completem novos itens, como afirmar quantos números naturais estão entre um par de números. O nível 4 é o último nível e acrescenta novas tarefas, tais como identificar qual a maior ou menor diferença entre dois pares de números. Segundo os autores, no nível 1, espera-se que as crianças consigam contar de forma mecânica e quantificar globalmente (4 anos de idade). Já no nível 2, é esperado que as crianças tenham construído uma reta numérica mental que integre a compreensão de números e quantidades (6 anos de idade).

É composto por 52 itens (embora só tenham sido contabilizados 44 itens adaptados à faixa etária das crianças) distribuídos por níveis de dificuldade assentes nas diferenças entre intervalos numéricos. A escala é dicotómica (1 = correto; 0 = incorreto). A média de respostas corretas é de 30 pontos. Foi utilizado a versão portuguesa traduzida por Rato (2014), não tendo sido aferida para a população portuguesa.

### ***MSN – Método Sentido de Número – Imagens Numéricas***

O *Método Sentido de Número – Imagens Numéricas* (MSN) foi concebido inicialmente como um programa de treino individualizado ou em pequenos grupos com o objetivo de estimular competências numéricas iniciais em crianças com dificuldades severas e moderadas na aprendizagem da matemática. A versão individualizada do programa é aplicada em contexto clínico no Núcleo da Discalculia desde 2010, com base na adaptação do método alemão *Kieler Zahlenbilder* (Rosenkranz, 1992), e foi desenhada a partir da premissa de que as crianças com dificuldades na aprendizagem inicial da matemática apresentam problemas nas operações visuais, o que dificulta a passagem das operações concretas para as operações abstratas.

Este aspeto é trabalhado através da manipulação de imagens numéricas, que tem como aspeto preliminar a subitização de padrões numéricos de pontos (imagens numéricas) precedido da sua manipulação, sendo assim possível estimular a criança a visualizar quantidades “dentro” de quantidades a partir da representação dos números através de casinhas, cada uma com 10 padrões numéricos diferentes. O MSN tem como objetivo geral automatizar e dominar o cálculo mental com o recurso a factos numéricos e à decomposição no intervalo numérico de 1-10, passando depois para o intervalo numérico de 11-20 e só depois para números maiores (até 100), sendo estes previamente trabalhados através da manipulação de imagens numéricas.

Neste estudo, o MSN foi adaptado para ser aplicado em contexto de sala de aula com pequenos grupos de crianças (cada turma tinha cerca de 4/5 crianças por grupo), tendo sido estruturado em programas de treino com mais de 100 atividades e jogos lúdicos para estimular as competências numéricas iniciais a partir da manipulação de imagens numéricas (contagem, associação número-quantidade, identificação do número, relações numéricas, operações aritméticas básicas – adição e subtração e identificação das dezenas e unidades, com reforço do valor posicional dos algarismos).

A adaptação para o contexto sala de aula foi definida a partir da organização dos programas de treino que seguiram uma estrutura fixa com o nome da atividade/jogo, o objetivo da atividade/jogo, o intervalo numérico (1-6, 4-9, 1-10, 1-20), a via utilizada (concreta, pictórica, abstrata, tátil, auditiva, associativa, motora), o material (casinha do 10, cartas Kiel, dados, esquema todo-partes, esquema Dezenas-Unidades, entre outros), o número de participantes (dois a cinco participantes) e o procedimento a adotar. A estruturação das atividades contou também com o contributo das quatro professoras titulares e da professora de apoio, que receberam formação para a implementação do MSN, ao longo da implementação do projeto. Todas as atividades foram testadas previamente em contexto de formação, usando metodologias como jogos de papéis e simulações, tendo sido objeto de alguns afinamentos antes de serem implementadas em ambiente de sala de aula. Foi entregue às formandas um guião de atividades e jogos do MSN, de modo a facilitar a implementação do MSN em ambiente de sala de aula. Os materiais foram cuidadosamente selecionados e construídos, tendo sido disponibilizados atempadamente às turmas do Grupo Experimental (GE).

Segue-se uma lista dos princípios reguladores do MSN: visualização (deixar de contar com os dedos e passar a contar com os “olhos”, ou seja, contar mentalmente); consolidação (não se passa ao próximo intervalo numérico enquanto o anterior não for automatizado); verbalização (em todas as atividades e jogos as crianças são estimuladas a verbalizar o seu raciocínio), via lúdica (as atividades e jogos têm uma forte componente lúdica e apelam à competição saudável entre grupos de crianças); carácter aleatório (através de jogos com dados e cartas de pontos retiradas ao acaso); reforço positivo (quem ganha o jogo recebe sempre uma salva de palmas); e a multissensorialidade (as atividades e jogos foram desenhados tendo em conta diferentes estímulos: visual, tátil, motor, auditivo, associativo).

O MSN segue uma abordagem concreta-imagética-abstrata, adaptada de Bruner (1964), onde os materiais utilizados diferem de acordo com as diferentes vias de representação. Na via concreta, utiliza-se um esquema de uma casinha com 10 espaços que representam a dezena e fichas que representam as unidades. Na via imagética são usados dados de 1-6 e de 4-9 e cartas de pontos de 0-10. Na via abstrata manipulam-se cartas numéricas, cartas com símbolos aritméticos (+, - e =) e utiliza-se o esquema todo-partes adaptado do conhecido Método Singapura. Os célebres esquemas todo-partes (*number bonds*) são representações que auxiliam a compreensão numérica basilar, nomeadamente a álgebra fundamental (adições e subtrações), bem como a capacidade de decompor quantidades (Santos & Teixeira, 2015).

## **Procedimento**

Aprovado o projeto de implementação deste estudo por parte da Direção Regional da Educação (DRE), da Secretaria Regional da Educação e Cultura do Governo dos Açores, foi-nos informado pela DRE que 10 professoras titulares e uma professora de apoio, com mestrado em Educação, tinham sido selecionadas para o estudo. Cinco professoras titulares e a professora de apoio foram selecionadas para o grupo experimental (com intervenção), a quem seria dada formação. As restantes cinco professoras titulares foram selecionadas para o grupo de controlo (sem intervenção). Como foi referido anteriormente, acabaram por ser retiradas do estudo duas turmas, uma de controlo e outra experimental.

No início do ano letivo de 2015/2016, as professoras selecionadas para o grupo experimental receberam uma ação de formação de 25 horas acreditada pela DRE, que decorreu em setembro de 2015. Na formação foi apresentado o projeto e os princípios orientadores do MSN, seguindo-se sessões práticas de simulação de jogos e atividades. As professoras foram formadas para aplicarem o MSN durante o 1.º período escolar, tendo sido necessário adaptar os programas de treino individuais e o material para trabalho de 4/5 grupos de 4/5 crianças por turma.

Ainda no mês de setembro de 2015, as crianças das turmas das 10 professoras titulares foram rastreadas com a BSN, que foi aplicada pela coordenadora do projeto com o apoio

de dois aplicadores previamente formados para o efeito. Os aplicadores detinham uma licenciatura em Educação Básica.

Ainda em setembro de 2015, os resultados da BSN foram normalizados a partir dos dados normativos da BSN (Marcelino, 2015), tendo sido possível dividir a população em estudo em três grupos de rendimento BSN: o Grupo A com um percentil inferior ou igual a 25, interpretado com baixas competências numéricas; o Grupo B com um percentil superior a 25 e inferior ou igual a 75, com médias competências numéricas; e o Grupo C com um percentil superior a 75, com altas competências numéricas. Nas crianças identificadas com baixas competências numéricas (Grupo A), foi aplicada a BANPEL como pré-avaliação (setembro de 2015) e pós-avaliação (maio de 2016).

Entre fevereiro e abril de 2016, deu-se continuidade à formação das professoras das turmas de intervenção e da professora de apoio. A oficina em causa também foi acreditada pela DRE e teve um total de 25 horas presenciais.

Durante os três períodos escolares, o MSN foi aplicado pelas professoras das turmas de intervenção, com a ajuda da professora de apoio. O MSN começou a ser aplicado em outubro de 2015 até final de abril de 2016. Foi aplicado em blocos de 90 minutos, 2 vezes por semana. As crianças do grupo de controlo não foram sujeitas a intervenção. Fora destes períodos de treino adicional, todas as crianças, quer do grupo experimental como do de controlo, tiveram a instrução curricular formal do 1.º ano de escolaridade, através dos titulares de turma e dos professores DA (professores qualificados na deteção, caracterização e resolução de problemas de aprendizagem no 1.º Ciclo do Ensino Básico, cuja ação se enquadra no âmbito do programa ProSucesso – Açores pela Educação, do Governo dos Açores).

Como pós-avaliação, no último período escolar (maio de 2015) as crianças foram avaliadas com o TCN (Okamoto & Case, 1996).

## Resultados

### Competências numéricas iniciais por agrupamento de escolas e grupo de pesquisa

As crianças participantes deste estudo apresentam competências numéricas iniciais (medidas pela BSN) abaixo da média nacional  $MD = 20,05$  ( $DP = 5,82$ ). Em termos de diferenças de médias nos resultados da BSN entre os agrupamentos de escolas, o AE\_1 apresenta uma diferença de 1,78 pontos percentuais relativamente ao AE\_2 (ver Tabela 2 e Figura 1).

Entre os grupos (experimental e controlo) não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas no desempenho da BSN,  $t(128) = 1,809$ ;  $p > 0,05$ . Em relação aos grupos com baixas, médias e altas competências numéricas, as diferenças encontradas foram estatisticamente significativas,  $\chi^2(2) = 7,009$ ;  $p < 0,05$ .

Tabela 2. Resultados médios e desvio-padrão ao nível das competências numéricas (medidas pela BSN) por agrupamento de escolas e por grupo de pesquisa

Agrupamento escolas	AE_1	AE_2	Total
	MD (DP)	MD (DP)	MD (DP)
<b>Grupo de Pesquisa</b>			
<i>Experimental</i>	19,94 (5,81)	22,17 (4,90)	20,98* (5,47)
<i>Controlo</i>	18,42 (6,91)	19,88 (5,06)	19,15* (6,06)
Total	19,19 (6,36)	20,97 (5,08)	-
<b>Grupo BSN</b>			
<i>Grupo A</i>	14,85 (3,29)	16,43 (2,50)	15,51* (3,07)
<i>Grupo B</i>	22,68 (2,24)	23,29 (2,28)	23,38* (2,25)
<i>Grupo C</i>	30,67 (1,85)	29,86 (1,35)	30,31* (1,49)

Nota: BSN = Bateria Sentido de Número. Média nacional da BSN = 22,87, num total de 33 pontos com uma amostra de 2246 crianças (Marcelino, 2005). AE = Agrupamento de Escolas. MD= Média. DP= Desvio-Padrão. Grupo A= Baixas competências numéricas. Grupo B= Médias competências numéricas. Grupo C= Altas competências numéricas.  $p < 0,05$

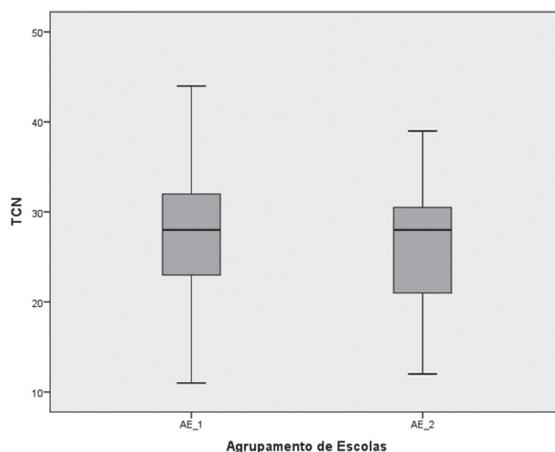


Figura 1. Resultados médios nas competências numéricas (medida pela BSN = Bateria Sentido de Número) por agrupamento de escolas.

Nota: AE\_1 (MD = 19,19); AE\_2 (MD = 20,97)

### Relação entre as competências numéricas e o desempenho aritmético

Foi encontrada uma correlação positiva, moderada e significativa entre as competências numéricas iniciais (medidas pela BSN no início do ano letivo) e o desempenho aritmético (medido pela TCN no final do ano letivo),  $r = 0,448$ ;  $p < 0,05$ .

Com estes resultados, podemos aduzir que quanto maior o desempenho ao nível das competências numéricas, mais alto é o desempenho na matemática e vice-versa. Especificamente, os grupos de crianças que iniciaram a escolaridade obrigatória com baixas competências numéricas apresentam maior probabilidade de terem resultados médios mais baixos nas provas de desempenho aritmético em comparação com os grupos com médias e altas competências numéricas.

A variabilidade do desempenho aritmético é explicada pelas competências numéricas em 20% dos casos (ver Tabela 3.) Os resultados das análises de correlação corroboram as conclusões do estudo de Marcelino e colaboradores (2012) sobre a associação positiva e moderada entre o sentido de número e o desempenho futuro a matemática. Porém, a análise de regressão mostra que o peso preditivo das competências numéricas no desempenho aritmético está abaixo dos 38% a 45% da variabilidade encontrada no estudo de Marcelino (2015).

Tabela 3. Coeficientes de regressão e variância explicada

	$R^2$	$B$	$t$	$p$
		TCN		
<b>BSN total</b>	0,200	0,448	5,988	0,000

Nota: BSN = Bateria Sentido de Número. TCN = Teste de Conhecimento Numérico

### O desempenho aritmético por grupo de pesquisa

No final do ano letivo, tendo em conta a população em estudo, as crianças das turmas experimentais apresentaram resultados médios ligeiramente mais altos no desempenho aritmético do que as crianças das turmas de controlo.

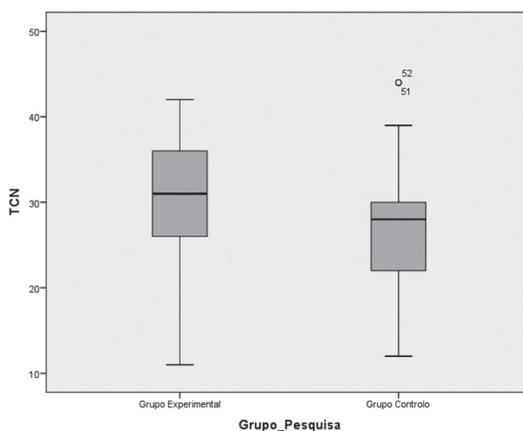


Figura 2. Resultados médios no desempenho aritmético (medido pelo TCN = Teste de Conhecimento Numérico) por grupo de pesquisa.

Nota: Grupo Experimental (MD = 30,43); Grupo Controllo (MD = 26,60)

Foi feita uma verificação da normalidade através do teste não paramétrico *Kolmogorov – Smirnov* que revelou uma distribuição normal da amostra. Deste modo, foi utilizado o teste *t* para amostras independentes. Os resultados mostram que as diferenças encontradas entre os grupos experimentais e os grupos de controlo nos dois agrupamentos de escolas são significativas,  $t(114) = 3,008$ ;  $p < 0,01$  (ver Tabela 4, Figura 2).

### O desempenho aritmético por agrupamento de escolas e por grupos de pesquisa

Nas escolas do AE\_2, foram encontradas diferenças estatisticamente significativas no desempenho aritmético (medido pelo TCN),  $t(63) = 2,368$ ;  $p < 0,05$ , entre os grupos experimentais e os grupos de controlo, mas não no AG\_1,  $t(64) = 1,980$ ;  $p > 0,05$ .

Perante estes resultados, podemos inferir que a aplicação do MSN ao longo do ano letivo teve um impacto mais significativo no desempenho aritmético nas escolas experimentais integradas no AE\_2 (resultados assinalados com \* na Tabela 4) do que nas escolas experimentais integradas no AE\_1. Em relação aos resultados do AE\_1, ainda assim há uma diferença de cerca de 3,83 pontos percentuais entre os grupos experimental e de controlo, beneficiando o grupo experimental sendo o valor inferencial de  $p$  muito próximo de 0,05 ( $p = 0,051$ ).

Se procurarmos analisar as diferenças entre as crianças que apresentam baixas, médias e altas competências numéricas antes de iniciarem o ensino formal e o desempenho aritmético no final do 1.º ano de escolaridade tendo em conta as crianças que tiveram ou não acesso ao MSN, verificamos que as crianças com altas competências numéricas têm um desempenho superior no desempenho aritmético, em comparação com as crianças com baixas ou médias competências numéricas. Mais ainda, o MSN melhora o seu desempenho, ou seja, todos os grupos experimentais apresentam melhorias no desempenho da matemática no final do 1.º ano de escolaridade em comparação com os grupos de controlo (ver Tabela 4 e Figura 3).

Tabela 4. Resultados médios e desvio-padrão do desempenho aritmético (medido pelo TCN) por agrupamento de escolas e por grupo de pesquisa

Agrupamento escolas	AE_1	AE_2	Total
	MD (DP)	MD (DP)	MD (DP)
Grupos de Pesquisa			
<i>Experimental</i>	29,79 (6,65)	31,03 (7,51)*	30,43 (7,07)
<i>Controlo</i>	26,16 (7,26)	26,94 (6,19)*	26,60 (6,62)
Grupo BSN			
<i>Grupo A</i>	26,00 (7,86)	25,96 (6,20)	25,98 (7,02)
<i>Grupo B</i>	29,72 (5,57)	30,29 (7,86)	30,07 (6,47)
<i>Grupo C</i>	32,14 (5,01)	35,00 (5,44)	33,57 (5,24)

Nota: TCN = Teste de Conhecimento Numérico (Okamoto & Case, 1996). AE = Agrupamento de Escolas. MD= Média. DP= Desvio-Padrão. Grupo A= Baixas competências numéricas. Grupo B= Médias competências numéricas. Grupo C= Altas competências numéricas. \*  $p < 0,05$

Outro resultado pertinente está relacionado com as melhorias mais significativas no desempenho aritmético nas crianças com baixas competências numéricas quando estas tiveram acesso ao MSN. A partir de uma análise de significância e da comparação das médias dos grupos em função do desempenho aritmético, verificámos que as diferenças encontradas no desempenho aritmético entre os grupos experimentais e de controlo diferem significativamente apenas no grupo de crianças com baixas competências numéricas,  $\chi^2(2) = 2,184; p < 0,01$ . Desde modo, podemos inferir que a aplicação do MSN é mais eficaz no grupo de crianças com baixas competências numéricas.

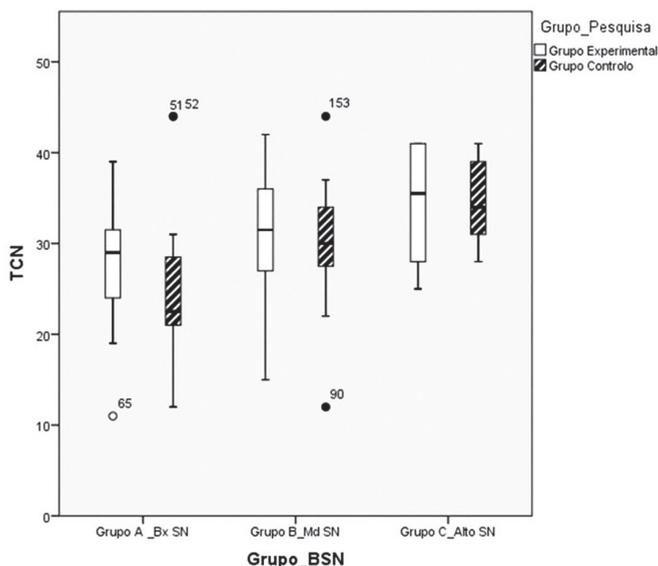


Figura 3. Resultados médios no desempenho aritmético (medido pelo TCN = Teste de Conhecimento Numérico) por grupo experimental e controlo e por grupo de desempenho BSN (baixas, médias e altas competências numéricas)

Nota: TCN (MD total = 29,00)

### Desempenho cognitivo das crianças com baixas competências numéricas

No grupo de crianças identificadas com baixas competências numéricas foi realizada no início e no fim do ano letivo uma aplicação de quatro tarefas do protocolo de avaliação de competências matemáticas emergentes da BANPEL (Rato & Castro Caldas, 2010). As quatro tarefas aplicadas incidem em quatro domínios, a saber, funções executivas (controlo inibitório), gnosis digital, memória visuo-espacial e estimação de quantidades.

Nesta primeira aplicação (pré-teste), foi possível verificar o desempenho de 39 crianças. No entanto, no segundo momento de aplicação (pós-teste) realizado no final do ano letivo, já só foi possível verificar o desempenho de 20 crianças, excluindo-se desta análise 19 crianças devido a transferências de escola ou ausências no último momento de aplicação.

As 20 crianças em análise têm idades compreendidas entre os 6 e 7 anos ( $MD = 6,30$ ;  $DP = 0,47$ ), sendo que 60% são do género masculino ( $n = 12$ ). A distribuição pelos grupos de pesquisa é de 10 crianças no grupo experimental e 10 crianças no grupo de controlo. Uma vez que a amostra deste grupo de análise tem menos de 20 participantes foi feita uma verificação da normalidade através do teste não paramétrico *Kolmogorov – Smirnov* que revelou uma distribuição normal da amostra.

Relativamente ao desempenho cognitivo das quatro tarefas aplicadas considerando os dois momentos de aplicação, verificou-se uma subida dos valores médios do pré-teste para o pós-teste em todas as tarefas, sendo que a capacidade de inibição (principal componente das funções executivas) e a memória visuo-espacial apresentaram diferenças significativas no grupo experimental,  $t(9) = -2,570$ ;  $p = 0,030$ ;  $t(9) = -4,641$ ;  $p = 0,001$ ; respetivamente. No grupo de controlo também se verificou uma subida significativa de desempenho na memória visuo-espacial,  $t(9) = -3,280$ ;  $p = 0,010$ , sendo esta a única a registar (ver Tabela 5).

Tabela 5. Resultados médios nas 4 tarefas da BANPEL por grupo de pesquisa

Tarefas	Grupo Experimental		Grupo Controlo	
	MD (DP)		MD (DP)	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
FE				
<i>Controlo</i>	0,82 (0,56)	0,91 (0,21)	0,63 (0,19)	0,76 (0,30)
<i>Inibição</i>	<b>0,70 (0,48)</b>	<b>1,02 (0,26)<sup>1</sup></b>	0,46 (0,36)	0,72 (0,51)
<i>Flexibilidade</i>	0,38 (0,21)	0,42 (0,11)	0,30 (0,16)	0,38 (0,19)
<i>Inib. + Flex*</i>	0,43 (0,27)	0,55 (0,30)	0,25 (0,22)	0,48 (0,16)
GD				
<i>PG 3 ensaios</i>	23,00 (2,83)	23,90 (4,75)	21,90 (4,04)	23,50 (3,75)
MVE				
<i>PG 4 níveis</i>	<b>15,80 (2,04)</b>	<b>18,10 (1,66)<sup>2</sup></b>	<b>14,60 (2,68)</b>	<b>16,00 (2,79)<sup>2</sup></b>
Estimação				
<i>% corretos</i>	80,00 (11,14)	80,63 (11,00)	74,06 (15,94)	78,13 (11,02)
<i>Tempo (seg)</i>	2172,04 (509,90)	2047,16(679,03)	2435,43(821,71)	1861,35(317,26)
<i>weber fraction*</i>	0,567 (0,617)	0,425 (0,356)	0,855 (0,966)	0,420 (0,261)

*Nota:* \* corresponde à tarefa que junta as capacidades de inibição e de flexibilidade que constituem o funcionamento executivo. FE= Funções Executivas. GD= Gnosia Digital. MVE = Memória Visuo-Espacial. PG= Pontuação global. + valores mais baixos correspondem a melhor o desempenho na estimação de quantidades.

<sup>1</sup>  $p < 0,05$ ; <sup>2</sup>  $p < 0,01$  (*t*-teste para amostras emparelhadas)

No que diz respeito à análise de desempenhos no pós-teste entre os grupos de pesquisa, embora em todas as tarefas o grupo experimental tenha apresentado melhores resultados que o grupo de controlo, não há diferenças estatisticamente significativas entre os grupos a registar (teste  $t$  para amostras independentes).

Se procurarmos analisar a relação entre o desempenho cognitivo e o desempenho aritmético nas crianças com baixas competências numéricas, verificamos que a memória visuo-espacial (medida no primeiro momento de avaliação) é a tarefa que está mais associada com o desempenho aritmético. A associação é positiva, forte e significativa ( $r = 0,616$ ;  $p < 0,05$ ). Isto significa que as crianças que iniciam o ano letivo com baixas competências numéricas e com uma fraca memória visuo-espacial, tendem a ter fracos resultados no desempenho aritmético no final do 1.º ano de escolaridade.

Uma análise de regressão com a memória visuo-espacial como variável preditora do desempenho aritmético aponta que esta explica cerca de 38% da variabilidade ( $R^2 = 0,388$ ;  $p < 0,05$ ), apresentando-se assim como um moderado fator preditivo do desempenho aritmético em crianças com baixas competências numéricas.

## Discussão

Neste estudo, procurámos avaliar se o MSN – um programa, aplicado em contexto de sala de aula, de estimulação das competências numéricas iniciais – influencia o desempenho aritmético no final do 1.º ano de escolaridade. Para isso, distribuámos a população em estudo em grupos com baixas, médias e altas competências numéricas (medidos pela BSN no início do ano letivo), divididos em dois grupos de pesquisa: quatro turmas experimentais (com intervenção) e quatro turmas de controlo (sem intervenção). Testámos as seguintes hipóteses: 1) no final do ano letivo, as crianças das turmas experimentais têm melhorias mais significativas ao nível do desempenho aritmético em comparação com as crianças das turmas de controlo; 2) entre as crianças com baixas, médias e altas competências numéricas, as diferenças estatisticamente significativas serão mais notórias no grupo de crianças com baixas competências numéricas das turmas experimentais comparativamente às crianças com baixas competências numéricas das turmas de controlo; e 3) as crianças com baixas competências numéricas apresentam melhorias mais significativas no desempenho cognitivo com a aplicação do MSN do que as crianças nas mesmas condições sem a aplicação do MSN.

Em relação à primeira hipótese, esta confirma-se, visto que foram encontradas diferenças significativas entre o grupo experimental e o grupo de controlo, sendo que o primeiro apresentou melhorias significativas ao nível do desempenho aritmético. Desta forma, os nossos resultados permitem-nos inferir que o MSN é eficaz na melhoria do desempenho aritmético em contexto de sala de aula.

A segunda hipótese também foi confirmada na medida em que os nossos resultados demonstraram que as melhorias ao nível do desempenho aritmético são mais notórias e significativas nas crianças que iniciaram o ano letivo com baixas competências numé-

cas nas turmas experimentais comparativamente às crianças das turmas de controlo. Estes resultados realçam dois aspetos importantes. Primeiro, a importância do MSN como uma medida de intervenção precoce. A verificação dos avanços significativos obtidos nas crianças das turmas experimentais, identificadas abaixo do percentil 25 e em risco de terem dificuldades futuras na aprendizagem da matemática, realça a sua importância como um programa de intervenção precoce em crianças com ou em risco de terem dificuldades na aprendizagem da matemática. Estes resultados e o feedback global recolhido da aplicação do MSN no terreno permitem concluir que dar formação a professores de Educação Especial, de forma a dotá-los de estratégias eficazes de identificação precoce das dificuldades e da intervenção com a aplicação deste método, pode demonstrar ser uma medida eficaz na superação de dificuldades na aprendizagem inicial da matemática, mais importante ainda em contexto individual. Em segundo lugar, a análise de correlação positiva, moderada e significativa entre as competências numéricas e o desempenho aritmético no final do 1.º ano de escolaridade chama a atenção para a estimulação precoce ao nível da educação pré-escolar para que as crianças entrem no ensino formal com as competências numéricas necessárias para a aprendizagem da matemática. Os nossos resultados vão assim de encontro ao estudo de Marcelino (2015), confirmando que as crianças que iniciavam o 1.º ano de escolaridade com altas competências numéricas terminavam o ano escolar com alto desempenho aritmético.

No que concerne ao desempenho cognitivo do grupo de crianças identificadas com baixas competências numéricas, verificou-se que a capacidade de controlo inibitório (componente crucial das funções executivas) e a memória visuo-espacial melhoraram significativamente com a aplicação do MSN. Isto pode indicar que a exploração de decomposições e recomposições de conjuntos no intervalo numérico de 1-10 através da manipulação de imagens numéricas (com padrões numéricos de pontos) estimula a memória visuo-espacial. Tal como referido na descrição do MSN, este tem como aspeto preliminar a subitização de padrões numéricos de pontos e só depois de esta competência estar adquirida é que se procede à sua manipulação de modo a que a criança consiga visualizar quantidades “dentro” de quantidades nos padrões numéricos de pontos. Ora esta competência pode implicar que a criança adquira um domínio visuo-espacial concreto dos padrões numéricos que são apresentados como estímulo para dominar o conceito de conjunto (capacidade de criar conjuntos parciais) e, assim, conseguir decompor e compor conjuntos parciais apesar da modificação das formas das imagens numéricas. Para além disso, a manipulação de imagens numéricas pode facilitar a supressão de respostas erradas perante tarefas de cálculo mental, servir como estímulo para o controlo inibitório e aumentar, portanto, a capacidade de atenção de inibição de distratores.

## **Conclusões**

Os nossos resultados sustentam a premissa de que é importante promover o ensino da matemática desde a mais tenra idade, intensificando esse cuidado nos primeiros anos de escolaridade. Este estudo procurou contribuir para a necessidade de identificar medidas

válidas e fiáveis na predição do desempenho aritmético nos primeiros anos escolares e em desenvolver e medir a eficácia de intervenções precoces no combate das primeiras dificuldades em matemática.

Os nossos dados corroboram os resultados encontrados nos estudos de Jordan e colaboradores (Jordan et al. 2006; Jordan et al. 2007, Marcelino, 2015) relativamente ao efeito preditor das competências numéricas iniciais no desempenho aritmético, pelo que a aplicação da BSN, desde o jardim de infância, como prova de rastreio ao nível das competências numéricas, permite identificar os alunos com baixas competências, apoiando-os com programas de treino focados nas competências cognitivas de domínio geral e específico, nos dois primeiros anos de escolaridade ao nível da matemática.

O *Método Sentido de Número – Imagens Numéricas* (MSN) mostrou-se particularmente eficaz na melhoria do desempenho aritmético no final do 1.º ano de escolaridade em crianças com baixas competências numéricas. Em estudos futuros, propõe-se a aplicação do MSN mais alargada, tanto no final da Educação Pré-Escolar como no 1.º e 2.º anos de escolaridade do 1.º Ciclo do Ensino Básico. Para tornar consistentes os resultados encontrados sobre a eficácia do MSN na melhoria do desempenho aritmético, seria importante replicar o estudo com diferentes provas de desempenho aritmético, dado que a prova utilizada não estava aferida para a população portuguesa. Relativamente aos dados obtidos ao nível do desempenho cognitivo, o tamanho da amostra do grupo com baixas competências numéricas é inferior ao esperado e para uma maior representação dos dados seria importante ter sido maior.

O método proposto demonstrou ser particularmente eficaz em crianças com baixas competências numéricas, pelo que se recomenda a aplicação do MSN por professores de educação especial e por psicólogos, assim que as primeiras dificuldades sejam detetadas.

### Agradecimentos

Os autores agradecem o financiamento da Secretaria Regional da Educação e Cultura do Governo dos Açores, no contexto do Programa ProSucesso – Açores pela Educação. Os autores agradecem também a colaboração da Universidade dos Açores, enquanto entidade formadora, e de todos os professores e crianças que participaram no estudo apresentado neste artigo.

### Notas

1. *Subitizing* foi o termo proposto por Kaufman, Lord, Reese e Volkmann (1949) para poder descrever com clareza os resultados encontrados no seu estudo no que se refere à descontinuidade verificada na discriminação da quantidade entre números maiores e menores do que 6. Kaufman e colaboradores (1949) denominaram de *subitizing* a percepção e julgamento da quantidade em números menores do que 6. Tem na sua origem o termo latino *subitus* que significa *súbito* e no verbo do latim medieval *subitare* que significa *chegar rapidamente*. É um termo ainda hoje utilizado pelos teóricos na área da cognição numérica para definir a capacidade em determinar com precisão e subitamente a quantidade de pequenas coleções de objetos, sem recorrer à contagem. Dado a sua origem latina, utilizamos o termo *subitização* ou *subitizar*, tal como proposto por Marcelino (2015) e Santos e Teixeira (2015).

## Referências

- Alcock, L., Ansari, D., Batchelor, S., Bisson, M., J., Smedt, B., Gilmore, C., Silke M. Göbel, S., Hanula-Sormunen, M., Hodgen, J., Inglis, M., Jones, I., Mazzocco, M., McNeil, N., Schneider, M., Simms, V., & Weber, K. (2016). Challenges in mathematical cognition: a collaboratively derived research agenda. *Journal of Numerical Cognition*, 2(1), 20-41.
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78(2), 647-663.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, shifting and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273-293.
- Butterworth, B. (1999). *The mathematical brain*. London: Macmillan.
- Bruner (1964). The course of cognitive growth. *American Psychologist*, 19(1), 1-15.
- Brooks, G. (2007). *What works for pupils with literacy difficulties? The effectiveness of intervention schemes*. London: DCSF.
- Clarke, B. & Shinn, M. (2004). A preliminary investigation into the identification and development of early mathematics curriculum-based measurement. *School Psychology Review*, 33(2), 188-192.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2009). *Learning and teaching early math: The learning trajectories approach*. New York: Routledge.
- Conselho Nacional de Educação (CNE, 2015). *Recomendações sobre a retenção escolar nos ensinos básico e secundário*. Diário da República, 2.ª série, n.º 59, 25 de Março de 2015. Recomendação n.º 2/2015. Lisboa: Ministério da Educação e Ciência.
- Cordes, S., & Gelman, R. (2005). The young numerical mind. When does it count? In J. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 43-54). New York: Psychology Press.
- Dehaene, S. (2002). *The number sense: How the mind creates mathematics*. Revised and Updated Edition (versão original publicada em 1997). New York: Oxford University Press.
- Dehaene, S., Dehaene-Lambertz, G. & Cohen, L. (1998). Abstract representations of numbers in the animal and human brain. *Trends in Neuroscience*, 21, 355-361.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 487-506.
- Duncan, G. J. Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A.C., Klebanov, P., Pagani, L.S., Feinstein, L., Engel, M., & Brooks-Gunn, J. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428-1446.
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. S. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(7), 307-314.
- Geary, D. C., & Hoard, M. K. (2002). Learning disabilities in basic mathematics: Deficits in memory and cognition. In J. M. Royer (Ed.), *Mathematical cognition* (93-115). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Gallistel, C. R., & Gelman, R. (2000). Non-verbal numerical cognition: from reals to integers. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(2), 59-65.
- Gersten, R., & Chard, D. (1999). Number sense: Rethinking arithmetic instruction for students with mathematical disabilities. *The Journal of Special Education*, 33(1), 18-28.
- Gifford, S., & F. Rockliffe (2012). Mathematics difficulties: does one approach fit all?. *Research in Mathematics Education*, 14(1), 1-15.
- Griffin, S., & Case, R. (1997). Re-thinking the primary school math curriculum: An approach based on cognitive science. *Issues in Education*, 3, 1-49.
- Halberda J., & Feigenson L. (2008). Developmental change in the acuity of the "number sense": the approximate number system in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental Psychology*, 44, 1457-1465.

- Henik, A., Rubinsten, O., & Ashkenazi, S. (2011). The 'where' and 'what' in developmental dyscalculia. *The Clinical Neuropsychologist*, 25, 989-1008.
- Holmes, W., & Dowker, A. (2013). Catch up numeracy: a targeted intervention for children who are low-attaining in mathematics. *Research in Mathematics Education*, 15(3), 249-265.
- Jordan, N.C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2008). A number sense assessment tool for identifying children at risk for mathematical difficulties. In A. Dowker (Ed.), *Mathematical difficulties: psychology and intervention* (pp. 45-58). San Diego, CA: Academic Press.
- Jordan, N.C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2010). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences*, 20, 82-88.
- Jordan, N.C., Kaplan, D., Locuniak, M.N., & Ramineni, C. (2007). Predicting first grade math achievement from developmental number sense trajectories. *Learning Disabilities Research e Practice*, 22(1), 36-46.
- Jordan, N.C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, 45(3), 850-867.
- Jordan, N.C., Kaplan, D., Olah, L., & Locuniak, M. (2006). Number sense growth in kindergarten: A longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development*, 77, 153-175.
- Kaufman, E. L., Lord, M. W., Reese, T. W., & Volkman, J. (1949). The discrimination of visual number. *The American Journal of Psychology*, 62(4), 498-525.
- Kochanska, G., Murray, K. T., & Harlan, E. T. (2000). Effortful control in early childhood: Continuity and change, antecedents, and implications for social development. *Developmental Psychology*, 36(2), 220-232.
- Landerl, K., Bevan, A., & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 89-year-old students. *Cognition*, 93, 99-125.
- Lembke, E., & Foegen, A. (2009). Identifying Early Numeracy Indicators for Kindergarten and First-Grade Students. *Learning Disabilities Research & Practice*, 24(1), 12-20.
- Marcelino, L. (2015). *Sentido de número e desempenho em matemática: identificação e acompanhamento em alunos do 1.º e 2.º ano de escolaridade* [Tese de doutoramento não publicada]. Lisboa: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.
- Marcelino, L., de Sousa, O., Cruz, V., & Lopes, A. (2012). Multi-year longitudinal investigation of children's early mathematics development. *Procedia Soc Behav Sci*, 69, 1911-1920.
- Methe, S. A., Hintze, J. M., & Floyd, R. G. (2008). Validation and decision accuracy of early numeracy skill indicators. *School Psychology Review*, 37(3), 359-373.
- Moeller, K., Martignon, L., Wessolowski, S., Engel, J., & Nuerk, H.-C. (2011). Effects of Finger Counting on Numerical Development – The Opposing Views of Neurocognition and Mathematics Education. *Frontiers in Psychology*, 2, 328.
- Mononen, R., Aunio, P., Koponen, T., & Aro, M. (2014). A review of early numeracy interventions for children at risk in mathematics. *International Journal of Early Childhood Special Education*, 6(1), 25-54.
- Okamoto, Y., & Case, R. (1996). Exploring the microstructure of children's central conceptual structures in the domain of number. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 61, 27-59.
- Park, J., & Starns, J. J. (2015). The approximate number system acuity redefined: A diffusion model approach. *Frontiers in Psychology*, 6, 1955.
- Penner-Wilger, M., & Anderson, M. L. (2008). An alternative view of the relation between finger gnosis and math ability: Redeployment of finger representations for the representation of number. In *Proceedings of the 30th Annual Cognitive Science Society*. Austin, TX: Cognitive Science Society.

- Penner-Wilger, M., Fast, L., LeFevre, J., Smith-Chant, B. L., Skwarchuk, S., Kamawar, D., & Bisanz, J. (2007). The foundations of numeracy: Subitizing, finger gnosis, and fine-motor ability. In D. S. McNamara & J. G. Trafton (Eds.), *Proceedings of the 29th Annual Cognitive Science Society* (pp. 1385-1390). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Piazza, M. (2010). Neurocognitive start-up tools for symbolic number representations. *Trends in Cognitive Sciences*, *14*, 542-551.
- Powel, S., & Fuchs, L. (2012). Early Numerical Competencies and Students with Mathematics Difficulty. *Focus Exceptional Children*, *44*(5), 1-16.
- Rato, J.R. (2014). *Competências matemáticas emergentes: Desempenho neuropsicológico de crianças em idade pré-escolar*. [Tese de Doutoramento em Ciências da Saúde, disponível em <http://repositorio.ucp.pt>]. Lisboa: Universidade Católica Portuguesa.
- Rato, J.R., & Castro Caldas, A. (2010). Competências matemáticas emergentes: Avaliação neuropsicológica de crianças em idade pré-escolar. In C. Nogueira, I. Silva, L. Lima, A. T. Almeida, R. Cabecinhas, R. Gomes, C. Machado, A. Maia, A. Sampaio & M. C. Taveira (Eds.) *Actas do VII Simpósio Nacional de Investigação em Psicologia* (pp. 607-625).
- Rato, J.R., Ribeiro, F., & Castro Caldas, A. (2017). Executive functioning of Portuguese preschoolers in Shape School test: A cross cultural study. *Applied Neuropsychology: Child*, 1-8.
- Rosenkranz, C. (1992). Kieler zahlenbilder: Ein förderprogramm zum aufbau des zahlbegriffs für rechen schwache kinder. *Zahlenraum 1-20 Handbuch*. Kiel: Veris Verlag.
- Rips, L., Bloomfield, A., & Asmuth, J. (2008). From numerical concepts to concepts of number. *Behavioral and Brain Sciences*, *31*, 623-687.
- Santos, C. P., & Teixeira, R. C. (2015). Matemática na Educação Pré-Escolar: Esquemas todo-partes. *Jornal das Primeiras Matemáticas*, *4*, 55-70.
- Siegler, R. S., & Shrager, J. (1984). Strategy choices in addition and subtraction: How do children know what to do? In C. Sophian (Ed.), *The origins of cognitive skills* (229-293). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Starkey, P., & Cooper, R. G. (1980). Perception of numbers by human infants. *Science*, *210*, 1033-1035.
- Szücs, D., Devine, A., Soltesz, F., Nobes, A., & Gabriel, F. (2013). Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *Cortex*, *49*(10), 2674-88.