

Universidades Lusíada

Pinho, Lídia Raquel Fernandes Viana de

A relação entre as competências cognitivas da memória e da velocidade de processamento e as competências matemáticas na educação pré-escolar

<http://hdl.handle.net/11067/5894>

Metadados

Data de Publicação

2020

Resumo

A competência matemática na educação pré-escolar é um forte preditor de sucesso académico. A investigação sugere que é possível identificar crianças em risco de apresentarem dificuldades na aprendizagem da matemática e desenvolver intervenções precoces para colmatar problemas e dificuldades que possam surgir no desenvolvimento destas competências. Estudos recentes têm vindo a verificar que existe uma relação entre as competências matemáticas e as competências cognitivas. Estes estudos evidenciam...

Abstract Mathematical competence in preschool is a strong predictor of academic success. The research suggests that it's possible to identify children at risk of having difficulties in learning mathematics and to develop early interventions to overcome problems and difficulties that may arise in the development of these skills. Recent studies have found that there is a relationship between mathematical skills and cognitive skills. These studies show that there are two main cognitive factors...

Palavras Chave

Psicologia da educação, Educação pré-escolar, Competência matemática

Tipo

masterThesis

Revisão de Pares

Não

Coleções

[ULP-IPCE] Dissertações

Esta página foi gerada automaticamente em 2024-09-21T10:29:15Z com informação proveniente do Repositório



Universidade Lusíada - Norte
Porto

A Relação entre as Competências Cognitivas da Memória e da Velocidade de Processamento e as Competências Matemáticas na Educação Pré-Escolar

Dissertação de Mestrado em **Psicologia da Educação**

Instituto de Psicologia e Ciências da Educação

Universidade Lusíada - Norte (Porto)

PORTO, 2020

Lídia Raquel Fernandes Viana de Pinho



instituto de psicologia
e Ciências da Educação
Universidade Lusíada - Norte (Porto)



Universidade Lusíada - Norte
Porto

Dissertação de Mestrado em Psicologia da Educação
Instituto de Psicologia e Ciências da Educação
Universidade Lusíada - Norte (Porto)

PORTO,

Trabalho efectuado sob a orientação do/a
Prof. Doutora Joana Sara Ferraz da Cruz



instituto de psicologia
e Ciências da Educação
Universidade Lusíada - Norte (Porto)

*Pelo sonho é que vamos, comovidos e mudos.
Basta a fé no que temos...
Basta a alma que demos...*

Sebastião da Gama

Agradecimentos

“Foi longa a viagem, mas, por fim, cheguei. Foram muitos vales de insegurança os que cruzei, foram muitos os dias de dúvidas, mas, por fim, cheguei”.

Apesar de estarmos a viver um ano tão atípico, posso confessar que tenho alcançado muitos dos projetos que havia planeado para 2020. Finalizar este capítulo de cinco árduos e desafiantes anos, representa para mim uma sensação de dever realizado. Desperta o receio e, ao mesmo tempo, a ansiedade pelo futuro, pela construção de uma carreira e pelo realizar de muitos outros projetos.

Nunca poderia ter alcançado esta vitória, este finalizar de capítulo, sem apoio, compreensão e muito amor. Portanto, aproveito para agradecer a todos os que estiveram ao meu lado dia após dia, desafio após desafio:

A Deus que me dá vida, que me sustenta e capacita.

À minha orientadora, que tanto admiro, Doutora Joana Cruz, pela dedicação, disponibilidade e apoio incondicional. Agradeço por ter sido o meu alicerce ao longo deste processo pois nada seria possível sem a sua orientação, profissionalismo e incentivo.

À Doutora Alice Morgado e ao Doutor Vítor Coelho, pelo apoio e orientação num processo inicial.

Ao meu marido Marcelo, por ser o meu pilar, o meu porto de abrigo. Por me incentivar a lutar e a não desistir de todos os meus sonhos.

Aos meus pais, à minha irmã e aos meus avós, que sempre estiveram ao meu lado, encorajando-me a terminar este ciclo com sucesso. Pelo carinho, apoio e motivação.

À minha fiel amiga e colega Catarina, que eu tanto admiro pela sua bondade e essência. Por ser o meu braço direito em todo este processo académico, mas também em todas as vivências pessoais do dia-a-dia. Pelas suas palavras de apoio e motivação, pelos receios, mas também, risadas que sempre partilhámos.

Resumo

A competência matemática na educação pré-escolar é um forte preditor de sucesso acadêmico. A investigação sugere que é possível identificar crianças em risco de apresentarem dificuldades na aprendizagem da matemática e desenvolver intervenções precoces para colmatar problemas e dificuldades que possam surgir no desenvolvimento destas competências. Estudos recentes têm vindo a verificar que existe uma relação entre as competências matemáticas e as competências cognitivas. Estes estudos evidenciam que existem dois principais fatores cognitivos que condicionam as aprendizagens matemáticas, sendo estas a memória de trabalho e a velocidade de processamento. O presente estudo pretende analisar as competências matemáticas de crianças em idade pré-escolar, em função da idade das crianças, e perceber se as competências matemáticas são influenciadas pelas competências cognitivas de memória de trabalho e de velocidade de processamento. Participaram no estudo 208 crianças da educação pré-escolar da zona centro do país, com idades compreendidas entre os 4 e 6 anos ($M= 4.71$, $DP= .64$). Do número total de participantes, 110 (52.9%) são do género masculino e 98 (47.1%) do género feminino. Foram realizadas análises de variância univariadas, bem como análises de regressão linear múltipla. Os resultados evidenciam que as competências matemáticas são distintas em função da idade das crianças. Constata-se igualmente que a memória de trabalho e a velocidade de processamento são preditoras das competências matemáticas, na educação pré-escolar. Este estudo contribui para o corpo de investigação sobre a promoção de competências matemáticas na educação pré-escolar.

Palavras-chave: competências matemáticas, memória de trabalho, velocidade de processamento, educação pré-escolar

Abstract

Mathematical competence in preschool is a strong predictor of academic success. The research suggests that it's possible to identify children at risk of having difficulties in learning mathematics and to develop early interventions to overcome problems and difficulties that may arise in the development of these skills. Recent studies have found that there is a relationship between mathematical skills and cognitive skills. These studies show that there are two main cognitive factors underlying mathematical learning, these being working memory and processing speed. The present study aims to analyze the mathematical competences of children of preschool age, according to the age of the children, and to understand if the mathematical competences are influenced by the cognitive competences of working memory and processing speed. 208 children from preschool in the central part of the country participated in the study, aged between 4 and 6 years ($M = 4.71$, $SD = .64$). Of the total number of participants, 110 (52.9%) are male and 98 (47.1%) are female. Univariate analyzes of variance were performed, as well as multiple linear regression analyzes. The results show that mathematical skills are different according to the age of the children. It is also noted that working memory and processing speed are predictors of mathematical skills in preschool. This study contributes to the body of research on the promotion of mathematical skills in preschool.

Keyword: mathematical skills, working memory, processing speed, preschool

Índice

<i>Introdução</i>	8
<i>Competências Matemáticas na Educação Pré-escolar</i>	10
A Educação Pré-Escolar e a Matemática.....	10
Competências Matemáticas	15
Modelo de Desenvolvimento das Competências Matemáticas	19
<i>Competências Cognitivas: Memória de Trabalho e Velocidade de Processamento</i>	31
Memória de Trabalho	31
Velocidade de Processamento	34
<i>Estudo Empírico</i>	36
Método.....	36
Objetivo do Estudo	36
Participantes.....	37
Medidas	38
Procedimentos	42
Plano Analítico	43
<i>Resultados</i>	44
<i>Discussão dos Resultados</i>	50
<i>Conclusão</i>	54
<i>Referências Bibliográficas</i>	58

Índice de Tabelas

Tabela 1. Distribuição dos participantes em função da idade e do género.....	38
Tabela 2: Caraterização do desempenho das crianças nas tarefas de avaliação.....	44
Tabela 3: Desempenho nas competências matemáticas em função da idade das crianças.....	45
Tabela 4: Influência da memória de trabalho e da velocidade de processamento nas competências matemáticas	46

Índice de Siglas

BANC – Bateria de Avaliação Neuropsicológica de Coimbra

CEB – Ciclo do Ensino Básico

PISA – Programme for International Students Assessment

PNPSE – Programa Nacional de Promoção do Sucesso Escolar

WISC III – Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças: Terceira Edição

Introdução

A estimulação e intervenção precoce das competências matemáticas na educação pré-escolar permitem reduzir e prevenir dificuldades na aquisição de conceitos importantes para o posterior domínio na realização de tarefas matemática mais complexas (Duncan et al., 2007; Ertle et al., 2008). Vários estudos indicam que as crianças com conhecimentos prévios neste domínio apresentam maior sucesso escolar, enquanto que as crianças com conhecimentos prévios insuficientes mostram maior risco de apresentarem dificuldades nesta aprendizagem (Aunola et al., 2004).

O desenvolvimento das competências matemáticas é influenciado por diferentes variáveis, entre as quais variáveis cognitivas. No que respeita às competências cognitivas salienta-se a memória de trabalho e a velocidade de processamento (Geary, 2010; Passolunghi & Lanfranchi, 2012; Toll et al., 2016).

Este estudo apresenta como objetivos avaliar as competências matemáticas de crianças em idade pré-escolar em função da idade das crianças e, perceber se as competências matemáticas são influenciadas pelas competências cognitivas de memória de trabalho e de velocidade de processamento.

O presente documento encontra-se subdividido em três partes: enquadramento concetual, estudo empírico (método, apresentação e discussão dos resultados) e conclusão.

A primeira parte diz respeito ao enquadramento teórico onde é realizada uma revisão da literatura sobre as competências matemáticas na educação pré-escolar e as competências cognitivas de memória de trabalho e velocidade de processamento.

Na segunda parte é descrita a metodologia do estudo, enumerando os objetivos do estudo, procedendo à descrição dos participantes, medidas/instrumentos, procedimentos

e do plano analítico. Nesta parte, são ainda apresentados os resultados e é realizada a discussão sobre os mesmos.

Por último, na terceira parte, é apresentada uma conclusão que envolve uma reflexão sobre as implicações práticas e limitações do estudo, bem como orientações para investigações futuras.

Competências Matemáticas na Educação Pré-escolar

A Educação Pré-Escolar e a Matemática

A educação pré-escolar constitui-se como a primeira etapa da educação básica onde é esperado que sejam inculcados princípios e valores da sociedade/comunidade onde a criança está inserida (Silva et al., 2016).

A educação pré-escolar destina-se a crianças entre os 3 anos e a idade com que ingressam no ensino básico. Apresenta como objetivo primordial a igualdade de oportunidades e de acesso à aprendizagem, fomentando a inserção em grupos sociais distintos numa lógica de pluralidade de culturas e esbatendo desigualdades. Pretende promover condições de bem-estar, segurança e saúde (Lei nº 5, 1997; Silva et al., 2016).

Entre os objetivos da educação pré-escolar destaca-se o desenvolvimento pessoal e social da criança com respeito pelas características individuais de cada uma. Ademais, tem como objetivo o desenvolvimento da expressão e comunicação, do despertar da curiosidade e da promoção do pensamento crítico na educação para a cidadania e do papel de cada um nesta (Lei nº 5, 1997; Silva et al., 2016).

Segundo Cardona et al. (2015) um dos grandes desafios para a educação nos dias em que vivemos é o facto das crianças aprenderem a lidar com as diferenças sem que as transformem em desigualdades no futuro. Para tal, é necessário desde cedo desenvolver uma compreensão de singularidades e diferenças, de culturas e crenças. É neste sentido que a educação pré-escolar tem um papel fundamental no envolvimento das crianças no âmbito da cidadania e no esbatimento de desigualdades.

Vários estudos indicam que, a nível escolar, as crianças com baixo nível socioeconómico tendem a apresentar um desempenho inferior em relação às crianças de meios socioeconómicos mais favorecidos (Denton & West, 2002; Klibanoff et al., 2006;

Stipek & Ryan, 1997). A investigação menciona que esta tendência também se verifica a nível do conhecimento matemático, sendo que este é mais desenvolvido nas crianças de nível socioeconómico alto e médio do que nas crianças de nível socioeconómico mais baixo (Klibanoff et al., 2006), inclusive nas tarefas mais simples (Denton & West, 2002).

Segundo o relatório PISA 2018 - *Programme for International Students Assessment* (Lourenço et al., 2019), em Portugal, a probabilidade de um aluno de condições desfavorecidos obter uma pontuação abaixo do nível 2 de proficiência (média nacional) é aproximadamente três vezes maior do que a de um aluno com um estatuto socioeconómico superior. Por outro lado, Portugal é um dos países onde é mais evidente a diferença de estatuto socioeconómico relativamente à expectativa de concluir o ensino superior (diferença mais expressiva em 43%): quase todos os alunos de meios mais favorecidos pretendem concluir o ensino superior (93,1%), porém só metade dos alunos com estatuto socioeconómico e cultural mais baixo possuem a mesma expectativa.

Neste sentido, iniciar a aquisição de conhecimentos matemáticos na educação pré-escolar pode ser particularmente benéfico pelo facto das crianças, independentemente do nível socioeconómico, apresentarem maior confiança em si mesmas enquanto alunos e quanto ao seu sucesso no desempenho escolar (Stipek & Ryan, 1997). Klibanoff et al. (2006), na sua investigação, defendem o desenvolvimento de práticas de mudança na educação pré-escolar através da formação dos educadores. Como resultado, sugerem que as lacunas relacionadas com as desigualdades, eventualmente associadas ao nível socioeconómico, no conhecimento matemático das crianças podem ser significativamente reduzidas.

As desigualdades associadas ao nível socioeconómico parecem ter implicações nas taxas de retenção e de insucesso escolar (Silva et al., 2016). No sentido de colmatar as taxas de retenção e de insucesso escolar foi desenvolvido o PNPSE - Programa

Nacional de Promoção do Sucesso Escolar (Verdasca et al., 2019). O PNPSE tem como finalidade promover um ensino de qualidade para todos na medida em que consegue combater o insucesso escolar, promover a igualdade de oportunidades e aumentar a qualidade e eficiência das escolas públicas (Verdasca et al., 2019).

Segundo o último relatório (Verdasca et al. 2019), no biénio 2016-2018, nas escolas onde tem havido intervenções sustentadas por este programa, houve uma redução das taxas de retenção em 29% no 1º ciclo do Ensino Básico (CEB), 31% no 2º CEB e 28% no 3º CEB, o que corresponde a menos 30000 alunos retidos. Estes resultados são fruto de medidas implementadas que passam pela aposta na intervenção precoce, em detrimento do foco em estratégias remediativas, e pela formação e capacitação das escolas e dos §§professores no desenvolvimento de estratégias inovadoras e indutoras de mudança. Silva et al. (2016) referem que a educação pré-escolar, como meio de preparação para a escolarização formal, permite que esta seja bem-sucedida com menor número de retenções, o que permite combater precocemente o esbatimento de desigualdades nos ciclos de estudos seguintes.

A educação pré-escolar proporciona, portanto, o desenvolvimento harmonioso da criança, despistando o risco de insucesso, deficiências e inaptações/dificuldades (Bayat et al., 2010), o que possibilita orientação, encaminhamento e intervenção precoce (Lei nº 5, 1997; Silva et al., 2016).

Uma das competências que são promovidas na educação pré-escolar, de forma lúdica, é a numeracia. Através de diferentes experiências ligadas aos interesses das crianças e à vida do dia-a-dia, as crianças aprendem a “matematizar” as suas experiências informais na medida em que criam representações de situações que possuam significado enquanto brincam e exploram o seu mundo quotidiano (Silva et al., 2016).

Segundo Conole (2005), as crianças, através da brincadeira, são aptas a explorar um vasto leque capacidades matemáticas. Ginsburg (2006) salienta que a matemática está presente em muitas das brincadeiras e que as crianças são proficientes em alguns aspetos da matemática básica sendo capazes de aprender muito mais do que aquilo que lhes é ensinado no seu dia-a-dia. Defende, também, que a brincadeira potencia o desenvolvimento da aprendizagem. Ramani e Siegler (2008) desenvolveram um estudo com 124 crianças entre os 4 e 5 anos onde apresentaram resultados promissores no desenvolvimento matemático (comparações numéricas, contagem e reconhecimento de números) através de jogos numéricos. Os autores defendem que os jogos possibilitam a familiarização das crianças com os números e com atividades relacionadas com os mesmos, sendo vantajoso para as crianças que não apresentam estas práticas em casa. O estudo de García e Hernández (2014) com crianças entre os 4 e os 7 anos corrobora a ideia de que a intervenção deve iniciar na educação pré-escolar, salientando que os professores devem ajudar as crianças a desenvolverem estas noções através de objetos e jogos, essencialmente.

As Orientações Curriculares para a Educação Pré-escolar (Silva et al., 2016) defendem o recurso a uma brincadeira estruturada na aprendizagem da matemática com recurso a situações do quotidiano. Nesta brincadeira estruturada, o educador deverá proporcionar diferentes experiências, apoiar a reflexão das crianças através de questões que permitam a construção de noções matemáticas, onde as crianças devem encontrar as suas próprias soluções e debatê-las com o grupo.

Pela sua natureza protetora e facilitadora, a educação pré-escolar (Amaral et al., 2017), apresenta um papel primordial na promoção atempada de competências facilitadoras da aprendizagem formal da matemática, bem como na identificação de crianças em risco de apresentarem dificuldades no percurso escolar neste domínio

(Amaral et al., 2017; Stanovich, 1986). Vários estudos têm evidenciado que o modo como as crianças iniciam a escolaridade formal, influencia todo o seu percurso escolar. Ou seja, um aluno que apresente dificuldades, tende a manter este padrão ao longo da escolaridade, enquanto que um aluno que apresente bons resultados, tende a manter um padrão de sucesso (Aunola et al., 2004; Cruz et al., 2014; Ginsburg et al., 2008; Purpura et al., 2013).

Os estudos revelam que este efeito pode ser verificado nas competências matemáticas e que apesar de ser possível reduzir, através intervenções específicas, diferenças individuais, as crianças com desempenho inferior tendem a mantê-lo ao longo do tempo (Amaral et al., 2017; Aunola et al., 2004; Cruz et al., 2014; Ginsburg et al., 2008; Purpura et al., 2013). Uma revisão de 35 estudos concretizada por Nelson e Powell (2018), indica que a maioria das crianças nos primeiros anos do 1º ciclo do Ensino Básico (CEB), apresentavam fortes dificuldades a nível da contagem, cálculo, uso de estratégias de comparação, recuperação e resolução de problemas. Os autores concluíram que os alunos com dificuldades nas competências matemáticas apresentam pior desempenho que os seus pares sem dificuldades ao longo dos diversos anos escolares. Salientam que a probabilidade de seguirem neste registo é muito alta, o que corrobora a evidência supramencionada. Esses estudos, sumariados por Nelson e Powell (2018), afirmam que a probabilidade de alcançarem os seus pares é muito baixa, se não houver intervenções específicas aquando o início das dificuldades.

Por último, diferentes estudos (Cueli et al., 2019; Duncan et al., 2007; Ertle et al., 2008; Ginsburg et al., 2008; Jordan et al., 2007) reforçam esta evidência, mostrando que a estimulação e intervenção atempada nas competências matemáticas permite reduzir e prevenir dificuldades na aquisição de conceitos importantes para posterior domínio na realização de tarefas mais complexas e formais, neste domínio.

Competências Matemáticas

O desenvolvimento do conhecimento matemático inicia-se muito cedo como uma atividade cognitiva informal, que contempla competências e conceitos adquiridos fora do contexto escolar. Ou seja, a criança adquire conhecimento informal a partir das vivências do dia-a-dia e das atividades lúdicas que realiza (Amaral et al., 2017; Cadima et al., 2008).

O desenvolvimento do pensamento matemático pode ser dividido em três fases: *pré contagem*, onde as crianças pensam sobre o número e a aritmética de uma forma não verbal (a); *contagem*, onde desenvolvem a capacidade de contar (b); e, *números escritos*, onde usam símbolos escritos para os representar (c) (Duncan et al., 2007; Ginsburg, et al., 2003; Ginsburg, et al., 2005).

As competências matemáticas seguem uma progressão desenvolvimental onde grande parte das crianças evolui de um conhecimento geral sobre os números (reconhecem alguns números e conseguem contar) para as relações entre os números (conseguem discriminar a quantidade, isto é, determinar qual é o maior entre dois números) e para as operações (adição e subtração mental com números pequenos) (Duncan et al., 2007; Ginsburg, et al., 2003; Ginsburg, et al., 2005; Jordan et al., 2012).

No que respeita ao reconhecimento dos números, diferentes estudos têm sido realizados para compreender se os algarismos (1, 2, 3, ...) são processados como imagens ou como palavras, sendo que uma das principais diferenças nesse processamento é que as palavras podem ser nomeadas sem mediação semântica (Reynvoet et al., 2002). No estudo de Fias et al. (2001), os numerais verbais têm preferido o acesso à informação fonológica: através um sistema de conversão de letras sonoras não semânticas e não lexicais ou através de uma tradução direta grafema-fonema. O estudo de Reynvoet et al. (2002), defende que a via semântica é mais rápida do que a conversão não semântica na nomeação de dígitos. Em ambos os estudos, para avaliar a capacidade de nomeação dos

números, realizaram-se tarefas do estilo Stroop (Fias et al., 2001; Reynvoet et al., 2002). Nesta tarefa, uma palavra e uma imagem são apresentadas juntas e os participantes são solicitados a ler a palavra ou a nomear a imagem (Fias et al., 2001; Reynvoet et al., 2002).

Os primeiros cálculos que as crianças realizam remetem para cálculos por contagem um a um (a partir da unidade ou a partir de certa ordem) ou por estruturação, sem recorrer à contagem, apoiando-se em modelos (dedos das mãos) ou em padrões/cores (Duncan et al., 2007; Ginsburg, et al., 2003; Ginsburg, et al., 2005; Jordan et al., 2012).

No que respeita à escrita ou representação do número, o registo da criança vai evoluindo de uma representação pictográfica, para uma representação iconográfica e, finalmente, para uma representação simbólica. A criança começa por realizar registos com desenhos do real (registo pictográfico), depois substitui por elementos como bolas e traços (registo iconográfico), até representar os numerais (registo simbólico). Por exemplo, para representar a existência de cinco casas, a criança desenha cinco casas, depois desenha cinco pauzinhos e, por fim, escreve o algarismo 5 (Castro & Rodrigues, 2008). Byrge et al. (2014) defendem que a escrita de números ou representação de números pode ainda passar por uma fase de escrita numérica expandida. Na escrita numérica expandida, as crianças representam um número, por exemplo, 642, através da soma dos seus números constituintes onde 6 significa 600 e 4 significa 40. Neste sentido, a criança escreveria 600402 ao invés de escrever 642. No estudo desenvolvido por estes autores (Byrge et al., 2014) que contaram com 172 crianças entre os 4 e os 6 anos da educação pré-escolar, foi pedido que escrevessem diferentes números de três dígitos (eg. 642). As tentativas das crianças muitas vezes consistiam em "expansões" onde os dígitos foram escritos por ordem, mas com zeros ou outras inserções marcando o lugar (por exemplo, 600402 ou 610042). Os resultados indicaram que esta escrita expandida é muito comum na educação pré-escolar, ou seja, antes da escolarização formal. O estudo

concluiu, ainda, que a maioria das crianças tinha conhecimento a respeito da ordem em que deveriam escrever os dígitos: o primeiro dígito mencionado é escrito à esquerda, o segundo mencionado é escrito no meio e o terceiro mencionado é escrito à direita (Byrge et al., 2014). Esta última conclusão, é também corroborada no estudo de Clayton et al. (2020) que abrange 309 crianças com idades compreendidas entre os cinco e os sete anos. O estudo sugere que as crianças passam por um processo de transcodificação das palavras numéricas faladas (eg. vinte e três) para símbolos os árabes (eg. 23), sendo que as crianças com baixo desempenho matemático podem apresentar dificuldade em estabelecer um léxico numérico arábico e adquirir regras de transcodificação mais complexas. Para o treino do reconhecimento de números os estudos sugerem que podem ser realizadas diferentes atividades, como jogos de cartas, jogos de pintar os números associados e jogos de conexão (Toll & Van Luit, 2012).

Parece existir consenso na literatura, ao considerar-se um conjunto de competências basilares e preditoras de sucesso escolar na aprendizagem da matemática, designadamente:

- a) *a contagem*, ou seja, domínio do vocabulário numérico (atribuição de significado às palavras numéricas) (Amaral et al., 2017; Castro & Rodrigues, 2008; Kyttala et al., 2015);
- b) *o reconhecimento de números*, isto é, capacidade de identificar os números (Amaral et al., 2017; Aragón et al., 2016; Jordan et al., 2012);
- c) *a escrita de números*, ou seja, representação escrita dos números (Amaral et al., 2017; Byrge et al., 2014);
- d) *a cardinalidade*, isto é, atribuição de significado cardinal aos símbolos numéricos (Amaral et al., 2017; Elliott et al., 2018);

- e) *a subitização*, que está relacionada com a capacidade de a criança indicar quantos números está a ver, sem ter de os contar (Jansen et al., 2014);
- f) *a operação*, através das competências de computação (Amaral et al., 2017; Castro & Rodrigues, 2008; Elliott et al., 2018; Jordan et al., 2012);
- g) *a discriminação da quantidade*, isto é, realização de comparações numéricas (Amaral et al., 2017; Elliott et al., 2018; Jordan et al., 2012).

As diferenças ao nível do desenvolvimento matemático estão diretamente relacionadas com a qualidade do suporte que as crianças têm nos seus contextos de vida. A interação dos pais no processo de aprendizagem é um aspeto crítico para o sucesso (Casey et al., 2018). As pesquisas demonstram que para estes ambientes de aprendizagem, os pais recorrem, essencialmente, a atividades como cantar canções de números, jogar jogos de tabuleiros e falar sobre factos matemáticos. Demonstram, também, que estas crianças apresentam maior conhecimento matemático (LeFevre et al., 2009, 2010; Levine et al., 2010). Uma das explicações para tal, relaciona-se com a frequência das atividades realizadas e pela possibilidade de a criança usufruir de suporte individualizado, o que não é tão possível de acontecer nos jardins de infância (Casey et al., 2018).

Segundo Vandermaas-Peeler et al. (2012), as crianças cujas mães estão mais envolvidas no suporte em casa, fornecendo orientações, produzem mais respostas corretas, do que as outras crianças. No estudo longitudinal de Casey et al. (2018), foram estudadas 140 relações de apoio materno no desenvolvimento matemático em crianças com 36 meses, quando fizeram 4 anos e, por último, na entrada para o primeiro ano. Os resultados indicam que o suporte materno fornece uma forte influência no desenvolvimento da contagem e da cardinalidade. A investigação, concluiu, ainda que o apoio materno é preditor das competências matemáticas, não só na educação pré-escolar, como também no primeiro ano de escolaridade.

Modelo de Desenvolvimento das Competências Matemáticas

Fritz e Ricken desenvolveram um modelo (*Developmental model for the acquisition of numeracy*) para descrever, explicar e prever o desenvolvimento das competências matemáticas, através de seis níveis, em crianças entre os quatro e os seis anos (Fritz et al., 2013).

Caracteriza-se por ser um modelo de desenvolvimento onde é possível descrever o desempenho e servir como base para o desenvolvimento de programas de intervenção adaptados às crianças (Fritz et al., 2013). Neste sentido, a seleção desta faixa etária justifica-se pelo facto de ser possível avaliar as competências matemáticas antes da escolaridade formal, identificar necessidades e intervir de modo adequado às características das crianças (Ricken et al., 2011).

O modelo em questão assume uma abordagem orientada para a competência (Ricken et al., 2011) e presume que o conhecimento matemático se desenvolve num continuum de etapas/níveis onde cada nível representa um conceito central específico, ou seja, uma competência matemática. Encontram-se estruturados por uma ordem hierárquica de complexidade e ao mesmo tempo dependentes uns dos outros (Fritz et al., 2013).

De seguida são descritas as competências integradas no modelo e a ordem pelas quais os autores sugerem que são aprendidas pelas crianças (Fritz et al., 2013; Ricken et al., 2011).

Nível 1: Contagem

Os números são inicialmente aprendidos apenas como um conjunto de palavras, sem atribuição de significado. A primeira conceção na aprendizagem passa por compreender as palavras numéricas como números, que envolvem a capacidade de contar pequenas

quantidades, vinculando cada palavra numérica a objetos ou, inclusive, aos seus dedos, procedendo a uma correspondência um a um (Formoso et al., 2018; Fritz et al., 2013; Langhorts et al., 2013; Ricken et al., 2011).

Os termos utilizados na contagem oral são aprendidos em interação com outras crianças e/ou com os adultos, através de jogos, músicas, e situações do dia-a-dia que contribuem para esta aprendizagem. Para tal, as crianças estabelecem sequências próprias de contagem até conhecerem as corretas (Castro & Rodrigues, 2008).

Através da memorização, as crianças começam a dominar o vocabulário numérico (Baroody, 2000), sendo que à medida que o dominam, dedicam-se à contagem de pequenos conjuntos de objetos, desenvolvendo diferentes estratégias como, por exemplo, ir colocando de parte os objetos contados, separando-os dos que ainda estão por contar (Castro & Rodrigues, 2008; Duncan et al., 2007; Ginsburg, et al., 2003; Ginsburg, et al., 2005; Jordan et al., 2012).

A contagem oral engloba o desenvolvimento do conhecimento da sequência dos números como um só dígito (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) e da existência de irregularidades entre os números 10 e 20 (11, 12, 13...). Engloba, também, o conhecimento e compreensão de que o número nove implica uma transição (19, 20 ... 29,30 ... 99, 100...) e dos termos para uma nova série (10, 20, 30, 100, 1000), bem como das regras necessárias para gerar uma nova série (Castro & Rodrigues, 2008).

Por outro lado, contar objetos implica compreender que não se pode repetir nem perder nenhum objeto na contagem, que a contagem não depende da ordem pelo qual os objetos são contados e que a cada objeto corresponde apenas um termo da contagem (Castro & Rodrigues, 2008). Entre os 2 e os 3 anos, as crianças conseguem contar até 10, porém não significa que sejam capazes de contar um conjunto de dez objetos, muito

menos, que sejam capazes de compreender o conceito de cardinalidade (Casey et al, 2018).

Na contagem, os processos mais apoiados pela memória, e os mais citados pela literatura, dizem respeito à recuperação direta (isto é, aceder diretamente à memória a longo prazo) e à decomposição (Costa et al., 2012; Sperafico, 2014). Por outro lado, em relação à velocidade de processamento, as crianças mais lentas na contagem, processam a informação de modo mais demorado, perdendo-se na contagem e/ou esquecendo a sequência de cálculo antes que seja completada (Sperafico, 2014).

As crianças com pontuações mais baixas nas tarefas de contagem tendem a obter pontuações mais baixas nas atividades matemáticas nos anos escolares seguintes (Kytalla et al., 2015).

O estudo de Toll e Van Luit (2012) com 196 crianças de 5 anos mostrou que as competências matemáticas, incluindo a contagem, podem ser treinadas tanto nas crianças com desenvolvimento normativo quanto com as crianças em risco. O estudo salienta, ainda, duas conclusões: que o treino da contagem é eficaz tanto nas crianças com resultados normativos e em risco; e que os fatores cognitivos subjacentes às competências matemáticas, como a memória de trabalho, têm impacto na forma como as crianças beneficiam com o treino de competências. O treino de competências descrito no estudo, consistiu em oito semanas de intervenção com duas sessões semanais de trinta minutos (16 sessões) em grupos pequenos, de três a quatro crianças. No plano de treino foram abrangidas diferentes competências, tendo a contagem sido treinada através de rimas, músicas, contagem oral individual e em grupo, contagem por objetos e pelos dedos (Toll & Van Luit, 2012).

Kyttala et al. (2015) no seu estudo com 61 crianças entre os 5 e os 6 anos, concluem que o treino da contagem no contexto pré-escolar produz efeitos positivos na

aprendizagem desta competência e no desenvolvimento matemático no ensino formal. O plano de treino utilizado neste estudo consistiu em duas sessões semanais de 30 minutos ao longo quatro semanas: na primeira semana foram treinados os números 1 a 10 (sequência de palavras numéricas para frente e para trás e jogo de bingo onde praticavam conectar os símbolos numéricos com a mesma quantidade de pontos); na segunda semana, os números 1 a 20 (contagem para a frente e para trás, jogo de tabuleiro e sequência correta de 1 a 20 em dígitos de papel); na terceira semana, os números 1 a 20, 1 a 50 e 1 a 100 (jogos de tabuleiro, contagem regressiva a partir do 20, contagem de 1 a 50 e de 1 a 100 contando apenas as dezenas - 10, 20, ...); e, por fim, na quarta semana, foram treinados os números de 1 a 100, através da contagem oral, de jogos de tabuleiro e de localizar os números numa linha numérica. O estudo demonstrou que existem efeitos mais positivos no treino de cada competência matemática, do que num treino de competências gerais matemáticas. Este tudo apoia a evidência apresentada anteriormente do estudo de Ramani e Siegler (2008) onde o treino da contagem em contexto pré-escolar, através de jogos numéricos, parece ser um método eficaz para melhorar as competências matemáticas à entrada da escolarização formal (Kytala et al., 2015).

Stock et al. (2009), no seu estudo com 423 crianças, apontam que mais de metade da amostra estudada, no final da educação pré-escolar, não dominava alguns princípios de contagem. Os autores afirmam que os princípios de contagem são bons preditores do desempenho na matemática, devendo ser alvo de maior atenção por parte dos educadores.

Nível 2: Representação de uma Linha Numérica Mental

Esta competência implica que a criança construa uma linha numérica mental onde os números apresentam uma ordem fixa (Langhorst et al., 2013), sendo alinhados como quantidades gradualmente crescentes. Cada número apresenta uma posição nessa linha,

permitindo nomear números anteriores ou posteriores e permitindo compreender que os números anteriores são “menores” e os posteriores são “maiores”. Através desta linha mental, as crianças conseguem comparar os números entre si de acordo com a sua posição, podendo responder a questões como: “qual número é maior: 5 ou 6?” (Fritz et al., 2013; Langhorts et al., 2013; Ricken et al., 2011).

Com a compreensão do aumento ou diminuição das quantidades nesta linha mental, as crianças conseguem proceder a problemas de adição ou subtração sendo que à medida em que somam e subtraem numericamente vão avançando e retrocedendo na linha. Para a resolução destes problemas simples, podem recorrer aos próprios dedos ou a outros materiais, sendo que na adição as quantidades parciais serão primeiramente contadas parcialmente sendo o resultado determinado contando as duas quantidades parciais combinadas completamente; ao subtrair a quantidade inicial é contada, então a quantidade parcial a ser subtraída é determinada e movida para o lado e, em seguida, a quantidade restante é contada (Fritz et al., 2013; Langhorts et al., 2013; Ricken et al., 2011).

Ramani et al. (2012) desenvolveram dois estudos, um com 62 crianças e outro com 105 crianças, entre os 3 e os 5 anos de idade, onde foi possível concluir que o estabelecimento de uma linha numérica mental produz efeitos positivos na identificação e memorização dos números, na comparação entre números e nas estimativas numéricas. Ambos estudos defendem que, em contexto de sala, o recurso a jogos didáticos a respeito da linha numérica são uma ferramenta de aprendizagem que contribui para o desenvolvimento do conhecimento matemático das crianças na educação pré-escolar. Suranã e Villagrán (2014), no seu estudo e, apesar de ser em 165 crianças entre os 9 e os 10 anos, corroboram a influência desta competência na aprendizagem da matemática e da necessidade de intervir precocemente na educação pré-escolar. Os autores defendem que

a linha numérica apresenta vantagens no desenvolvimento mental: primeiro, permite que as crianças respondam a perguntas sobre tamanho sem fazer referências a objetos específicos; segundo, descreve a forma como a adição ou subtração modificam o valor cardinal de um conjunto, movendo-se no sentido crescente ou decrescente na reta numérica; terceiro, as crianças que adquirem uma reta numérica mental também podem determinar a posição relativa de um número quando este não pode ser determinado diretamente. Uma das atividades do planejamento de treino de Toll e Van Luit (2012) no estudo com 196 crianças (média de 5 anos), consistia precisamente na promoção da noção de linha numérica. Na atividade, as crianças percorrem um caminho numérico de ladrilhos, estimam onde um ladrilho deve ficar entre 1 e 20, determinam os "vizinhos" ou ladrilho ausente e jogam.

Compreender este conceito de linha numérica é crucial para o desenvolvimento matemático, uma vez que consiste na base para a exploração das relações entre os números (Siegler & Booth, 2004).

Nível 3: Cardinalidade e Decomposição

Muitas crianças conseguem contar os objetos de forma correta, porém, não identificam o último termo da contagem como o número total de objetos. O conceito de cardinalidade refere-se a esta capacidade, onde o último número enunciado revela o número total dos objetos. Neste sentido, as crianças utilizam a contagem para determinar o número de objetos que constitui um conjunto sendo que na contagem dos objetos, as características do mesmo (cor, tamanho, forma) não são relevantes (Castro & Rodrigues, 2008).

Diferentes autores defendem que a capacidade de compreensão deste princípio desenvolve-se entre os 3, 4 e 5 anos (Casey et al., 2018; Sarnecka & Carey, 2008). No

entanto, a verdadeira compreensão desse conceito requer a integração mental dos passos da contagem ou da compreensão que os elementos da quantidade contada representam um todo. Por exemplo, a criança na contagem de oito objetos, atribui a cada objeto uma palavra numérica; porém todos os objetos juntos serão integrados num conjunto da quantidade total, sendo atribuído o atributo numérico de “oito”. Este conhecimento é adquirido quando a criança consegue distinguir número e quantidade, podendo ser comparados entre si através do número de elementos: sete é menor que oito porque a quantidade sete consiste em menos elementos que quantidade oito (Fritz et al., 2013; Langhorts et al., 2013; Ricken et al., 2011).

O estudo de vanMarle et al. (2014) com 138 crianças entre os 3 e 5 anos, confirmou e destacou a importância da cardinalidade com a evidência de que 48% a 50% da variação no desempenho matemático foi previsto pela variação no conhecimento do valor cardinal na educação pré-escolar. Um estudo com 191 crianças entre os 3 e 5 anos (Chu et al., 2015) corrobora a evidência anterior, defendendo a ideia de que o conhecimento cardinal parece ser particularmente importante, crítico e preditor do desenvolvimento matemático. Neste estudo, a avaliação da cardinalidade foi realizada através de um exercício onde as crianças tinham que alimentar um fantoche com o número de bolachas enunciado. Para alimentar o fantoche, as crianças teriam que contar o número de bolachas e compreender que o último número enumerado correspondia ao número total do conjunto. Por último, o estudo de Geary et al. (2017), com 197 crianças entre os 4 e 6 anos, examinou a relação entre a idade de aquisição do conceito de cardinalidade na educação pré-escolar e o desenvolvimento de outras competências matemáticas no início do primeiro ano escolar, concluindo que o primeiro passo em direção ao conhecimento mais complexo dos números é necessariamente a compreensão das quantidades representadas por palavras numéricas individuais e numerais. Isto porque, só quando o

princípio de cardinalidade é adquirido, é que as crianças podem começar a compreender a relação entre numerais. O princípio da cardinalidade é um pilar para o desenvolvimento matemático sendo que as crianças que entendem este princípio nos anos pré-escolares apresentam melhores resultados matemáticos no primeiro ano.

Uma vez entendido que um número é uma unidade composta por elementos individuais, as crianças percebem igualmente que os números podem ser decompostos novamente. Portanto, a aquisição do conceito de cardinalidade é um pré-requisito fundamental para aquisição de estratégias de cálculo eficazes.

Nos problemas de adição ($A+B=C$), as crianças assumem o princípio de cardinalidade de A, procedendo apenas à contagem de B, por exemplo, na fórmula $5+3=8$, perante o número 5 seguem a contagem somando mais três números (“seis, sete, oito”), concluindo que oito será a resposta de solução do problema. Nos problemas de subtração ($A-B=C$), assumem o mesmo princípio, realizando a contagem decrescente da parte B a A, por exemplo, na fórmula $5-3=2$, perante o número 5 retornam a contagem em três números (quatro, três, dois), concluindo que dois será a resposta de solução do problema (Fritz et al., 2013; Langhorts et al., 2013; Ricken et al., 2011).

Na resolução de problemas não é necessário recorrer a uma contagem sucessiva de todos os elementos ou à contagem dos dedos, mas formar um total de dois subconjuntos ou produzir dois subconjuntos de um total (Fritz et al., 2013; Langhorts et al., 2013; Ricken et al., 2011). Na resolução de problemas, é essencial que a criança compreenda que a adição implica o aumento do número de objetos e que a subtração implica a diminuição, com exceção da adição ou subtração do número zero (Duncan et al., 2007; Ginsburg, et al., 2003; Ginsburg, et al., 2005; Jordan et al., 2012).

O estudo de Bjorklund e Rosenblun (2001) com 54 crianças entre os 4 e os 7 anos, defendem que as crianças na adição utilizam duas estratégias designadas por SUM e MIN.

Por exemplo, perante a operação $5+3$, as crianças podem realizar a contagem um a um (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8), a que designaram de SUM, ou então, realizar a contagem a partir do 5 (6, 7, 8), a que designaram de MIN. Os resultados demonstraram que as estratégias das crianças na adição tendem a se tornar mais complexas ao longo do tempo, substituindo lentamente a estratégia SUM pela estratégia MIN. Neste estudo recorreu-se a um jogo de tabuleiro, onde as crianças tiveram que somar ou contar os números nos dados para mover a peça do jogo. Posteriormente, realizaram problemas matemáticos, onde foi possível verificar que as crianças mostraram maior velocidade e precisão ao somar os números durante o jogo do que nestes problemas matemáticos. Neste sentido, salientam a que o recurso a jogos pode ser uma estratégia significativa numa aprendizagem inicial da matemática na educação pré-escolar. O estudo de Clements et al. (2020) corrobora as evidências anteriormente explicadas do estudo de Bjorklund e Rosenblun (2001). No estudo com 1305 crianças entre os 44 e os 64 meses, os autores identificam diferentes estratégias que as crianças recorrem na adição. Na operação $5+7$, inicialmente, contam um a um, depois contam a partir do sete e depois aprendem estratégias de decomposição. Neste exemplo, a criança assumiria que $5+7 = 5+5+2 = 10+2=12$. Por último, no plano de treino de Toll e Van Luit (2012), realizaram-se atividades no âmbito da adição e da subtração, através de um jogo onde um veículo espacial levava ou trazia uma série de objetos em concreto.

Nível 4: Inclusão e Incorporação de Classe

Com base na aquisição do princípio da cardinalidade, a criança entende que cada número representa uma quantidade específica, composta por vários elementos. Com base no princípio da inclusão de classes, desenvolve-se a perceção de que:

- a) os números contêm outros números;

b) cada número contém todos os números anteriores.

Por exemplo, se um subconjunto for extraído de um número (o número 7 do número 12), ele poderá ser visto como um subconjunto em relação à sua quantidade total. Conhecer dois conjuntos é, portanto, suficiente para determinar o terceiro. Neste sentido, a criança pode ainda perceber que um número pode ser dividido de maneiras diferentes, por exemplo, 5 pode ser dividido em dois subconjuntos: 1 e 4 (Baroody, 2006; Fritz et al., 2013; Langhorts et al., 2013; Ricken et al., 2011).

Este conhecimento é o alicerce para poderem ser resolvidas tarefas de adição e subtração (Baroody et al., 2003; Fritz et al., 2013; Langhorts et al., 2013; Ricken et al., 2011).

Nível 5: Racionalidade

Com o conceito de número racional, as crianças desenvolvem o discernimento de que a distância entre dois números consecutivos é a mesma: os números na linha mental numérica aumentam constantemente em 1. As distâncias entre os números são congruentes e, portanto, podem ser definidos com precisão, permitindo comparar exatamente duas quantidades. Por exemplo, a diferença entre 5 e 7 elementos e 33 e 35 elementos é de 2 elementos cada. Desta forma, é possível comparar quantidades/conjuntos e diferenças com precisão (Baroody et al., 2003; Fritz et al., 2013; Langhorts et al., 2013; Ricken et al., 2011). O estudo de Elliot et al. (2018) com 193 crianças entre os três e os cinco anos de idade, indica que na discriminação da quantidade, a criança procede a uma quantificação sem contagem verbal ao realizar as comparações de números. Já o estudo de Formoso et al. (2016) com 60 crianças entre os 4 e os 6 anos, sugere que a discriminação da quantidade segue um processo de desenvolvimento evolutivo, sendo que a velocidade e a precisão da comparação aumenta consoante a idade.

Sugere, também, que quanto maior for a diferença numérica que diferencia os conjuntos, mais efetiva será a comparação: as comparações serão mais rápidas e mais precisas (eg. a criança discrimina mais eficientemente conjuntos com uma diferença de 3 números - 6 e 9 - do que com 2 - 6 e 8).

Nível 6: Multiplicação e Divisão

Com o conceito de racionalidade, a criança percebe que as distâncias entre os números são sempre as mesmas, podendo-se formar segmentos ou conjuntos da mesma quantidade, em operações de multiplicação, por exemplo, 3×4 . Nesta operação de multiplicação 3×4 , formaram-se 3 conjuntos compostos por 4 elementos, ou seja, 3 conjuntos de 4 (Fritz et al., 2013; Langhorts et al., 2013; Ricken et al., 2011). Neste sentido, a multiplicação pode ser introduzida através de somas repetidas de grupos iguais (Duncan et al., 2007; Ginsburg, et al., 2003; Ginsburg, et al., 2005; Jordan et al., 2012).

Por outro lado, um número também pode ser decomposto em quantidades parciais do mesmo tamanho, por exemplo, $12:4$, onde nesta operação de divisão, o 12 é decomposto em quatro conjuntos de três elementos (Fritz et al., 2013; Langhorts et al., 2013; Ricken et al., 2011). A respeito da divisão, é imprescindível que compreenda que a esta implica a separação de um grupo de objetos em partes iguais, através do agrupamento de materiais ou desenhos ou por distribuição por tentativa erro (Duncan et al., 2007; Ginsburg, et al., 2003; Ginsburg, et al., 2005; Jordan et al., 2012).

Por último, Soutinho e Mamede (2017) num estudo com crianças entre os 4 e 6 anos, defendem que estas conseguem resolver alguns problemas de multiplicação e divisão, ainda que o seu desempenho seja influenciado pela idade. Os resultados demonstraram que não existem grandes diferenças no desempenho nas crianças com 4 e

5 anos, supondo que é a partir dos 6 anos que as crianças se tornam mais competentes para resolver a maioria dos problemas de multiplicação e divisão.

Competências Cognitivas: Memória de Trabalho e Velocidade de Processamento

A capacidade de resolver problemas matemáticos de forma fluente e eficiente é considerado como um preditor básico para o desenvolvimento de competências matemáticas mais complexas (Formoso et al., 2018; Price et al., 2013). Nos últimos anos, diferentes estudos têm sido desenvolvidos, no sentido de compreender os fatores envolvidos na aprendizagem da matemática na educação pré-escolar (Cirino, 2011).

Diversos estudos têm vindo a evidenciar que existe uma relação entre as competências matemáticas e as competências cognitivas. Estes estudos realçam que existem dois principais fatores cognitivos subjacentes à aprendizagem e às dificuldades matemáticas, sendo estas a memória de trabalho e a velocidade de processamento (Geary, 2010; Passolunghi & Lanfranchi, 2012; Toll et al., 2016). De seguida serão descritas estas duas competências.

Memória de Trabalho

A memória de trabalho consiste num sistema cognitivo responsável por armazenar e, simultaneamente, processar a informação (Corso & Dorneles, 2014). A memória de trabalho é considerada essencial para a aprendizagem e para o desempenho escolar das crianças, uma vez que a sua eficiência é considerada um forte preditor para o sucesso académico em geral (Stevenson et al., 2014).

Um dos principais modelos da memória de trabalho é o modelo proposto por Baddeley e Hitch (1974), que embora seja antigo, continua a ser usado conceitualmente no estudo da memória (Kytalla et al., 2015).

Este modelo pressupõe a existência de três componentes, sendo estes o componente executivo central, o componente fonológico e o componente visuoespacial (Corso, 2018; Corso & Dorneles, 2014; Kytalla et al., 2015; Mascarello, 2019; Monasterio & Herreras, 2019). O domínio executivo central relaciona-se com o processamento das tarefas cognitivas, recrutando os outros componentes, quando necessário. Neste sentido, os componentes fonológicos e visuoespaciais estão em contato direto com o executivo central e assumem-se como componentes subordinados deste (Corso & Dorneles, 2014; Kytalla et al., 2015). Por exemplo, num exercício de resolução de um problema aritmético, o domínio executivo central permite monitorizar e recuperar a informação sobre a operação enquanto que os outros componentes facilitam o armazenamento dos números específicos envolvidos no cálculo (Corso & Dorneles, 2014). Atualmente, o modelo compreende quatro componentes, após ser revisto por Baddeley (2000), acrescentando, assim, o *buffer* episódico (Corso, 2018; Corso & Dorneles, 2014; Kytalla et al., 2015; Mascarello, 2019; Monasterio & Herreras, 2019), que deve integrar informações dos componentes fonológicos e visuoespaciais e da memória a longo prazo.

Diferentes autores (Alloway & Passolunghi, 2011; Gullick et al., 2011) defendem que a memória de trabalho consegue explicar as diferenças individuais das crianças no desempenho matemático, em termos da capacidade para recuperar a informação numérica e em termos da frequência com que conseguem recuperar esta informação.

A literatura indica que a contagem, como método para resolver operações de adição e subtração, conduz à construção de representações na memória de trabalho designadas por fatos aritméticos. Os fatos aritméticos são ativados automaticamente quando a criança está a executar cálculos matemáticos (Formoso et al., 2018; Passolunghi et al., 2014; Swanson, 2011; Toll et al., 2016; Van der Ven et al., 2012). Desta forma, a

criança consegue resolver os problemas sem recorrer a estratégias explícitas, como contar pelos dedos (Berg, 2008; Formoso et al., 2018; Geary et al., 2004).

A memória de trabalho apresenta também um papel fundamental na codificação fonológica de informação e ativação dessa informação para processamento posterior. Por exemplo, os dígitos que são apresentados visualmente por símbolos árabes (1, 2, 3) serão recodificados fonologicamente para um rótulo verbal correspondente (1 – um, 2 – dois, 3 – três) (Formoso et al., 2018; Purpura et al., 2017).

Vários autores (Alloway & Alloway, 2010; Alloway & Passolunghi, 2011; Aragón et al., 2016; Bull et al., 2008; Holmes et al., 2009; Krumm et al., 2008; Purpura et al., 2017; Toll et al., 2016; Stevenson et al., 2014), concluíram que a memória de trabalho constitui uma variável significativa e capaz de influenciar diretamente a aprendizagem em geral e, em especial, da matemática na educação pré-escolar e no desempenho escolar nos anos seguintes. O conhecimento matemático depende da aquisição e retenção das competências básicas, logo, quando este conhecimento não é desenvolvido, dificilmente a criança conseguirá adquirir conhecimentos mais avançados/complexos sem sentir dificuldades.

Purpura e Ganley (2014), no seu estudo com 194 crianças entre os 4 e os 6 anos, concluíram que a memória de trabalho é um preditor significativo da cardinalidade, subtização e discriminação da quantidade. Outra investigação, desenvolvida por Bull et al. (2008), um estudo longitudinal com 124 crianças entre os 4 e os 6 anos num primeiro momento e 111 com 7 anos, num segundo momento, mostrou que as crianças com funcionamento inferior na memória de trabalho podem cometer erros devido à dificuldade em lembrar e executar as instruções, inibir informações irrelevantes, e manter o foco na tarefa. Os resultados indicam que a memória de trabalho fornece às crianças uma vantagem imediata no ambiente de aprendizagem, vantagem esta que apresenta efeitos na

aprendizagem matemática, mas também na leitura, e que é mantida nos primeiros anos do 1º ciclo do ensino básico.

Velocidade de Processamento

A velocidade de processamento refere-se à eficiência com que as tarefas cognitivas simples são executadas e à capacidade de procurar a informação na memória de longo prazo. Refere-se, também, à capacidade de manter a atenção e de realizar, de forma rápida, tarefas simples automatizadas (Corso & Dorneles, 2014).

No caso da matemática, está subjacente à fluência dos fatos aritméticos (Hopkins & Lawson, 2006). Os fatos aritméticos são, como foi enunciado anteriormente, representações na memória de trabalho que são ativadas automaticamente quando a criança está a executar cálculos matemáticos. A fluência dos fatos aritméticos remete para a automaticidade deste processo (Formoso et al., 2018).

A velocidade de processamento apresenta uma particular relevância no desenvolvimento da automaticidade das competências matemáticas, por exemplo, ditando a rapidez com que os números podem ser contados (Berg, 2008). À medida que a criança adquire rapidez/velocidade na contagem de conjuntos, os problemas são associados às suas respostas na memória de trabalho, permitindo que esta associação possa ser estabelecida na memória de longo prazo (Corso & Dorneles, 2014). Segundo Jensen (2006), a velocidade de processamento remete para a velocidade com que a criança executa de forma relativamente simples a tarefa automatizada. A evidência científica sugere que a velocidade com que as crianças implementam estratégias de automaticidade contribui para as suas competências matemáticas (Fuchs et al., 2012; Fuchs et al., 2006).

A velocidade de processamento interfere na capacidade de armazenar e recuperar a informação numérica da memória a longo prazo através de uma ligação com a memória

de trabalho (Vukovic & Siegel, 2010). Neste sentido, a velocidade de processamento é um fator importante na associação entre o problema e a resposta na memória (Costa et al., 2012; Hopkins & Lawson, 2006).

Diferentes estudos (Berg, 2008; Formoso et al., 2018; Fuchs et al., 2006; Geary et al., 2000; Rocinholi et al., 2014, Rose et al., 2009), sugerem que a velocidade de processamento é uma competência cognitiva capaz de prever o desempenho na matemática, porque esta competência permite que as operações sejam realizadas de forma mais rápida, aumentando, indiretamente, a capacidade da memória de trabalho.

Hopkins e Lawson (2006) propõem que a velocidade de contagem parte da velocidade de processamento. Segundo os autores pode ser um fator crítico que consegue explicar o motivo pelo qual algumas crianças não desenvolvem confiança na recuperação da memória. Isto porque uma contagem mais lenta corresponde a uma maior necessidade de tempo para resolver o problema, aumentando a probabilidade de interferência de informação irrelevantes. Nestes casos, embora utilizem corretamente a estratégia de contar a partir do número maior, o que por sua vez levaria à decomposição e à recuperação da memória, as crianças não conseguem manter o foco na tarefa.

Por outro lado, a velocidade de processamento remete para um dos principais fatores que limitam o desempenho das crianças (Rocinholi et al., 2014), já que um processamento mais lento cria a possibilidade de que o esquecimento ocorra antes que a sequência de cálculo seja realizada ou completada (Corso & Dorneles, 2014; Sperafico, 2014). Uma revisão literária realizada por Corso e Dorneles (2014) demonstrou que os alunos sem dificuldades matemáticas apresentaram o menor tempo (maior velocidade) para o processamento das tarefas que lhes são propostas.

Estudo Empírico

Método

Objetivo do Estudo

Neste estudo pretende-se analisar as competências matemáticas de crianças em idade pré-escolar, em função da idade das crianças. Pretende-se igualmente perceber se as competências matemáticas são influenciadas pelas competências cognitivas de memória de trabalho e de velocidade de processamento. Em função destes objetivos, foram definidas diferentes hipóteses. Considerando o primeiro objetivo do estudo foram formuladas as seguintes hipóteses:

Hipótese 1: Há diferenças estatisticamente significativas na competência de contagem em função da idade das crianças;

Hipótese 2: Há diferenças estatisticamente significativas na competência de discriminação de quantidade em função da idade das crianças;

Hipótese 3: Há diferenças estatisticamente significativas na competência de cardinalidade em função da idade das crianças;

Hipótese 4: Há diferenças estatisticamente significativas na competência de adição em função da idade das crianças;

Hipótese 5: Há diferenças estatisticamente significativas na competência de subtração em função da idade das crianças;

Hipótese 6: Há diferenças estatisticamente significativas na competência de reconhecimento de números em função da idade das crianças;

Hipótese 7: Há diferenças estatisticamente significativas na competência de escrita de números em função da idade das crianças.

Considerando o segundo objetivo do estudo foram formuladas as seguintes hipóteses.

Hipótese 8: As competências cognitivas de memória de trabalho e de velocidade de processamento influenciam o desempenho na competência de contagem;

Hipótese 9: As competências cognitivas de memória de trabalho e de velocidade de processamento influenciam o desempenho na competência de discriminação de quantidade;

Hipótese 10: As competências cognitivas de memória de trabalho e de velocidade de processamento influenciam o desempenho na competência de cardinalidade;

Hipótese 11: As competências cognitivas de memória de trabalho e de velocidade de processamento influenciam o desempenho na competência de adição;

Hipótese 12: As competências cognitivas de memória de trabalho e de velocidade de processamento influenciam o desempenho na competência de subtração;

Hipótese 13: As competências cognitivas de memória de trabalho e de velocidade de processamento influenciam o desempenho na competência de reconhecimento de números;

Hipótese 14: As competências cognitivas de memória de trabalho e de velocidade de processamento influenciam o desempenho na competência de escrita de números.

Participantes

Participaram neste estudo 208 crianças da educação pré-escolar da zona centro do país, com idades compreendidas entre os 4 e 6 anos ($M= 4.71$, $DP= .64$). Do número total de participantes, 110 (52.9%) são do género masculino e 98 (47.1%) do género feminino.

Na Tabela 1 é possível analisar a distribuição dos participantes em função da idade e do género.

Tabela 1. Distribuição dos participantes em função da idade e do género

		Género				Total	
		Masculino		Feminino			
		N	%	N	%		
Idade	4	38	46.3	44	53.7	82	39.4
	5	60	57.1	45	42.9	105	50.5
	6	12	57.1	9	42.9	21	10.1
		110	100.0	98	100.0	208	100.0

No sentido de caraterizar os participantes foram recolhidas informações relativas à Ação Social Escolar e às habilitações literárias das mães das crianças. No que se refere à Ação Social Escolar 108 crianças (51.9%), não usufruem de escalão, 45 crianças (21.6%) beneficiam do escalão A e 55 (26.4%) beneficiam do escalão B.

Optou-se igualmente pela descrição das habilitações literárias das mães, uma vez que esta tende a ser uma variável comumente utilizada na investigação como contribuindo para o sucesso escolar da criança (Casey et al., 2018; Hoff et al., 2002; Vandermaas-Peeler et al., 2012). A maioria das mães são detentoras do ensino secundário, embora ainda se verifique heterogeneidade a nível das habilitações literárias, já que 9 (4.3%) mães são detentoras do 1º CEB, 13 (6.3%) são detentoras do 2º CEB, 36 (17.3%) são detentoras do 3º CEB, 113 (54.3%) são detentoras do Ensino Secundário, por fim, 37 (17.8%) são detentoras do Ensino Superior.

Medidas

O estudo implicou a avaliação de competências matemáticas e a avaliação das competências cognitivas de memória de trabalho e de velocidade de processamento.

Competências matemáticas

Foram criadas provas baseadas no currículo para avaliar as competências matemáticas. As provas baseadas no currículo caracterizam-se por ser um método viável, tecnicamente válido, fácil e rápido de recolha de informação (Stecker et al., 2005; Vaz et al., 2016) com o intuito de avaliar e monitorizar o progresso das crianças em diferentes áreas como a leitura, a escrita e a matemática. Apresentam como objetivo a obtenção do nível de realização e de estimativa da taxa de crescimento das crianças (Vaz & Martins, 2020). Desta forma, as provas ou tarefas com base no currículo permitem identificar as crianças que não progridem de forma adequada (alunos em risco), elaborar programas mais eficientes e individualizados, avaliar a eficácia dos programas de intervenção (Vaz & Martins, 2020) e, eventualmente, reajustar objetivos definidos e comparar resultados intra e intersujeitos (Stecker et al., 2005; Vaz et al., 2016).

As provas baseadas no currículo são utilizadas frequentemente no âmbito de intervenções com base nos sistemas multinível de suporte (Vaz & Martins, 2020), como no presente estudo, que integra um projeto de investigação mais abrangente sobre a eficácia da adoção de uma abordagem multinível na promoção de competências matemáticas na educação pré-escolar. Os sistemas de multinível de suporte foram desenvolvidos como uma abordagem para a identificação e intervenção em crianças em risco de apresentarem dificuldades da aprendizagem, sendo cada vez mais adotado o despiste universal para a identificação de risco nas competências facilitadoras da aprendizagem formal (Bayat et al., 2010).

No presente estudo, as provas baseadas no currículo foram aplicadas em dois momentos distintos: um momento de aplicação individual e um momento de aplicação coletiva (representação e escrita de números e uma tarefa de avaliação de cardinalidade,

mais especificamente, desenhar o número de pintas indicado). As tarefas utilizadas avaliam diferentes competências, que serão descritas de seguida.

- a) *Contagem*: foi solicitado a cada criança que contasse até onde sabia (Kytölä et al., 2015). Em termos de cotação, realizou-se o registo do último número contado corretamente;
- b) *Reconhecimento de números*: numa linha com três números, as crianças tinham de identificar o algarismo-alvo (identificação dos números de 1 a 9, de forma aleatória). Foram contabilizadas as respostas corretas (Aragón et al., 2016).
- c) *Escrita de números*: solicitou-se a escrita dos números de 1 a 9, de modo aleatório. Foram contabilizadas as respostas corretas (Byrge et al., 2014).
- d) *Cardinalidade*: foram realizadas três tarefas para avaliar a cardinalidade. A primeira tarefa incluía o desenho de um número específico de pintas. Na segunda tarefa era solicitado à criança que contasse um número específico de objetos (no sentido de perceber se a criança tinha adquirido a noção de que o último número contando corresponde ao total de objetos contados) e na terceira tarefa a criança tinha de entregar um número específico de objetos pedidos. No final foram contabilizadas todas as respostas corretas (Elliott et al., 2018).
- e) *Operações*: foram contadas duas histórias de adição (“O Pedro tinha 1 goma. A mãe deu-lhe mais 2 gomas. Com quantas gomas ficou?” e “O Pedro tinha 3 gomas. A tia deu-lhe mais 4 gomas. Com quantas gomas ficou?”) e duas histórias de subtração (“A Inês estava a brincar na praia e tinha 4 conchas. Veio uma onda e levou 2 conchas. Com quantas conchas ficou a Inês?” e “A Inês estava a brincar com 6 conchas. Veio uma onda e levou 4 conchas. Com quantas conchas ficou a

Inês?") e efetuou-se o somatório de respostas respondidas corretamente (Elliott et al., 2018; Jordan et al., 2012).

- f) *Discriminação da quantidade* (comparações numéricas): num minuto, a criança teve que indicar qual era o número maior de dois números apresentados entre 0 e 10 (eg. 2 ou 1, 5 ou 4, 8 ou 7, 6 ou 5, 6 ou 7, 0 ou 1, 1 ou 3, 2 ou 4, e 6 ou 9). Contabilizaram-se as respostas corretas (Elliott et al., 2018).

Os valores de consistência interna das tarefas variam entre .61 (na tarefa de adição) e .92 (na tarefa de escrita de números).

Memória de Dígitos

Para avaliar a memória de trabalho recorreu-se ao subteste de Memória de Dígitos, da WISC III. A WISC III – Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças: Terceira Edição (Wechsler, 2003). A prova consiste na repetição, por ordem direta, de oito séries de números, onde em cada série existe um aumento gradual da quantidade de dígitos. Posteriormente, aplica-se a repetição, por ordem inversa, de sete séries de números, sendo que também existe um aumento gradual da quantidade de dígitos em cada série (Figueiredo & Nascimento, 2007). A análise dos resultados pode ser realizada com a ordem direta e com a ordem inversa, bem como com a pontuação total. No presente estudo optou-se pela utilização do score total nesta competência (Formoso et al., 2018).

Nomeação Rápida de Cores

Para avaliar a velocidade de processamento recorreu-se ao subteste de Nomeação Rápida de Cores, da Bateria de Avaliação Neuropsicológica de Coimbra – BANC (Simões et al., 2008). A BANC permite avaliar diferentes funções neurocognitivas como atenção, orientação, memória, motricidade e lateralidade, linguagem e funções executivas

(Albuquerque & Simões, 2009; Simões et al., 2008). A prova de Nomeação Rápida de Cores consiste na exposição de 50 estímulos visuais apresentados num cartão dispostos em cinco linhas, contendo cada uma 10 estímulos. Foi pedido que a criança nomeasse os 50 estímulos, o mais depressa que lhe fosse possível. O resultado da prova remete para o tempo que a criança demorou a nomear os estímulos (Albuquerque, 2012; Simões et al., 2008).

Procedimentos

O presente estudo encontra-se enquadrado num projeto de investigação intitulado “Voo da Matemática”, resultado de um pedido de consultoria de um agrupamento de escolas do centro do país à Universidade Lusíada Norte – Porto.

O processo de recolha de dados ocorreu no ano letivo 2019/2020. Para este estudo foi necessário recolher a autorização dos encarregados de educação dos participantes através de um consentimento informado, uma vez que o projeto fez parte do plano anual de atividades do agrupamento. Neste consentimento foram especificados os objetivos do estudo, as condições de privacidade e o anonimato dos dados recolhidos.

O despiste universal, momento crucial nos sistemas de multinível de suporte (Bayat et al., 2010), realizou-se em dois momentos: em contexto individual com a duração aproximada de 40 minutos por criança e coletiva, com a duração aproximada de 25 minutos. A recolha dos dados realizou-se no entre outubro e novembro de 2019 e foi efetuada pelo psicólogo do Agrupamento de Escolas.

As informações relativas à idade das crianças, à Ação Social Escolar (ASE) e às habilitações literárias das mães, foram fornecidas pelo agrupamento de escolas, após consentimento dos encarregados de educação.

Plano Analítico

A caracterização dos participantes envolveu o recurso à estatística descritiva, quando se tratava de variáveis medidas numa escala intervalar (ex. idade) e à descrição por percentagem nas variáveis em que as escalas eram nominais (ex. Ação Social Escolar).

O primeiro objetivo envolvia o estudo das competências matemáticas de crianças em idade pré-escolar em função da idade das crianças. Recorreu-se a análises de variância univariadas para testar as hipóteses 1 a 7.

Com o intuito de analisar o segundo objetivo, designadamente a influência da memória de trabalho e da velocidade de processamento nas competências matemáticas, foram realizadas análises de regressão linear múltiplas, através do método Enter. Foram, previamente, testados os pressupostos para a realização das análises de regressão linear múltipla (Field, 2009).

As análises estatísticas dos dados da presente investigação foram efetuadas com o programa IBM SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) para *Windows* (versão 26.0).

Resultados

Antes de se testarem as hipóteses do estudo, procedeu-se à análise da estatística descritiva, que pode ser analisada através da Tabela 2.

A análise da Tabela 2 permite constatar que a maioria das crianças consegue contar até 20 (DP = 13.50) e que 11,1% contou até 10 (N= 23), 8,2% até 20 (N=17), 7,7% até 5 (N=16) e 5,3% até 50 (N=11). O desvio-padrão é elevado, evidenciando heterogeneidade nos desempenhos das crianças. Quando se analisam as médias das respostas das crianças e os valores máximos das tarefas, constata-se que nas tarefas de discriminação de quantidade, de escrita de números e de cardinalidade as crianças evidenciaram resultados mais baixos.

Tabela 2: Caracterização do desempenho das crianças nas tarefas de avaliação

	M	DP	Mínimo	Máximo
Contagem	19.26	13.50	0	50
Discriminação de Quantidade	7.62	4.52	0	21
Cardinalidade	6.64	3.50	.00	12.00
Adição	1.55	.70	.00	2.00
Subtração	1.60	.72	.00	2.00
Reconhecimento de Números	6.73	2.85	.00	9.00
Escrita de Números	3.73	3.46	.00	9.00
Memória de Trabalho	5.19	2.41	0	12
Velocidade de Processamento	96.80	45.41	0	263

Relativamente à memória de trabalho, após a transformação dos resultados brutos em resultados padronizados, verifica-se que o desempenho médio das crianças é similar ao esperado para os seis anos (Wechsler, 2003). Os resultados obtidos na velocidade de processamento evidenciam que as crianças avaliadas apresentam desempenhos acima dos esperados para a sua idade (Simões et al., 2008). Realça-se, ainda, que nestas duas provas, o desvio-padrão é elevado.

Tabela 3: Desempenho nas competências matemáticas em função da idade das crianças

	4 anos		5 anos		6 anos		Modelo
	M	DP	M	DP	M	DP	
Contagem	13.34	12.01	22.09	12.79	28.70	13.21	$F_{(2,207)}= 17.49, p < .001$
Discriminação de Quantidade	5.85	3.79	3.51	.76	9.52	4.46	$F_{(2,208)}= 11.84, p < .001$
Cardinalidade	4.74	3.51	7.70	3.01	8.81	1.97	$F_{(2,207)}= 25.97, p < .001$
Adição	1.24	.76	1.72	.58	1.86	.48	$F_{(2,208)}= 15.78, p < .001$
Subtração	1.46	.82	1.66	.68	1.81	.51	$F_{(2,208)}= 2.67, p > .05$
Reconhecimento de Números	5.48	3.09	7.49	2.28	7.76	2.86	$F_{(2,206)}= 14.48, p < .001$
Escrita de Números	1.55	2.23	4.69	3.39	7.48	2.25	$F_{(2,208)}= 47.07, p < .001$

No sentido de avaliar as competências matemáticas de crianças em idade pré-escolar em função da idade das crianças, recorreu-se a análises de variância univariadas (cf. Tabela 3) para testar as hipóteses 1 a 7.

Os resultados evidenciam a existência de diferenças estatisticamente significativas na contagem em função da idade das crianças ($F_{(2,207)}= 17.49, p < .001$). Os testes post hoc evidenciam a existência de diferenças estatisticamente significativas para todas as idades: 4, 5 e 6 anos ($p < .05$).

Relativamente à discriminação da quantidade, os resultados apontam para a existência de diferenças estatisticamente significativas em função da idade das crianças ($F_{(2,208)}= 11.84, p < .001$). Os testes post hoc evidenciam a existência de diferenças estatisticamente significativas dos 4 para os 5 anos e dos 4 para os 6 anos de idade ($p < .001$). Entre os 5 e os 6 anos o desempenho é similar ($p < .05$).

É também possível concluir que existem diferenças estatisticamente significativas na cardinalidade em função da idade das crianças ($F_{(2,207)}= 25.97, p < .001$). Os testes post hoc evidenciam a existência de diferenças estatisticamente significativas dos 4 para os 5 anos e dos 4 para os 6 anos de idade ($p < .001$). Entre os 5 e os 6 anos o desempenho é similar ($p < .05$).

Os resultados evidenciam a existência de diferenças estatisticamente significativas na adição em função da idade das crianças ($F_{(2,208)}= 15.78, p < .001$). Os testes post hoc evidenciam a existência de diferenças estatisticamente significativas dos 4 para os 5 anos e dos 4 para os 6 anos de idade ($p < .001$). Entre os 5 e os 6 anos o desempenho é similar ($p < .05$).

Os resultados evidenciam que não existem diferenças estatisticamente significativas na subtração em função da idade das crianças ($F_{(2,208)}= 2.67, p > .05$), ou seja, as crianças de 4, 5 e 6 anos apresentam desempenhos similares nesta competência.

Em relação ao reconhecimento de números, os resultados apontam para a existência de diferenças estatisticamente significativas no reconhecimento de números em função da idade das crianças ($F_{(2,206)}= 14.48, p < .001$). Os testes post hoc evidenciam a existência de diferenças estatisticamente significativas dos 4 para os 5 anos e dos 4 para os 6 anos de idade ($p < .001$). Entre os 5 e os 6 anos o desempenho é similar ($p < .050$).

Por último, as análises de variância univariadas demonstram a existência de diferenças estatisticamente significativas na escrita de números em função da idade das crianças ($F_{(2,208)}= 47.070, p < .001$). Os testes post hoc evidenciam a existência de diferenças estatisticamente significativas para todas as idades: 4, 5 e 6 anos ($p < .050$).

Neste sentido, é possível concluir que as análises de variância univariadas são estatisticamente significativas para todas as variáveis contempladas, com exceção da subtração. As hipóteses 1, 2, 3, 4, 6 e 7 são confirmadas, e rejeita-se a hipótese 5.

Tabela 4: Influência da memória de trabalho e da velocidade de processamento nas competências matemáticas

		R²	R² adj.	β	<i>T</i>	<i>p</i>	Modelo
Contagem	V. P.	.344	.338	-.189	-3.192	.01	$F_{(2,204)}= 53.488, p < .001$
	Memória			.504	8.530	.001	
Discriminação de Quantidade	V. P.	.365	.359	-.156	-2.689	.01	$F_{(2,205)}= 58.928, p < .001$
	Memória			.541	9.326	.001	
Cardinalidade	V. P.	.313	.306	-.273	-4.514	.001	$F_{(2,204)}= 46.399, p < .001$

	Memória			.417	6.890	.001	
	V. P.			-.089	-1.400	n.s.	
Adição	Memória	.246	.238	.463	7.327	.001	$F_{(2,205)}= 33.400, p < .001$
	V. P.			-.148	-2.272	.03	
Subtração	Memória	.195	.187	.376	5.753	.001	$F_{(2,205)}= 24.820, p < .001$
	V. P.			-.282	-4.379	.001	
Reconhecimento de Números	Memória	.226	.219	.312	4.842	.001	$F_{(2,203)}= 29.716, p < .001$
	V. P.			-.266	-4.346	.001	
Escrita de Números	Memória	.291	.284	.400	6.525	.001	$F_{(2,205)}= 42.131, p < .001$

No sentido de perceber se as competências matemáticas são influenciadas pelas competências cognitivas de memória de trabalho e de velocidade de processamento foram realizadas análises de regressão linear múltiplas (cf. Tabela 4), através do método Enter, para testar as hipóteses 8 a 14. Foram atendidos os pressupostos teóricos subjacentes à utilização da análise de regressão linear (Field, 2009).

A análise de regressão linear múltipla efetuada permitiu verificar que as competências de memória de trabalho e de velocidade de processamento permitem explicar 33,8% do desempenho da criança na competência de contagem sendo o modelo de regressão estatisticamente significativo ($F_{(2,204)}= 53.488, p < .001$). As duas competências cognitivas predizem o desempenho na contagem. A memória de trabalho é o preditor individual mais significativo ($\beta=.504, t=8.530, p=.001$).

Relativamente à discriminação de quantidade, a análise de regressão linear múltipla efetuada permitiu verificar que as competências de memória de trabalho e de velocidade de processamento permitem explicar 35,9% do desempenho da criança nesta competência, sendo o modelo de regressão estatisticamente significativo, ($F_{(2,205)}= 58.928, p < .001$). As duas competências cognitivas predizem o desempenho na discriminação da quantidade. A memória de trabalho é o preditor individual mais significativo, ($\beta=.541, t=9.326, p=.001$).

A partir da análise de regressão linear múltipla realizada é possível verificar que as competências de memória de trabalho e de velocidade de processamento permitem

explicar 30,6% do desempenho da criança na competência de cardinalidade, sendo o modelo de regressão estatisticamente significativo ($F_{(2,204)} = 46.399, p < .001$). As duas competências cognitivas predizem o desempenho na cardinalidade. A memória de trabalho é o preditor individual mais significativo ($\beta = .417, t = 6.890, p = .001$).

Os resultados da análise de regressão linear múltipla demonstram que as competências de memória de trabalho e de velocidade de processamento permitem explicar 23,8% do desempenho da criança na competência de adição, sendo o modelo de regressão estatisticamente significativo ($F_{(2,205)} = 33.400, p < .001$). A memória de trabalho prediz o desempenho na adição ($\beta = .463, t = 7.327, p = .001$), enquanto que a velocidade de processamento não influencia o desempenho nesta competência ($p > .05$).

No que diz respeito à subtração, a análise de regressão linear múltipla evidencia que as competências de memória de trabalho e de velocidade de processamento permitem explicar 18,7% do desempenho da criança nesta competência, sendo o modelo de regressão estatisticamente significativo ($F_{(2,205)} = 24.820, p < .001$). As duas competências cognitivas predizem o desempenho na subtração. A memória de trabalho é o preditor individual mais significativo ($\beta = .376, t = 5.753, p = .001$).

Verificou-se ainda que as competências de memória de trabalho e de velocidade de processamento permitem explicar 21,9% do desempenho da criança na competência de reconhecimento de números, sendo o modelo de regressão estatisticamente significativo ($F_{(2,203)} = 29.716, p < .001$). As duas competências cognitivas predizem o desempenho no reconhecimento de números. A memória de trabalho é o preditor individual mais significativo ($\beta = .312, t = 4.842, p = .001$).

Por último, a análise de regressão linear múltipla permitiu constatar que as competências de memória de trabalho e de velocidade de processamento permitem explicar 28,4% do desempenho da criança na competência de escrita de números, sendo

o modelo de regressão estatisticamente significativo ($F_{(2,205)} = 42.131, p < .001$). As duas competências cognitivas predizem o desempenho na escrita de números. A memória de trabalho é o preditor individual mais significativo ($\beta = .400, t = 6.525, p = .001$).

Os modelos de regressão efetuados são estatisticamente significativos para todas as variáveis critério contempladas. Todas as hipóteses são confirmadas.

Discussão dos Resultados

A presente investigação procurou contribuir para o estudo da aprendizagem da matemática na educação pré-escolar, mais especificamente, para a capacidade de predição das competências cognitivas da memória de trabalho e velocidade de processamento nestas aprendizagens.

Inicialmente, procedeu-se análise das competências matemáticas das crianças. Quando se analisam as médias das respostas das crianças e os valores máximos das tarefas, constata-se que nas tarefas de subtração e adição as crianças evidenciaram resultados mais elevados, enquanto que nas tarefas de discriminação de quantidade, de escrita de números e de cardinalidade as crianças evidenciaram resultados mais baixos. Estes resultados podem relacionar-se com o tipo de práticas existentes nas salas de jardim de infância e com a frequência com que cada tarefa é realizada. Embora os resultados nas tarefas de cardinalidade sejam mais reduzidos, os resultados nas tarefas de computação são mais próximos do limite máximo, o que é contraditório, já que a cardinalidade é uma competência hierarquicamente mais simples que as operações. Os resultados apresentados podem relacionar-se com a existência de apenas duas questões para a avaliação da adição e da subtração, o que pode condicionar a interpretação dos resultados.

Os resultados obtidos na prova de memória de trabalho evidenciam um desempenho esperado para os seis anos, ainda que 90% dos participantes apresente 4 e 5 anos. Relativamente à velocidade de processamento, as crianças apresentaram resultados acima do esperado para a faixa etária. Estes resultados permitem constatar que o grupo de participantes apresenta um bom desempenho nas competências cognitivas avaliadas, embora exista uma elevada heterogeneidade entre as crianças (Corso & Dorneles, 2014; Hopkins & Lawson, 2006).

No sentido de estudar o primeiro objetivo do estudo, procurou-se verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas nas competências matemáticas em função da idade das crianças. Os resultados indicam que a idade das crianças condiciona o desempenho nas competências de discriminação de quantidade, cardinalidade, adição e reconhecimento de números, constando-se que as crianças mais novas são as que pontuam de modo mais baixo. Estes resultados vão ao encontro da literatura existente, em que o desenvolvimento matemático é influenciado pela idade e tende a tornar-se mais complexo ao longo do tempo (Bjorklund & Rosenblum, 2001; Soutinho & Mamede, 2017). Segundo as Orientações Curriculares para a Educação Pré-Escolar, as experiências e oportunidades de aprendizagem são diferenciadas consoante a idade e fase de desenvolvimento das crianças (Silva et al., 2016). Por outro lado, os resultados também indicam que as crianças entre os 5 e os 6 anos apresentam desempenhos similares, o que pode ser explicado pelo facto destas crianças pertencerem ao mesmo grupo, o grupo de finalistas (ou seja, o grupo de crianças que no ano seguinte ingressa no 1º ano de escolaridade). Os finalistas são, frequentemente, alvo de práticas pedagógicas distintas e de maior complexidade do que as outras crianças, no sentido em que são estimuladas e preparadas para a transição ao 1º ciclo do ensino básico, razão pela qual pode não haver diferenciação nos estímulos proporcionados às crianças de 5 e de 6 anos (Silva et al., 2016).

Os resultados das análises de variância univariadas para as competências de contagem e escrita de números apontam para a existência de desempenhos distintos em função da idade das crianças, verificando-se que as crianças de 4 anos, têm menor pontuação que as de 5 anos que, por sua vez, têm menor pontuação que as crianças de 6 anos. A literatura sugere que a contagem é a base da aprendizagem matemática e que começa a ser desenvolvida informalmente por meio de experiências do dia-a-dia. Ou seja, à medida que as crianças vão tendo mais experiências, vão aprendendo a contar mais

(Stock et al., 2009). Ademais, a contagem é das atividades mais trabalhadas em contexto familiar, mas também em contexto escolar, com o desenvolvimento de atividades formais (Amaral et al., 2017; Cadima et al., 2008). Neste sentido, é expectável que as crianças apresentem diferenças em função da idade (Bjorklund & Rosenblun, 2001; Soutinho & Mamede, 2017). Relativamente à escrita de números, o documento das Orientações Curriculares para a Educação Pré-escolar (Silva et al., 2016), enfatiza que as crianças devem concretizar as situações numéricas através das representações pictográficas, icónicas e simbólicas. Salienta, também, que esta aprendizagem é progressiva, o que poderá justificar as diferenças em função da idade.

Em relação ao primeiro objetivo e, contrariamente ao que era expectável, a hipótese 5 não foi confirmada. Verificou-se que não existem diferenças a nível da subtração em função da idade, ou seja, as crianças apresentam desempenhos equivalentes. Este resultado pode ter sido influenciado pela utilização de uma tarefa de avaliação com apenas dois itens, o que dificulta a discriminação do desempenho das crianças.

Face ao segundo objetivo desta investigação, realizaram-se análises de regressão lineares múltiplas para perceber se as competências cognitivas são preditoras das competências matemática sem estudo. Os modelos de regressão efetuados são estatisticamente significativos e explicam entre 18.7% e 35.9% da variância dos resultados nas competências matemáticas avaliadas. É possível verificar que tanto a memória de trabalho e a velocidade de processamento são preditoras do desenvolvimento da contagem (Costal et al., 2012; Sperafico, 2014), discriminação da quantidade (Bull et al., 2018), cardinalidade (Bull et al., 2018), subtração (Formoso et al., 2018; Swanson, 2011; Toll et al., 2016; Van der Ven et al., 2012), reconhecimento e escrita de números (Formoso et al., 2018; Purpura et al., 2017). Para todas as competências matemáticas mencionadas, os resultados apontam que o preditor individual mais significativo é a

memória de trabalho. Estes resultados contribuem para reforçar o papel fundamental da memória de trabalho, designadamente na recuperação da informação numérica e na frequência com que as crianças conseguem recuperar esta informação, bem como na codificação fonológica de informação e na ativação dessa informação para processamento posterior (Alloway & Passolunghi, 2011; Bull et al., 2006; Formoso et al., 2018; Gullick et al., 2011; Purpura et al., 2017; Purpura & Ganley, 2014).

Os resultados indicam que apenas a competência da memória de trabalho prediz a competência da adição. Uma possível explicação para este resultado pode não estar tão relacionada com a rapidez das crianças acederem à informação que possuem, mas principalmente na capacidade de pensarem no momento sobre os dados que são apresentados (Corso & Dorneles, 2014).

Por último, através da análise dos resultados, é possível concluir que das duas competências cognitivas estudadas, a memória de trabalho parece apresentar um maior contributo para a promoção de competências matemáticas, nas idades estudadas. Estas evidências podem ser justificadas pelo facto de a memória apresentar um papel mais importante nas fases iniciais da aquisição das competências basilares da matemática, enquanto que a velocidade de processamento pode assumir maior relevância em fases posteriores e mais complexas.

Conclusão

A educação pré-escolar é um contexto de excelência para a promoção do desenvolvimento das crianças e do esbatimento de desigualdades sociais (Bayat et al., 2010). A numeracia é uma das competências, que de forma lúdica, é promovida na educação pré-escolar, e que permite inibir percursos escolares marcados por insucesso (Amaral et al., 2017; Aunola et al., 2004; Cruz et al., 2014; Ginsburg et al., 2008; Purpura et al., 2013), devido à especificidade dos conhecimentos matemáticos que parecem seguir uma progressão hierárquica de aquisições de competências mais simples para as mais complexas (Casey et al., 2018).

O presente estudo evidencia que as crianças em idade pré-escolar apresentam inúmeras competências matemáticas e desempenhos diferenciados em função da idade das crianças. Estes resultados imprimem a necessidade de diversificar as estratégias de intervenção e as oportunidades de estimulação das crianças, desde cedo (Amaral et al., 20017; Nelson & Powell, 2018; Silva et al., 2016).

Este estudo acrescenta igualmente evidência de que as competências matemáticas são condicionadas pelas competências cognitivas de memória de trabalho e velocidade de processamento. Neste sentido, torna-se relevante que a avaliação do risco do domínio matemático deva incluir a avaliação destas competências cognitivas. É neste sentido que este estudo apresenta o seu principal contributo para o corpo de investigação. Este reflete-se na capacidade de identificar as necessidades/dificuldades, a nível matemático, das crianças em diferentes idades na educação pré-escolar e, permite, ainda, identificar as competências cognitivas que mais predizem cada competência matemática. Face ao ponto de partida de cada criança nas diferentes competências identificadas é possível desenvolver respostas adequadas aos grupos e a cada criança (Bull et al., 2008). Sendo a educação pré-escolar uma das etapas iniciais da aprendizagem da criança, a adoção de

intervenções baseadas em sistemas multinível de suporte, focadas na prevenção e promoção de competências (Silva et al., 2016) permitirá desde cedo acompanhar e responder às características de todos e de cada um (Bayat et al., 2010).

Estes sistemas multinível de suporte remetem para uma abordagem proativa e preventiva (Harlacher et al., 2014; Mendes, 2019) que se caracteriza pela organização das intervenções em diferentes níveis de suporte (Brown-Chidsey & Steege, 2010; Kovaleski, 2007; Mendes, 2019). Estes níveis de suporte encontram-se organizados pela intensidade de apoio e em função da resposta das crianças às intervenções (Brown-Chidsey & Steege, 2010; Kovaleski, 2007; McIntosh & Goodman, 2016). Os níveis são interdependentes e complementares uma vez que cada nível está assente no anterior e é essencial para o sucesso dos seguintes (McIntosh & Goodman, 2016).

O primeiro nível pressupõe uma intervenção universal que consiste num despiste para identificar crianças em risco (Bayat et al., 2010) e na promoção de competências (Brown-Chidsey & Steege, 2010). Se as crianças identificadas continuarem a apresentar risco e/ou dificuldades, devem ser alvo de uma intervenção mais intensiva além da intervenção realizada neste nível (Bayal et al., 2010). O segundo nível refere-se a uma intervenção em pequeno grupo numa lógica de prevenção; por fim, no terceiro nível adota-se uma intervenção intensiva de remediação (Brown-Chidsey & Steege, 2010; Kovaleski, 2007).

Esta abordagem tem sido cada vez mais aplicada a crianças mais novas, no sentido de identificar precocemente o risco de eventuais dificuldades (Bayat et al., 2010). Isto porque as fragilidades sentidas na educação pré-escolar, podem-se converter mais tarde em dificuldades de aprendizagem, se não forem alvo de intervenção atempada (Coleman et al., 2009). Neste sentido, na educação pré-escolar, os modelos podem ser utilizados: a) para prevenir o risco do insucesso escolar, mobilizando atempadamente medidas

diferenciadas de suporte (Bayat et al., 2010); b) para intervir numa lógica preventiva e promotora de competências consideradas facilitadoras/preditoras de sucesso na aprendizagem posterior (Gimpel & Holland 2003).

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Este estudo abrangeu 208 crianças da zona centro do país e, embora, o número de participantes seja adequado, os dados referem-se apenas a indivíduos de uma zona específica do país, o que impossibilita a generalização dos resultados. Outra limitação prende-se as tarefas de avaliação utilizadas, designadamente as que avaliaram a adição e a subtração, com um número reduzido de itens, o que pode ter implicações na discriminação dos desempenhos das crianças.

Tendo em conta as limitações apresentadas, sugere-se que em futuros estudos, possa ser alargado o número de participantes e diferenciada a sua proveniência. Sugere-se, também, que as tarefas de avaliação possam ser reformuladas para, de modo rápido e eficaz, permitirem identificar crianças em risco nas dimensões da adição e da subtração. Seria ainda pertinente a inclusão da avaliação da competência de subitização, já que tem vindo a ser considerada uma das competências preditoras de sucesso na aprendizagem formal da matemática (Jansen et al., 2014).

Em termos de reflexão final sobre o estudo realizado e as suas implicações práticas, pode constatar-se que o psicólogo da educação poderá assumir um papel importante na promoção do sucesso escolar, no domínio das competências matemáticas. A sua atuação em contexto escolar pode facilitar a atualização de conhecimentos e práticas associadas à implementação de intervenções multinível, designadamente apoiando os educadores de infância nos processos de despiste universal de competências matemáticas, na tomada de decisão com base nos dados, na definição de respostas educativas diferenciadas e em medidas de suporte à aprendizagem adequados a cada

criança e na monitorização do progresso das crianças (Direção Geral da Educação, 2018; Freiberger & Berbel, 2010; Gutkin, 2012; Pereira et al., 2018; Ordem dos Psicólogos Portugueses, 2017).

Por último, a conjugação concetual relacionada com as competências matemáticas e cognitivas e os sistemas multinível de suporte à aprendizagem podem constituir fatores poderosos na construção de uma educação cada vez mais inclusiva, atempada e significativa.

Referências Bibliográficas

- Albuquerque, C. P. (2012). Rapid naming contributions to reading and writing acquisition of European Portuguese. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 25, 775-797.
- Albuquerque, C. P., & Simões, M. R. (2009). Testes de Nomeação Rápida: Contributos para a avaliação da linguagem oral. *Análise Psicológica*, 27(1), 65-77.
- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106(1), 20–29.
- Alloway, T. P., & Passolunghi, M. C. (2011). The relationship between working memory, IQ, and mathematical skills in children. *Learning and Individual Differences*, 21(1), 133–137.
- Amaral, J., Cruz, J., Constante, P., Pinto, P., Almeida, M., Lopes, E., Silva, C., Macedo, A., Monteiro, L., Oliveira, T., & Cruz, F. (2017). Competências de matemática e de literacia emergente: Estudo correlacional. *Revista Portuguesa de Educação*, 30(1), 85-105.
- Aragón, E., Navarro, J., Aguilar, M., Cerda, G., & García-Sedeño, M. (2016). Predictive model for early math skills based on structural equations. *Scandinavian Journal of Psychology*, 57, 489-494.
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M., & Nurmi, J. (2004). Developmental dynamics of math performance from preschool to grade 2. *Journal of Educational Psychology*, 96, 699-713.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417–423.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*, Vol, 8 (pp. 47–90). Academic Press.
- Baroody, A. (2000). *El pensamiento matemático de los niños – Un marco evolutivo para maestros de preescolar, ciclo inicial y educación especial*. Visor Dis.
- Baroody, A. (2006). Why children have difficulties mastering the basic number facts and how to help them. *Teaching Children Mathematics*, 13(1), 22-31.
- Baroody, A., Wilkins, J.L.M, & Tiilikainen, S.H. (2003). The development of children’s understanding of additive commutativity: From protoquantitative concept to

- general concept? In A. J. Baroody & A. Dowker (Eds.), *The development of arithmetic concepts and skills: constructing adaptive expertise*, pp.127-160. Erlbaum.
- Bayat, M., Mindes, G., & Covitt, S. (2010). What does RTI (Response to Intervention) look like in preschool?. *Early Childhood Educational Journal*, 37, 493–500.
- Berg, D. (2008). Working memory and arithmetic calculation in children: The contributory roles of processing speed, short-term memory, and reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, 99(4), 288-308.
- Bjorklund, D., & Rosenblun, K. (2001). Children’s use of multiple and variable addition strategies in a game context. *Developmental Science*, 4(2), 184-194.
- Brown-Chidsey, R., & Steege, M. W. (2010). *Response to intervention: Principles and strategies for effective practice* (2nd). Guilford Press.
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205–228.
- Byrge, L., Smith, L., & Mix, K. (2014). Beginnings of place value: How preschoolers write three-digit numbers. *Child Development*, 85(2), 437-443.
- Cadima, S., Abreu-Lima, I., Gomes, V., Coelho, V., Lobo, C., & Ramalho, C. (2008). Avaliação de competências de matemática dos 4 aos 7 anos de idade. In A. P. Noronha (Coord.), *Actas da XIII Conferência Internacional de Avaliação Psicológica: Formas e Contextos* (CD-ROM) (pp. 429-439). Psiquilíbrios.
- Cardona, M., Nogueira, C., Vieira, C., Uva, M., & Tavares, T. (2015). *Guião de educação género e cidadania: pré-escolar*. Comissão para a Cidadania e a Igualdade de Género.
- Casey, M., Lombardi, C., Thomson, D., Nguyen, H., Paz, M., Theriault, C., & Dearing, E. (2018). Maternal support of children’s early numerical concept learning predicts preschool and first-grade math achievement. *Child Development*, 89(1), 156–173.
- Castro, J., & Rodrigues, M. (2008). *Sentido de número e organização de dados*. Direção-Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular. Ministério da Educação.
- Chu, F., vanMarle, K., & Geary, D. (2015). Early numerical foundations of young children’s mathematical development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 132, 205–212.

- Cirino, P. T. (2011). The interrelationships of mathematical precursors in kindergarten. *Journal of Experimental Child Psychology, 108*, 713–733.
- Clayton, F., Copper, C., Steiner, A., Banfi, C., Finke, S., Landerl, K., & Gobel, S. (2020). Two-digit number writing and arithmetic in Year 1 children: Does number word inversion matter?. *Cognitive Development, 56*, 1-14.
- Clements, D., Dumas, D., Dong, Y., Banse, H., Sarama, J., & Day-Hess, C. (2020). Strategy diversity in early mathematics classrooms. *Contemporary Educational Psychology, 60*, 1-12.
- Coleman, M. R., Roth, F. P., & West, T. (2009). *Roadmap to Pre-K RTI: Applying response to intervention in preschool settings*. National Center for Learning Disabilities.
- Conole, M. (2005). Mathematics in early childhood. *ACE Papers, 16*, 91-103.
- Corso, L. (2018). Memória de trabalho, senso numérico e desempenho em aritmética. *Revista Psicologia: Teoria e Prática, 20*(1), 141-154.
- Corso, L., & Dorneles, B. (2014). A velocidade de processamento e as dificuldades de aprendizagem na aritmética. *Estudos e Pesquisas em Psicologia, 14*(3), 949-966.
- Costa, A., Rohde, L., & Dorneles, B. (2012). Development of numerical facts by students with learning disorders. *Bolema, 26*(44), 1151-1169.
- Cruz, J., Amaral, J., Almeida, M., & Constante, P. (2014). "MATIGA – Matemática Amiga": Um projeto de promoção de competências matemáticas na educação pré-escolar. *Revista de Psicologia, Educação e Cultura, 18*(1), 22-35.
- Cueli, M., Areces, D., García, T., Alves, R., & González-Castro, P. (2019). Attention, inhibitory control and early mathematical skills in preschool students. *Psicothema 32*(2), 237-244.
- Denton, K., & West, J. (2002). *Children's reading and mathematics achievement in kindergarten and first grade*. United States Department of Education - United States Government Printing Office.
- Direção Geral da Educação. (2018). *Orientações para o Trabalho em Psicologia Educacional nas Escolas*. República Portuguesa.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., Pagani, L., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K., & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology, 43*(6), 1428–1446.

- Elliott, L., Feigenson, L., Halberda, J., & Libertus, M. (2018). Bidirectional, longitudinal associations between math ability and approximate number system precision in childhood. *Journal of Cognition and Development, 20*(1), 1-19.
- Ertle, B. B., Ginsburg, H. P., Cordero, M. I., Curran, T. M., Manlapig, L., & Morgenlander, M. (2008). The essence of early childhood mathematics education and the professional development needed to support it (in press). In A. Dowker (Ed.), *Mathematical Difficulties: Psychology, Neuroscience and Interventions*, 59-83. Elsevier Science Publishers.
- Fias, W., Reynvoet, B., & Brysbaert, M. (2001). Are Arabic numerals processed as pictures in a Stroop interference task?. *Psychological Research, 65*, 242-249.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. Sage.
- Figueiredo, V., & Nascimento, E. (2007). Desempenhos nas duas tarefas do subteste dígitos da WISC-III e da WAIS-III. *Psicologia: Teoria e Pesquisa, 23*(3), 313-318.
- Formoso, J., Jacobovich, S., Injoque-Ricle, I., & Barreyro, J. (2018). Resolution of arithmetic problems, processing speed and working memory in children. *Trends in Psychology, 26*(3), 1249-1266.
- Formoso, J., Barreyro, J., Jacobovich, S., Leiman, M., & Injoque-Ricle, I. (2016). Quantity discrimination: effect of number ratio over speed and accuracy. *Liberabit, 22*(1), 21-29.
- Freiberger, R., & Berbel, N. (2010). A importância da pesquisa como princípio educativo na atuação pedagógica de professores de educação infantil e ensino fundamental. *Cadernos de Educação, 37*, 207-245.
- Fritz, A., Ehlert, A., & Balzer, L. (2013). Development of mathematical concepts as basis for an elaborated mathematical understanding. *South African Journal of Childhood Education, 3*(1), 38-67.
- Fuchs, L. S., Compton, D., Fuchs, D., Powell, S., Schumacher, R. F., Hamlett, C. L., & Vukovic, R. K. (2012). Contributions of domain-general cognitive resources and different forms of arithmetic development to pre-algebraic knowledge. *Developmental Psychology, 48*(5), 1315-1326.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D., Powell, S., Seethaler, P., Capizzi, A., & Schatschneider. (2006). The cognitive correlates of third-grade skills in arithmetic, algorithmic computation and arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology, 98*(1), 29-43.

- García, M. & Hernández, C. (2014). Trayectorias de aprendizaje de la multiplicación y la división de cuatro a siete años. *Épsilon - Revista de Educación Matemática*, 31(3), 39-54.
- Geary, D. C. (2004). Mathematics and Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 37(1), 4–15.
- Geary, D. C. (2010). Mathematical disabilities: Reflections on cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Learning and Individual Differences*, 20, 130–133.
- Geary, D. C., Hamson, C. O., & Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77(3), 236-263.
- Geary, D. C., Nicholas, A., Li, Y., and Sun, J. (2017). Developmental change in the influence of domain-general abilities and domain-specific knowledge on mathematics achievement: an eight-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 109, 680–693.
- Gimpel, G. A., & Holland, M. L. (2003). *Emotional behavioral problems of young children: Effective interventions in the preschool and kindergarten years*. Guilford Press.
- Ginsburg, H. P. (2006). Mathematical play and playful mathematics: A guide for early education. In D. G. Singer, R. M. Golinkoff, & K. Hirsh-Pasek (Eds.), *Play = learning: How play motivates and enhances children's cognitive and social-emotional growth* (p. 145–165). Oxford University Press.
- Ginsburg, H. P., Cannon, J., Eisenband, J., & Pappas, S. (2005). Mathematical thinking and learning. In K. McCartney, & D. Philips (Eds.), *Handbook of early childhood development*, pp. 208-229. Blackwell.
- Ginsburg, H. P., Greenes, C., & Balfanz, R. (2003). *Big math for little kids*. Dale Seymour Publications.
- Ginsburg, H. P., Lee, J. S., & Boyd, J. S. (2008). Mathematics education for young children: What it is and how to promote it? *Social Policy Report: Giving child and youth development knowledge away*, 22, 3-22.
- Gullick, M. M., Sprute, L. A. & Temple, E. (2011). Individual differences in working memory, nonverbal IQ, and mathematics achievement and brain mechanisms associated with symbolic and non-symbolic number processing. *Learning and Individual Differences*, 21, 644–654.

- Gutkin, T. (2012). Ecological psychology: Replacing the medical model paradigm for school based psychological and psychoeducational services. *Journal of Educational and Psychological Consultation, 22*, 1-20.
- Harlacher, J. E., Sakelaris, T. L., & Kattelman, N. M. (2014). *Practitioner's guide to curriculum-based evaluation in reading*. Springer.
- Hoff, E., Laursen, B., & Tardif, T. (2002). Socioeconomic status and parenting. In M. H. Bornstein (Ed.), *Handbook of parenting*, pp. 231-252. Erlbaum.
- Holmes, J., Gathercole, S. E., & Dunning, D. L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science, 12*(4), 9–15.
- Hopkins, S. L., & Lawson, M. J. (2006). The effect counting speed has on developing a reliance on retrieval in basic addition. *Contemporary Educational Psychology, 31*, 208-227.
- Jansen, B., Hofman, A., Staatemeier, M., van Bers, V., Raijmakers, M., & Maas, H. (2014). The role of pattern recognition in children's exact enumeration of small numbers. *British Journal of Developmental Psychology, 32*, 178–194.
- Jensen, A. R. (2006). *Clocking the mind: Mental chronometry and individual differences*. Elsevier.
- Jordan, N. C., Glutting, J., Dyson, N., Hassinger-Das, B., & Irwin, C. (2012). Building kindergartens number sense: A randomized controlled study. *Journal of Educational Psychology, 104*(3), 647-660.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Locuniak, M. N., & Ramineni, C. (2007). Predicting first-grade math achievement from developmental number sense trajectories. *Learning Disabilities Research & Practice, 22*(1), 36–46.
- Klibanoff, R., Levine, S., Huttenlocher, J., Hedges, L., & Vasilyeva, M. (2006). Preschool children's mathematical knowledge: The effect of teacher math talk. *Developmental Psychology, 42*(1), 59-69.
- Kovaleski, J. (2007). Response to Intervention: Considerations for Research and Systems Change. *School Psychology Review, 36*(4), 638-646.
- Krumm, S., Ziegler, M., & Buehner, M. (2008). Reasoning and working memory as predictors of school grades. *Learning and Individual Differences, 18*(2), 248–257.
- Kyttala, M., Kanerva, K., & Kroesbergen, E. (2015). Training counting skills and working memory in preschool. *Scandinavian Journal of Psychology, 56*, 363–370.

- Langhorst, P., Ehlert, A., & Fritz, A. (2013). Realising pre-school mathematical education – a development-oriented math programme with special consideration of phonological language processing aspects. *South African Journal of Childhood Education*, 3(1), 68-99.
- LeFevre, J., Fast, L., Skwarchuk, S. L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., . . . Wilger, M. (2010). Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance. *Child Development*, 81, 1753–1767.
- LeFevre, J., Skwarchuk, S., Smith-Chant, B., Fast, L., Kamawar, D., & Bisanz, J. (2009). Home numeracy experiences and children’s math performance in the early school years. *Canadian Journal of Behavioural Science*, 41, 55–66.
- Lei n.º5 da Assembleia da República. (1997). *Diário da República: I Série*, n.º 34/1997. Disponível em <https://dre.pt/application/conteudo/561219>
- Levine, S. C., Suriyakham, L. W., Rowe, M. L., Huttenlocher, J., & Gunderson, E. A. (2010). What counts in the development of young children’s number knowledge? *Developmental Psychology*, 46, 1309–1319.
- Lourenço, V., Duarte, A., Nunes, A., Amaral, A., Gonçalves, C., Mota, M., & Mendes, R. (2019). *PISA 2018 - Portugal: Relatório Nacional*. Instituto de Avaliação Educativa.
- Mascarello, L. (2019). Working memory training effect in elementary school children without diagnosis of cognitive impairment. *Revista Estudos da Linguagem*, 27(1), 213-240.
- McIntosh, K., & Goodman, S. (2016). *The Guilford practical intervention in the schools series. Integrated multi-tiered systems of support: Blending RTI and PBIS*. Guilford Press.
- Mendes, S. (2019). *Prática Profissional da Psicologia Escolar*. Ordem dos Psicólogos Portugueses.
- Monasterio, E., & Herreras, E. (2019). Working memory in early childhood education: Preliminary study. *Panamerican Journal of Neuropsychology*, 13(2), 29-36.
- Nelson, G., & Powell, S. (2018). A sytematic review of longitudinal studies of mathematics difficulty. *Journal of Learning Disabilities*, 51(6), 523-539.
- Ordem dos Psicólogos Portugueses. (2017). *Perfil das/dos Psicólogas/os da Educação*. Ordem dos Psicólogos Portugueses.

- Passolunghi, M. C., & Lanfranchi, S. (2012). Domain-specific and domain-general precursors of mathematical achievement: A longitudinal study from kindergarten to first grade. *British Journal of Educational Psychology*, *82*, 42–63.
- Passolunghi, M. C., Cargnelutti, E., & Pastore, M. (2014). The contribution of general cognitive abilities and approximate number system to early mathematics. *British Journal of Educational Psychology*, *84*, 631–649.
- Pereira, F., Crespo, A., Trindade, A. R., Cosme, A., Croca, F., Breia, G., Franco, G., Azevedo, H., Fonseca, H., Micaelo, M., Reis, M. J., Saragoça, M. J., Carvalho, M., & Fernandes, R. (2018). *Para uma Educação Inclusiva: Manual de Apoio à Prática*. Direção-Geral da Educação.
- Price, G. R., Mazzocco, M. M., & Ansari, D. (2013). Why mental arithmetic counts: Brain activation during single digit arithmetic predicts high school math scores. *The Journal of Neuroscience*, *33*(1), 156-163.
- Purpura, D. & Ganley, C. M. (2014). Working memory and language: Skill-specific or domain-general relations to mathematics?. *Journal of Experimental Child Psychology*, *122*, 104–121.
- Purpura, D., Baroody, A., & Lonigan, C. (2013). The transition from informal to formal mathematical knowledge: Mediation to formal numeral knowledge. *Journal of Educational Psychology*, *105*(2), 453-464.
- Purpura, D., Schmitt, S., & Ganley, C. (2017) Foundations of mathematics and literacy: The role of executive functioning components. *Journal of Experimental Child Psychology*, *153*, 15-34.
- Ramani, G. & Siegler, R. S. (2008). Promoting broad and stable improvements in low-income children’s numerical knowledge through playing number board games. *Child Development*, *79*, 375–394.
- Ramani, G., Hitti, A., & Siegler, R. (2012). Taking It to the Classroom: Number Board Games as a Small Group Learning Activity. *Journal of Educational Psychology*, *104*(3), 661-672.
- Ricken, G., Fritz, A., & Balzer, L. (2011). Math and calculation – A test for diagnosing concepts at pre-school age – an example of a level-oriented approach. *Empirische Sonderpädagogik*, *3*(3), 256-271.
- Reynvoet, B., Brysbaert, M., & Fias, W. (2002). Semantic priming in number naming. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *55*(4), 1127–1139.

- Rocinho, L.F., Oliveira, M.A.F., Zaninotto, A.L.C., De Lúcia, M.C.S., & Scaff, M. (2014). Velocidade de processamento da informação em adolescentes de escolas públicas e privadas. *Avaliação Psicológica*, 13(2), 227-233.
- Rose, S. A., Feldman, J. F., & Jankowski, J. J. (2009). A cognitive approach to the development of early language. *Child Development*, 80(1), 134-150.
- Sarnecka, B. W., & Carey, S. (2008). How counting represents number: What children must learn and when they learn it. *Cognition*, 108, 662–674.
- Siegler, R.S., & Booth, J.L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, 75, 428-444.
- Silva, I., Marques, L., Mata, L., & Rosa, M. (2016). *Orientações curriculares para a educação pré-escolar*. Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação. <https://www.dge.mec.pt/ocepe/node/83>
- Simões, M. R., Albuquerque, C. P., Pinho, M. S., Pereira, M., Alberto, I., Vilar, M., Seabra-Santos, M., Lopes, A. F., Lopes, C. & Sousa, L. (2008). *Bateria de Avaliação Neuropsicológica de Coimbra (BANC)*. Serviço de Avaliação Psicológica FPCE-UC.
- Soutinho, F., & Mamede, E. (2017). A resolução de problemas de estrutura multiplicativa por crianças do pré-escolar. *VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática - Libro de Actas*. 400-408.
- Sperafico, Y. (2014). Intervenção no uso de procedimentos e estratégias de contagem com alunos dos anos iniciais com baixo desempenho em matemática. *Revista Psicopedagogia*, 31(94), 11-20.
- Stanovich, K. (1986). Matthew effects in reading: Some consequences of individual differences in the acquisition of literacy. *Reading Research Quarterly*, 21, 360-407.
- Stecker, P. M., Fuchs, L. S., & Fuchs, D. (2005). Using curriculum-based measurement to improve student achievement: *Review of Research. Psychology in the Schools*, 42(8), 795-819.
- Stevenson, C., Bergwerff, C., Heiser, W., & Resing, W. (2014). Working memory and dynamic measures of analogical reasoning as predictors of children's math and reading achievement. *Infant and Child Development*, 23, 51–66.
- Stipek, D. J., & Ryan, R. H. (1997). Economically disadvantaged preschoolers: Ready to learn but further to go. *Developmental Psychology*, 33(4), 711–723.

- Stock, P., & Desoete, A., & Royeres, H. (2009). Mastery of the counting principles in toddlers: a crucial step in the development of budding arithmetic abilities?. *Learning and Individual Differences, 19*(4), 419-42.
- Suraña, M., & Villagrán, M. (2014). Estimación en la línea numérica y cálculo escrito y mental en alumnado de 4º y 5º de educación primaria. *International Journal of Developmental and Educational Psychology, 7*(1), 453-462.
- Swanson, H. L. (2011). Working memory, attention, and mathematical problem solving: A longitudinal study of elementary school children. *Journal of Educational Psychology, 103*(4), 821-837.
- Toll, S., Kroesbergen, E., & Luit, J. (2016). Visual working memory and number sense: Testing the double deficit hypothesis in mathematics. *British Journal of Educational Psychology, 86*, 429-445.
- Toll, S., & Van Luit, J. E. H. (2012). Early numeracy intervention for low-performing kindergartners. *Journal of Early Intervention, 34*(4), 243–264.
- Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., Boom, J., & Leseman, P. P. M. (2012). The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship. *British Journal of Educational Psychology, 82*, 100–119.
- Vandermaas-Peeler, M., Boomgarden, E., Finn, L., & Pittard, C. (2012). Parental support of numeracy during a cooking activity with four-year-olds. *International Journal of Early Years Education, 20*, 78–93.
- vanMarle, K., Chu, F., Li, Y., & Geary, D. (2014). Acuity of the approximate number system and preschoolers' quantitative development. *Developmental Science, 17*(4), 492-505.
- Vaz, A., & Martins, A. (2020). Monitorização com base no currículo na escola inclusiva: Adequação técnica das provas maze na triagem do risco de dislexia. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, 15*(1), 1000-1017.
- Vaz, P., Martins, A., & Correia, M. (2016). Provas maze na triagem do risco na leitura. *Journal of Research in Special Educational Needs, 16*(1), 928-930.
- Verdasca, J., Neves, A., Fonseca, H., Fateixa, J., Procópio, M., & e Magro, T. (2019). *Relatório PNPSE 2016-2018: Escolas e Comunidades tecendo Políticas Educativas com base em Evidências*. Programa Nacional de Promoção do Sucesso Escolar/Direção Geral da Educação.

- Vukovic, R. K., & Siegel, L. S. (2010). Academic and cognitive characteristics of persistent mathematics difficulty from first through fourth grade. *Learning Disabilities Research and Practice, 25*(1), 25-38.
- Wechsler, D. (2003). *Escala de Inteligência de Wechsler para Crianças – Terceira Edição*. Cegoc.