

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

Mariele Grösz

TRANSCODIFICAÇÃO NUMÉRICA:

relações com memória de trabalho, consciência fonêmica e desempenho matemático

Porto Alegre

2022

MARIELE GRÖSZ

TRANSCODIFICAÇÃO NUMÉRICA:

relações com memória de trabalho, consciência fonêmica e desempenho matemático

Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação, da Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre(a) em Educação.

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Beatriz Vargas Dorneles

Linha de Pesquisa: Aprendizagem e Ensino

Porto Alegre
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Carlos André Bulhões Mendes (Reitor)

Patricia Pranke (Vice-Reitora)

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

Liliane Ferrari Giordani (Diretora)

Aline Lemos da Cunha Della Líbera (Vice-Diretora)

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

Sérgio Roberto Kieling Franco (Coordenador)

Simone Valdete dos Santos (Coordendora Substituta)

CIP - Catalogação na Publicação

Grösz, Mariele

TRANSCODIFICAÇÃO NUMÉRICA: relações com memória de trabalho, consciência fonêmica e desempenho matemático / Mariele Grösz. -- 2022.

113 f.

Orientadora: Beatriz Vargas Dorneles.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Transcodificação numérica. 2. Habilidades matemáticas básicas. 3. Desempenho matemático. I. Vargas Dorneles, Beatriz, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. Dra. Beatriz, pelo acompanhamento atento e cuidadoso e por acreditar na realização desta pesquisa.

Aos meus colegas do grupo de pesquisa, Arthur, Camila, Évelin, Janaína, Kamila e Pedro, pelo apoio, auxílio e companheirismo em todas as etapas.

Às escolas, supervisoras, professoras e alunos participantes pela disponibilidade para que essa pesquisa se tornasse possível.

À Camila e à equipe do Núcleo de Assessoria Estatística (NAE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pelo auxílio na análise dos dados e pelos ensinamentos.

À minha família, meu irmão, meu pai e especialmente minha querida mãe, que sempre me incentivou e apoiou meu interesse pelo estudo e pela pesquisa, sendo incansável.

Às minhas queridas amigas, Michele e Stephanie, por estarem sempre por perto.

Enfim, a todos aqueles que, de uma forma ou outra, através de gestos, orações ou palavras acolhedoras, me ampararam nos momentos difíceis e contribuíram para que a presente dissertação fosse desenvolvida.

RESUMO

A transcodificação numérica, ou seja, a habilidade de tradução de uma representação numérica, é uma habilidade básica precursora do desempenho em matemática e depende de um conjunto de competências, sendo a memória de trabalho e o contexto linguístico fundamentais. Portanto, a presente dissertação tem como objetivo investigar os preditores da habilidade de transcodificação numérica, a partir da análise da literatura já existente sobre a temática e da avaliação do desempenho de estudantes de 3º e de 4º ano do EF em relação a tal habilidade, à memória de trabalho (componentes fonológico, visuoespacial e executivo central) e à consciência fonêmica. Nessa direção, foram realizados três estudos, uma revisão teórica e dois estudos empíricos, considerando uma amostra de 127 estudantes de escolas municipais de Porto Alegre - Rio Grande do Sul (RS), 55 do 3º ano e 72 do 4º ano do EF. O primeiro estudo foi desenvolvido com o objetivo de realizar uma revisão da literatura brasileira sobre a transcodificação numérica, verificando seus enfoques e delineando diferenças em relação a referenciais teóricos internacionais. Os outros dois estudos tiveram como foco o desempenho na escrita de números a partir dos seguintes objetivos: investigar quais habilidades, considerando memória de trabalho e consciência fonêmica, são preditoras da habilidade de transcodificação numérica; analisar o desempenho dos estudantes de 3º e 4º ano na transcodificação numérica, a partir da classificação de erros de escrita de números, a fim de investigar competências cognitivas e outros aspectos associados aos distintos tipos de erros, como ano escolar e desempenho matemático. Os resultados do primeiro estudo evidenciaram um panorama caracterizado por poucos estudos brasileiros tendo como foco de análise o desempenho em transcodificação numérica. A maioria dos estudos encontrados investigou estudantes dos Anos Iniciais do EF e preditores cognitivos do desempenho e, ainda, foi dado destaque à análise de erros e à investigação da interferência de habilidades linguísticas na transcodificação numérica. Os enfoques das pesquisas são similares aos dos estudos internacionais, evidenciando, porém, um peso distinto das competências cognitivas analisadas. O segundo estudo explicitou resultados semelhantes às pesquisas anteriormente realizadas no Brasil, demonstrando um papel de destaque da idade, da quantidade de algarismos e da memória de trabalho fonológica e executivo central na predição do desempenho na escrita de números entre estudantes de 3º e 4º ano do EF. Além disso, foi percebido um pequeno efeito de mediação da consciência fonêmica na relação entre memória de trabalho e transcodificação. Por fim, o terceiro estudo complementou os outros dois apontando associação entre diferentes tipos de erros de transcodificação com o desempenho em memória de trabalho e consciência fonêmica. Foram verificados mais erros causados pela incompreensão dos mecanismos de transcodificação, do que erros referentes a dificuldades de identificação dos elementos lexicais, sendo reafirmada também a interferência da quantidade de algarismos como fator causador de dificuldades na transcodificação e uma diminuição do número de erros com avanço do ano escolar.

Palavras-chave: Transcodificação numérica. Habilidades matemáticas básicas. Desempenho matemático.

ABSTRACT

The ability to transcoding between numerical representations, named numerical transcoding, is a basic precursor skill of performance in mathematics and depends on a set of skills, being the working memory and the linguistic fundamental. Therefore, the aim of this dissertation was to investigate the predictors of numerical transcoding ability by analyzing the existing literature and evaluating the performance of 3rd and 4th grade students to this ability, working memory (phonological, visuospatial, and central executive components), and phonemic awareness. Three studies were conducted: a theoretical review and two empirical studies, considering a sample of 127 students from municipal schools in Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS), 55 in the 3rd and 72 in the 4th grades of primary school. The first study was developed with the objective of conducting a review of the Brazilian literature on numerical transcoding, verifying its approaches and outlining differences in relation to international theoretical references. The other two studies focused on performance in number writing with the following objectives: to investigate which abilities are predictors of numerical transcoding ability considering working memory and phonemic awareness; to analyze the performance of 3rd and 4th grade students in numerical transcoding, based on the classification of errors in writing numbers, in order to investigate cognitive skills and other aspects associated with different types of errors, such as school year and math performance. The results of the first study showed an outlook with few Brazilian studies focusing on the analysis of numerical transcoding performance. Most of the studies investigated students in the early years of Elementary School and cognitive predictors of performance in numerical transcoding. They also emphasized the analysis of errors and the investigation of the interference of linguistic skills in numerical transcoding. The research approaches are similar to those of the international studies, showing, however, a different importance of the analyzed cognitive skills. The second study showed similar results to previous research conducted in Brazil, demonstrating a prominent role of age, number of digits, and phonological and central executive working memory in predicting performance in number writing among 3rd and 4th grade students. In addition, a small mediating effect of phonemic awareness was perceived in the relationship between working memory and transcoding. Finally, the third study complemented the other two by pointing out an association between different types of transcoding errors and performance on working memory and phonemic awareness. There were found more errors caused by incomprehension of transcoding mechanisms than errors related to difficulties in identifying lexical elements. The number of digits was also a factor causing transcoding difficulties, and the number of errors decreased with advancing school year.

Key-words: Number transcoding. Basic mathematical skills. Mathematics achievement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática do papel da memória de trabalho na transcodificação numérica a partir do ADAPT.....	28
Figura 2 - Relação de estudos selecionados conforme plataforma de busca	45
Figura 3 - Análise de mediação 1.....	76
Figura 4 - Análise de mediação 2	76

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Erros lexicais conforme classificação de Deloche e Seron (1982)	20
Quadro 2 - Erros sintáticos conforme classificação de Deloche e Seron (1982)	21
Quadro 3 - Objetivos e principais resultados de dissertações e teses brasileiras com foco na investigação da transcodificação numérica	51
Quadro 4 - Nível de complexidade dos itens da tarefa de avaliação da transcodificação numérica	69
Tabela 1 - Correlações entre todas as variáveis	73
Tabela 2 - Resultados dos modelos univariados de regressão logística binomial	74
Tabela 3 - Modelo composto de regressão logística binomial <i>stepwise</i> considerando toda a amostra	74
Tabela 4 - Modelo composto de regressão logística binomial <i>stepwise</i> considerando 20% da amostra	75
Tabela 5 - Tipo de erro por número de algarismos	93
Tabela 6 - Tipo de erro pelo desempenho em aritmética	94
Tabela 7 - Tipo de erro pelo ano escolar	95
Tabela 8 - Tipo de erro pelo desempenho em consciência fonêmica no 3º ano	96
Tabela 9 - Tipo de erro pelo desempenho em memória de trabalho fonológica no 3º ano	96
Tabela 10 - Tipo de erro pelo desempenho em memória de trabalho visuoespacial no 3º ano	97
Tabela 11 - Tipo de erro pelo desempenho em relação ao componente executivo central da memória de trabalho no 3º ano	97
Tabela 12 - Tipo de erro pelo desempenho em consciência fonêmica no 4º ano	98
Tabela 13 - Tipo de erro pelo desempenho em memória de trabalho fonológica no 4º ano	98
Tabela 14 - Tipo de erro pelo desempenho em memória de trabalho visuoespacial no 4º ano	99

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Efeito do número de algarismos no desfecho	72
--	----

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	12
REFERÊNCIAS	13
1 CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL	14
1.1 TRANSCODIFICAÇÃO NUMÉRICA	17
1.1.1 Modelos cognitivos de transcodificação numérica	17
1.1.2 Erros de transcodificação numérica e suas particularidades	20
1.2 COMPETÊNCIAS COGNITIVAS PRECURSORAS DO DESEMPENHO EM TRANSCODIFICAÇÃO NUMÉRICA	24
1.2.1 Memória de trabalho	24
1.2.1.1 O componente executivo central	25
1.2.1.2 O componente fonológico	25
1.2.1.3 O componente visuoespacial	26
1.2.1.4 A memória de trabalho na relação com o desempenho em transcodificação numérica	27
1.2.2 Processamento fonológico	29
1.2.2.1 O papel do processamento fonológico na transcodificação numérica.....	29
1.3 OBJETIVOS E HIPÓTESES	30
1.4 MÉTODO.....	31
REFERÊNCIAS	32
2 ESTUDOS SOBRE TRANSCODIFICAÇÃO NUMÉRICA NO BRASIL: REVISÃO DE LITERATURA	37
2.1 INTRODUÇÃO.....	38
2.1.1 Pesquisas internacionais sobre transcodificação numérica	40
2.2 OBJETIVOS E HIPÓTESES	43
2.3 MÉTODO	43
2.4 RESULTADOS	44
2.5 DISCUSSÃO.....	53
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS	55
3 COMPETÊNCIAS COGNITIVAS PREDITORAS DO DESEMPENHO EM TRANSCODIFICAÇÃO NUMÉRICA: O PAPEL DA MEMÓRIA DE TRABALHO E DA CONSCIÊNCIA FONÊMICA	59

3.1 INTRODUÇÃO.....	60
3.1.1 ADAPT — um modelo desenvolvimental, assemântico e procedural para a transcodificação de numerais do formato verbal ao arábico	61
3.1.2 Distintos contextos, diferentes resultados em relação à transcodificação	62
3.2 OBJETIVOS E HIPÓTESES	67
3.3 MÉTODO	68
3.3.1 Amostra	68
3.3.2 Instrumentos	68
3.3.2.1 Tarefa de avaliação da transcodificação numérica	68
3.3.2.2 Tarefas de avaliação da memória de trabalho	70
3.3.2.3 Tarefa de avaliação da consciência fonêmica.....	71
3.4.3 Análise	71
3.4 RESULTADOS	72
3.5 DISCUSSÃO.....	76
3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
REFERÊNCIAS	80
4 ERROS NA TRANSCODIFICAÇÃO NUMÉRICA: ASPECTOS CAUSADORES E COMPETÊNCIAS COGNITIVAS ASSOCIADAS	83
4.1 INTRODUÇÃO.....	84
4.1.1 A classificação dos erros de transcodificação.....	85
4.1.2 Fatores associados a erros.....	87
4.1.2.1 Processamento numérico, valor posicional e desempenho em aritmética.....	87
4.1.2.2 Particularidades linguísticas - especificidades do português.....	89
4.2 OBJETIVOS E HIPÓTESES	90
4.3 MÉTODO	91
4.3.1 Amostra	91
4.3.2 Instrumentos	92
4.3.3 Análise	92
4.4 RESULTADOS	93
4.4.1 Número de erros	93
4.4.2 Tipos de erros e competências cognitivas associadas	95
4.4.2.1 No 3º Ano	95
4.4.2.2 No 4º Ano	98

4.5 DISCUSSÃO	99
4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
REFERÊNCIAS	101
5 DELINEAMENTOS FINAIS	104
REFERÊNCIAS	105
ANEXO A – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DA SMED	106
ANEXO B – TERMOS DE AUTORIZAÇÃO DAS ESCOLAS	107
ANEXO C – TERMO DE CONSENTIMENTO DO PROFESSOR	109
ANEXO D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO RESPONSÁVEL.....	110
ANEXO E – TERMO DE ASSENTIMENTO DO ALUNO.....	112

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação foi desenvolvida com base no seguinte objetivo: investigar os preditores da habilidade de transcodificação numérica, a partir da análise da literatura já existente sobre a temática e da avaliação do desempenho de estudantes de 3º e de 4º ano do EF em relação a tal habilidade, à memória de trabalho e à consciência fonêmica.

A habilidade de transcodificação numérica caracteriza-se pela tradução entre representações numéricas (da representação verbal para a arábica e vice-versa). O desenvolvimento dessa habilidade exige uma série de recursos cognitivos, entre os quais a memória de trabalho e o processamento fonológico têm destaque (MOURA *et al.*, 2013; LOPES-SILVA *et al.*, 2014, 2016). Trata-se de uma habilidade numérica básica que atua como precursora do desempenho em matemática (MOELLER *et al.*, 2011; HABERMANN *et al.*, 2020; NOGUES *et al.*, 2021).

O interesse por este objeto de pesquisa foi construído a partir dos resultados da literatura juntamente com a prática em sala de aula. A vivência como educadora no 1º ano do Ensino Fundamental (EF) trouxe aprendizados sobre o quanto um déficit em habilidades numéricas básicas prejudica a aprendizagem de conteúdos mais complexos. Assim, foi na junção de literatura científica com a experiência de sala de aula, que se deu a opção pela pesquisa sobre transcodificação numérica. A significativa interferência de competências linguísticas para a construção dessa habilidade (LOPES-SILVA *et al.*, 2014) também influenciou na escolha da temática, visto que muitas vezes as duas áreas, linguagem e matemática, aparecem dissociadas em sala de aula.

Para desenvolvimento dos estudos que compõem a dissertação, foi utilizada uma amostra composta por estudantes de 3º e 4º anos do EF de escolas da rede pública municipal de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul (RS). Essa amostra faz parte de um projeto mais amplo denominado “Precursores do Desempenho Matemático nas Séries Iniciais”, coordenado pela Professora Doutora Beatriz Vargas Dorneles. O referido projeto tem buscado identificar precursores do desempenho matemático em diferentes realidades brasileiras (de escolas das regiões Sul e Nordeste), sendo considerados, a partir de uma revisão da literatura, as seguintes habilidades: memória de trabalho, transcodificação numérica, estimativa numérica, raciocínio quantitativo, consciência fonêmica e compreensão leitora.

A presente pesquisa foi elaborada a partir de três distintos estudos que se complementam com o propósito de atender ao objetivo previamente descrito – investigar os preditores da habilidade de transcodificação numérica. A dissertação foi organizada em cinco seções.

Primeiramente é realizada uma introdução, na qual é descrito um panorama geral de pesquisas associadas à temática em questão. Em seguida, na segunda seção, é apresentado o primeiro artigo, caracterizado por uma revisão assistemática e integrativa da literatura sobre transcodificação numérica e intitulada “Estudos sobre transcodificação numérica no Brasil: revisão de literatura”. Após essa contextualização, na terceira seção é apresentado um estudo nomeado “Competências cognitivas preditoras do desempenho em transcodificação numérica: o papel da memória de trabalho e da consciência fonêmica”, que compreende a investigação sobre as competências descritas serem ou não preditoras da escrita de números. Logo após, na quarta seção, são trazidas para discussão as análises do terceiro artigo, cujo título é “Erros na transcodificação numérica: aspectos causadores e competências cognitivas associadas”, que tem como foco a caracterização dos erros de transcodificação e principais fatores associados. Por fim, na quinta seção, são expostas as considerações gerais sobre os três estudos, encerrando a dissertação.

REFERÊNCIAS

- HABERMANN, S.; DONLAN, C.; GÖBEL, S. M.; HULME, C. The critical role of Arabic numeral knowledge as a longitudinal predictor of arithmetic development. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 193, p. 1-15, 2020.
- LOPES-SILVA, J. B.; MOURA, R. J. de.; JÚLIO-COSTA, A.; HAASE, V. G.; WOOD, G. Phonemic awareness as a pathway to number transcoding. **Frontiers in Psychology**. v. 5, n.13, 2014.
- LOPES-SILVA, J. B.; MOURA, R. J. de.; JÚLIO-COSTA, A.; WOOD, G. SALLES, J. F.; HAASE, V. G. What Is Specific and What Is Shared Between Numbers and Words? **Frontiers in Psychology**, v. 7, n. 22, 2016.
- MOELLER, K.; PIXNER, S.; ZUBER, J.; KAUFMANN, L.; NUERK, H. C. Early place-value understanding as a precursor for later arithmetic performance: A longitudinal study on numerical development. **Research in Developmental Disabilities**, v. 32, p. 1837–1851, 2011.
- MOURA, R. J. de.; WOOD, G.; PINHEIRO-CHAGAS, P.; LONNEMANN, J.; KRINZINGER, H.; WILLMES, K.; HAASE, V. G. Transcoding abilities in typical and atypical mathematics achievers: the role of working memory, procedural and lexical competencies. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 116, p. 707–727, 2013.
- NOGUES, C. P.; JARDIM, F. dos S.; LIMA, E. M.; DORNELES, B. V. Habilidades Cognitivas Preditoras do Desempenho Aritmético de Crianças de 3º e 4º anos. **SciELO Preprints**, 2021.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL

Habilidades matemáticas são exigidas por diversas situações cotidianas do convívio em sociedade. Indivíduos inseridos em um contexto social têm contato com atividades que envolvem reconhecimento de numerais, contagem, raciocínio aditivo caracterizam antes do ingresso no ensino formal. A aprendizagem da matemática depende de um conjunto de habilidades cognitivas, entre as quais se destacam a memória de trabalho, a velocidade de processamento e a recuperação de fatos aritméticos da memória de longo prazo (CORSO; DORNELES, 2012). Conteúdos como a aritmética, por exemplo, são elaborados a partir do conhecimento de habilidades matemáticas básicas como o processamento de numerais verbais e arábicos, o que envolve além do reconhecimento, a tradução de um numeral de um formato a outro (transcodificação numérica), e a compreensão do valor posicional dos algarismos (MOELLER *et al.*, 2011; GÖBEL *et al.*, 2014; HABERMANN *et al.*, 2020; NOGUES *et al.*, 2021). Para desenvolvimento das habilidades que envolvem representações verbais, como é o caso da transcodificação, aparecem ainda interferências de particularidades linguísticas (DOWKER; NUERK, 2017).

Além das habilidades cognitivas, aspectos sociais, culturais e curriculares do sistema educacional de cada país também influenciam nos processos que caracterizam a aprendizagem de conteúdo da área da matemática. O Brasil, de acordo com dados do Programa de Avaliação Internacional de Estudantes - PISA de 2018, mesmo com uma melhora na pontuação em relação à edição anterior, aparece abaixo da média dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE. A média brasileira no letramento em matemática foi de 384 pontos, um aumento de 6 pontos em relação à edição anterior, mas a média dos demais países membros da organização foi de 489 pontos (BRASIL, 2019). A comparação dessas diferenças de pontuação entre países é, contudo, bastante limitada, conforme destaca estudo de Dorneles (2019). O Produto Interno Bruto (PIB) per capita do Brasil (US\$ 15,893) é inferior à metade do PIB médio dos demais países da OCDE (US\$ 39,333) e, em relação a países com altas pontuações como os europeus, o investimento em educação é muito menor. Outros fatores importantes a serem considerados no Brasil são as distintas realidades sociais e culturais, em meio a uma grande extensão territorial com uma estrutura descentralizada. Enquanto os países europeus desenvolvem estratégias para qualificar a educação, o Brasil apenas recentemente alcançou o objetivo de garantir o acesso universal das crianças de 7 a 14 anos à escola. Ainda assim, a pontuação brasileira em matemática apresentou a maior evolução entre os anos de 2000

e 2012, considerando os 65 países participantes. Esse aumento da pontuação, como enfatiza Dorneles (2019), aparece diretamente relacionado às políticas e estratégias desenvolvidas com foco em melhorias na educação: melhoria dos recursos de ensino, aumento do número de professores qualificados e consideração de resultados de testes avaliativos na tomada de decisões pedagógicas, na comparação dos resultados entre escolas e na avaliação de professores. Ainda existe uma lacuna entre as pesquisas recentes da área da educação e cognição numérica e o acesso dos professores em sala de aula a tais pesquisas (SIMPLÍCIO *et al.*, 2020). O perfil de melhora no desempenho, porém, não se manteve, tendo o país uma pequena queda entre 2012 e 2015, seguida de novo crescimento.

Conforme a legislação educacional brasileira, especificamente a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018), a transcodificação de numerais até 4 algarismos passa a ser objeto de conhecimento a partir do 3º ano do Ensino Fundamental (EF). No documento da BNCC, cada habilidade é identificada com caracteres específicos, como nos exemplos citados a seguir (EF03MA01 e EF04MA01). As duas primeiras letras mostram a etapa de ensino (EF), o primeiro par de números indica o ano, ou bloco de anos, a que ano se refere a habilidade (03), o segundo par de letras demonstra o componente curricular (MA) e o último par de números, o número sequencial da habilidade considerando as demais que compõem a área de conhecimento.

(EF03MA01) Ler, escrever e comparar números naturais de até a ordem de unidade de milhar, estabelecendo relações entre os registros numéricos e em língua materna. (BRASIL, 2018, p. 287)

(EF04MA01) Ler, escrever e ordenar números naturais até a ordem de dezenas de milhar. (BRASIL, 2018, p. 291)

O ato de transcodificar envolve duas distintas representações numéricas. Contudo, há três categorias essenciais de representação mental para a manipulação numérica no cérebro humano, conforme propuseram Dehaene e Cohen (1995) no Modelo de Código Triplo -*Triple-Code Model*. Esse modelo, que estabelece a existência de três códigos para a representação numérica mental, o código visual-arábico, o código auditivo verbal e o código de magnitude analógico, evidenciou a influência de processos verbais no processamento numérico. Os códigos visual-arábico e verbal implicam representações simbólicas, o primeiro envolve a utilização de dígitos (algarismos de 0 a 9), o segundo caracteriza-se por um léxico de palavras organizadas a partir de princípios para a representação numérica (exemplo vinte e três). O código de magnitude analógico envolve a criação de uma linha mental para representação das quantidades que os números exprimem.

Para estudo sobre a aquisição da habilidade de transcodificar numerais de uma forma de representação à outra é de suma importância delinear o sistema simbólico numérico em questão, visto que sistemas com características distintas implicam compreensões diferenciadas. De acordo com estudo realizado por Comrie (2005), em um panorama mundial, há maioria de sistemas numéricos decimais, ou seja, de base 10, assim como é o utilizado por falantes do português no Brasil. Exceções que se destacam são da Austrália e da Nova Guiné - sistemas que não utilizam base aritmética, e da Mesoamérica - maioria utilizando base 20. A base e o tipo de composição do sistema numérico simbólico sofre influência de características da língua falada. Entre alguns sistemas de base 10, por exemplo, é possível verificar variação no tipo de composição de acordo com a realidade linguística.¹ Existem sistemas numéricos nos quais há a inversão das dezenas e unidades quando o numeral é transcodificado do formato verbal para o árabe ou vice-versa, como é o caso na língua árabe, no neerlandês, no dinamarquês, no malgaxe, no maltês e em partes no tcheco e no norueguês.

Compreender o sistema numérico árabe de base 10 envolve conhecer seus 10 dígitos (de 0 até 9) e o princípio de valor posicional, determinando que, de acordo com a posição do dígito, ele tem um valor específico. Um aspecto central para um sistema de valor posicional é a relação entre as unidades decimais, ou seja, o entendimento de que 10 unidades compõem uma dezena, dez dezenas, uma centena, assim subsequentemente. Lerner, Sadovsky e Wolman, em 1996 já tinham investigado como as crianças se aproximam de tal conhecimento, a fim de desenvolver bases para a construção de uma proposta didática. Como fundamentos da prática de ensino do sistema de numeração decimal, as pesquisadoras elencaram operar, ordenar, produzir e interpretar escritas numéricas, além de compará-las buscando regularidades.

A compreensão do valor posicional, conforme modelo proposto por Herzog, Ehlert e Fritz (2017) que preenche lacunas de outros previamente existentes, ocorre de forma hierárquica, a partir de cinco níveis. Inicialmente, no nível pré-decádico, o sujeito é capaz de decompor um número (15 em 9 e 6, por exemplo), mas ainda não compreende que o valor do dígito varia conforme sua posição. Após, no nível I, o sujeito domina conceitos básicos de valor posicional como nomeação e localização dos dígitos, está apto a compor e descompor números nas partições canônicas e realizar adições até 1000 sem transporte - ainda não entende a relação entre as unidades decimais de agrupamento. Tal relação começa a ser compreendida no nível II, fase na qual o sujeito é capaz de construir representações não canônicas, limitadas unidades

¹ Alguns exemplos: O número 21, em português nomeado “vinte e um”, nas línguas com inversão é nomeado “um e vinte”: *einundzwanzig* (alemão), *jedenadvacet* (tcheco) e *eenentwintig* (neerlandês).

e dezenas com suportes visuais manipulativos. Passa a ser realizada, ainda, a realização da adição com transporte de algarismos em números de dois dígitos. No nível III, há a internalização da relação entre dezenas e unidades, o que possibilita ao sujeito a utilização de representações não canônicas sem um suporte visual - com o suporte, o sujeito consegue, inclusive, lidar com centenas e milhares. Adição e subtração com transporte até 1000 e sem transporte considerando qualquer intervalo numérico passa a ser realizada. O último nível, nível IV, é caracterizado pela compreensão do sujeito sobre agrupamento (ou “desagrupamento”) de unidades decimais, a utilização de partições não canônicas abstratas e a realização de adições e subtrações com transporte para números de qualquer intervalo (HERZOG; EHLERT; FRITZ, 2017; HERZOG; FRITZ, 2019). Aspecto central para a compreensão da representação simbólica e do valor posicional em um sistema numérico é o domínio da tradução de um numeral do formato verbal para o formato arábico (HERZOG; FRITZ, 2022).

1.1 TRANSCODIFICAÇÃO NUMÉRICA

A habilidade de tradução de uma representação numérica à outra, nomeada transcodificação numérica, é caracterizada como uma das mais básicas do processamento numérico (FREITAS; FERREIRA; HAASE, 2012). Erros de transcodificação indicam que a criança não domina a correspondência entre a representação verbal e a identificação da estrutura numérica de valor posicional e, portanto, podem atuar como preditores de dificuldades futuras em aritmética (MOELLER *et al.*, 2011).

1.1.1 Modelos cognitivos de transcodificação numérica

Os modelos cognitivos desenvolvidos nos últimos anos para análise das etapas que envolvem a transcodificação numérica caracterizam dois grupos distintos: modelos semânticos e asemânticos. Os dois grupos consideram a classificação de erros em lexicais e sintáticos (DELOCHE; SERON, 1982), mas se distinguem quanto às etapas do processo cognitivo de transcodificação numérica e à explicação dos erros. A principal diferença entre os dois tipos de modelos se refere à discussão sobre a atribuição de uma representação de magnitude durante o processo de transcodificação numérica.

Os modelos semânticos compreendem a necessidade de uma representação semântica para o número, o que envolve a compreensão da quantidade e magnitude que este representa. O modelo apresentado por McCloskey, Caramazza e Basili (1985) e McCloskey (1992) é o mais elaborado e propõe que a construção dos números exige a organização de uma

representação interna abstrata que é traduzida através de uma notação específica com regras que se mantém e remetem a um sistema de base 10. Outro modelo de destaque é o desenvolvido por Power e Dal Martello (1990). Esses autores, embasados em Power e Longuet-Higgings (1978), explicaram a necessidade da aplicação de regras de transformação para obtenção dos números arábicos a partir dos conceitos numéricos primitivos (números de 1 até 9, 10, 100, 1000 até 1000000) com representação semântica (de magnitude, quantidade). As referidas regras diferem em relações aditivas, a exemplo da transformação dos primitivos 100 e 2 no número 102, e relações multiplicativas, tal como a composição do número 300 pelo primitivo 100 multiplicado por 3.

Em contrapartida, entre os modelos asemânticos, se destaca o proposto por Deloche e Seron (1987), que compreende o processo de transcodificação independente da representação semântica de quantidade. Conforme os autores, quatro componentes de processamento funcional caracterizam a transcodificação: a análise, que consiste na identificação dos primitivos lexicais (as representações numéricas iniciais) através de busca em um léxico; a categorização dos primitivos, ou seja, identificação dos primitivos produzidos pelo processo anterior e dos parâmetros necessários para implementação das regras de transcodificação (classe à qual o primitivo pertence e posição deste) - percepção de que 12 ocupa a segunda posição na classe lexical das dezenas, por exemplo; a transcodificação (aplicação das regras); e, por fim, a produção dos números em dígitos. Assim, somente os primitivos lexicais são armazenados ao longo do tempo na memória de longo prazo e o modelo supõe que a transcrição dos números mais simples (com 1 ou 2 dígitos) requer o mesmo conhecimento que os mais complexos, não destacando o aspecto desenvolvimental da transcodificação. Esta atenção ao desenvolvimento aparece no modelo asemântico ADAPT — *A Developmental, Assemantic, and Procedural Model for Transcoding from Verbal to Arabic Numerals*, proposto por Barrouillet e colaboradores (2004) e que embasa a presente pesquisa. O ADAPT foi o primeiro modelo a reservar um espaço de destaque à memória de trabalho durante o processo de transcodificação de um numeral, o que segue sendo reafirmado por pesquisas mais recentes (ZUBER *et al.*, 2009; MOURA *et al.* 2013; LOPES-SILVA *et al.*, 2014, 2016). Por essa particularidade, foi escolhido para embasar a presente pesquisa.

Conforme postula o ADAPT, a transcodificação envolve um sistema de produção por meio de um processo de codificação da sequência verbal em uma forma fonológica e um processo de análise, segmentando esta sequência em unidades para processamento. Neste sistema de produção, primeiro ocorre a aquisição das regras elementares necessárias a números de até dois dígitos; segundo, a adição de novas regras para números maiores, com mais de dois

dígitos; e, por fim, o abandono do uso de regras e estratégias primitivas para recorrer às formas mais simples e frequentemente utilizadas diretamente da memória. Assim, o modelo organiza as regras (procedimentos) para a transcodificação, em dois grupos: o dos procedimentos básicos, regras simples para números até 99, e o dos avançados, para números até 999999, sendo que para escrever estes últimos o sujeito precisa conseguir realizar a recuperação direta dos números até 99 da memória de longo prazo.

Os procedimentos consistem na leitura do conteúdo que está na memória de trabalho - unidades verbais a serem analisadas, elementos recuperados da memória de longo prazo e/ou sequências de dígitos já construídas - e na inserção de novas representações, ou no preenchimento de representações que já existem. O número é fragmentado em primitivos lexicais, que se caracterizam por unidades, dezenas, ou separadores cem ou mil, para que seja possível a compreensão de quantos espaços precisarão ser ocupados pelos dígitos que compõem o número. Então, ocorre o resgate das unidades lexicais menores da memória de longo prazo e a produção de zeros para completar os espaços ainda vazios. Na leitura do numeral “dois mil e três”, por exemplo, é necessária a compreensão do separador mil para o processamento da quantidade de dígitos necessários para compor o número, que é fragmentado em unidades lexicais menores e estas são então resgatadas da memória de longo prazo, transformando este numeral em forma verbal na sequência de dígitos 2003. Deste modo, quanto maior o número (quanto mais dígitos este tiver), mais procedimentos são necessários para a transcodificação e, assim, mais complexo se torna esse processo (BARROUILLET *et al.*, 2004).

Uma questão a ser destacada nesse contexto é a multiplicidade de línguas e sistemas numéricos verbais e a possibilidade de generalização da aplicação do modelo. No caso do ADAPT, é possível a aplicação a diferentes línguas, mas as regras que compõem o modelo (desenvolvidas no francês) precisam ser adequadas, tendo em vista as diferenças estruturais que as envolvem. Um exemplo de adequação é a não consideração do procedimento de leitura da unidade lexical *dix*, que compõe o nome de alguns números no francês, a exemplo do 90 (*quatre-vingt-dix*). Apesar disso, esse modelo ainda apresenta vantagens em relação a modelos semânticos quanto ao detalhamento de questões referentes à aprendizagem e ao desenvolvimento. O ADAPT traz a consideração da complexidade sintática dos numerais, o que interfere no desempenho em transcodificação (BARROUILLET *et al.*, 2004; MOURA *et al.*, 2015).

Em meio a essas perspectivas, se destaca a análise dos erros de transcodificação numérica para a compreensão dos procedimentos que a envolvem, visto que padrões de erros diferenciados podem aparecer de acordo com a língua e o sistema numérico verbal em questão.

1.1.2 Erros de transcodificação numérica e suas particularidades

No estudo dos erros específicos de cada realidade linguística se impõe a necessidade de compreender como ocorre o processamento do numeral e como a transcodificação para o número arábico é efetuada (DELOCHE; SERON, 1982), o que é abordado a seguir.

A classificação de erros realizada por Deloche e Seron (1982) foi realizada a partir de dois grupos principais: lexicais e sintáticos. Tal classificação segue sendo utilizada e pesquisas a partir de adequação ao sistema numérico em questão e ao modelo cognitivo considerado para análise de transcodificação. Deloche e Seron (1982) avaliaram 32 pacientes afásicos² entre 18 e 75 anos (22 franceses e 10 belgas da região de Valônia) falantes do francês. Os testes aplicados pelos pesquisadores, com 100 itens de 1 a 6 dígitos, resultaram em 3200 transcrições e, destas, 887 incorretas (aproximadamente 28%). Entre as taxas de erro, se destacaram como fatores dificultadores o aumento da quantidade de palavras no nome do número e sua extensão em dígitos. Contudo, com o aumento da extensão, ocorreu a diminuição de erros pelo acréscimo de dígitos extras.

Os erros encontrados pelos autores foram divididos em: causados por dificuldades na identificação dos elementos lexicais, realizados em função de alexias (erros lexicais), e em resultantes de incompreensão dos mecanismos (estratégias) envolvidos durante a transcodificação (erros sintáticos). Os primeiros, 242 do total de 887 erros, foram classificados conforme ilustra o Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Erros lexicais conforme classificação de Deloche e Seron (1982)

Tipos de erros lexicais	Exemplos (francês)
Relacionado a uma paralexia visual, quando palavras com estruturas semelhantes são confundidas;	<i>cent</i> (100) = 5 (<i>cinq</i>)

(continua)

² Pacientes que apresentam afasia, ou seja, deterioração da função da linguagem falada e escrita adquirida (OMS, 1993).

(continuação)

Tipos de erros lexicais	Exemplos (francês)
Relativo a uma paralexia fonêmica, quando há confusão em relação à transcrição fonêmica, em função da correspondência sonora parecida;	<i>treize</i> (13) = 6 (<i>seize</i>)
Substituição de um dígito correto por outro;	<i>cinquante-huit</i> (58) = 59 (<i>cinquante-neuf</i>)
Engano na codificação da série dos elementos lexicais do número, enquanto a informação sobre a posição no número é preservada;	<i>seize</i> (16) = 6 (<i>six</i>)
Engano quanto à disposição dos itens lexicais no número, que é associada a outra disposição correta;	<i>cent sept</i> (107) = 700 (<i>sept cents</i>)
Não processamento de um dos elementos lexicais.	<i>huit mille trois</i> (8003) = 1003 (<i>mille trois</i>)

Fonte: elaborado pela autora a partir de Deloche e Seron (1982)

Os erros relacionados às estratégias utilizadas, quando os elementos do numeral foram corretamente decodificados e as dificuldades estiveram centradas nos mecanismos utilizados durante a transcodificação (203 do total de 887 erros), foram descritos pelos autores de acordo com a classificação disposta no Quadro 2.

Quadro 2 - Erros sintáticos conforme classificação de Deloche e Seron (1982)

Tipo de erros sintáticos	Exemplos (francês)
Produção de uma sequência de dígitos incorreta durante a concatenação do valor lexical dos elementos do numeral;	<i>mille neuf cents</i> (1900) = 10009100

(continua)

(continuação)

Tipo de erros sintáticos	Exemplos (francês)
Relacionado a uma correspondência termo a termo, na qual o sujeito acredita que um dígito corresponde a cada elemento do numeral;	<i>quatre cent cinquante-neuf</i> (459) = 4159 <i>quatre-vingt-un</i> (81) = 421 <i>seize</i> (16) = 6
Não apresentação do dígito que se refere a <i>mille</i> (1000), <i>cent</i> (100), <i>vingt</i> (20) e <i>dix</i> (10).	<i>cent-trente</i> (130) = 30 <i>huit mille trois</i> 8003 = 83 <i>quatre-vingt-dix-sept</i> (97) = 427

Fonte: elaborado pela autora a partir de Deloche e Seron (1982)

Ainda apareceram na pesquisa erros mistos, caracterizados pela aplicação parcial de um mecanismo incorreto na transcodificação ou pelo uso da combinação de diferentes tipos de mecanismos inadequados que operam nos elementos lexicais do numeral, por exemplo *cent cinquante-trois* (153) = 10053 (*dix mille cinquante-trois*) e *trois mille deux cent seize* (3216) = 312016 (*trois cent douze mille seize*). Diante da dificuldade de classificação de determinados erros, os autores se ampararam em outros erros recorrentes e em um exercício aplicado após o teste, que envolveu o questionamento sobre a origem dos dígitos escritos.

Em meio a essa classificação, a influência de aspectos linguísticos, a exemplo da diferença entre o sistema numérico verbal dos falantes do francês da região de Valônia na Bélgica e da França, ficou explícita. Conforme constataram Deloche e Seron (1982), a presença do nome de dezenas composto no numeral, como se caracteriza o sistema numérico verbal na França³, se destacou como um fator de dificuldade. Tal complexidade, de acordo com o modelo assemântico ADAPT (BARROUILLET *et al.* 2004), aparece em função da necessidade de uma regra adicional para o processamento do número.

Após avaliação de uma amostra de 410 estudantes franceses (166 de 2º ano e 244 de 3º, médias de idade de 7,7 e 8,6 anos respectivamente) em relação à escrita de números, os pesquisadores realizaram, durante a elaboração do modelo de transcodificação assemântico, a classificação dos erros. Essa classificação também foi realizada a partir de duas categorias principais: erros decorrentes de incompreensões lexicais ou sintáticas, conforme propuseram

³ Na França, o número 70, por exemplo, tem nome composto: *soixante-dix*. Na Bélgica, o mesmo número é representado verbalmente como *septante*.

Deloche e Seron (1982), porém a partir da afirmação de que não há uma necessidade de representação da quantidade que o numeral representa. Os erros sintáticos foram definidos como aqueles nos quais foram incluídos todos os dígitos diferentes de 0 durante a transcodificação, com adição ou omissão de um ou mais dígitos 0 - *cinq mille six cent sept* (5607) como 50607 ou *huit mille cinq cents* (8500) como 850, por exemplo. Foram também classificados como erros sintáticos os caracterizados pela omissão de um dígito diferente de 0 e substituição por outro, *neuf mille trois cent soixante-quatre* (9364) representado como 964, por exemplo. Os erros lexicais foram as transcrições com o número de dígitos correto e a resposta incorreta de um ou mais dígitos como *neuf mille trois cent soixante-quatre* (9364) transcodificado como 9354 (*neuf mille trois cent cinquante-quatre*), por exemplo.

A maioria dos erros observados por Barrouillet e colaboradores (2004) foi de cunho sintático (73% do total). Os alunos de 3º ano apresentaram menos erros no geral (56,17% do 2º ano diante de 9,20% do 3º) e menos erros lexicais, sendo que os mais frequentes foram erros sintáticos de adição de 0 após dígitos referentes a centenas e milhares (*trois cent quatre-vingt* (380) representado como 3080 e *sept mille cinq cent dix* (7510) como 70510). Entre os erros lexicais, os mais comuns foram *deux cent cinq* (205) representado como 215 (*deux cent quinze*) e *sept cent neuf* (709) como 719 (*sept cent dix-neuf*). As crianças do 2º ano foram as que apresentaram mais erros como estes últimos.

Ainda outras classificações foram realizadas por estudos mais recentes (ZUBER *et al.*, 2009; FREITAS; FERREIRA; HAASE, 2012; MOURA *et al.*, 2013), realizados com falantes da língua alemã e da língua portuguesa. Tais abordam competências cognitivas associadas ao desempenho em transcodificação numérica e, portanto, serão detalhados ao longo desta dissertação (seções 2 e 3). As subcategorias de erros foram desenvolvidas nesses estudos com base no que foi proposto por Deloche e Seron (1982) e Power e Dall Martelo (1990), autores que elaboraram os modelos semânticos e transcodificação citados anteriormente. Erros lexicais foram classificados em “erros com o 0” (90 como 91), “erros sem o 0” (24 como 25) e “erros de classe lexical” (90 como 19). Os erros sintáticos foram classificados em “erros de composição aditiva” (467 como 410067), “erros de composição multiplicativa” (467 como 40067), e “erros de composição incorreta”, inserção de zeros incorreta (314 como 3000001000400000). No estudo de Freitas, Ferreira e Haase (2012) destacou-se ainda uma categoria relacionada a particularidades linguísticas do português, erros referentes a semelhanças fonológicas (73 escrito como 76, por exemplo). Já no estudo de Zuber e colaboradores (2009), uma categoria associada à língua foi a dos erros causados por inversão das dezenas e unidades no alemão (182 escrito como 128, por exemplo).

A transcodificação numérica constitui-se, nesse contexto, como uma habilidade cujas dificuldades podem estar associadas a déficits em aspectos linguísticos. Possivelmente alguns dos erros descritos no francês não ocorram na avaliação de crianças falantes do português, em função das diferenças no sistema numérico verbal e na língua, por isso a importância de investigar realidades brasileiras. Essa importância é reafirmada, ainda, a partir da constatação de que problemas no desenvolvimento da habilidade de transcodificação podem influenciar o desempenho em aritmética (HABBERMANN *et al.*, 2020). Conforme já mencionado anteriormente, Simmons e Singleton (2008) e Lopes-Silva *et al.* (2015) justificam tal relação destacando que o processamento fonológico é um dos principais mecanismos subjacentes à aprendizagem da matemática, especialmente quando consideradas habilidades que envolvem a manutenção do código numérico verbal como a transcodificação.

1.2 COMPETÊNCIAS COGNITIVAS PRECURSORAS DO DESEMPENHO EM TRANSCODIFICAÇÃO NUMÉRICA

As competências cognitivas apontadas na literatura com relação ao desempenho em transcodificação numérica caracterizam-se por componentes da memória de trabalho e do processamento fonológico, especificamente a consciência fonêmica (ZUBER *et al.*, 2009; PIXNER *et al.*, 2011; MOURA *et al.*, 2013; LOPES-SILVA *et al.*, 2016). Essas competências, somadas à inteligência, são dimensões cognitivas relevantes para o desenvolvimento de habilidades básicas de leitura, escrita e matemática (ASHKENAZI *et al.*, 2013). A caracterização delas e o delineamento de como esta relação é constituída serão as temáticas abordadas nos tópicos a seguir.

1.2.1 Memória de trabalho

Um dos modelos de memória de trabalho mais utilizados atualmente na relação com tarefas matemáticas é o modelo de Baddeley e Hitch (1974) e, portanto, será base também para o presente estudo. O modelo caracteriza a memória de trabalho como um sistema de processamento e armazenamento limitado e temporário de informações. O referido sistema é constituído por três componentes: o executivo central, o componente fonológico e o componente visuoespacial, os dois últimos subjacentes ao primeiro, sendo adicionado por Baddeley, em 2000, um quarto componente, o buffer episódico.

1.2.1.1 O componente executivo central

Descrito como centro do modelo proposto por Baddeley e Hitch em 1974, o componente executivo central é detalhado como sistema de controle atencional de capacidade limitada responsável pelo processamento das tarefas cognitivas que exigem grande demanda. Este sistema relaciona-se com outros dois subsidiários já citados anteriormente, o componente fonológico e o componente visuoespacial.

Dificuldades referentes ao executivo central envolvem o comprometimento do processo de aprendizagem, em relação à integração da informação que está sendo codificada com o conhecimento armazenado na memória semântica (CORSO; DORNELES, 2012), o que se relaciona com as afirmações de Andersson e Lyxell (2007) sobre aportes teóricos que embasam a memória de trabalho. Esses autores elencam quatro funções principais ao executivo central: coordenação do desempenho em duas operações ou tarefas diferentes, como o processamento e armazenamento simultâneo de informações; alternância entre tarefas, estratégias de recuperação ou operações; inibição de informações irrelevantes e foco no que é relevante; e ativação e recuperação de informações da memória de longo prazo.

Diante disso, fica evidente a influência desse componente e da memória de trabalho como um todo no desempenho em matemática, que, conforme Passolunghi, Vercelloni e Schadee (2007), é significativa quando avaliadas crianças jovens. Tal constatação foi realizada a partir de um estudo longitudinal com avaliação de uma amostra de 170 crianças no início e no fim do 1º ano do EF (média de idade de 6 anos e 4 meses), cujo objetivo foi identificar os precursores da aprendizagem da matemática na escola primária. As crianças foram avaliadas em relação à inteligência, à memória de trabalho e a habilidades linguísticas e numéricas básicas (habilidades fonológicas, leitura e escrita de números, comparação de magnitudes simbólicas e não simbólicas, e contagem), e desempenho em lógica, aritmética e geometria. A memória de trabalho e a capacidade de contagem foram destacadas como as mais associadas à aprendizagem inicial da matemática e foi enfatizado, ainda, que os componentes da memória de trabalho se relacionam diferentemente com a aprendizagem da matemática. O executivo central, por compreender o armazenamento e processamento da informação, tem mais impacto na avaliação da aprendizagem matemática inicial (PASSOLUNGHI, VERCELLONI E SCHADEE, 2007).

1.2.1.2 O componente fonológico

O componente fonológico, também nomeado como alça fonológica (*phonological loop*), dependente do executivo central, é responsável pela retenção de informações fonológicas

por segundos antes que desapareçam ou sejam atualizadas pela alça articulatória (articulatory loop). Esta última é um subcomponente que tem como função retomar os itens, recuperando-os sucessivamente da alça fonológica e reciclando-os por meio da articulação (BADDELEY; HITCH, 1974).

As dificuldades que envolvem o componente fonológico estão ligadas à representação de informações, à manutenção de informações verbalmente codificadas, como na articulação de palavras-número (CORSO; DORNELES, 2012). Um estudo de Hecht e colaboradores (2001) apontou esse componente como precursor do desempenho em matemática de crianças do 2º e do 3º ano do EF (com médias de idade de 7,7 e 8,7 anos, respectivamente), enquanto o mesmo não foi verificado nas crianças de 4º e 5º ano (com médias de idade de 10,2 e 11,2 anos) também avaliadas. Assim, mais uma vez, a importante influência da memória de trabalho no desempenho em matemática inicial fica explícita.

1.2.1.3 O componente visuoespacial

O componente visuoespacial (*visuo-spatial sketchpad*) é, de acordo com Baddeley e Hitch (1974), um sistema relacionado ao conhecimento visual e espacial do mundo, responsável pelo armazenamento da informação visuoespacial por breves períodos. O referido componente tem um papel chave na produção e manutenção da imagem mental e, sendo assim, dificuldades na matemática podem resultar de sistemas visuoespaciais comprometidos (CORSO; DORNELES, 2012).

A influência do componente visuoespacial também é mais significativa em pesquisas com crianças jovens, assim como já destacado anteriormente em relação à memória de trabalho e o desempenho em matemática. McKenzie, Bull e Gray (2003) realizaram tal constatação a partir de uma amostra de 52 crianças de seis a nove anos avaliada através de tarefas de inteligência, aritmética simples, testes de memória de trabalho e tarefas fonológicas e de contagem. As crianças mais jovens (de seis a sete anos) utilizaram estratégias visuoespaciais com maior frequência, enquanto as mais velhas (de oito a nove anos) apoiaram-se em estratégias verbais com mais frequência.

Além da idade, o tipo de tarefa também interfere de forma considerável nesse contexto, ou seja, dependendo da tarefa, o desempenho de estudantes mais velhos também pode ter relação com habilidades visuoespaciais, o que foi evidenciado por Reuhkala (2001). O pesquisador avaliou a memória de trabalho visuoespacial e o desempenho em relação a habilidades matemáticas e à manipulação mental de figuras tridimensionais em uma amostra de

62 estudantes do 9º ano do EF (idades entre 15 e 16 anos). O objetivo foi investigar a relação entre a habilidade visuoespacial e as habilidades matemáticas, sobretudo a capacidade de manipular mentalmente (rotacionar) objetos tridimensionais. Ele verificou correlação significativa entre a memória de trabalho visuoespacial e a tarefa de manipulação mental de figuras tridimensionais.

Há ainda um quarto componente, o buffer episódico, adicionado ao modelo de memória de trabalho posteriormente (BADDELEY, 2000). Este é caracterizado como um sistema de armazenamento temporário, de capacidade limitada, com um código multidimensional. Este componente é capaz de criar representações integradas a partir de informações da percepção, dos subsistemas da memória de trabalho e da memória de longo prazo, ou seja, funciona como uma interface entre os sistemas (BADDELEY, 2000). O autor descreveu que o buffer pode ser acessado pelo executivo central (é dependente do controle do executivo central), que pode influenciar o conteúdo armazenado atendendo a uma fonte de informação perceptiva, dos outros componentes da memória de trabalho ou da memória de longo prazo. Baddeley destacou, assim, que esse componente possibilita a criação de novas representações cognitivas, facilitando a resolução de problemas. Contudo, em função do estudo sobre o buffer episódico ainda ser limitado e carecer de instrumentos adequados para sua avaliação, este não será avaliado na presente pesquisa. O foco será nos três componentes do modelo de Baddeley e Hitch (1974).

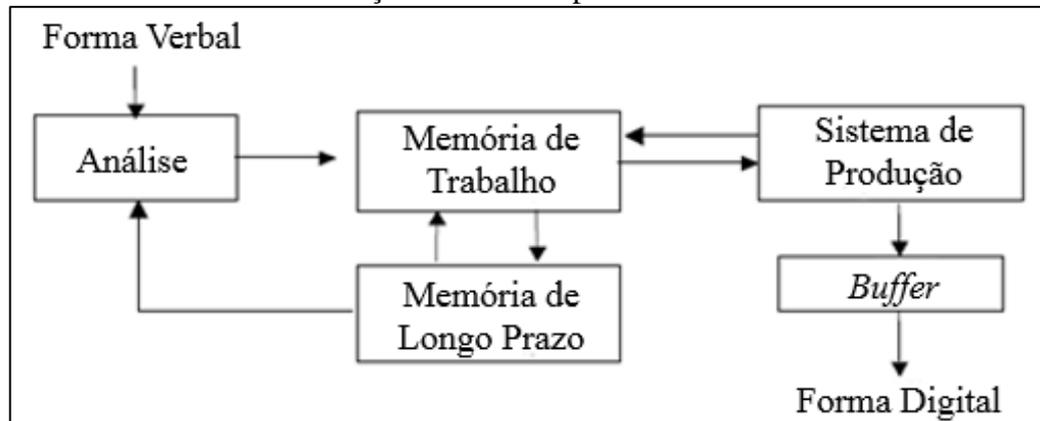
1.2.1.4 A memória de trabalho na relação com o desempenho em transcodificação numérica

Os elementos que envolvem o processamento do numeral durante a transcodificação são armazenados na memória de trabalho até que sejam processados, conforme postula o ADAPT (BARROUILLET et al., 2004) — modelo cognitivo que norteia as análises propostas neste projeto. O armazenamento das informações na memória de trabalho é caracterizado por três classes de representações: os elementos fornecidos pela situação em questão, o conhecimento recuperado da memória de longo prazo e as representações inseridas pelos procedimentos realizados (ANDERSON, 1993).

Nessa perspectiva, com base no ADAPT, Camos (2008) apresentou uma representação esquemática do papel da memória de trabalho no processo de transcodificação (Figura 1). Após a codificação da entrada verbal (da representação numérica verbal), o numeral passa por um sistema de análise da sequência verbal desde o início do sinal auditivo até o fim. Os elementos

que são emitidos nesta análise são enviados sequencialmente para a memória de trabalho, onde são temporariamente armazenados antes de serem processados (CAMOS, 2008).

Figura 1 – Representação esquemática do papel da memória de trabalho na transcodificação numérica a partir do ADAPT



Fonte: Traduzido de Camos (2008)

Assim, o estudo de Camos (2008) destacou a memória de trabalho como um importante fator de restrição para explicar erros de transcodificação. A amostra considerada na pesquisa foi composta por 71 crianças do 2º ano do EF (média de idade de 7 anos e 11 meses), sendo eliminadas 4 em função de não terem participado de todos os momentos de avaliação. As crianças foram avaliadas através de tarefas de memória de trabalho e de transcodificação numérica (escrita de numerais ditados). Após a avaliação, a pesquisadora enfatizou que a influência da memória de trabalho está mais relacionada aos aspectos procedurais da transcodificação, que exigem maior demanda e, com isso, quando esta habilidade depende de processos mais automatizados, da recuperação direta da informação da memória de longo prazo, a memória de trabalho pode afetar menos o desempenho — o que foi verificado também nos outros estudos anteriormente citados (HECHT *et al.*, 2001; MCKENZIE; BULL; GRAY, 2003; PASSOLUNGI, VERCELLONI E SCHADEE, 2007).

Os aspectos procedurais que envolvem o processo de transcodificação podem se diferenciar de acordo com a língua e o sistema numérico verbal (KRINZINGER *et al.*, 2011). Assim, a demanda da memória de trabalho também pode ser diferenciada (IMBO *et al.*, 2014) e pressupõe-se que diferentes recursos do processamento fonológico possam ser importantes.

1.2.2 Processamento fonológico

O processamento fonológico se refere ao uso da informação fonológica, ou seja, dos sons da linguagem tanto na escrita quando na linguagem oral (WAGNER; TORGESEN, 1987). Este processo envolve a consciência fonológica, a recodificação da informação fonológica em acesso lexical e a manutenção da informação na memória de trabalho verbal por meio do componente fonológico, a qual já foi caracterizado no tópico anterior.

Em função de o foco do presente trabalho estar voltado especialmente à avaliação da consciência fonêmica, um dos níveis da consciência fonológica, delineamentos a respeito dessa habilidade serão prioridade na abordagem teórica sobre o processamento fonológico.

A consciência fonológica compreende a capacidade de reconhecer que as palavras são formadas por diferentes sons e refletir sobre eles, manipulá-los. Caracteriza-se pela habilidade de operar com fonemas, sílabas, rimas e aliterações (MOOJEN et al., 2003). A consciência fonológica apresenta-se em três níveis: da sílaba, das unidades intrassilábicas e dos fonemas, conforme destacou Freitas (2004). A consciência fonêmica é, portanto, o terceiro nível de desenvolvimento da consciência fonológica e, conforme já apontou Freitas (2004), exige um amplo desenvolvimento fonológico, tendo em vista que é a habilidade de dividir as palavras as palavras nas menores unidades de som (fonemas), que exigem alto nível de abstração. Os demais níveis envolvem a divisão das palavras em sílabas (nível 1) e a divisão das palavras nas unidades intrassilábicas Onset (aliteração) e Rima (nível 2).

A consciência fonológica, habilidade fundamental para a aprendizagem da leitura (FLETCHER *et al.*, 2009), tem sido considerada nos estudos de destaque na área da matemática: Hecht et al. (2001), em estudo já detalhado anteriormente, a avaliou a partir de tarefas de supressão, segmentação e categorização de fonemas. Simmons, Singleton e Horne (2008) avaliaram a consciência fonológica a partir de rimas. Isto, a partir de uma amostra de 42 crianças com média de idade de 5 anos e 3 meses, no início da pesquisa, e média de 6 anos e 2 meses no final, com o objetivo de verificar relações entre estas habilidades. Ambos estudos concluíram que tal habilidade é precursora do desempenho na matemática de crianças em idade escolar.

1.2.2.1 O papel do processamento fonológico na transcodificação numérica

De acordo com o ADAPT, o papel do processamento fonológico aparece com ênfase antes da aprendizagem sistemática da transcodificação, caracterizando-se como o primeiro passo para tal. Isto, porque é no processo de análise dos resultados da língua falada que a

sequência verbal é segmentada em unidades e, então, estas podem ser processadas pelo sistema, classificadas de acordo com o valor posicional recuperado da memória de longo prazo (BARROUILLET *et al.*, 2004). Assim, é evidenciado que o desempenho em relação à matemática que envolve representações verbais está amparado no processamento fonológico, como destacado na revisão de literatura de Simmons e Singleton (2008).

A comorbidade entre dislexia e discalculia aparece como questão de destaque nesse contexto. De Clercq-Quaegebeur e colaboradores (2017), com o objetivo de verificar se há aparecimento de déficits no desempenho matemático em crianças com dislexia, avaliaram 47 crianças do 3º ao 5º ano (entre 8 anos e 11 anos e 6 meses) com o transtorno. Os autores utilizaram a Batterie pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant, versão francesa da Bateria de Testes Neuropsicológicos para Processamento Numérico e Cálculo em Crianças, desenvolvida inicialmente na Alemanha e nomeada Neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern (ZAREKI-R). Apenas nos subtestes de escrita de numerais arábicos e leitura de numerais arábicos as crianças apresentaram uma pontuação considerável abaixo da média do teste (score Z menor do que -1). Esse resultado deixou explícito que déficits no processamento fonológico afetam o desempenho em matemática especialmente quando consideradas propostas que exigem a manipulação de informações verbais – o que faz sua investigação uma iniciativa de suma importância no contexto de pesquisa sobre educação matemática. A seguir, as hipóteses e objetivos que norteiam a presente investigação;

1.3 OBJETIVOS E HIPÓTESES

O objetivo geral da presente pesquisa é investigar os preditores da habilidade de transcodificação numérica, a partir da análise da literatura já existente sobre a temática e da avaliação do desempenho de estudantes de 3º e de 4º ano do EF em relação a tal habilidade, à memória de trabalho e à consciência fonêmica.

Para contemplar o referido objetivo geral, foram delineados os seguintes objetivos, um para cada estudo:

a) Realizar uma revisão da literatura brasileira sobre a transcodificação, verificando seus enfoques e delineando diferenças em relação a referenciais teóricos internacionais

b) Investigar quais habilidades, considerando memória de trabalho e consciência fonêmica, são preditoras da habilidade de transcodificação numérica;

c) Analisar o desempenho dos estudantes de 3º e 4º ano na transcodificação numérica, a partir da classificação de erros de escrita de números, a fim de investigar competências cognitivas e outros aspectos associados aos distintos tipos de erros, como ano escolar e desempenho matemático

Diante de tais objetivos, foram delineadas as seguintes hipóteses:

a) Erros de escrita de números e habilidades cognitivas associadas à transcodificação em realidades de pesquisa brasileiras não são os mesmos encontrados em pesquisas realizadas em outras realidades. Sistemas numéricos verbais caracterizados pela inversão das dezenas e unidades no momento da transcodificação, por exemplo, geram uma demanda maior à memória de trabalho (ZUBER *et al.*, 2009; PIXNER *et al.*, 2011; IMBO *et al.*, 2014).

b) Tanto a memória de trabalho quanto a consciência fonêmica são preditoras, influenciam o desempenho em transcodificação de crianças falantes do português, conforme explicitado previamente por MOURA e colaboradores (2013) e LOPES-SILVA e colaboradores (2014, 2016) em outros contextos de pesquisa.

c) Habilidades cognitivas distintas aparecem associadas a diferentes erros de escrita de números (MOURA *et al.*, 2013); habilidades referentes ao processamento fonológico apresentam associação com erros lexicais, e a memória de trabalho, especificamente o executivo central, está associado a erros sintáticos.

1.4 MÉTODO

A pesquisa proposta neste projeto envolve dados teóricos e empíricos, tem caráter transversal e é caracterizada por análises quantitativas e qualitativas. De modo a atingir os objetivos da pesquisa, foram realizados dois estudos empíricos e um teórico.

O estudo teórico foi caracterizado por dados coletados nas plataformas Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), Portal de Periódicos CAPES, Portal de Periódicos Eletrônicos em Psicologia (PePSIC) e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e no site do Laboratório de Neuropsicologia do Desenvolvimento da Universidade Federal de Minas Gerais (LND-UFMG). Já os estudos empíricos realizados posteriormente foram desenvolvidos a partir de uma amostra de 127 estudantes de escolas municipais de Porto Alegre - RS, 55 frequentam o 3º ano do Ensino Fundamental (EF) e 72 o 4º ano, com idades entre 8 e 11 anos e quociente de inteligência (QI) preservado. A coleta de dados foi realizada no primeiro trimestre letivo do ano de 2018. A escolha por estudantes de 3º e de 4º ano do EF foi realizada

pela percepção de uma grande quantidade de erros de transcodificação nessa faixa etária, sendo que espera-se que nessa etapa da escolarização tal habilidade já esteja desenvolvida (MOURA *et al.*, 2015). A intenção inicial era ampliação dos dados a partir de coleta a ser realizada com estudante mais jovens, do 2º ano do Ensino Fundamental, porém em função do contexto de pandemia de Covid-19, não foi possível. O método de cada estudo está detalhado nas seções seguintes.

Estes estudos estão inseridos no projeto de pesquisa maior denominado “Precusores do Desempenho Matemático nas Séries Iniciais”, coordenado pela Professora Doutora Beatriz Vargas Dorneles. Este foi incluído na Plataforma Brasil e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) sob o número 82570618.9.0000.5347. A pesquisa, que busca identificar precusores do desempenho matemático em realidades brasileiras, envolve um contexto de coleta amplo que abrange escolas de diferentes regiões (Sul e Nordeste).

Para realização da coleta dos dados que compõem os estudos desta dissertação, que foram bases também para outros estudos do grupo de pesquisa, foi solicitada autorização da Secretaria Municipal de Educação de Porto Alegre – RS (Anexo A). Em seguida, foi requisitada a participação das escolas e das professoras a partir de termos de autorização e consentimento (Anexos B e C, respectivamente). Ainda, foi entregue aos pais/responsáveis o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (Anexo D) e aos alunos o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (Anexo E).

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. R. **The rules of the mind**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1993.

ANDERSSON, U.; LYXELL, B. Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit? **Journal of Experimental Child Psychology**, San Diego, v. 96, n. 3, p. 197 - 228, Mar. 2007.

ASHKENAZI S.; BLACK, J. M.; ABRAMS, D. A.; HOEFT, F.; MENON, V. Neurobiological underpinnings of math and reading learning disabilities. **Journal of Learning Disabilities**, v. 46, p. 549–569, 2013.

BADDELEY, A. The episodic buffer: a new component of working memory? **Trends in Cognitive Science**, v. 4, p. 417- 423, 2000.

BADDELEY, A. D.; HITCH, G. J. Working Memory. *In.*: G. H. BOWER. (Ed.). **The psychology of learning and motivation**. London: Academic Press, 1974. p. 47-91.

BARROUILLET, P.; CAMOS, V.; PERRUCHET, P.; SERON, X. ADAPT: A developmental, asemantic, and procedural model for transcoding from verbal to Arabic numerals. **Psychological Review**, v. 111, p. 368–394, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CAMOS, V. Low working memory capacity impedes both efficiency and learning of number transcoding in children. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 99, p. 37–57, 2008.

COMRIE, B. Endangered numeral systems. In: WOHLGEMUTH, J.; DIRKSMEYER, T. (Org.), **Bedrohte Vielfalt: Aspektedes Sprach(en) tods** [End na gereddi versity: Aspects of language death]. Berlin: Weißens e Verlag, 2005. p. 210-234.

CORSO, L. V.; DORNELES, B. V. Qual o papel que a memória de trabalho exerce na aprendizagem da matemática? **Bolema**, Rio Claro, v. 26, n. 42b, p. 627-648, abr. 2012.

DE CLERCQ-QUAEGEBEUR, M; CASALIS, S.; VILETTE, B.; LEMAITRE, M-P.; Vallée, L. Arithmetic Abilities in Children With Developmental Dyslexia: Performance on French ZAREKI-R Test. **Journal of Learning Disabilities**, v. 51, n. 3, p. 1–15, Jan. 2017.

DELOCHE, G.; SERON, X. From one to 1: An analysis of transcoding process by means of neuropsychological data. **Cognition**, v. 12, 119-149, 1982.

DELOCHE, G.; SERON, X. Numerical transcoding: A general production model. In G. DELOCHE, G.; SERON, X. (Org.), **Mathematical disabilities: A cognitive neuropsychological perspective**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1987. p 137-179.

DEHAENE, S.; COHEN, L. Towards an anatomical and functional model of number processing. **Mathematical Cognition**, v. 1, 83–120, 1995.

DORNELES, B. V. Mathematical Learning and Its Difficulties in Latin-American Countries. *In.*: FRITZ, A.; HAASE, V. G.; RÄSÄNEN P. (Orgs.). **International Handbook of Mathematical Learning Difficulties: From the Laboratory to the Classroom**. Springer International Publishing AG, 2019. P. 201-212.

DOWKER, A.; NUERK, H-C. Editorial: Linguistic Influences on Mathematics. Linguistic Influences on Mathematical Cognition. **Frontiers in Psychology**, v. 7, July, 2017.

FLETCHER, J. M.; LYONS, G. R.; FUCHS, L. S.; BARNES, M. A. **Transtornos de Aprendizagem: da identificação à intervenção**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FREITAS, G. Sobre a Consciência Fonológica. In: LAMPRECHT, R. (Org.). **Aquisição Fonológica do Português: perfil de desenvolvimento e subsídios para a terapia**. Porto Alegre: Artmed, 2004. P 179-192.

FREITAS, N.; FERREIRA, F. O.; HAASE, V. G. Aspectos linguísticos envolvidos na habilidade de transcodificar entre diferentes representações. **Ciências & Cognição**, v. 17, n. 1, p. 2-15 2012.

GÖBEL, S. M.; MOELLER, K.; PIXNER, S.; KAUFMANN, L.; NUERK, H-C. Language affects symbolic arithmetic in children: The case of number word inversion. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 119, p. 17-25, 2014.

HABERMANN, S.; DONLAN, C.; GÖBEL, S. M.; HULME, C. The critical role of Arabic numeral knowledge as a longitudinal predictor of arithmetic development. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 193, p. 1-15, 2020.

HECHT, S.; TORGESEN, J. K.; WAGNER, R. K.; RASHOTTE, C. A. The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: a longitudinal study from second to fifth grades. **Journal of Experimental Child Psychology**, San Diego, v. 79, n. 2, p. 192 - 227, June. 2001.

HERZOG, M.; FRITZ, A. Place Value Understanding Explains Individual Differences in Writing Numbers in Second and Third Graders But Goes Beyond. **Frontiers in Psychology**, v. 6, p.1-14, 2022.

HERZOG, M.; FRITZ, A. “Validation of a Developmental Model of Place Value Concepts”. **Proceedings of the 43rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education**. Pretoria, South Africa: PME, v 2, 352–359, 2019

HERZOG, M.; EHLERT, A.; FRITZ, A. A Competency Model of Place Value Understanding in South African Primary School Pupils. **African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education**. v. 21, p. 37-48, 2017.

IMBO, I.; VANDEN BULCKE, C.; DE BRAUWER, J.; FIAS, W. Sixty-four or four-and-sixty? The influence of language and working memory on children’s number transcoding. Numerical Development — from cognitive functions to neural underpinnings. **Frontiers in Psychology**, v. 5, n. 313, p. 1-10, April, 2014.

KRINZINGER, H.; GREGOIRE, J.; DESOETE, A.; KAUFMANN, L.; NUERK, H.-C.; WILLMES, K. Differential language effects on numerical skills in second grade. **Journal of Cross-Cultural Psychology**, v. 42, p. 614–629, 2011.

LOPES-SILVA, J. B.; MOURA, R J. de.; JÚLIO-COSTA, A.; HAASE, V. G.; WOOD, G. Phonemic awareness as a pathway to number transcoding. **Frontiers in Psychology**. v. 5, n.13, 2014.

LOPES-SILVA, J. B.; MOURA, R. J. de; JÚLIO-COSTA, A.; WOOD, G. SALLES, J. F.; HAASE, V. G. What Is Specif and What Is Shared Between Numbers and Words? **Frontiers in Psychology**, v. 7, n. 22, 2016.

LOPES-SILVA, J. B.; MOURA, R. J. de; WOOD, G., HAASE, V. G. Processamento Fonológico e Desempenho em Aritmética: Uma Revisão da Relevância para as Dificuldades de Aprendizagem. **Temas em Psicologia**, v. 23, n. 1, 157-173, 2015.

McKENZIE, B.; BULL, R.; GRAY, C. The effects of phonological and visual-spatial interference on children's arithmetical performance. **Educational and Child Psychology, Leicester**, v. 20, n. 3, p. 93-108, 2003.

MCCLOSKEY, M. Cognitive mechanisms in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia. **Cognition**, v. 44, p. 107–157, 1992.

MCCLOSKEY, M., CARAMAZZA, A., & BASILI, A. Cognitive mechanisms in number-processing and calculation: Evidence from dyscalculia. **Brain and Cognition**, v. 4, p. 171–196, 1985.

MOELLER, K.; PIXNER, S.; ZUBER, J.; KAUFMANN, L.; NUERK, H. C. Early place-value understanding as a precursor for later arithmetic performance: A longitudinal study on numerical development. **Research in Developmental Disabilities**, v. 32, p. 1837–1851, 2011.

MOOJEN, S.; LAMPRECHT R.; SANTOS, R. M.; FREITAS, G. R.; BRODACZ, R.; SIQUEIRA, M.; COSTA, A. C.; GUARDA, E. **CONFIAS – Consciência Fonológica: instrumento de avaliação sequencial**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2003.

MOURA, R J.; LOPES-SILVA, J. B.; VIEIRA, L. R.; PAIVA, G. M., PRADO, A. C. DE A.; WOOD, G.; HAASE, V. G. From “Five” to 5 for 5 minutes: Arabic number transcoding as a short, specific, and sensitive screening tool for mathematics learning difficulties. **Archives of Clinical Neuropsychology** v. 30, p. 88–98, 2015.

MOURA, R J. de.; WOOD, G.; PINHEIRO-CHAGAS, P.; LONNEMANN, J.; KRINZINGER, H.; WILLMES, K.; HAASE, V. G. Transcoding abilities in typical and atypical mathematics achievers: the role of working memory, procedural and lexical competencies. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 116, p. 707–727, 2013.

NOGUES, C. P.; JARDIM, F. dos S.; LIMA, E. M.; DORNELES, B. V. Habilidades Cognitivas Predictoras do Desempenho Aritmético de Crianças de 3º e 4º anos. **SciELO Preprints**, 2021.

LERNER, D.; SADOVSKY, P. O Sistema de numeração: um problema didático. *In.*: PARRA, C. SAIZ, I (Orgs.). **Didática da Matemática: Reflexões Psicopedagógicas**. Porto Alegre: Artmed, 1996.

PASSOLUNGI, M. C.; VERCELLONI, B.; SCHADEE, H. The precursors of mathematics learning: working memory, phonological ability and numerical competence. **Cognitive Development**, Chicago, v. 22, n. 2, p. 165-189, Jun., 2007.

PIXNER, S.; ZUBER, J.; HERMANOVÁ, V.; KAUFMANN, L.; NUERK, H.-C.; MOELLER, K. One language, two number-word systems and many problems: numerical cognition in the Czech language. **Research on Developmental Disabilities**, v. 32, p. 2683-2689, Nov.-Dec., 2011.

POWER, R. J. D.; DAL MARTELLO, M. F. The dictation of Italian numerals. **Language and Cognitive Processes**, v. 5, p. 237–254, 1990.

POWER, R. J. D.; LONGUET-HIGGINS, H. C. Learning to count: A computational model of language acquisition. **Proceedings of the Royal Society of London**, v. 200, p. 391-417, 1978.

REUHKALA, M. Mathematical skills in ninth-graders: relationship with visuo-spatial abilities and working memory. **Educational Psychology**, Dorchester on Thames, v. 21, n. 4, p. 387-399, Dec. 2001.

SIMMONS, F. R.; SINGLETON, C. Do weak phonological representations impact on arithmetic development? A review of research into arithmetic and dyslexia. **Dyslexia**, v. 14, n. 2, p. 77-94, 2008.

SIMMONS, F.; SINGLETON, C.; HORNE, J. Phonological awareness and visual-spatial sketchpad functioning predict early arithmetic attainment: Evidence from a longitudinal study. **European Journal of Cognitive Psychology**, v. 20, p. 711-722, 2008.

SIMPLICIO, H.; GASTEIGER, H.; DORNELES, B. V.; GRIMES, K. R.; HAASE, V. G.; RUIZ, C.; LIEDTKE, F. V.; MOELLER, K. Cognitive Research and Mathematics Education—How Can Basic Research Reach the Classroom? **Frontiers in Psychology**, v. 11, n. 773, p. 1-5, 2020.

WAGNER, R. K.; TORGESEN, J. K. The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. **Psychological Bulletin**, v. 101, n. 2, p. 192-212, 1987.

ZUBER, J.; PIXNER, S.; MOELLER, K.; NUERK, H.-C. On the language specificity of basic number processing: transcoding in a language with inversion and its relation to working memory capacity. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 102, p. 60-77, 2009.

2 ESTUDOS SOBRE TRANSCODIFICAÇÃO NUMÉRICA NO BRASIL: REVISÃO DE LITERATURA⁴

Resumo

A presente revisão de literatura teve como objetivo delinear o contexto de pesquisas brasileiras já existentes sobre a transcodificação numérica – habilidade de tradução de uma representação numérica à outra – verificando seus enfoques e diferenças em relação a pesquisas internacionais. Foi realizada uma revisão assistemática e integrativa da literatura nacional sobre a transcodificação com busca a partir das palavras-chave “transcodificação” e “numérica” para artigos publicados até 19 de janeiro de 2021, utilizando como bases de busca as seguintes plataformas: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), Portal de Periódicos CAPES, Portal de Periódicos Eletrônicos em Psicologia (PePSIC), Scientific Electronic Library Online (SciELO). Ainda, foi realizada uma busca manual no site Laboratório de Neuropsicologia do Desenvolvimento da Universidade Federal de Minas Gerais (LND-UFGM). A revisão culminou na seleção de 18 artigos publicados entre 2010 e 2020, dentre os 28 encontrados – foram excluídos aqueles que não apresentaram evidências de interferência da transcodificação numérica nos principais resultados descritos no resumo. Os resultados explicitam a prevalência de pesquisas com estudantes dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental (EF) e com foco no estudo de competências cognitivas que subjazem ao desempenho em transcodificação numérica (n=12), semelhantes com pesquisas internacionais. São descritas evidências da interferência de habilidades linguísticas e da memória de trabalho na transcodificação numérica, além da ênfase da avaliação dessa habilidade na identificação de dificuldades de aprendizagem na matemática.

Palavras-chave: Transcodificação numérica. Representação numérica. Habilidades matemáticas básicas.

Abstract

The aim of this literature review was to outline the Brazilian research context in numerical transcoding - the ability to translate from one numerical representation to another - verifying its approaches and differences in comparison to international research. An integrative review of the national literature on transcoding was carried out using the keywords *transcodificação* and *numérica* for articles published until January 19, 2021, using as search bases the following platforms: *Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações* (BDTD), *Portal de Periódicos CAPES*, *Portal de Periódicos Eletrônicos em Psicologia* (PePSIC), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). In addition, a manual search was conducted on the website *Laboratório de Neuropsicologia do Desenvolvimento da Universidade Federal de Minas Gerais* (LND-UFGM). The review culminated in the selection of 18 articles published between 2010 and 2020, among the 28 found – those that did not present evidence of numerical transcoding interference in the main results described in the abstract were excluded. The results show the prevalence of research with students in the early years of Elementary School and focus on the investigation of cognitive skills that underlie the performance in numerical transcoding (n=12), similarly to international research. Findings described in the studies indicate an interference of language skills and working memory in number transcoding and the assessing of this ability as a way to identify mathematical difficulties.

Key-words: Number transcoding. Numerical representation. Basic mathematical skills.

⁴Artigo aceito pela Revista de Psicopedagogia, em processo de atender aos ajustes propostos para publicação.

2.1 INTRODUÇÃO

A transcodificação numérica, ou seja, a habilidade de tradução de uma representação numérica à outra, da representação verbal para a arábica ou vice-versa, tem sido apontada na literatura como uma das principais habilidades precursoras do desempenho em aritmética (MOELLER *et al.*, 2011; HABBERMANN *et al.*, 2020; NOGUES *et al.*, 2021; NOGUES; DORNELES, 2021). Estudos sobre a transcodificação numérica não são amplamente realizados no Brasil, contudo já existe uma série de estudos europeus, descritos a seguir, que explicitam, além da influência de competências cognitivas, a interferência de aspectos linguísticos e culturais no desenvolvimento da referida habilidade.

Modelos cognitivos desenvolvidos nos últimos anos para análise dos processos que envolvem a transcodificação numérica caracterizam dois grupos distintos: modelos semânticos e assemânticos. Os dois grupos consideram a classificação de erros de transcodificação em lexicais e sintáticos, como proposto por Deloche e Seron em 1982, mas se distinguem quanto às etapas do processamento cognitivo da transcodificação numérica e à explicação dos erros. A principal diferença entre eles se refere à atribuição da representação da quantidade que o numeral representa durante o processo de transcodificação. Os modelos semânticos (MCCLOSKEY; CARAMAZZA; BASILI, 1985; MCCLOSKEY, 1992; POWER; DAL MARTELLO, 1990) compreendem a necessidade de uma representação que envolve a compreensão da quantidade e magnitude que o numeral simboliza, enquanto os modelos assemânticos caracterizam a transcodificação como um processo independente da compreensão da magnitude do numeral (DELOCHE; SERON, 1987; BARROUILLET *et al.*, 2014). Um dos modelos utilizado para embasar as pesquisas atuais sobre o assunto é o nomeado como *A Developmental, Assemantic, and Procedural Model for Transcoding from Verbal to Arabic Numerals* (ADAPT), proposto por Barrouillet *et al.* em 2004. Esse modelo considera que a transcodificação envolve um sistema de produção por meio de um processo de codificação da sequência verbal em uma forma fonológica e de análise, segmentando essa sequência em unidades para processamento. Assim, a memória de trabalho aparece como competência cognitiva fundamental, pois os procedimentos para transcodificar consistem na leitura do conteúdo que está nela armazenado (unidades verbais a serem analisadas, elementos recuperados da memória de longo prazo e/ou sequências de dígitos já construídas) e na inserção de novas representações, ou no preenchimento de representações que já existem (BARROUILLET *et al.*, 2004).

A memória de trabalho é um sistema de processamento e armazenamento temporário de informações com quatro componentes: o executivo central, responsável pelo processamento de tarefas cognitivas de grande demanda, e outros três subsidiários: o fonológico, que tem como função a retenção de informações fonológicas, o visuoespacial, que se refere ao armazenamento e informações viso-espaciais e, ainda, o buffer episódico, que atua como uma interface que cria representações integradas entre informações da percepção, dos subsistemas da memória de trabalho e da memória de longo prazo (BADDELEY; HITCH, 1974; BADDELEY, 2000). Quanto maior o número a ser transcodificado (quanto mais dígitos este tem), mais procedimentos são necessários para a transcodificação e, assim, mais complexo se torna o processo, exigindo maior demanda da memória de trabalho, e por isso os erros tendem a ser mais frequentes.

Os erros de transcodificação são classificados a partir de dois padrões: erros lexicais, decorrentes de equívocos na identificação de um ou mais elementos lexicais, e erros sintáticos, que consistem na incompreensão de mecanismos necessários para tradução da representação numérica verbal para arábica ou vice-versa (DELOCHE; SERON, 1982; BARROUILLET *et al.*, 2004).

O desempenho em transcodificação numérica está diretamente associado ao conhecimento das representações de fatos aritméticos e do sistema de valor posicional (valor de um dígito definido pela localização na sequência de dígitos). Esses conhecimentos também fundamentam o desempenho em matemática, especialmente em aritmética, conforme destacado em ampla revisão teórica realizada por Nuerk, Moeller e Wilmes (2014). O desempenho em matemática como um todo, considerando a realidade brasileira retratada em avaliações de larga escala como o Programa de Avaliação Internacional de Estudantes – PISA (BRASIL, 2018), é um aspecto que merece atenção. Nos últimos anos, apesar de uma melhora na pontuação, o Brasil ainda demonstrou resultados abaixo da média dos demais países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) – 384 pontos em 2018, último ano de avaliação, enquanto a média dos demais países foi de 489 pontos. A avaliação da transcodificação numérica aparece como alternativa para identificação precoce dessas muitas dificuldades dos estudantes em matemática (MOURA *et al.*, 2015), possibilitando, assim, intervenções pedagógicas eficazes desde cedo.

Pesquisas brasileiras sobre a transcodificação numérica são poucas. Posto isso, neste estudo pretende-se realizar uma revisão assistemática e integrativa da literatura brasileira sobre a transcodificação, delineando seus enfoques e diferenças em relação a referenciais teóricos internacionais.

2.1.1 Pesquisas internacionais sobre transcodificação numérica

As pesquisas em distintos países têm apontado diferentes níveis de influência da língua e do sistema numérico verbal no desempenho em transcodificação numérica. A inversão das dezenas e unidades durante a transcodificação do sistema numérico verbal ao arábico tem se destacado entre as temáticas abordadas. Um sistema com essa configuração é o alemão, no qual o número 25, por exemplo, é nomeado *fünfundzwanzig* (“cinco e vinte”). A organização invertida também caracteriza o formato do sistema numérico verbal na língua árabe, no neerlandês, no dinamarquês, no malgaxe, no maltês e em partes no tcheco e no norueguês.

As principais competências cognitivas envolvidas nos sistemas com inversão se diferem das que constituem o processamento de sistemas que não apresentam tal característica. Nesse sentido, um estudo publicado em 2009, que envolveu 128 crianças austríacas falantes do alemão, do 1º ano do EF, com média de idade de sete anos e quatro meses, Zuber e colaboradores verificaram uma quantidade significativamente maior de erros relacionados à inversão em relação a outros tipos de erros. A amostra foi avaliada em relação à escrita de numerais arábicos, à memória de trabalho e à inteligência. O objetivo da pesquisa foi verificar se, e como, os diferentes componentes da memória de trabalho atuam no processo de transcodificação e qual o impacto da inversão do sistema numérico verbal nesse processo. Entre os resultados, erros de transcodificação relacionados à inversão corresponderam a 49,8% do total e foram mais frequentes em números de três dígitos (25,2% dos erros desse tipo). O estudo indicou a influência de demandas relacionadas à memória de trabalho na ocorrência dos erros, especialmente o componente executivo central apareceu como preditor quando considerados os erros relacionados à inversão. Quanto melhor o desempenho nesse componente, menos erros desse tipo foram computados. Quando considerados os demais erros, gênero, inteligência e o componente visuoespacial da memória de trabalho também se mostraram como preditores significativos. Ainda, na relação entre tipos de erros e componentes da memória de trabalho, o resultado de maior destaque foi a correlação entre erros sintáticos e o componente visuoespacial.

Tal relevância da memória de trabalho também foi constatada em estudos desenvolvidos por Pixner e colaboradores (2011) e Imbo e colaboradores (2014). No estudo de Pixner e colaboradores (2011), o componente executivo central da memória de trabalho foi o que mais se destacou na relação com os erros de transcodificação, resultado que direcionou os pesquisadores a afirmarem que o sistema caracterizado pela inversão das dezenas e unidades durante a transcodificação de uma representação numérica a outra, por ser menos transparente,

demanda mais da memória de trabalho. Participaram do estudo 117 crianças do 1º ano do EF (média de idade de 7,5 anos) falantes do tcheco, que possui dois diferentes sistemas numéricos verbais (um invertido e o outro não), evidenciando um maior número de erros no sistema caracterizado pela inversão. O mesmo ocorreu no estudo de Imbo e colaboradores (2014), que considerou 87 crianças de 2º ano do EF (média de idade de 7,6 anos) falantes do neerlandês (com inversão) e do francês (sem inversão), o que reforça a ideia de uma maior demanda da memória de trabalho gerada pela necessidade de inversão. Além disso, a quantidade de dígitos também influenciou os resultados, aparecendo maior número de erros em números de três dígitos. Após a divisão das crianças em dois grupos linguísticos (neerlandês e francês), foram organizados dois subgrupos a partir do desempenho (less-skilled transcoders e more-skilled transcoders), sem diferenças marcantes quanto ao QI. Quando considerados esses dois subgrupos, o executivo central apareceu como preditor do desempenho em transcodificação. O componente fonológico, mesmo não sendo um preditor significativo, destacou-se pelos resultados diferentes apresentados entre os dois subgrupos, uma vez que foi indicada uma tendência de sua predição quando considerado o subgrupo com habilidade de transcodificação inferior (less-skilled transcoders).

A diferenciação do grau de influência entre os componentes da memória de trabalho de acordo com o contexto em que uma pesquisa é realizada explicitando, além da influência da língua e da transparência do sistema numérico verbal, o significativo papel de outros aspectos culturais na caracterização do desempenho em transcodificação, tema de um amplo estudo intercultural realizado em 2011 por Krinzinger e colaboradores. Os pesquisadores contaram com uma amostra de 220 crianças do 2º ano do EF (média de idade de 7,6 anos) falantes do francês, língua com ordem direta de dezenas e unidades (da França e da região de Valônia, Bélgica), do neerlandês (da região flamenga, Bélgica), e do alemão (da Alemanha e da Áustria), línguas com ordem inversa de dezenas e unidades. As crianças falantes do francês obtiveram melhor desempenho na escrita de números multidígitos do que as falantes dos demais idiomas, mesmo já sendo esperado o domínio destes números conforme o currículo e o ano escolar. Esse resultado não foi um padrão quando considerados os resultados das tarefas de reconhecimento de unidades e dezenas, e de subtração. Apareceu a impossibilidade da generalização do efeito de inversão, mas os pesquisadores ressaltaram que a inversão pode atuar como fator que afeta a compreensão do sistema notacional arábico em alguns contextos específicos. Krinzinger e colaboradores (2011) destacaram que os resultados fazem referência aos diferentes focos dos currículos de matemática nos países envolvidos na investigação, com maior ênfase na compreensão do valor posicional dos dígitos em números multidígitos na França, seguida pela

Alemanha e pela Áustria e, por último, pela Bélgica. Diante de uma maior pontuação das crianças da França em relação à tarefa de escrita de números e um pior desempenho em subtração, elencaram ainda outra possibilidade: o currículo francês de 1º e 2º ano prioriza a compreensão de números multidígitos em relação ao cálculo, quando comparado à Bélgica, à Áustria e à Alemanha. Assim, os pesquisadores destacaram que aspectos interculturais que afetam uma tarefa não necessariamente afetam a outra, e que a compreensão dos processos subjacentes ao desenvolvimento de habilidades numéricas diferentes depende, igualmente, de diferentes avaliações.

Entre todos os estudos citados neste tópico, destaca-se a hipótese de que um sistema numérico menos transparente, além de causar problemas de aprendizagem específicos, pode ser, em geral, mais difícil de compreender. Em estudo mais recente, Mark e Dowker (2015) concluíram que essa transparência do sistema numérico verbal pode facilitar o processamento de números multidígitos, mas não é definidora de efeitos a longo prazo no desempenho em aritmética. Isto a partir de uma amostra de 56 crianças inglesas e 103 chinesas (53 falantes do chinês que aprenderam a contar em inglês e 50 falantes do chinês que aprenderam a contar em chinês) de 1º e 2º anos (com média de idade de 6,8 anos) e de 3º e 4º anos (com média de 8,8 anos). O objetivo da pesquisa foi testar a validade e a extensão da transparência linguística no desempenho em matemática. Foi constatado um melhor desempenho na contagem “para trás” e nas habilidades numéricas entre as crianças chinesas que aprenderam a contar em chinês (um sistema mais transparente) quando comparadas às crianças de mesma nacionalidade que aprenderam a contar em inglês. Considerados todos os grupos, concluiu-se que as crianças chinesas, tanto as que aprenderam a contar em chinês quanto as que aprenderam em inglês, apresentaram melhor desempenho nas habilidades mencionadas quando comparadas às crianças inglesas.

Acredita-se que a investigação de realidades brasileiras direcione a distintos resultados, visto que é caracterizada por um sistema numérico verbal sem a inversão das dezenas e unidades. O mapeamento das pesquisas brasileiras sobre transcodificação numérica torna-se, portanto, fundamental, especialmente quando se considera a situação educacional do país e o relevante papel desempenhado pela transcodificação numérica quanto ao desempenho matemático posterior. Assim, possibilita-se a verificação de particularidades que caracterizam o desempenho dos estudantes e se estas estão associadas ao contexto linguístico.

2.2 OBJETIVOS E HIPÓTESES

O objetivo geral deste estudo é realizar uma revisão da literatura brasileira sobre a transcodificação, verificando seus enfoques e delineando diferenças em relação a referenciais teóricos internacionais. Já os objetivos específicos intrínsecos a tal investigação são:

- a) Verificar como é descrito o papel da língua e do sistema numérico verbal, das habilidades linguísticas e da memória de trabalho no desempenho em transcodificação numérica;
- b) Elencar as principais características dos estudos brasileiros que se diferem e que se assemelham às referências internacionais.

Associadas a tais objetivos, tem-se as seguintes hipóteses:

- a) o sistema numérico e a língua em questão interferem nos resultados encontrados pelas pesquisas;
- b) os estudos brasileiros apresentam características distintas de estudos internacionais quanto aos direcionamentos metodológicos das pesquisas.

2.3 MÉTODO

A presente revisão, apesar de assistemática e integrativa, foi desenvolvida através de alguns critérios pré-definidos: a busca foi realizada para todos os campos a partir das palavras-chave “transcodificação” e “numérica” para artigos publicados até 19 de janeiro de 2021, sem delimitação de data de início da verificação.

Os artigos foram selecionados a partir das seguintes bases de dados: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Portal de Periódicos CAPES, Portal de Periódicos Eletrônicos em Psicologia (PePSIC) e Scientific Electronic Library Online (SciELO), além de ser realizada uma busca manual entre as publicações realizadas pelo Laboratório de Neuropsicologia do Desenvolvimento da Universidade Federal de Minas Gerais (LND-UFMG), pioneiro na área no Brasil, no site do mesmo. Essas plataformas foram escolhidas considerando seu amplo destaque nacional em relação à temática de pesquisa.

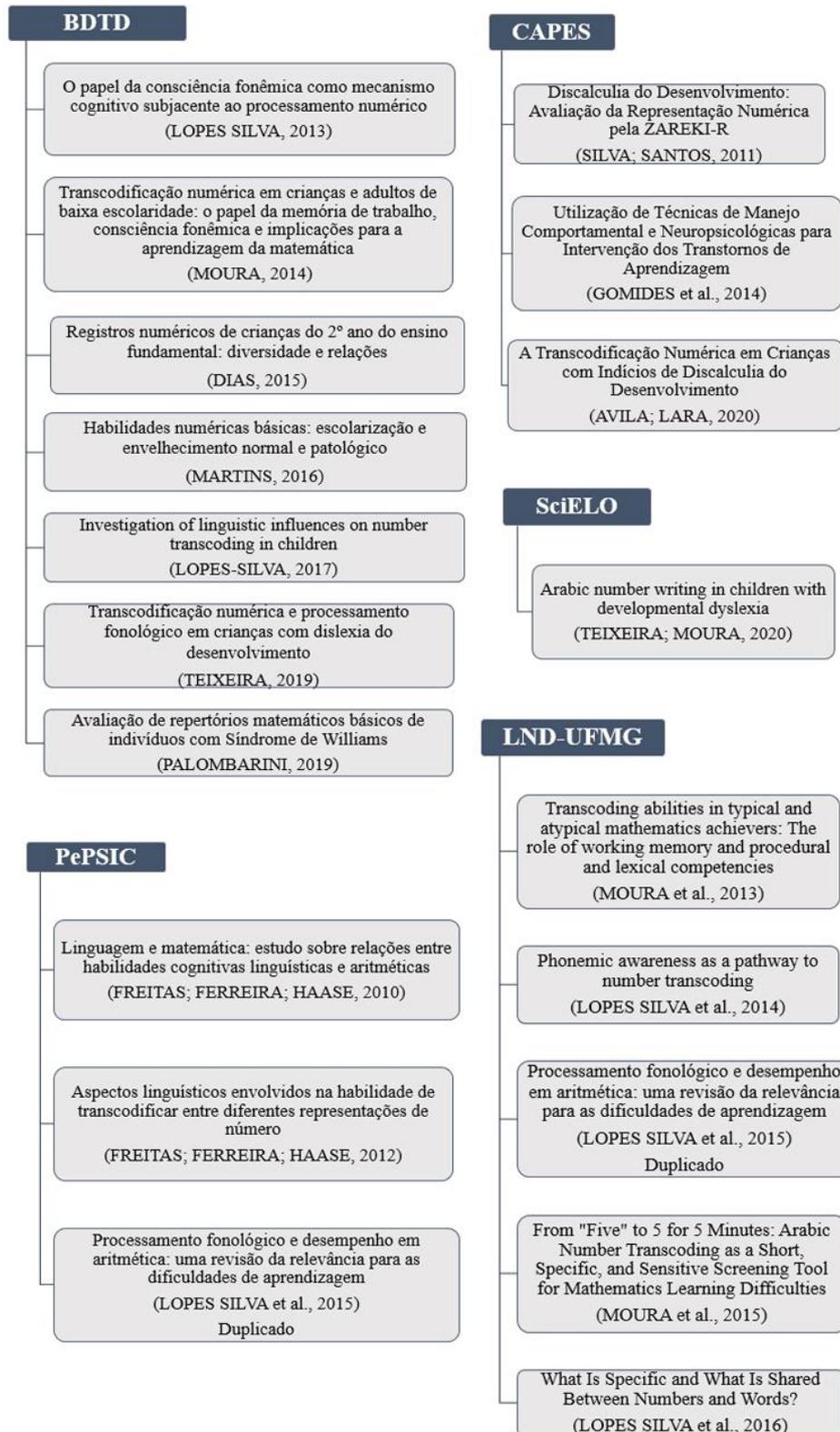
A seleção foi efetuada com foco em estudos que investigaram a habilidade de transcodificar em distintas realidades pelo país, publicados na língua portuguesa e na língua inglesa. A triagem foi realizada a partir da leitura conjunta dos títulos e dos resumos, sendo excluídos aqueles que não apresentaram evidências de interferência da transcodificação numérica entre os principais resultados. O critério para inclusão de estudos foi a existência de evidências de investigação da transcodificação como mecanismo cognitivo associado a

habilidades linguísticas e ao desempenho matemático. Em seguida, foi efetuada a leitura dos estudos selecionados na íntegra.

2.4 RESULTADOS

Após a busca realizada a partir das plataformas e dos critérios já mencionados, chegou-se aos seguintes resultados: das 13 publicações encontradas na BDTD, foram selecionadas 7; das 4 encontradas no Portal de Periódicos CAPES, foram selecionadas 3; no PePSIC também foram selecionadas todas as 3 3 publicações encontradas; das 3 encontradas na SciELO, foi selecionada 1; enquanto a busca manual de publicações realizadas pelo LND-UFMG resultou na seleção de 5 publicações. Algumas publicações foram excluídas por não apresentarem evidências diretamente associadas à transcodificação numérica entre os principais resultados descritos no resumo. Mesmo não sendo estabelecida uma data limite na busca, as publicações encontradas são datadas de 2010 até 2020. Dos 19 estudos selecionados, 1 estava duplicado e por isso foram selecionados para análise 18 estudos (Figura 2).

Figura 2 - Relação de estudos selecionados conforme plataforma de busca



Fonte: dados da pesquisa

A maioria dos estudos foi elaborada a partir de coletas de dados com foco em crianças dos anos iniciais do EF e buscou identificar aspectos cognitivos relacionados ao desempenho

em transcodificação numérica (n=12, 66,7% dos estudos). As competências cognitivas apontadas nos estudos como relacionadas ao desempenho em transcodificação numérica foram componentes da memória de trabalho e do processamento fonológico, especificamente a consciência fonêmica. As pesquisas confirmaram a existência de relações entre habilidades matemáticas e linguísticas, tipos de erros e competências cognitivas relacionadas ao desempenho em transcodificação, entre elas os componentes da memória de trabalho e a consciência fonêmica.

A associação entre habilidades cognitivas linguísticas e matemáticas foi tema principal da pesquisa de Freitas, Ferreira e Haase (2010), que foi efetuada a partir da avaliação de 206 estudantes entre o 2º e o 7º ano do EF (7 a 12 anos) por meio de tarefas de transcodificação numérica (leitura e escrita de números), adição e multiplicação, teste de fluência verbal semântica, e subtestes de escrita, leitura e aritmética do Teste de Desempenho Escolar (TDE). Os pesquisadores encontraram correlações positivas e significativas entre todas as tarefas. Especificamente, as tarefas de avaliação da transcodificação foram fortemente correlacionadas com as de avaliação de habilidades linguísticas. Apoiados nesses resultados, os pesquisadores destacaram que o domínio da transcodificação depende não somente de habilidades matemáticas, mas também linguísticas.

O domínio da transcodificação numérica é apontado, ainda, como habilidade que difere entre crianças com e sem dificuldades na aritmética, como destacaram Silva e Santos (2011) em um estudo envolvendo crianças com transtornos de aprendizagem. A pesquisa foi conduzida com o objetivo de identificar aspectos referentes à memória de trabalho e à representação numérica que poderiam explicar prejuízos em aritmética. A amostra foi composta por 30 estudantes de 3º e 4º ano de escolas públicas com transtornos de aprendizagem, divididos em dois grupos, com e sem dificuldades em aritmética. Entre as tarefas aplicadas (avaliação da inteligência, do desempenho escolar, da memória de trabalho, do processamento numérico e do cálculo), ditado de números (transcodificação), problemas aritméticos e cálculo foram as sensíveis no reconhecimento do grupo com dificuldades, que apresentou ainda déficits na memória de trabalho visuoespacial.

O estudo referido anteriormente, mesmo sem a avaliação da transcodificação numérica como foco principal, apresenta relevância para auxiliar na identificação de sujeitos com dificuldades ou transtornos de aprendizagem. Especificidades referentes à transcodificação em um contexto brasileiro foram delineadas em 2012, por Freitas, Ferreira e Haase. Os pesquisadores foram pioneiros ao identificarem diferenças relacionadas à estrutura fonológica da língua portuguesa e padrões de erros específicos: erros lexicais causados pela semelhança

entre os fonemas nos numerais “três” (pronunciado “trêis”) e “seis”, “sessenta” e “setenta”, “oitenta” e “noventa”; e erros sintáticos relacionados a composições específicas, que consistem em incompletude posicional (quando faltam dígitos 0 no número). O estudo foi realizado a partir de uma amostra de 391 crianças entre o 2º e o 7º ano do EF (de 7 a 12 anos). Foi verificada uma correlação muito forte entre resultados de tarefas de transcodificação (leitura e escrita de números) e testes de leitura e escrita. Diante dessas constatações, os pesquisadores enfatizaram que a acurácia de habilidades linguísticas é um fator significativo para o sucesso no desempenho em transcodificação e que essa habilidade é essencialmente semiótica, ou seja, não depende de aspectos como a magnitude e a quantidade não simbólicas.

Competências cognitivas preditoras do desempenho em transcodificação foram delineadas no ano seguinte, em estudo realizado por Moura e colaboradores (2013), que investigaram o desempenho em transcodificação numérica de crianças com e sem dificuldades na matemática e verificaram o impacto da memória de trabalho nesse contexto, preenchendo outras importantes lacunas da pesquisa sobre a temática no Brasil. A partir de uma amostra de 109 participantes (média de idade de 9,5 anos) foram formados dois grupos: um com crianças de 1º e 2º ano do EF (29 sem dificuldades na matemática e 10 com dificuldades) e outro com crianças de 3º e 4º ano do EF (52 sem dificuldades e 18 com). Foi constatado um maior número de erros de transcodificação de acordo com o aumento da complexidade do numeral e entre as crianças com dificuldades na matemática. As taxas de erro na tarefa de escrita de números apresentaram correlação moderada com os resultados das tarefas de memória de trabalho que avaliaram o executivo central e o componente visuoespacial. As correlações destas com a tarefa de leitura de números foram mais fracas, mas ainda significativas. No grupo constituído por crianças de 1º e 2º ano, o componente verbal da memória de trabalho e a inteligência apareceram como preditores da escrita de números e, em relação à leitura de números, a inteligência foi a única preditora; no grupo de crianças de 3º e 4º ano, não apareceu preditor com significância estatística. Em relação à classificação dos erros, os de cunho sintático foram os mais frequentes. Na tarefa de leitura de números, erros desse tipo denotaram correlação significativa com os componentes visuoespacial e verbal da memória de trabalho. Apesar disso, o desenvolvimento desse déficit não pôde ser totalmente explicado pela memória de trabalho, com a qual os erros lexicais não apresentaram correlação. Na tarefa de escrita de números, erros lexicais e sintáticos apareceram significativamente correlacionados com a memória de trabalho, o componente verbal correlacionou-se com erros lexicais e sintáticos, enquanto o visuoespacial correlacionou-se apenas com os erros sintáticos. Em uma perspectiva geral, entre o 1º e o 2º ano do EF as crianças com dificuldades na matemática apresentaram dificuldades com as propriedades

lexicais e sintáticas durante a escrita dos numerais, enquanto crianças sem dificuldades na matemática apresentaram somente em relação às propriedades sintáticas. Entre as crianças de 3º e de 4º ano, erros relacionados às propriedades sintáticas caracterizaram o desempenho das com dificuldades na matemática, enquanto as sem dificuldades demonstraram já ter domínio de tal tarefa.

Além das crianças com dificuldades em matemática, crianças com transtornos de aprendizagem da leitura também podem apresentar dificuldades em relação à transcodificação numérica, conforme demonstrou o estudo desenvolvido por Gomides e colaboradores (2014), a partir de uma amostra de três crianças (de 9,2, 10,4 e 10,8 anos) frequentadoras de um ambulatório de transtornos de aprendizagem da matemática. As crianças apresentavam dificuldades na leitura, na escrita e na matemática, diagnóstico de dislexia, baixa autoeficácia, ansiedade de desempenho e desmotivação. O objetivo foi avaliar a eficácia de uma intervenção matemática com foco na transcodificação numérica. Foram realizadas 12 sessões de 60 minutos uma vez por semana, mais duas sessões de avaliação, envolvendo técnicas de manejo comportamental. Foi realizado um treino das regras de transcodificação e realizadas tarefas que abordaram transcodificação verbal-arábica, transcodificação escrita-arábica e valor posicional. Todos os participantes tiveram ganhos com a intervenção, foi percebida uma melhora nas habilidades treinadas e aumento da motivação e da autoeficácia.

Nas pesquisas citadas até o momento, fica evidente a interferência de habilidades linguísticas no processo de transcodificação numérica. Foi de modo a compreender melhor tal interferência que Lopes-Silva e colaboradores (2014) buscaram verificar o impacto da memória de trabalho, considerando a variável cognitiva consciência fonêmica na escrita de números. Os pesquisadores contaram com uma amostra de 172 crianças de 2º a 4º ano do EF (média e idade de 8,9 anos). Destas, 33% não cometeu nenhum erro de transcodificação, 93% não cometeu erros em relação à recuperação lexical e os erros se concentraram, em sua maioria, em números que exigiram a aplicação de três ou mais regras de transcodificação. Os achados da pesquisa indicam que quanto maior a idade, o nível de inteligência do aluno, sua capacidade de memória de trabalho e consciência fonêmica, menor será a sua taxa de erro na tarefa de transcodificação. A consciência fonêmica apareceu significativamente correlacionada com a inteligência e a memória de trabalho e esta última se destacou como preditora do desempenho em transcodificação após remoção dos efeitos da idade e da inteligência e sem a inserção da consciência fonêmica. O efeito da memória de trabalho na transcodificação foi parcialmente mediado pela consciência fonêmica. Diante de tais evidências, os pesquisadores descreveram a consciência fonêmica como competência significativa na definição do desempenho em

transcodificação e, ainda, sugeriram que crianças com discalculia apresentam déficits em relação a essa competência.

Em revisão de literatura publicada em seguida, Lopes-Silva e colaboradores (2015) reafirmaram as inferências da pesquisa de 2014, indicando o processamento fonológico como principal mecanismo compartilhado entre dislexia e discalculia. Verificaram, através da revisão, que déficits no processamento fonológico interferem especialmente em habilidades que envolvem a manutenção do código numérico verbal, na transcodificação numérica, na recuperação de fatos aritméticos e na contagem.

Ainda na mesma perspectiva, no ano subsequente, a fim de identificar os mecanismos compartilhados entre leitura e escrita de palavras e números, Lopes Silva et al. (2016) encontraram mais uma vez um papel fundamental da consciência fonêmica. Isso a partir da mesma amostra e dos mesmos dados do estudo que realizaram dois anos antes. A consciência fonêmica foi a única competência cognitiva avaliada que apareceu como preditora significativa nas quatro análises realizadas para leitura de números, leitura de palavras, escrita de números e escrita de palavras.

As tarefas de avaliação da leitura e da escrita de números utilizadas nos estudos citados até o momento são de cunho experimental. Diante da percepção da necessidade de um estudo mais aprofundado destas, na direção de uma padronização, Moura e colaboradores publicaram, em 2015, um estudo com o objetivo de investigar as propriedades psicométricas de uma tarefa de escrita de números e o quanto tal tarefa permite identificar crianças com dificuldades de aprendizagem na matemática. A amostra foi composta por 683 crianças, incluídas no grupo controle sem dificuldades na matemática, e 103 crianças com dificuldades, de 1º a 4º ano (de 6 a 12 anos). Os pesquisadores constataram uma diferença significativa no desempenho em transcodificação numérica (escrita de números) das crianças com e sem dificuldades na matemática no 1º e no 2º ano, enquanto no 3º e no 4º ano não. Assim, destacaram que é mais adequada a utilização da tarefa de transcodificação numérica para avaliação de crianças mais jovens, sendo o 2º ano uma etapa com importantes resultados considerando a relação entre o desempenho nas tarefas de transcodificação e aritmética aplicadas.

Considerada a associação do desempenho em tarefas de transcodificação numérica e habilidades matemáticas mais complexas, a exemplo da aritmética, Avila e Lara (2020) propuseram um estudo de intervenção utilizando como um dos instrumentos de avaliação a tarefa descrita por Moura e colaboradores. (2015) e utilizada pelos pesquisadores no estudo de 2013 citado anteriormente. Foi realizada uma análise da evolução do desenvolvimento de habilidades matemáticas referentes à transcodificação (escrita de números) após intervenções

psicopedagógicas com crianças com indícios de discalculia (transtorno de aprendizagem com prejuízos no domínio da matemática). Participaram do estudo 13 crianças com dificuldades em matemática, cursando a partir do 3º ano (entre 9 anos e 12,9 anos), divididas em grupo controle e grupo experimental. As intervenções com o grupo controle foram realizadas a partir de cinco aulas com duas horas de duração cada uma, duas vezes por semana, mais cinco sessões individuais com duas horas de duração cada uma. As intervenções do grupo experimental foram realizadas em 10 sessões com duração de uma hora cada uma. As sessões do grupo controle foram caracterizadas por conteúdos matemáticos e um método de ensino semelhante ao utilizado na escola, enquanto no grupo experimental foram utilizados jogos pedagógicos sobre habilidades matemáticas relacionadas com o diagnóstico de discalculia. Os participantes da pesquisa apresentaram, no geral, melhoras no desempenho em leitura e escrita de números depois da intervenção, contudo essas melhoras não foram suficientes para descartar a possibilidade de discalculia. Entre as crianças participantes algumas apresentaram dificuldades na aprendizagem da leitura e dislexia (transtorno da linguagem). Entre essas crianças foram identificadas acentuadas dificuldades em leitura e escrita de números.

Tal relação entre dislexia e habilidades matemáticas foi foco da pesquisa de Teixeira e Moura (2020), um estudo com o objetivo de investigar a habilidade de transcodificação de crianças com dislexia e como a transcodificação está relacionada com o processamento fonológico. A amostra foi caracterizada por dois grupos (de 3º a 6º ano): 26 crianças com dislexia (média de idade de 9,9 anos), e 23 crianças (grupo controle, média de idade de 8,7 anos) sem grandes dificuldades em leitura. Os pesquisadores perceberam um efeito significativo de ano escolar (entre o 3º e o 4º ano) e de grupo (grupo controle com pontuação maior). As variáveis do processamento fonológico que apresentaram um efeito preditivo significativo sobre o desempenho em transcodificação numérica das crianças com dislexia foram a consciência fonêmica e a velocidade de nomeação de números. Quando considerados os resultados do grupo controle, o único preditor significativo da transcodificação foi a consciência fonêmica. No grupo com dislexia, o desempenho em relação à memória de trabalho verbal e à velocidade de nomeação demonstraram poder preditivo significativo de erros de transcodificação lexicais (transcrição de número de algarismos correto com resposta incorreta de um ou mais algarismos), o que não ocorreu no grupo controle. Em relação aos erros sintáticos, referentes à incompreensão de mecanismos de transcodificação, os preditores foram o desempenho em consciência fonêmica, a velocidade de nomeação de números e o julgamento de rimas; considerado somente o grupo controle, o desempenho em consciência fonêmica destacou-se como preditor. Assim, foi percebida uma forte influência do processamento

fonológico no desempenho das crianças na transcodificação. Por fim, o estudo constatou que a habilidade de consciência fonêmica é mais importante quando é necessário o processamento da composição sintática dos numerais e que as crianças com dislexia demonstram déficits em transcodificação que persistem nos cinco primeiros anos de escolarização.

O referido estudo, além de outros citados previamente, teve como inspiração pesquisas iniciadas durante a produção de dissertações de mestrado e teses de doutorado, o que ficou explícito após a busca realizada na Base Nacional de Teses e Dissertações. De modo a delinear um panorama geral dessas pesquisas, os resultados dessa busca encontram-se descritos a seguir (Quadro 3).

Quadro 3 - Objetivos e principais resultados de dissertações e teses brasileiras com foco na investigação da transcodificação numérica

Título, autor e ano	Amostra	Objetivo(s)	Principais resultados
O papel da consciência fonêmica como mecanismo cognitivo subjacente ao processamento numérico (LOPES SILVA, 2013)	Estudo 1: revisão teórica. Estudo 2: 172 crianças de 2º a 4º ano do EF (média de idade de 8,9 anos).	Investigar a influência do processamento fonológico, sobretudo da consciência fonêmica, na cognição numérica e, especificamente, na transcodificação numérica.	Processamento fonológico compreendido como principal mecanismo compartilhado entre dislexia e discalculia; Números com mais Algarismos são mais difíceis de recuperar lexicalmente, as crianças com baixo desempenho em consciência fonêmica são as que mais demonstram dificuldades; O desempenho em consciência fonêmica é o melhor preditor de erros na escrita de números.
Transcodificação numérica em crianças e adultos de baixa escolaridade: o papel da memória de trabalho, consciência fonêmica e implicações para a aprendizagem da matemática (MOURA, 2014)	Estudo 1: 786 crianças de 1º a 4º ano do EF (média de idade de 9,4 anos). Estudo 2: 109 crianças de 1º a 4º ano do EF (média de idade de 9,5 anos). Estudo 3: 172 crianças de 2º a 4º ano do EF (média de idade de 8,9 anos). Estudo 4: 36 adultos do 1º ano do curso de alfabetização para adultos, 26 semianalfabetos (média de idade de 45,9 anos) e 10 com alfabetização média (média de idade de 39,6 anos), somados a 985 crianças de 1º a 4º ano do EF de um estudo prévio (de 6 a 12 anos).	Investigar amplamente as habilidades de transcodificação numérica, considerando adultos com baixa escolaridade e crianças em idade escolar, analisar os principais fatores cognitivos envolvidos.	Tarefa de escrita de números é uma ferramenta útil para avaliar habilidades matemáticas nos primeiros anos do EF; Significativo impacto da memória de trabalho na escrita de números; A consciência fonêmica é uma preditora substancial do desempenho na escrita de números O efeito da memória de trabalho na transcodificação é parcialmente mediado pela consciência fonêmica. As representações de magnitudes não-simbólicas se desenvolvem independentes do letramento, a ampliação do léxico numérico está mais associada a um contexto cultural numérico, enquanto a aprendizagem da sintaxe numérica requer educação formal específica.
Registros numéricos de crianças do 2º ano do ensino fundamental: diversidade e relações (DIAS, 2015)	14 estudantes do 2º ano do EF (de 7,5 a 11,9 anos).	Analisar a diversidade de registros numéricos de crianças de 2º ano do EF, interpretando os conhecimentos que os envolvem.	Predominância de erros sintáticos na escrita de números; Oralidade é ponto de partida para a elaboração correta de registros numéricos; Tarefas de escrita e leitura de numerais são úteis para diagnóstico de dificuldades com o Sistema de Numeração Decimal.

(continua)

(continuação)

Título, autor e ano	Amostra	Objetivo(s)	Principais resultados
Habilidades numéricas básicas: escolarização e envelhecimento normal e patológico (MARTINS, 2016)	Estudos 1 e 2: 68 adultos de cursos de formação para adultos, 7 analfabetos, 17 ex-analfabetos com nível de leitura semelhantes a crianças de 1º ano, 25 ex-analfabetos com nível de leitura semelhante a crianças de 2º ano e 19 alfabetizados.	Investigar habilidades numéricas básicas, considerando adultos com baixa escolaridade e idosos que apresentam envelhecimento patológico, e esclarecer padrões de dificuldades. Isto, para verificar também o impacto da escolarização formal na transcodificação.	Números maiores desencadeiam mais dificuldades na leitura e na escrita; O nível de leitura de palavras tem destaque como preditor do desempenho em transcodificação. Sujeitos analfabetos e ex-analfabetos demonstram um maior número de erros de transcodificação sintáticos. O impacto da escolarização formal se mostra maior que o impacto do envelhecimento patológico.
Investigation of linguistic influences on number transcoding in children (LOPES-SILVA, 2017)	Estudo 1: 786 crianças de 1º a 4º ano do EF (média de idade de 9,4 anos). Estudos 2 e 3: 172 crianças de 2º a 4º ano do EF (média e idade de 8,9 anos).	Investigar habilidades cognitivas relacionadas à transcodificação numérica, especificamente a consciência fonêmica.	Tarefa de escrita de números é uma ferramenta útil para avaliar habilidades matemáticas nos primeiros anos do EF; A consciência fonêmica é uma preditora substancial do desempenho na escrita de números. O efeito da memória de trabalho na transcodificação é parcialmente mediado pela consciência fonêmica. Há correlação significativa entre tarefas de escrita e leitura de números e palavras.
Transcodificação numérica e processamento fonológico em crianças com dislexia do desenvolvimento (TEIXEIRA, 2019)	49 crianças de 3º a 6º ano, 23 com desenvolvimento típico (média de idade de 8,7 anos) e 26 com dislexia (média de idade de 9,9 anos).	Investigar habilidades de escrita de numerais arábicos de crianças com perfil de dislexia e como seu desempenho se relaciona com os déficits de processamento fonológico que geralmente envolvem esse perfil e, ainda, a natureza da dificuldade em relação à transcodificação.	A consciência fonêmica e a velocidade da nomeação de números apresentam um efeito preditivo significativo sobre o desempenho na escrita de números das crianças com dislexia; Crianças com dislexia demonstram déficits na escrita de números que persistem nos 5 primeiros anos de escolarização.
Avaliação de repertórios matemáticos básicos de indivíduos com Síndrome de Williams (PALOMBARINI, 2019)	9 sujeitos, 6 com desenvolvimento típico (entre o 1º e o 3º anos do EF, idades de 7 a 10,3 anos) e 3 com Síndrome de Williams (um no Ensino Médio e dois com ele concluído, de 18,6 a 20,4 anos).	Verificar se sujeitos com Síndrome de Williams demonstram melhor desempenho em atividades matemáticas não verbais ou verbais.	Em tarefas que exigem habilidades não verbais, e na maioria das que exigem habilidades verbais, o desempenho geral dos estudantes com Síndrome de Williams é similar com o dos estudantes do 1º ano do EF. Na tarefa de leitura e de escrita de numerais nos formatos arábico e verbal escrito, o desempenho dos estudantes com a síndrome é superior ao dos estudantes do 1º ano.

Fonte: dados da pesquisa

2.5 DISCUSSÃO

O objetivo desta revisão teórica foi delinear o conjunto de publicações brasileiras existentes sobre a transcodificação numérica, os principais focos e as diferenças, comparadas a referenciais teóricos internacionais. Grande parte das pesquisas brasileiras encontradas tem como foco competências cognitivas que subjazem a transcodificação.

As competências cognitivas que aparecem com destaque nas pesquisas brasileiras não são as mesmas que se destacam em pesquisas de outros países (ZUBER *et al.*, 2009; PIXNER *et al.*, 2011; IMBO *et al.*, 2014; MOURA *et al.*, 2013) – a memória de trabalho tem papel substancial nos distintos contextos, porém seus componentes se destacam de formas distintas dependendo da realidade linguística em questão. Enquanto o componente executivo central da memória de trabalho é preditor significativo do desempenho em transcodificação de crianças falantes de línguas com sistema numérico verbal marcado pela inversão das dezenas e unidades (ZUBER *et al.*, 2009; PIXNER *et al.*, 2011; IMBO *et al.*, 2014), preditores significativos que têm se destacado sobre o desempenho de crianças brasileiras em transcodificação são o componente verbal da memória de trabalho e a consciência fonêmica, para além do executivo central (MOURA *et al.*, 2013; LOPES-SILVA *et al.*, 2014; 2016; TEIXEIRA; MOURA, 2020). As pesquisas sugerem que quanto menos transparente o sistema numérico, maior é a demanda da memória de trabalho, o que pode justificar o peso do efeito do componente executivo central sobre sistemas numéricos que englobam a inversão das dezenas e unidades durante a transcodificação de uma representação numérica a outra. É necessário considerar, sobretudo, que as pesquisas descritas envolvem distintos instrumentos para avaliação das habilidades em questão e os papéis dos subcomponentes da memória de trabalho se complementam, o que pode interferir significativamente na distinção dos resultados.

Há, porém, além do estudo de diferenças linguísticas e do sistema numérico verbal, ainda outro aspecto a ser considerado durante pesquisas sobre o desempenho na transcodificação numérica: o foco do currículo escolar em cada realidade. Tal aspecto foi considerado como substancial na análise realizada em uma pesquisa dentre os estudos internacionais descritos anteriormente (KRINZINGER *et al.*, 2011), enquanto os demais não o exploraram como variável nas análises realizadas.

Entre as pesquisas brasileiras descritas nesta revisão, os principais enfoques que aparecem são os erros, os preditores cognitivos do desempenho e a interferência de habilidades linguísticas na transcodificação numérica. A maioria das pesquisas com estudantes foi desenvolvida com foco no desempenho de crianças dos anos iniciais, tendo em vista que é entre

o 1º e o 3º ano que ocorre o domínio da transcodificação numérica em estudantes com desenvolvimento típico — o que foi explicitado no estudo de Moura et al. (2015). Apenas dois dos estudos encontrados são pesquisas de intervenção, o que demonstra que pesquisas de intervenção são ainda necessárias.

As tarefas de avaliação da transcodificação numérica aplicadas nos estudos englobaram escrita e leitura de numerais verbais, arábicos e escritos por extenso. A maioria dos estudos utilizou tarefas de transcodificação de cunho experimental, exceto um deles, no qual foi utilizada a Bateria de Testes Neuropsicológicos para Avaliação de Processamento Numérico e Aritmética em crianças (ZAREKI-R). Já está estabelecido que tais tarefas podem ser utilizadas como ferramentas para a detecção de dificuldades de aprendizagem da matemática (SILVA; SANTOS, 2011; MOURA *et al.*, 2015; DIAS, 2015).

Os referidos achados sugerem a necessidade da construção de um instrumento brasileiro padronizado para avaliação da transcodificação numérica e investigação de particularidades do sistema numérico verbal da língua portuguesa em comparação com sistemas de outras línguas. Um instrumento que avalia a transcodificação e outras habilidades numéricas básicas vêm sendo desenvolvido pelos pesquisadores Jerusa Fumagalli de Salles, Júlia Lopes-Silva, Mariuche Rodrigues de Almeida Gomides, Ricardo José de Moura e Vitor Geraldi Haase, em parceria com a editora Vetor. Esse, mesmo ainda em construção, é apresentado como uma possível ferramenta de triagem para investigação de dificuldades de aprendizagem da matemática.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta revisão fornecem base para a comunidade científica e profissionais da área da educação quanto ao conjunto de pesquisas brasileiras sobre transcodificação numérica, de modo a auxiliar no delineamento de pesquisas que se fazem necessárias diante de particularidades do sistema numérico verbal utilizado por crianças brasileiras falantes do português. Fica evidente que o desempenho em transcodificação numérica depende de habilidades matemáticas e linguísticas, e que a memória de trabalho tem papel fundamental nesse contexto. Além disso, conforme já mencionado, a consideração do contexto cultural e linguístico é fundamental. Pesquisas em diferentes realidades linguísticas demonstram distinção em relação às competências cognitivas de destaque durante a transcodificação numérica, que foi elencado como hipótese anteriormente, porém não é apenas o contexto linguístico que influencia nessa distinção, mas também as ferramentas

metodológicas utilizadas, entre elas as tarefas para avaliação das competências cognitivas. Destaca-se, sobretudo, o importante papel da escrita de números para o desempenho de outras tarefas matemáticas.

Por fim, mesmo considerando que a busca realizada abrangeu quatro amplos bancos de dados do país, é necessário citar como limitação o número de bancos de dados acessados, tendo em vista que é possível que estudos que não constam nessas plataformas podem compor bancos internacionalmente conhecidos não explorados.

O panorama das pesquisas realizadas em contexto nacional sobre transcodificação numérica traçado nesta revisão teórica resultou na constatação de uma necessidade de investimento em pesquisas no contexto nacional sobre a temática. Foi confirmada a hipótese inicial de que os estudos internacionais apresentam direcionamentos metodológicos distintos dos nacionais, porém isso também ocorre entre as pesquisas dentro do país. Há ainda semelhanças, tanto as pesquisas brasileiras quanto as de outras realidades do mundo evidenciaram a interferência de habilidades linguísticas e do processamento da memória de trabalho na transcodificação numérica; além da influência dessa habilidade no desempenho em matemática — o que reforça a importância de estudos sobre o assunto em diferentes realidades.

Esta revisão, como um compilado de pesquisas que permite visualizar a conjuntura de estudos sobre transcodificação numérica que compõem a realidade brasileira, auxilia na definição dos direcionamentos futuros de pesquisa e, ainda, possibilita o acesso do professor a um conjunto de informações e reflexões que evidenciam a importância da exploração de tarefas que envolvem transcodificação numérica em sala de aula, na direção da identificação precoce de dificuldades matemáticas ou até mesmo linguísticas.

REFERÊNCIAS

AVILA, L. A. B., LARA, I. C. M. A Transcodificação Numérica em Crianças com Índícios de Discalculia do Desenvolvimento. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 13, p. 29-56, 2020.

BADDELEY, A. D.. The episodic buffer: a new component of working memory? **Trends in Cognitive Science**, v. 4, p. 417- 423, 2000.

BADDELEY, A. D.; HITCH, G. J. Working Memory. *In.*: G. H. BOWER. (Ed.). **The psychology of learning and motivation**. London: Academic Press, 1974. P. 47-91.

BARROUILLET, P., CAMOS, V., PERRUCHET, P., SERON, X. (2004). ADAPT: A developmental, asemantic, and procedural model for transcoding from verbal to Arabic numerals. **Psychological Review**, v. 111, n. 2, p. 368–394, 2004.

Brasil. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Relatório Brasil no PISA 2018: versão preliminar**. Brasília, 2019.

DELOCHE, G., SERON, X. From one to 1: An analysis of transcoding process by means of neuropsychological data. **Cognition**, v. 12, n. 2, 119-149, 1982.

DELOCHE, G., SERON, X. Numerical transcoding: A general production model. In: DELOCHE, G., SERON, X. (Eds). **Mathematical disabilities: A cognitive neuropsychological perspective**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1987. P. 137-179.

DIAS, S. M. S. **Registros numéricos de crianças do 2º ano do ensino fundamental: diversidade e relações**. UFC, 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

FREITAS, N., FERREIRA, F. O., HAASE, V. G. Aspectos linguísticos envolvidos na habilidade de transcodificar entre diferentes representações. **Ciências & Cognição**, v. 17, n. 1, p. 2-15, 2012

FREITAS, N., FERREIRA, F. O., HAASE, V. G. Linguagem e matemática: estudo sobre relações entre habilidades cognitivas linguísticas e aritméticas. **Ciências & Cognição**, v. 15, n. 3, p. 111-125, 2010.

GOMIDES, M. R. A., MARTINS, G. A., BARBOSA, D. C. B. P., HAASE, V. G., JÚLIO-COSTA, A. Utilização de Técnicas de Manejo Comportamental e Neuropsicológicas para Intervenção dos Transtornos de Aprendizagem. **Interação em Psicologia**, v. 18, n 3, p. 277-285, 2014.

HABERMANN, S., DONLAN, C., GÖBEL, S.M., HULME C. The critical role of Arabic numeral knowledge as a longitudinal predictor of arithmetic development. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 193, p. 1-15, 2020.

IMBO, I., VANDEN BULCKE, C., DE BRAUWER, J., FIAS, W. Sixty-four or four-and-sixty? The influence of language and working memory on children's number transcoding. Numerical Development — from cognitive functions to neural underpinnings. **Frontiers in Psychology**, v. 5 n. 313, p. 1-10, 2014.

KRINZINGER, H., GREGOIRE, J., DESOETE, A., KAUFMANN, L., NUERK, H. C., WILLMES, K. (2011). Differential language effects on numerical skills in second grade. **Journal of Cross-Cultural Psychology**, v. 42, n. 4, p. 614–629, 2011.

LOPES-SILVA, J. B. **Investigation of linguistic influences on number transcoding in children**. UFMG, 2017. 249 f. Tese (Doutorado em Saúde da Criança e do Adolescente) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

LOPES-SILVA, J. B., MOURA, R. J., JÚLIO-COSTA, A., HAASE, V. G., WOOD, G. Phonemic awareness as a pathway to number transcoding. **Frontiers in Psychology**, v. 5, n. 13, p. 1-9, 2014.

LOPES-SILVA, J. B., MOURA, R. J., JÚLIO-COSTA, A., WOOD, G., SALLES, J. F., HAASE, V. G. What Is Specific and What Is Shared Between Numbers and Words? **Frontiers in Psychology**, v. 7, n. 22, p. 1-10, 2016.

LOPES-SILVA, J. B., MOURA, R. J., WOOD, G., HAASE, V. G. (2015). Processamento Fonológico e Desempenho em Aritmética: Uma Revisão da Relevância para as Dificuldades de Aprendizagem. **Temas em Psicologia**, v. 23 n. 1, p. 157-173, 2015.

LOPES-SILVA, J. B. **O papel da consciência fonêmica como mecanismo cognitivo subjacente ao processamento numérico**. UFMG, 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado em Saúde da Criança e do Adolescente) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MARK, W., DOWKER, A. Linguistic influence on mathematical development is specific rather than pervasive: revisiting the Chinese Number Advantage in Chinese and English children. **Frontiers in Psychology**, v. 6, n. 203, p. 100-108, 2015.

MARTINS, G. A. **Habilidades numéricas básicas: escolarização e envelhecimento normal e patológico**. UFMG, 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado em Neurociências) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

MCCLOSKEY, M., CARAMAZZA, A., BASILI, A. Cognitive mechanisms in number-processing and calculation: Evidence from dyscalculia. **Brain and Cognition**, v. 4, n. 2, p. 171–196, 1985.

Mccloskey, M. Cognitive mechanisms in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia. **Cognition**, v. 44, n. 1-2, p. 107-157, 1992.

MOELLER, K., PIXNER, S., ZUBER, J., KAUFMANN, L., NUERK, H. C. Early place-value understanding as a precursor for later arithmetic performance: A longitudinal study on numerical development. **Research in Developmental Disabilities**, v. 32, n. 5, p. 1837-1851, 2011.

MOURA, R. J. **Transcodificação numérica em crianças e adultos de baixa escolaridade: o papel da memória de trabalho, consciência fonêmica e implicações para a aprendizagem da matemática**. UFMG, 2014. 150 f. Tese (Doutorado em Neurociências) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

MOURA, R. J., LOPES-SILVA J. B., VIEIRA, L. R., PAIVA, G. M., PRADO, A. C. A., WOOD, G., HAASE, V. G. From “Five” to 5 for 5 minutes: Arabic number transcoding as a short, specific, and sensitive screening tool for mathematics learning difficulties. **Archives of Clinical Neuropsychology**, v. 30, n.1, p. 88-98, 2015.

MOURA, R.J., WOOD, G., PINHEIRO-CHAGAS, P., LONNEMANN, J., KRINZINGER, H., WILLMES K, HAASE, V. G. Transcoding abilities in typical and atypical mathematics achievers: the role of working memory, procedural and lexical competencies. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 116, n.3, p. 707-727, 2013.

NOGUES, C. P.; DORNELES, B. V. Systematic review on the precursors of initial mathematical performance. **International Journal of Educational Research**. Open, 2–2 (January), 1–17, 2021.

NOGUES, C. P.; JARDIM, F. dos S.; LIMA, E. M.; DORNELES, B. V. Habilidades Cognitivas Preditoras do Desempenho Aritmético de Crianças de 3º e 4º anos. **SciELO Preprints**, 2021.

NUERK, H. C., MOELLER, K., WILLMES, K. Multi-digit Number Processing: Overview, Conceptual Clarifications, and Language Influences. In: Kadosh, R.C., Dowker, A. (Eds). **The Oxford Handbook of Numerical Cognition**. Oxford: Oxford University Press 2015, P. 86-104.

PALOMBARINI, L. S. **Avaliação de repertórios matemáticos básicos de indivíduos com síndrome de Williams**. UFSCar, 2019. 86 f. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.

PIXNER, S., ZUBER, J., HERMANOVÁ, V., KAUFMANN, L., NUERK, H. C., MOELLER, K. One language, two number-word systems and many problems: numerical cognition in the Czech language. **Research on Developmental Disabilities**, v. 32 n. 6, p. 2683-2689, 2011.

POWER, R.J.D., DAL MARTELLO, M.F. The dictation of Italian numerals. **Language and Cognitive Processes**, v. 5, 237-254, 1990.

SILVA, P. A., SANTOS, F. H. Discalculia do Desenvolvimento: Avaliação da Representação Numérica pela ZAREKI-R. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 27, n. 2, p. 169-177, 2011.

Teixeira, R. M., Moura, R. J. Arabic number writing in children with developmental dyslexia. **Estudos de Psicologia**, v. 37, p. 1-15, 2020.

Teixeira, R. M. **Transcodificação numérica e processamento fonológico em crianças com dislexia do desenvolvimento**. UnB, 2019. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Comportamento) – Instituto de Psicologia, Universidade de Brasília, 2019.

ZUBER, J., PIXNER, S., MOELLER, K., NUERK, H-C. On the language specificity of basic number processing: transcoding in a language with inversion and its relation to working memory capacity. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 102, n. 1, p. 60-77, 2009.

3 COMPETÊNCIAS COGNITIVAS PREDITORAS DO DESEMPENHO EM TRANSCODIFICAÇÃO NUMÉRICA: O PAPEL DA MEMÓRIA DE TRABALHO E DA CONSCIÊNCIA FONÊMICA

Resumo

O presente estudo teve como objetivo investigar quais habilidades, considerando memória de trabalho e consciência fonêmica, são preditoras da habilidade de transcodificação numérica. Para tanto, 127 crianças de escolas municipais de Porto Alegre-RS foram avaliadas quanto à transcodificação numérica (escrita de números), à consciência fonêmica em relação à memória de trabalho (componentes fonológico, visuoespacial e executivo central). Quando consideradas todas as competências avaliadas, foi evidenciado significativo poder predição da idade, da quantidade de algarismos do numeral e dos componentes fonológico e executivo central da memória de trabalho sobre o desempenho em transcodificação numérica. Foi verificado, ainda, um pequeno efeito de mediação da consciência fonêmica na relação entre memória de trabalho e transcodificação numérica.

Palavras-chave: Transcodificação numérica. Memória de Trabalho. Consciência Fonêmica.

Abstract

The aim of this study was to investigate which abilities, considering working memory and phonemic awareness, are predictors of numerical transcoding ability. To this end, 127 children from municipal schools in Porto Alegre-RS were assessed for numerical transcoding (writing of numbers), phonemic awareness in relation to working memory (phonological, visuospatial, and central executive components). It was found a significant predictive power of age, number of digits in the numeral, phonological and central executive components of working memory on performance in numerical transcoding when all the assessed competencies were considered. A small mediation effect of phonemic awareness was also observed in the relationship between working memory and numerical transcoding.

Key-words: Number transcoding. Working Memory. Phonemic Awareness.

3.1 INTRODUÇÃO

O estudo das competências que embasam a aprendizagem da matemática tem crescido em contexto brasileiro e internacional nos últimos anos. Entre as competências cognitivas associadas à aprendizagem dessa área do conhecimento, a memória de trabalho, a velocidade de processamento e a recuperação de fatos aritméticos da memória de longo prazo se destacam (GEARY, 2011; CORSO; DORNELES, 2012, NOGUES *et al.*, 2021). Sabe-se ainda que habilidades numéricas básicas como o processamento de numerais verbais e arábicos e a compreensão do valor posicional dos algarismos de números compostos por mais de um dígito são base para a aprendizagem de outros conteúdos matemáticos, a exemplo da aritmética (NUERK; MOELLER; WILMES, 2015; HERZOG; FRITZ, 2022).

Nesse contexto de pesquisa, tem ganhado destaque a transcodificação numérica, ou seja, a habilidade de transformação de numerais verbais para arábicos ou vice-versa - uma das habilidades matemáticas mais básicas que abrange competências linguísticas. (MOURA *et al.*, 2013; LOPES-SILVA *et al.*, 2014). Uma série de estudos evidencia que essa habilidade aparece como preditora do desempenho em aritmética anos mais tarde (MOELLER *et al.*, 2011; GEARY, 2011; HABERMANN *et al.*, 2020; NOGUES; DORNELES, 2021).

Considerado esse panorama, somado ao que indica a Base Nacional Comum Curricular brasileira (BNCC) - transcodificação de numerais até 4 algarismos com objeto de conhecimento a partir do 3º ano do Ensino Fundamental (EF), tem-se a intenção de investigar quais habilidades, considerando memória de trabalho e consciência fonêmica, são preditoras da habilidade de transcodificação numérica nessa faixa etária.

A transcodificação numérica tem sido investigada a partir de distintas abordagens teóricas. Os modelos cognitivos utilizados para embasar as análises partem de duas bases teóricas que apresentam distinta compreensão a respeito das etapas do processo cognitivo de escrita e leitura de numerais e dos erros que aparecem nesse processo, sendo os modelos classificados em semânticos e asemânticos. Os modelos semânticos compreendem a necessidade de uma representação semântica para o número, o que envolve a compreensão da quantidade e magnitude que este representa (MCCLOSKEY; CARAMAZZA; BASILI, 1985; POWER; DAL MARTELLO, 1990; MCCLOSKEY, 1992). Em contrapartida, os modelos asemânticos consideram a transcodificação numérica como um processo independente da representação semântica de quantidade do numeral (DELOCHE; SERON, 1987; BARROUILLET *et al.*, 2004).

3.1.1 ADAPT — um modelo desenvolvimental, asemântico e procedural para a transcodificação de numerais do formato verbal ao arábico

O modelo asemântico de desenvolvimento processual da transcodificação numérica, nomeado ADAPT (BARROUILLET *et al.*, 2004), caracteriza as análises propostas neste estudo, tendo em vista a investigação da transcodificação como uma habilidade a ser desenvolvida de modo processual, dependendo dos recursos da memória de trabalho — uma das competências cognitivas avaliadas ao longo da pesquisa e que tem destaque em outros estudos recentes sobre a temática (ZUBER *et al.*, 2009; PIXNER *et al.*, 2011; IMBO *et al.*, 2014; CLAYTON *et al.*, 2020, STEINER *et al.*, 2021). É possível a aplicação do modelo a diferentes línguas, mas as regras que o compõem (desenvolvidas no francês) precisam ser adequadas, tendo em vista as diferenças estruturais que envolvem as línguas em questão.

De acordo com o ADAPT, a transcodificação envolve um sistema de produção por meio da codificação da sequência verbal do numeral em uma forma fonológica e da sua análise, segmentando esta sequência em unidades para processamento. Nesse sistema de produção, primeiro ocorre a aquisição das regras elementares necessárias a números de até dois dígitos; segundo, a adição de novas regras para números maiores, com mais de dois dígitos; e, por fim, o abandono do uso de regras e estratégias primitivas para recorrer às formas mais simples e frequentemente utilizadas diretamente da memória. Assim, o modelo organiza os procedimentos para a transcodificação em dois grupos: o dos procedimentos básicos, com regras simples para números até 99, e o dos avançados, para números até 999999, sendo que para escrever esses últimos o sujeito precisa conseguir realizar a recuperação direta dos números até 99 da memória de longo prazo.

Os procedimentos para a transcodificação consistem na leitura do conteúdo que está na memória de trabalho (unidades verbais a serem analisadas, elementos recuperados da memória de longo prazo e/ou sequências de dígitos já construídas) e na inserção de novas representações, ou no preenchimento de representações que já existem. O número é fragmentado em primitivos lexicais, que se caracterizam por unidades, dezenas, centenas ou milhares, para que seja possível a compreensão de quantos espaços precisarão ser ocupados pelos dígitos que compõem o número. Então, ocorre o resgate das unidades lexicais menores da memória de longo prazo e a produção de zeros para completar os espaços ainda vazios. Na leitura do numeral “dois mil e três”, por exemplo, é necessária a compreensão do separador mil para o processamento da quantidade de dígitos necessários para compor o número, que é fragmentado em unidades lexicais menores, e estas são então resgatadas da memória de longo

prazo, transformando esse numeral em forma verbal na sequência de dígitos 2003 (BARROUILLET et al., 2004). Deste modo, quanto mais regras de transcodificação e mais dígitos o número tiver, mais procedimentos são necessários para a transcodificação, maior sua complexidade sintática e, possivelmente, mais conteúdo é armazenado na memória de trabalho e, assim, mais complexo se torna esse processo.

3.1.2 Distintos contextos, diferentes resultados em relação à transcodificação

Ao analisar a habilidade de transcodificação numérica, a consideração do contexto linguístico e cultural em questão é fator de extrema relevância. A língua que falam os sujeitos envolvidos e a composição do sistema numérico verbal são aspectos que podem gerar diferenças na complexidade do processo de transcodificação e, por consequência, nas competências requeridas para que a escrita e a leitura de numerais sejam desenvolvidas. Isso porque os aspectos procedurais que envolvem o processo de transcodificação podem se diferenciar de acordo com a língua e o sistema numérico verbal (KRINZINGER et al., 2011).

Há mais de duas décadas, Seron e Fayol (1994) abordaram interferências da língua e do sistema numérico verbal em um estudo longitudinal (6 testagens com intervalo de 1 mês cada) cujos objetivos envolveram a análise da complexidade dos sistemas numéricos verbais da França e de Valônia (Bélgica). Os pesquisadores avaliaram 20 crianças (10 de cada região), com idades entre 7 anos a 7 anos e 11 meses, em relação à transcodificação numérica, à representação e à comparação de magnitudes simbólicas, e à compreensão sintática do sistema numérico verbal (ordem das palavras). A irregularidade na formação das dezenas no sistema numérico verbal francês (90, por exemplo, nomeado como *quatre-vingt-dix* — “quarenta-vinte-dez”, enquanto na Bélgica o mesmo número é nomeado *nonante*) foi apontada como causadora do maior número de erros realizados por crianças francesas, em comparação com os erros de crianças belgas. Apesar do número pequeno de sujeitos avaliados, já é possível vislumbrar a importância da linguagem para a transcodificação.

O foco das muitas pesquisas posteriores (ZUBER et al, 2009; PIXNER et al., 2011; IMBO et al, 2014; VAN DER VEN; KLAIBER; VAN DER MAAS, 2017; PONCIN; VAN RINSVELD; SCHILTZ, 2019; CLAYTON et al., 2020, STEINER et al., 2021), porém, foi centrado em outra característica relacionada ao sistema numérico verbal e à língua: a inversão das dezenas e unidades na transcodificação do formato numérico verbal ao arábico (ou vice-versa). A organização invertida caracteriza o formato do sistema numérico verbal no alemão, no árabe, no neerlandês, no dinamarquês, no malgaxe, no maltês e em partes no tcheco e no

norueguês⁵. Tais pesquisas posteriores foram realizadas respectivamente com falantes de alemão, tcheco, neerlandês e francês, neerlandês, francês e alemão, alemão e inglês, novamente alemão e inglês, sendo consideradas amostras com estudantes entre 5 e 12 anos e adultos escolarizados. Conforme evidenciam os estudos citados, quanto menos transparente o sistema numérico verbal, ou seja, quanto mais especificidades caracterizam a transcodificação de um formato numérico a outro, maior a sua demanda. Os estudos realizados por Poncin, Van Rinsveld, Schiltz (2019) e Steiner e colaboradores (2021) avaliaram os dois públicos (crianças e adultos), com o objetivo de verificar o quanto a linguagem interfere na representação mental e no desempenho em transcodificação numérica. A amostra do estudo de Poncin, Van Rinsveld, Schiltz (2019) foi composta por 45 crianças, 23 do francês (média de 9 anos e 11 meses) e 22 do alemão (média de 10 anos e 4 meses), que frequentam o 4º ano do EF, também 54 adultos universitários, 28 falantes do francês (média de 22 anos e 4 meses) e 26 do alemão (média de 26 anos e 4 meses); enquanto o estudo de Steiner e colaboradores (2021) foi realizado com 393 crianças, 148 falantes do alemão (média de 8 anos e 2 meses) e 245 falantes do inglês (média de 7 anos e 3 meses), que frequentam o 2º ano do EF, além de contar com 80 adultos, 38 falantes do alemão e 42 falantes do inglês (média de 19 anos e 8 meses). Nos dois estudos, quando comparado o desempenho em reconhecimento de números de crianças em idade escolar com o desempenho de adultos escolarizados, fica explícito que o efeito da estrutura do sistema numérico verbal não afeta o desempenho da mesma forma. O efeito da inversão das dezenas e unidades entre as crianças em idade escolar afeta mais o desempenho das crianças.

A transcodificação em sistemas numéricos verbais com a inversão das dezenas e unidades gera uma demanda superior à memória de trabalho. Entre os estudos anteriormente citados, os que avaliaram a memória de trabalho (ZUBER *et al.*, 2009; PIXNER *et al.*, 2011; IMBO *et al.*, 2014; CLAYTON *et al.*, 2020, STEINER *et al.*, 2021) explicitaram com papel de destaque o componente executivo central e o visuoespacial para transcodificação de sistemas numéricos verbais com inversão. Esse componente apareceu fortemente correlacionado e/ou preditor do desempenho em transcodificação. O papel da memória de trabalho visuoespacial apareceu relacionado com erros de inversão e ainda mais fortemente relacionado com o desempenho geral em transcodificação.

Além do foco nas habilidades linguísticas, outra particularidade sobre a transcodificação numérica que tem sido investigada em pesquisas internacionais é referente a

⁵ Alguns exemplos: O número 21, em português nomeado “vinte e um”, nas línguas com inversão é nomeado “um e vinte”: *einundzwanzig* (alemão), *jedenadvacet* (tcheco) e *eenentwintig* (neerlandês).

um contexto de sujeitos adultos com comprometimento cognitivo, como são os casos de pessoas com Alzheimer. Nessas, o desempenho na escrita de números aparece prejudicado (MORIYAMA *et al.*, 2016; TING *et al.*, 2016; MACOIR *et al.*, 2020). No estudo recente de Macoir e colaboradores (2020), com canadenses falantes do francês, foi evidenciada até mesmo a importância da inclusão da transcodificação numérica na avaliação de déficits gerados pelo envelhecimento patológico. Esse estudo comparou o desempenho de sujeitos com Alzheimer com o de sujeitos com amnésia na escrita de numerais, com o objetivo de determinar a contribuição de tarefas desse tipo para identificação de comprometimento cognitivo leve e identificar relações com competências cognitivas. Os autores investigaram uma amostra de 48 adultos com idade maior ou igual a 50 anos (média de 74 anos), 20 com o subtipo de amnésia com comprometimento cognitivo leve, 8 com Alzheimer e 20 saudáveis – média de escolarização de 10 anos. A amostra foi avaliada a partir de bateria de testes clínicos e neuropsicológicos, bem como de três tarefas de transcodificação com numerais projetados em computador (da forma arábica à verbal escrita, da verbal escrita à arábica e, após, ambas em ordem aleatória). Os sujeitos com amnésia e Alzheimer apresentaram pontuação inferior aos indivíduos saudáveis considerados na pesquisa na avaliação das funções executivas, da atenção e velocidade de processamento cognitivo. Déficits em tais habilidades apareceram associados com dificuldades nas tarefas de escrita de numerais arábicos e verbais. O estudo concluiu que apesar de haver essas dificuldades em relação ao desempenho em transcodificação numérica entre sujeitos com amnésia de comprometimento leve, elas são inferiores às apresentadas por sujeitos com Alzheimer.

Estudos brasileiros com falantes do português (língua sem inversão) existem em menor número, mas também têm evidenciado o papel da memória de trabalho na transcodificação numérica, contudo com destaque às interferências linguísticas (FREITAS; FERREIRA; HAASE, 2012; MOURA *et al.*, 2013; LOPES-SILVA *et al.*, 2014). No estudo de Freitas, Ferreira e Haase (2012) foram identificadas diferenças relacionadas à estrutura fonológica da língua portuguesa e padrões de erros específicos: erros lexicais causados pela semelhança entre os fonemas nos numerais “oitenta” e “noventa”, sessenta” e “setenta”, “três” (nomeado “três”) e “seis”, “sessenta” e “setenta”; e erros sintáticos específicos referentes a uma incompletude posicional (falta de 0). A amostra contou com 391 crianças do 2º ao 7º ano do EF (de 7 a 12 anos), avaliadas em relação à leitura e à escrita de números, à leitura e à escrita. Foi percebida uma correlação muito forte entre os resultados de transcodificação e as tarefas de leitura e escrita. O foco na relação entre memória de trabalho e transcodificação numérica, seguindo direcionamento semelhante às pesquisas internacionais, foi evidenciado por Moura e

colaboradores (2013), em estudo que teve como objetivo investigar o desempenho em transcodificação de crianças com e sem dificuldades na matemática de 1º a 4º ano do EF (média de 9 anos e 6 meses), a partir de uma amostra de 109 participantes. Esses pesquisadores compuseram dois grupos: um com crianças de 1º e 2º ano do EF (com 39 no total, 29 controles⁶ e 10 com dificuldades na matemática⁷) e outro com crianças de 3º e 4º ano do EF (com 70 no total, 52 controles e 18 com dificuldades na matemática). Além da inteligência, foi avaliado o desempenho em aritmética, escrita de palavras, memória de trabalho e leitura e escrita de números. A inteligência e a memória de trabalho fonológica demonstraram relação de predição com a escrita de números; e apenas a inteligência apareceu como preditora da leitura de números; porém, nenhum modelo de regressão obteve significância estatística quando consideradas crianças de 3º e 4º ano.

Nesse contexto de pesquisa, ficou explícito o papel de competências linguísticas na transcodificação numérica, que foram investigadas com maior ênfase nos estudos posteriores de Lopes-Silva e colaboradores (2014, 2016), em que são descritas evidências da consciência fonêmica como preditora da escrita de números e mediadora do impacto do componente verbal da memória de trabalho durante o processo de transcodificação, sendo que essa variável absorveu o impacto da memória de trabalho verbal. Nos dois estudos, os pesquisadores contaram com uma amostra de 172 crianças de 2º a 4º ano do EF (média e idade de 9,32 anos). Lopes-Silva e colaboradores (2014) tiveram como foco principal a escrita de números e demonstraram que, na associação entre as variáveis cognitivas envolvidas e o desempenho na tarefa que avalia essa habilidade, as taxas de erro se correlacionaram negativamente com as variáveis idade, inteligência, memória de trabalho e consciência fonêmica, ou seja, quanto maior a pontuação em relação a esses aspectos, menor a quantidade de erros realizados. A consciência fonêmica apareceu significativamente correlacionada com a inteligência e a memória de trabalho. Quando essas variáveis foram submetidas a uma análise de regressão, a memória de trabalho se destacou como preditora do desempenho em transcodificação, após remoção dos efeitos da idade e da inteligência e sem a inserção da consciência fonêmica. Com a adição da consciência fonêmica, a idade e a inteligência absorveram o impacto da memória de trabalho verbal. Em seguida, os pesquisadores constataram, através de análise de caminhos, que o modelo de caminho de mediação, no qual o efeito da memória de trabalho na

⁶ Crianças com pontuação acima do percentil 25 no Subteste de Aritmética do TDE.

⁷ Crianças com pontuação abaixo do percentil 25 do Subteste de Aritmética do TDE.

transcodificação é parcialmente mediado pela consciência fonêmica, é a descrição mais adequada para os dados (LOPES-SILVA *et al.*, 2014).

A forte associação entre habilidades linguísticas e matemáticas foi abordada ainda por Teixeira e Moura (2020), que elaboraram um estudo com o objetivo de verificar a habilidade de transcodificação numérica entre crianças com dislexia e compreender como esta demonstra relação com o processamento fonológico. O estudo contou com uma amostra de estudantes de 3º a 6º ano (7 a 16 anos) dividida em dois grupos (26 crianças com dislexia e 23 sem dificuldades em leitura). Os estudantes foram avaliados em escrita de numerais arábicos, inteligência, memória de trabalho, leitura de palavras, julgamento de rimas, consciência fonêmica e velocidade de processamento/nomeação de letras, cores, imagens e números. Considerados os resultados sobre a escrita de números, verificou-se um efeito significativo de ano escolar, de 3º para 4º ano, e de grupo, com pontuação maior do grupo sem dificuldades. Habilidades linguísticas que apareceram como preditoras da escrita de números de crianças com dislexia foram consciência fonêmica e velocidade de nomeação de números. No grupo controle, a consciência fonêmica foi o único preditor significativo da transcodificação. Houve diferenças na associação entre erros lexicais e sintáticos e competências cognitivas, considerando os dois grupos. Os resultados nas tarefas que avaliaram memória de trabalho verbal e velocidade de nomeação demonstraram poder preditivo significativo de erros lexicais entre crianças com dislexia - nenhum destes foi significativo entre crianças sem dificuldades em leitura. Consciência fonêmica, julgamento de rimas e velocidade de nomeação de números apareceram como preditores de erros sintáticos efetuados por crianças com dislexia. No grupo controle, a consciência fonêmica demonstrou ser preditora. A partir desses resultados, foi possível constatar que os déficits na escrita de numerais entre as crianças com dislexia são persistentes nos cinco primeiros anos de escolarização. Ainda, ressaltou-se que a consciência fonêmica tem papel significativo diante da necessidade de processamento da composição sintática dos numerais.

As referidas constatações vão ao encontro de estudos internacionais recentes (RADDATZ *et al.*, 2017; PAUL *et al.*, 2019), que demonstram o desempenho em tarefas que avaliam o processamento numérico verbal associado a resultados em tarefas de leitura. Estes estudos ressaltam a importância da avaliação de habilidades linguísticas se há o objetivo de prever o desempenho em habilidades matemáticas.

3.2 OBJETIVOS E HIPÓTESES

O objetivo geral do presente estudo é investigar quais habilidades, considerando memória de trabalho e consciência fonêmica, são preditoras da habilidade de transcodificação numérica. Para delinear o estudo, alguns objetivos específicos de destacam:

- a) Verificar a associação da memória de trabalho e da consciência fonêmica com o desempenho em transcodificação numérica (escrita de números) entre crianças de 3º e de 4º ano do EF
- b) Investigar se, e em que medida, essas competências cognitivas, somadas a outros fatores como idade e quantidade de algarismos do número para transcodificação, são habilidades influenciam esse desempenho, são preditoras;
- c) Verificar se há um efeito de mediação da consciência fonêmica na associação entre memória de trabalho e o desempenho na escrita de números (transcodificação numérica).

Parte-se do entendimento de que há associação entre memória de trabalho, consciência fonêmica e escrita de números considerando um contexto de falantes do português, conforme evidenciado em estudos prévios com estudantes mais jovens (MOURA *et al.*, 2013; LOPES-SILVA *et al.*, 2014, 2016). Diferente dos estudos já realizados anteriormente em contextos brasileiros, este estudo avalia estudantes de uma faixa etária que tende a apresentar um desempenho em transcodificação mais alto, de modo a verificar se o padrão de competências cognitivas envolvidas se repete. Além disso, há diferente interpretação das tarefas utilizadas para medir o desempenho em relação aos componentes da memória de trabalho. A memorização de dígitos em ordem inversa é utilizada para avaliar memória de trabalho fonológica nos estudos brasileiros citados previamente, enquanto neste estudo tal tarefa é aplicada para avaliação do componente executivo central da memória de trabalho. As hipóteses que caracterizam o estudo são as seguintes:

- a) existe correlação significativa entre resultados do desempenho em escrita de números e as habilidades cognitivas citadas (memória de trabalho e consciência fonêmica);
- b) os componentes fonológico, visuoespacial e o executivo central da memória de trabalho, a idade e a quantidade de algarismos do numeral atuam como preditores da escrita de números.
- c) a consciência fonêmica faz mediação entre a relação entre os componentes da memória de trabalho e o desempenho na escrita de números.

3.3 MÉTODO

A presente pesquisa foi desenvolvida com a intenção de verificar competências cognitivas preditoras do desempenho em uma tarefa de escrita de números (transcodificação numérica), considerando uma realidade brasileira de crianças falantes do português.

3.3.1 Amostra

A coleta de dados foi realizada no primeiro trimestre letivo de 2018, com 155 estudantes do 3º e do 4º ano do EF de escolas municipais de Porto Alegre-RS. A escolha das escolas foi realizada a partir dos seguintes critérios: facilidade de acesso para pesquisa, quantidade de alunos e realidade socioeconômica semelhante. Dessa amostra inicial, 20 estudantes não realizaram todas as tarefas e, portanto, foram desconsiderados na amostra para análise. Com o objetivo de homogeneizar ainda mais a amostra para análise, foi realizada ainda uma avaliação da inteligência através da tarefa nomeada Matrizes Progressivas Coloridas de Raven – Escala Especial (ANGELINI *et al.*, 1999). A aplicação ocorreu coletivamente, com grupos de 10 estudantes, e o ponto de corte para inclusão na amostra foi o percentil 25, pontuação referente a um QI médio, conforme indica o teste. Uma pontuação abaixo desse percentil aponta QI abaixo da média. Em função da pontuação abaixo do percentil 25, foram retirados da amostra inicial mais 8 estudantes, resultando em uma amostra para análise de 127 estudantes. Os 127 participantes que compõem a amostra utilizada para análise têm entre 8 e 11 anos ($M=9,3$ anos, $DP=0,7$), 55 frequentam o 3º ano do Ensino Fundamental e 73 o 4º ano.

3.3.2 Instrumentos

Durante a coleta de dados, foram utilizadas 5 distintas tarefas, sendo que, além da transcodificação numérica (escrita de números), foram avaliadas memória de trabalho (a partir de três tarefas distintas) e consciência fonêmica (supressão de fonemas).

3.3.2.1 Tarefa de avaliação da transcodificação numérica

A transcodificação numérica foi avaliada a partir de uma tarefa de escrita de números (MOURA *et al.*, 2015), aplicada coletivamente. O instrumento consiste em um ditado com 28 numerais, em que a criança deverá escrever, na forma arábica, o número ditado pelo avaliador. O grau de complexidade dos numerais é gradativo, variando de 1 a 4 dígitos. Os números de 3 e 4 dígitos (16 números) são agrupados em 3 categorias de acordo com o nível de complexidade

(baixa, moderada ou alta), que é definido com base no número de regras de transcodificação a serem aplicadas durante o processo. Este critério baseia-se no ADAPT, o modelo assemântico de transcodificação proposto por Barrouillet *et al.* (2004), conforme o qual quanto mais etapas de transcodificação o número requer, mais difícil é sua transcrição.

As categorias de complexidade dos numerais da tarefa estão disponíveis no Quadro 4, adaptado de Moura e colaboradores (2015).

Quadro 4 – Nível de complexidade dos itens da tarefa de avaliação da transcodificação numérica

Ítem	Número	Complexidade	Número de regras de transcodificação necessárias
1	4	Nula	2
2	7	Nula	2
3	1	Nula	2
4	11	Nula	2
5	40	Nula	2
6	16	Nula	3
7	30	Nula	2
8	73	Nula	3
9	13	Nula	2
10	68	Nula	3
11	80	Nula	2
12	25	Nula	3
13	200	Baixa	3
14	109	Moderada	4
15	150	Baixa	3
16	101	Moderada	4
17	700	Baixa	3
18	643	Alta	5
19	8000	Baixa	3
20	190	Baixa	3
21	1002	Moderada	4
22	951	Alta	5

(continua)

(continuação)

Ítem	Número	Complexidade	Número de regras de transcodificação necessárias
23	1015	Moderada	4
24	2609	Alta	7
25	1300	Moderada	4
26	3791	Alta	7
27	1060	Moderada	4
28	4701	Alta	7

Fonte: adaptado de Moura e colaboradores (2015).

Durante a aplicação da tarefa, um ponto é atribuído a cada número escrito corretamente. Não há critério de interrupção ou tempo limite para a realização da tarefa.

3.3.2.2 Tarefas de avaliação da memória de trabalho

A memória de trabalho foi avaliada a partir das tarefas Memória de Blocos e Memória de Dígitos em ordem direta e inversa da WMTB-C de Pickering e Gathercole (2001) aplicadas individualmente.

A avaliação do executivo central foi realizada através da tarefa Memória de Dígitos em ordem inversa (*Backward Digit Recall*). A tarefa consiste na repetição, na ordem inversa, de 36 sequências de dígitos ditadas pelo avaliador, que compõem 6 níveis em ordem crescente de dificuldade, com 6 sequências cada. O primeiro nível apresenta sequências de 2 dígitos e estas aumentam gradualmente até o sexto nível, que é composto por sequências de 7 dígitos. Antes da apresentação das 36 sequências, são apresentados 4 itens para prática, compostos por duas sequências de 2 dígitos e duas de 3. O desempenho é medido com base no número de sequências corretas e o teste é interrompido em caso de 3 respostas incorretas consecutivas em um mesmo nível (PICKERING; GATHERCOLE, 2001).

O componente fonológico foi avaliado a partir da tarefa de Memória de dígitos em ordem direta (*Forward Digit Recall*). Essa tarefa é composta por 54 itens organizados em nove níveis com aumento gradativo da dificuldade. Cada conjunto é composto por 6 itens, sendo que os itens do primeiro conjunto apresentam 1 dígito, os do segundo apresentam 2 e assim seguem em ordem crescente até o último conjunto, com sequências de 9 dígitos. A criança deve repetir, na ordem de apresentação, os dígitos que lhe são ditados. Antes do início são apresentados 3 itens para prática, com 1, 2 e 3 dígitos em sequência, respectivamente. A medida do

desempenho e o critério de interrupção da tarefa é o mesmo da Memória de Dígitos em ordem inversa (PICKERING; GATHERCOLE, 2001).

O componente visuoespacial foi avaliado a partir da tarefa Memória de Blocos (*Block Recall*), composta por 9 blocos idênticos fixos em posições aleatórias em um tabuleiro. Em um dos lados de cada bloco aparece impresso 1 dígito (de 1 a 9) que apenas o avaliador pode visualizar, este o guiará para aplicação da tarefa. Essa é organizada em 54 itens, 6 sequências divididas em 9 níveis, o primeiro composto por itens de 1 dígito, aumentando gradualmente até o último nível, caracterizado por itens compostos por sequências de 9 dígitos. O avaliador, sentado à frente da criança, toca uma sequência de blocos com o dedo indicador, 1 bloco por segundo (sem nenhum bloco ser tocado mais de uma vez na sequência), e a criança deve reproduzir a sequência tocando nos mesmos blocos, na mesma ordem em que foram mostrados. O desempenho é medido de acordo com o número de sequências repetidas corretamente. Há 3 itens para prática antes do início da tarefa e o teste é interrompido se a criança cometer 3 erros em um mesmo nível, assim como na tarefa anterior (PICKERING; GATHERCOLE, 2001).

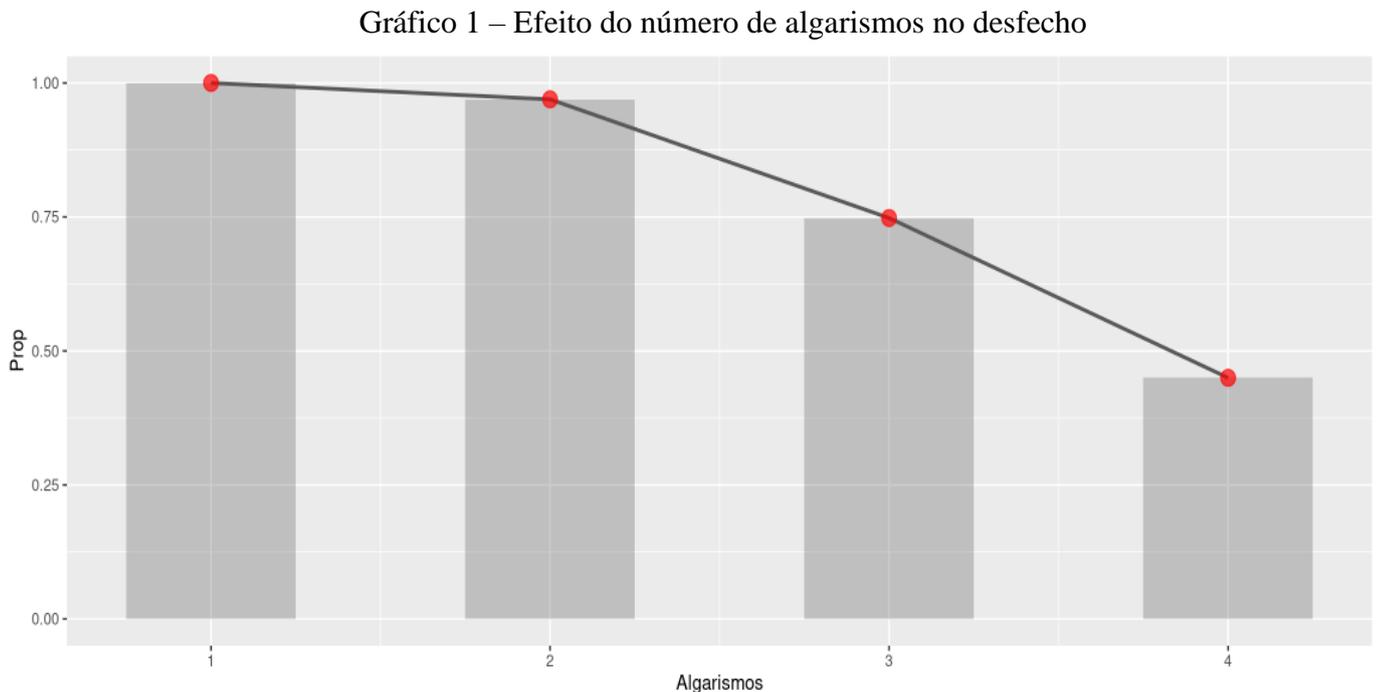
3.3.2.3 Tarefa de avaliação da consciência fonêmica

A avaliação da consciência fonêmica foi realizada através da tarefa de supressão de fonemas de Lopes-Silva *et al.* (2014, 2016). Nessa, o avaliador fala uma palavra e a criança é instruída a dizer qual palavra será formada se um fonema específico da palavra inicial for excluído. A tarefa é composta por 28 itens, em oito destes a criança precisa considerar a palavra excluindo uma vogal, nos outros 20, uma consoante. O fonema a ser excluído está localizado em diferentes partes das palavras, compostas por duas ou três sílabas. A tarefa não apresenta critérios de interrupção. Sua aplicação foi individual.

3.4.3 Análise

Primeiramente foi realizada uma análise das correlações entre as variáveis em questão. Em seguida, foram construídos modelos univariados de regressão logística binomial considerando como variáveis independentes: inteligência, idade, quantidade de algarismos do número a ser escrito, consciência fonêmica, componente fonológico da memória de trabalho, o executivo central e o componente visuoespacial. O resultado da tarefa de escrita de números (MOURA *et al.*, 2015), o acerto ou o erro referente a números de 3 e 4 algarismos foi considerado variável dependente para análise. Durante análise inicial dos dados, foi verificado um decréscimo no desempenho em transcodificação numérica na medida em que o número de

algarismos do numeral aumentava, conforme indicou hipótese prévia. Números de 1 e 2 algarismos geraram índices semelhantes de acertos, alta proporção de questões respondidas corretamente, sendo que o decréscimo dos acertos teve destaque entre números de 3 e 4 algarismos (Gráfico 1).



Assim deu-se a escolha pela análise dos resultados referentes aos numerais de 3 e 4 algarismos. Ainda, foi elaborado um modelo composto de regressão logística binomial, com a mesma variável desfecho (acerto ou erro nos numerais de 3 e 4 algarismos). Esse modelo foi elaborado a partir do método *stepwise* de inserção de variáveis. As variáveis foram inseridas por ordem de importância estabelecida pelo *software* estatístico *RStudio* (versão 3.6.3) a partir do valor p calculado nos modelos univariados anteriormente realizados. Por fim, optou-se por verificar o papel da consciência fonêmica como mediadora do efeito da memória de trabalho sobre a transcodificação numérica, através de análises de mediação considerando a memória de trabalho avaliada a partir dos componentes fonológico, visuoespacial e executivo central.

3.4 RESULTADOS

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos a partir das análises previamente descritas.

Na tabela 1 estão descritas as correlações entre as habilidades cognitivas avaliadas e o desempenho em transcodificação numérica (escrita de números), demonstrando que essas habilidades são relacionadas, interdependentes. Destaca-se a verificação de correlação significativa entre os resultados das tarefas que avaliaram memória de trabalho e consciência fonêmica.

Tabela 1 – Correlações entre todas as variáveis

	1	2	3	4
1. MT – Fonológica	1			
2. MT –Visuoespacial	-0,014	1		
3. MT – Executivo Central	0,294**	0,257**	1	
4. Consciência Fonêmica	0,258**	0,208*	0,388**	1
5. Transcodificação Numérica	0,347***	0,236**	0,283**	0,339***

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Fonte: elaborada pela autora

Além dessas variáveis cognitivas, idade e quantidade de algarismos também se mostraram relacionadas com o desempenho na escrita de números. Sendo que a proporção de acertos cresceu com o aumento da idade e diminuiu com o aumento da quantidade de algarismos do numeral.

A partir dos modelos univariados de regressão logística binomial de efeitos mistos construídos (que consideram medidas repetidas), para verificação do efeito de cada variável relacionada com a escrita de números no estudo - idade, quantidade de algarismos do numeral, consciência fonêmica, componentes fonológico, executivo central e visuoespacial da memória de trabalho na variável desfecho definida como acerto ou erro em números de 3 e 4 algarismos, foi possível constatar o seguinte: analisadas individualmente, todas as citadas demonstraram expressivo poder preditivo sobre o desempenho na escrita de números – modelos com p-valor<0,001, exceto no caso do modelo considerando o componente visuoespacial da memória de trabalho como variável independente (p-valor<0.01), conforme pode ser visualizado na tabela a seguir.

Tabela 2 – Resultados dos modelos univariados de regressão logística binomial

Preditores	Razão de chances	Erro padrão	p
Idade	4,86	0,2833	2.44e-08***
Algarismos	0,06	0,1795	<2e-16***
Consciência Fonêmica	1,12	0,03469	0,000703***
MT-Fonológica	1,18	0,0450	0,000174***
MT- Executivo Central	1,27	0,06838	0,000494***
MT- Visuoespacial	1,17	0,0571	0,00636**

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Fonte: dados da pesquisa

No modelo de regressão logística binomial multivariado, com a mesma variável desfecho, idade e algarismos quase não sofreram modificações, referentes ao valor β , consciência fonêmica, componentes fonológico, visuoespacial e executivo central da memória de trabalho perderam significância, aparecendo multicolinearidade (*Variance Inflation Factor* - VIF até o valor 1.23). Então, as variáveis foram inseridas a partir do método *stepwise* seguindo a ordem decrescente de influência observada a partir do valor p . Portanto, a ordem de inserção no modelo foi: algarismos, idade e, em seguida, memória de trabalho fonológica e o executivo central. Todos apresentaram significância estatística com p -valor<0.001. Contudo, quando adicionada a variável consciência fonêmica, essa também apareceu como preditora e, conseqüentemente, subiu a multicolinearidade entre as variáveis, a memória de trabalho fonológica e o executivo central perderam significância. O mesmo ocorreu quando adicionada a variável memória de trabalho visuoespacial. Sendo assim, optou-se por manter o seguinte formato de modelo final de regressão (Tabela 3):

Tabela 3 – Modelo composto de regressão logística binomial *stepwise* considerando toda a amostra

Preditores	Razão de chances	Erro padrão	p
Algarismos	0,057	0,18017	<2e-16***
Idade	6,28	0,35185	1,78 e-07***
MT-Fonológica	1,15	0,05231	0,008305**
MT- Executivo Central	1,22	0,07817	0,011721*

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Fonte: dados da pesquisa

O modelo multivariado final demonstra que as variáveis predictoras significativas do desempenho na escrita de números (transcodificação numérica) são a quantidade de algarismos do numeral a ser escrito, a idade dos sujeitos em questão, a memória de trabalho fonológica e o executivo central.

A validação cruzada, realizada a partir de 20% da amostra total do modelo – Tabela 4, permitiu verificar sensibilidade (capacidade do modelo prever que o estudante vai acertar quando, de fato, acerta) de 88,79% e especificidade (capacidade do modelo de prever que o estudante não vai acertar quando erra) de 84,48%. A acurácia geral do modelo foi de 86,95% e a área sob a curva ROC (AUC) igual a 0,9382, o que demonstra um alto poder de explicação deste.

Tabela 4 – Modelo composto de regressão logística binomial *stepwise* considerando 20% da amostra

Preditores	Razão de chances	Erro padrão	<i>p</i>
Algarismos	0,06	0,19695	<2e-16***
Idade	6,06	0,33758	9.33e-08***
MT-Fonológica	1,16	0,05096	0,002750**
MT- Executivo Central	1,22	0,07550	0,009539**

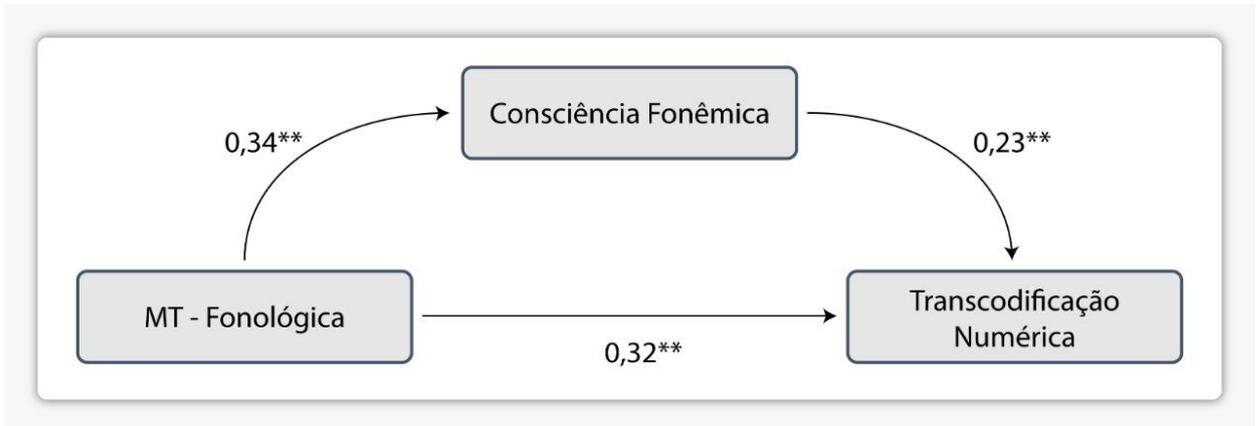
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Fonte: dados da pesquisa

Conforme visualizado nas tabelas 2, 3 e 4, todas as variáveis consideradas para avaliação demonstraram poder de predição sobre o desempenho na escrita de números. Porém, quando inserida a consciência fonêmica no modelo composto, esta absorveu poder de explicação dos componentes fonológico e executivo central da memória de trabalho, o que direcionou às análises de mediação considerando tais variáveis.

Em análises da mediação da consciência fonêmica sobre a relação dos componentes fonológico e executivo central da memória de trabalho com a transcodificação numérica, apareceram resultados com significância estatística, porém os modelos demonstraram poder preditivo (R^2) pequeno (conforme pode ser visualizado na Figura 3 e na Figura 4).

Figura 3 - Análise de mediação 1



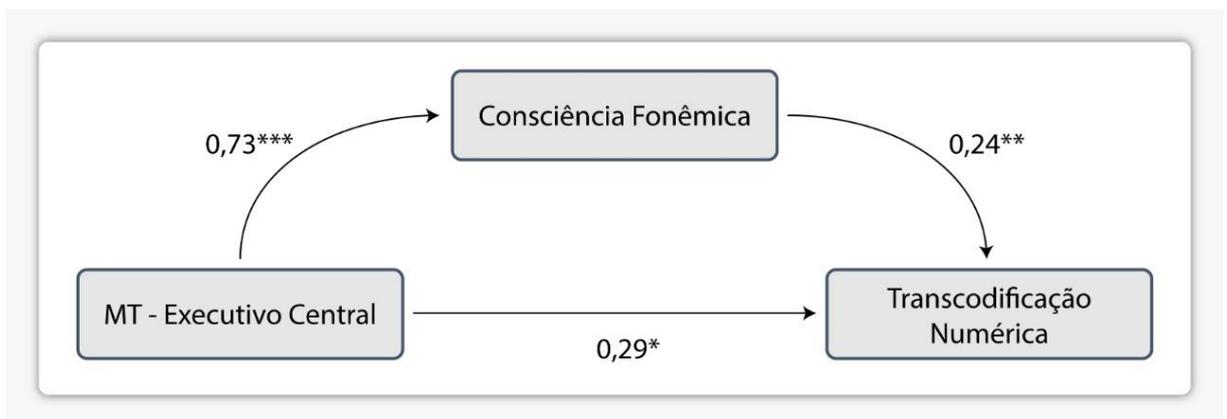
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Efeito Indireto= 0,08; Efeito Total=0,40; $p < 0,001$

$R^2 = 0,12$; $p < 0,001$

Fonte: dados da pesquisa

Figura 4 - Análise de mediação 2



* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Efeito Indireto= 0,17; Efeito Total=0,47; $p < 0,01$

$R^2 = 0,08$; $p < 0,01$

Fonte: dados da pesquisa

Conforme pode ser verificado nas figuras, o coeficiente de efeito indireto e o poder preditivo dos modelos é baixo, variando de 8 a 12%, o que direcionou à constatação de que tal análise é limitada, considerando a realidade em questão, ou seja, a avaliação da escrita de números de estudantes de 3º e 4º.

3.5 DISCUSSÃO

O presente estudo investigou as relações entre competências cognitivas apontadas na literatura como preditoras da transcodificação numérica e o desempenho de estudantes falantes do português em tarefa que avalia tal habilidade. A partir dos procedimentos estatísticos

realizados (análise de correlação, de regressão e de mediação) foram confirmadas algumas das hipóteses iniciais: o desempenho na escrita de números (transcodificação numérica) apresenta relação e interdependência com o desempenho em memória de trabalho e consciência fonêmica; a memória de trabalho; a memória de trabalho fonológica e o executivo central, juntamente com a idade e a quantidade de algarismos do numeral, atua como preditor da escrita de números; quanto maior o numeral, mais difícil é para o estudante sua transcodificação de um formato a outro. Existe, embora fraca, uma mediação da consciência fonêmica na relação entre memória de trabalho fonológica e executivo central e o desempenho na escrita de números.

A correlação significativa verificada entre os componentes da memória de trabalho e a transcodificação numérica era esperada, visto que é consonante às evidências da literatura nacional e internacional que também as avaliaram (ZUBER *et al.*, 2009; PIXNER *et al.*, 2011; MOURA *et al.*, 2013; IMBO *et al.*, 2014; CLAYTON *et al.*, 2020, STEINER *et al.*, 2021). Os coeficientes de correlação foram baixos, o que pode ter como uma das causas a quantidade reduzida de itens complexos e estar associado, ainda, com o fato de os recursos cognitivos em questão estarem mais fortemente associados à transcodificação entre crianças mais jovens, considerando que a transcodificação uma habilidade básica que a maioria dos estudantes de 3º e 4º ano (amostra deste estudo) com desenvolvimento típico já domina (MOURA *et al.*, 2013, 2015). A associação entre consciência fonêmica e escrita de números também aparece na literatura prévia (LOPES-SILVA *et al.*, 2014; 2016; TEIXEIRA; MOURA, 2020).

Em meio a esse contexto de pesquisa, a quantidade de algarismos do numeral atuou como aspecto crucial. É importante considerar, sobretudo, que aspecto fundamental associado à quantidade de algarismos é a complexidade sintática dos numerais, que não foi considerada na análise estatística do presente estudo, porém foi verificada como preditor em estudos brasileiros anteriores (MOURA *et al.*, 2013; LOPES-SILVA *et al.*, 2014, 2016).

Verificou-se que, mesmo a literatura indicando que a maioria dos estudantes do 3º e 4º ano já domina a escrita de números (MOURA *et al.*, 2013, 2015), há particularidades que merecem atenção, especialmente quanto à escrita de numerais de 3 e 4 algarismos, visto que houve grande proporção de erros entre numerais com essa característica (25% em numerais com 3 algarismos e 56% em numerais com 4 algarismos). Esse resultado pode ser justificado pelo modelo ADAPT (BARROUILLET *et al.*, 2004), uma vez que um numeral maior demanda o conhecimento de mais regras de transcodificação e há mais unidades lexicais para processamento.

Para além desses aparatos teóricos que delineiam particularidades envolvidas no processo de escrita de números, as análises de regressão realizadas permitiram verificar uma

série de aspectos que predizem o desempenho na transcodificação de números de 3 e 4 algarismos. A quantidade de algarismos mais uma vez se destaca, atuando como preditora. Ainda, ganha ênfase a idade, o que sugere uma interferência da escolarização e do amadurecimento cognitivo. É importante lembrar, diante de tal resultado, que a legislação educacional brasileira (BRASIL, 2020) indica a transcodificação de numerais de 3 e 4 algarismos como objeto de conhecimento a ser explorado a partir do 3º ano do EF, conforme já citado anteriormente.

Memória de trabalho fonológica, visuoespacial, executivo central e consciência fonêmica também apareceram com destaque nas análises de regressão realizadas, porém, ficou explícito que seus papéis se complementam. Conforme explicita a literatura existente até o momento (ZUBER *et al.*, 2009; PIXNER *et al.*, 2011; MOURA *et al.*, 2013; LOPES-SILVA *et al.*, 2016), o papel de cada um dos subcomponentes da memória de trabalho listados por Baddeley e Hitch (1974) em relação à transcodificação ainda não está claro .

Após opção pelo método *stepwise* de inserção de variáveis, a inserção da consciência fonêmica absorve poder de explicação da memória de trabalho fonológica e do executivo central. Tal resultado pode estar associado ao fato de o desempenho na tarefa de consciência fonêmica utilizada para avaliar essa habilidade depender muito da memória de trabalho fonológica e do executivo central, visto que exige reter a informação, processar e devolver o que é solicitado. Foi possível concluir que a memória de trabalho tem maior influência do que a consciência fonêmica sobre o desempenho de estudantes de 3º e 4º ano do EF, sendo o executivo central, após idade e quantidade de algarismos, a variável com papel de maior efeito na predição do desempenho em transcodificação numérica, assim como verificado nos estudos internacionais que consideram a inversão de dezenas e unidades (ZUBER *et al.*, 2009; PIXNER *et al.*, 2011; IMBO *et al.*, 2014; CLAYTON *et al.*, 2020, STEINER *et al.*, 2021). Destaca-se o fato de que, no presente estudo, a memória de trabalho visuoespacial não apresenta forte poder de predição da escrita de números em modelo considerando todas as variáveis, apesar ser preditora significativa (com menor efeito) se considerada isoladamente. É possível que isso esteja relacionado com as particularidades linguísticas do contexto de realização do estudo, visto que os estudos internacionais citados reservam papel de destaque a tal componente da memória de trabalho.

Por fim, é importante retomar a constatação do papel mediador da consciência fonêmica na relação entre memória de trabalho e desempenho em transcodificação numérica, que foi verificada também por Lopes-Silva e colaboradores (2014). Os resultados dos modelos desenvolvidos no presente estudo são, porém, muito limitados por apresentarem um efeito

muito baixo de interferência dessa habilidade. É possível que tal resultado esteja atrelado à caracterização da amostra, visto que esta é composta por estudantes de 3º e 4º ano e verificou-se maior associação entre as competências cognitivas em questão (memória de trabalho e consciência fonêmica) entre crianças mais jovens, conforme já anteriormente citado (MOURA *et al.*, 2013). Vale lembrar, ainda, que o estudo mencionado anteriormente, de Lopes-Silva e colaboradores (2014), com análise semelhante à do presente estudo, engloba estudantes mais jovens, a partir do 2º ano do EF (até o 4º ano).

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo consideradas as particularidades referentes ao contexto de pesquisa, que não são generalizáveis, há uma série de aspectos em comum entre as pesquisas que caracterizam a transcodificação numérica, habilidade básica para o domínio matemático. O presente estudo mais uma vez confirma a memória de trabalho como competência cognitiva de base para desenvolvimento da escrita de números, além da quantidade de algarismos na tarefa ser um fator dificultador e a idade apresentar um papel determinante.

As hipóteses iniciais de pesquisa foram confirmadas. Foi constatada correlação significativa entre resultados do desempenho em escrita de números e memória de trabalho e consciência fonêmica. Os subcomponentes da memória de trabalho, a idade e a quantidade de algarismos, além da consciência fonêmica, foram verificados como preditores do desempenho em transcodificação numérica quando considerados separadamente. Entre os subcomponentes da memória de trabalho e o desempenho na escrita de números, embora fraca, apareceu uma relação de mediação da consciência fonêmica, conforme esperado.

A identificação de tais variáveis como predictoras do desempenho em transcodificação numérica evidencia em quais aspectos o professor em sala de aula precisa voltar o foco quando aparecem dificuldades dos estudantes em relação ao reconhecimento e à transcodificação de uma representação numérica a outra. Investir em atividades voltadas à memória de trabalho e à consciência fonêmica, por exemplo, pode direcionar a um desempenho superior também na escrita de números. É possível afirmar, portanto, que o presente estudo delinea pontos de partida, ou seja, competências necessárias para desenvolvimento da habilidade de transcodificação que podem contribuir para a construção de propostas pedagógicas potentes para a sala de aula. É necessário citar, porém, como limitação, aspectos referentes às particularidades socioeconômicas e culturais que não foram abordadas no presente estudo e, para pensar em uma intervenção em transcodificação, são importantes.

REFERÊNCIAS

- ANGELINI, A. L. ALVES, I. C. B.; CUSTÓDIO, E. M.; DUARTE, W. F.; DUARTE, J. L. M. **Matrizes Progressivas Coloridas de Raven – Escala especial**. São Paulo: Centro Editor de Teses e Pesquisas em Psicologia, 1999.
- BADDELEY, A. D.; HITCH, G. J. Working Memory. *In.*: G. H. BOWER. (Ed.). **The psychology of learning and motivation**. London: Academic Press, 1974. P. 47-91.
- BARROUILLET, P.; CAMOS, V.; PERRUCHET, P.; SERON, X. ADAPT: A developmental, asemantic, and procedural model for transcoding from verbal to Arabic numerals. **Psychological Review**, v. 111, p. 368–394, 2004.
- CLAYTON, F. J.; COPPER, C.; STEINER, A. F.; BANFI, C. FINKE, S.; LANDERL, K.; GÖBEL, S. M. Two-digit number writing and arithmetic in Year 1 children: Does number word inversion matter? **Cognitive Development**, v. 56, p. 1-14, 2020.
- DELOCHE, G.; SERON, X. Numerical transcoding: A general production model. In G. DELOCHE, G.; SERON, X. (Org.), **Mathematical disabilities: A cognitive neuropsychological perspective**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1987. P 137-179.
- FREITAS, N.; FERREIRA, F. O.; HAASE, V. G. Aspectos linguísticos envolvidos na habilidade de transcodificar entre diferentes representações. **Ciências & Cognição**, v.. 17, n. 1, p. 2-15 2012.
- PAUL, J. M.; GRAY, S. A.; BUTTERWORTH, B. L.; REEVE, R. A. Reading and math tests differentially predict number transcoding and number fact speed longitudinally: A random intercept cross-lagged panel approach. **Journal of Educational Psychology**, v. 111, n. 2, p. 299–313, 2019.
- GEARY, D. C. Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: A 5-year longitudinal study. **Developmental Psychology**, v. 47, n. 6, p. 1539–1552, 2011.
- HABERMANN, S.; DONLAN, C.; GÖBEL, S. M.; HULME, C. The critical role of Arabic numeral knowledge as a longitudinal predictor of arithmetic development. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 193, p. 1-15, 2020.
- IMBO, I.; VANDEN BULCKE, C.; DE BRAUWER, J.; FIAS, W. Sixty-four or four-and-sixty? The influence of language and working memory on children’s number transcoding. Numerical Development — from cognitive functions to neural underpinnings. **Frontiers in Psychology**, v. 5, n. 313, p. 1-10, 2014.
- KRINZINGER, H.; GREGOIRE, J.; DESOETE, A.; KAUFMANN, L.; NUERK, H.-C.; WILLMES, K. Differential language effects on numerical skills in second grade. **Journal of Cross-Cultural Psychology**, v. 42, p. 614–629, 2011.
- LOPES-SILVA, J. B.; MOURA, R J. de.; JÚLIO-COSTA, A.; HAASE, V. G.; WOOD, G. Phonemic awareness as a pathway to number transcoding. **Frontiers in Psychology**. v. 5, n.13, 2014.

- LOPES-SILVA, J. B.; MOURA, R. J. de; JÚLIO-COSTA, A.; WOOD, G. SALLES, J. F.; HAASE, V. G. What Is Specific and What Is Shared Between Numbers and Words? **Frontiers in Psychology**, v. 7, n. 22, 2016.
- MAICOIR., J.; LAFAY, A.; HUDON, C. The Impairment of Number Transcoding Abilities in Individuals with Amnesic Mild Cognitive Impairment and Alzheimer Disease: Associations With Attentional and Executive Functions. **Cognitive and Behavioral Neurology**, v. 33, n. 1, 2020.
- MCCLOSKEY, M. Cognitive mechanisms in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia. **Cognition**, v. 44, p. 107–157, 1992.
- MCCLOSKEY, M., CARAMAZZA, A., & BASILI, A. Cognitive mechanisms in number-processing and calculation: Evidence from dyscalculia. **Brain and Cognition**, v. 4, p. 171–196, 1985.
- MORIYAMA, Y.; YOSHINO, A.; MURAMATSU, T.; MIMURA, M. Detailed analysis of error patterns in the number-transcoding task on the Japanese version of the Rapid Dementia Screening Test. **Psychogeriatrics: The Official Journal of the Japanese Psychogeriatric Society**, v. 16, n. 3, p. 1-6, 2016
- MOURA, R J.; LOPES-SILVA, J. B.; VIEIRA, L. R.; PAIVA, G. M., PRADO, A. C. DE A.; WOOD, G.; HAASE, V. G. From “Five” to 5 for 5 minutes: Arabic number transcoding as a short, specific, and sensitive screening tool for mathematics learning difficulties. **Archives of Clinical Neuropsychology** v. 30, p. 88–98, 2015.
- MOURA, R J.; WOOD, G.; PINHEIRO-CHAGAS, P.; LONNEMANN, J.; KRINZINGER, H.; WILLMES, K.; HAASE, V. G. Transcoding abilities in typical and atypical mathematics achievers: the role of working memory, procedural and lexical competencies. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 116, p. 707–727, 2013.
- NOGUES, C. P.; DORNELES, B. V. Systematic review on the precursors of initial mathematical performance. **International Journal of Educational Research Open**, 2–2(January), p. 1–17, 2021.
- NOGUES, C. P.; JARDIM, F. dos S.; LIMA, E. M.; DORNELES, B. V. Habilidades Cognitivas Predictoras do Desempenho Aritmético de Crianças de 3º e 4º anos. **SciELO Preprints**, 2021.
- PICKERING, S. J.; GATHERCOLE, S. E. **Working Memory Test Battery for Children**. London: Psychological Corporation Europe, 2001.
- PIXNER, S.; ZUBER, J.; HERMANOVÁ, V.; KAUFMANN, L.; NUERK, H.-C.; MOELLER, K. One language, two number-word systems and many problems: numerical cognition in the Czech language. **Research on Developmental Disabilities**, v. 32, p. 2683–2689, 2011.
- PONCIN, A.; VAN RINSVELD, A. SCHILTZ, C. Units-first or tens-first: Does language matter when processing visually presented two-digit numbers? **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 73, n. 5, p. 726-738, 2019.

POWER, R. J. D.; DAL MARTELLO, M. F. The dictation of Italian numerals. **Language and Cognitive Processes**, v. 5, p. 237–254, 1990.

RADDATZ, J.; KUHN, J-T; HOLLING, H.; MOLL, K.; DOBEL, C. Comorbidity of Arithmetic and Reading Disorder: Basic Number Processing and Calculation in Children With Learning Impairments. **Journal of Learning Disabilities**, v. 50, n. 3 p. 298-308, 2017.

STEIN, L. M. **TDE - Teste de Desempenho Escolar: manual para aplicação e interpretação**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1994.

STEINER, A. F.; BANFI, C.; FINKE, S. KEMÉNY, F.; CLAYTON, F. J.; GÖBEL, S. M.; LANDERL, K. Twenty-four or four-and-twenty: Language modulates cross-modal matching for multidigit numbers in children and adults. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 202, p. 1-18, 2021.

TEIXEIRA, R. M., MOURA, R. J. Arabic number writing in children with developmental dyslexia. **Estudos de Psicologia**, v. 37, p. 1-15, 2020.

TING, S. K. S.; CHIA, P. S.; KWEK, K.; TAN, W.; HAMEED, S. Characteristics of number transcoding errors of Chinese- versus English-speaking Alzheimer's disease patients. **Neurocase**, v. 22, p. 469-471, 2016.

VAN DER VEN, S. H. G.; KLAIBER, J. D.; VAN DER MAAS, H. L. J. Four and twenty blackbirds: how transcoding ability mediates the relationship between visuospatial working memory and math in a language with inversion. **Educational Psychology**, v. 37, n. 4, p. 487-505, 2017.

ZUBER, J.; PIXNER, S.; MOELLER, K.; NUERK, H.-C. On the language specificity of basic number processing: transcoding in a language with inversion and its relation to working memory capacity. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 102, p. 60-77, 2009.

4 ERROS NA TRANSCODIFICAÇÃO NUMÉRICA: ASPECTOS CAUSADORES E COMPETÊNCIAS COGNITIVAS ASSOCIADAS

Resumo

O presente estudo teve como objetivo analisar o desempenho dos estudantes de 3º e 4º ano na transcodificação numérica, a partir da classificação de erros de escrita de números, a fim de investigar competências cognitivas e outros aspectos associados aos distintos tipos de erros, como ano escolar e desempenho matemático. Participaram da pesquisa 127 crianças de escolas municipais de Porto Alegre – RS, avaliadas em relação à escrita de números (transcodificação numérica), à consciência fonêmica e quanto à memória de trabalho (componentes fonológico, visuoespacial e executivo central). Os erros na escrita de números foram classificados em quatro categorias: “branco, ilegível ou escrito em local incorretos, referente a questão não respondida ou ilegível; “lexical”, decorrente de dificuldades na identificação dos elementos lexicais do numeral; “sintático”, causado por dificuldades na aplicação de mecanismos/regras de transcodificação; e “misto”, que explicita dificuldades lexicais e sintáticas. Entre os resultados, destacou-se uma maioria considerável de erros causados pela incompreensão dos mecanismos de transcodificação (n=361), quando comparada à quantidade de erros referentes a dificuldades de identificação dos elementos lexicais (n=97). A escolarização demonstrou-se importante, visto que houve uma diminuição dos erros do 3º para o 4º ano do EF. Os numerais compostos por mais algarismos foram desencadeadores de maiores dificuldades para os estudantes. Os componentes da memória de trabalho e a consciência fonêmica apareceram associados aos erros e, considerando o 3º ano do EF, evidenciou-se um padrão de aumento de erros lexicais com decréscimo do desempenho em memória de trabalho fonológica.

Palavras-chave: Transcodificação numérica. Erros. Desempenho matemático.

Abstract

The aim of this study was to analyze the performance of 3rd and 4th grade students in numerical transcoding, from the classification of errors in writing numbers, in order to investigate cognitive skills and other aspects associated with different types of errors, such as school year and mathematical performance. The study included 127 children from public schools in Porto Alegre, RS, Brazil, who were assessed in relation to number writing (numerical transcoding), phonemic awareness, and working memory (phonological, visuospatial, and central executive components). The errors in number writing were classified into four categories: *branco, ilegível*

ou escrito em local incorreto, referring to unanswered or illegible question; *lexical*, resulting from difficulties in identifying the lexical elements of numeral; *sintático*, caused by difficulties in applying transcoding mechanisms/rules; and *misto*, showing lexical and syntactical difficulties. Among the results, there was a considerable majority of errors caused by incomprehension of transcoding mechanisms (n=362), when compared to the number of errors related to difficulties in identifying lexical elements (n=97). Schooling proved to be important, since there was a decrease in errors from 3rd (n=578) to 4th grade (n=276). Numerals composed by more digits were the cause of more difficulties for the students. Working memory components and phonemic awareness were associated with errors and, considering the 3rd grade of high school, there was a pattern of increasing lexical errors with decreasing performance in phonological working memory.

Key-words: Number transcoding. Errors. Mathematics achievement.

4.1 INTRODUÇÃO

Erros de transcodificação numérica podem estar associados ao desempenho da memória de trabalho e a aspectos linguísticos, conforme já explicitado há alguns anos por ZUBERE colaboradores (2009) e Moura e colaboradores (2013). Destarte, para compreensão dos processos que envolvem a transcodificação, faz-se necessário um estudo detalhado dos erros em cada realidade linguística.

Pesquisas demonstram que características referentes ao sistema numérico verbal em questão delineiam distintas exigências cognitivas durante os processos de transcodificação numérica. Sistemas que apresentam a particularidade de inversão das dezenas e unidades quando o numeral é transcodificado de uma representação à outra geram maior demanda cognitiva (PIXNER *et al.*, 2011; IMBO *et al.*, 2014; MOELLER *et al.*, 2015; PONCIN; RINSVELD; SCHILTZ, 2019; CLAYTON *et al.*, 2020; STEINER *et al.*, 2021). Assim, no estudo dos erros específicos de cada realidade linguística, se impõe a necessidade de considerar como o processamento do numeral e a transcodificação para o número arábico é efetuada no sistema numérico verbal em questão.

Na realidade brasileira, ainda são escassas as pesquisas que evidenciam análise detalhada sobre a transcodificação e os erros de crianças falantes do português, sendo a de Freitas, Ferreira e Haase (2012), que investiga a existência de processos linguísticos na transcodificação, a primeira que se tem conhecimento, após revisão de literatura descrita em um dos estudos anteriores (seção 2).

Diante de tal contexto, a presente pesquisa tem como objetivo analisar o desempenho dos estudantes de 3º e 4º ano na transcodificação numérica, a partir da classificação de erros de escrita de números, a fim de investigar competências cognitivas e outros aspectos associados aos distintos tipos de erros, como ano escolar e desempenho matemático

4.1.1 A classificação dos erros de transcodificação

A classificação dos erros de transcodificação numérica em lexicais e sintáticos foi realizada inicialmente por Deloche e Seron (1982) e, com o avanço das pesquisas, foi adaptada a distintas realidades linguísticas.

A classificação dos erros de escrita de números a partir dos termos “lexical” e “sintático” vem caracterizando as pesquisas sobre transcodificação desde os anos 1980, explicada de acordo com os distintos modelos cognitivos, ou seja, não se restringindo ao modelo que caracteriza a transcodificação como um processo semântico (em que há a compreensão da quantidade que o numeral representa), proposto pelos autores que a desenvolveram (DELOCHE; SERON, 1982). A amostra do estudo de Deloche e Seron (1982) foi composta por 32 pacientes com deterioração da linguagem, com idades entre 18 e 75 anos (22 franceses e 10 belgas da região de Valônia), falantes do francês. Os erros encontrados pelos autores foram divididos em: causados por dificuldades na identificação dos elementos lexicais, realizados em função de alexias (erros lexicais), como por exemplo cent (100) = 5 (cinq), e em resultantes de incompreensão dos mecanismos (estratégias) envolvidos durante a transcodificação (erros sintáticos), a exemplo de *mille neuf cents* (1900) = 10009100. Em meio aos resultados houve o aparecimento de erros mistos, entre os quais ocorreu a aplicação parcial de um mecanismo incorreto na transcodificação ou a utilização da combinação de diferentes tipos de mecanismos inadequados que operam nos elementos lexicais do numeral – (exemplo: *trois mille deux cent seize* (3216) = 312016 (trois cent douze mille seize)).

Nessa classificação, a influência de aspectos linguísticos, a exemplo da diferença entre o sistema numérico verbal dos falantes do francês da região de Valônia na Bélgica e da França, ficou explícita. Conforme constataram Deloche e Seron (1982), a presença do nome de dezenas composto no numeral, como se caracteriza o sistema numérico verbal na França⁸, se destaca como um fator de dificuldade – mesma dificuldade percebida em estudo realizado mais de 30 anos depois, por Van Rinsveld e Schiltz (2016). Essa complexidade, de acordo com o modelo

⁸ Na França, o número 70, por exemplo, tem nome composto: *soixante-dix* (sessenta-dez). Na Bélgica, o mesmo número é representado verbalmente como *septante* (setenta).

assemântico de desenvolvimento processual da transcodificação ADAPT (BARROUILLET *et al.* 2004), amplamente utilizado em pesquisas recentes e base para o presente estudo, aparece em função da necessidade de uma regra adicional para o processamento do número.

Durante o desenvolvimento desse modelo, Barrouillet e colaboradores (2004) avaliaram a escrita de numerais arábicos de uma amostra de 410 alunos franceses, 166 de 2º ano do EF (média de idade de 7,6 anos) e 244 de 3º (média de 8,6 anos). Os pesquisadores dividiram os erros de transcodificação em decorrentes de incompreensões lexicais ou sintáticas, conforme proposto por Deloche e Seron (1982). Barrouillet e colaboradores. (2004) divergiram da pesquisa de Deloche e Seron, porém, a partir da afirmação de que tal contexto de erros independe da compreensão da quantidade que o numeral representa. Foram caracterizados como puramente sintáticos os erros que incluíram todos os dígitos diferentes de 0 com adição ou omissão de um ou mais dígitos 0, por exemplo *trois cent quatre-vingt* (380) representado como 30080, *cinq mille six cent sept* (5607) como 50607, *huit mille cinq cents* (8500) como 850, ou *sept cent neuf* (709) como 79, ou um ou mais dígitos 1, por exemplo *cinq cents* (500) como 5100 ou *deux cent cinq* (205) como 21005. Ainda, foram nomeados assim os erros que se caracterizaram pela omissão de um dígito diferente de 0 e acréscimo de outro dígito, a exemplo de *neuf mille trois cent soixante-quatre* (9364) representado como 964. Os erros lexicais foram definidos como transcrições com o número de dígitos correto, mas com a resposta incorreta de um ou mais dígitos como, por exemplo, *neuf mille trois cent soixante-quatre* (9364) representado como 9354 (*neuf mille trois cent cinquante-quatre*) ou 9964 (*neuf mille neuf cent soixante-quatre*).

Após a análise dos erros, Barrouillet e colaboradores (2004) destacaram, ainda, que erros de transcrição literal, a exemplo de *trois cent vingt-quatre* (324) transcrito como 3100204, envolvem a primeira etapa do desenvolvimento da transcodificação e são mais comuns em crianças mais jovens. Tais constatações explicitam o caráter desenvolvimental da habilidade de transcodificação.

Os estudos mais recentes (ZUBER *et al.*, 2009; FREITAS; FERREIRA; HAASE, 2012; MOURA *et al.*, 2013) também indicam a transcodificação como habilidade a ser desenvolvida, porém com os erros classificados em outras subcategorias: erros lexicais divididos em “erros sem o 0” (74 como 75), “erros com o 0” (80 como 81) e “erros de classe lexical” (90 como 19); e erros sintáticos categorizados em “erros de composição incorreta”, inserção de zeros incorreta (314 como 3000001000400000), “erros de composição aditiva” (482 como 410082), e “erros de composição multiplicativa” (431 como 40031). Além disso,

abordam na classificação dos erros as particularidades associadas à língua, como semelhanças fonológicas (23 escrito como 26) e a inversão das dezenas e unidades (163 escrito como 136).

4.1.2 Fatores associados a erros

Já é sabido que idade/ano escolar, língua e sistema numérico verbal, além da complexidade do numeral em questão, interferem no desempenho em transcodificação numérica. Tais fatores têm sido investigados associados a competências cognitivas como a memória de trabalho e habilidades linguísticas por pesquisas em diferentes contextos já há alguns anos (ZUBER *et al.*, 2009; PIXNER *et al.*, 2011; IMBO *et al.*, 2014; LOPES-SILVA *et al.*, 2014; MOURA *et al.*, 2013; 2015, PAUL *et al.*, 2019), conforme delineado com mais detalhes na seção anterior (seção 3), que teve como foco tais competências.

A transcodificação ainda é forte preditora do desempenho em aritmética e parte importante da compreensão inicial do valor posicional (HABERMANN *et al.*, 2020; NOGUES *et al.*, 2021; HERZOG; FRITZ, 2022), ou seja, há uma relação entre as referidas habilidades numéricas a ser considerada quando analisadas dificuldades na escrita de números.

4.1.2.1 Processamento numérico, valor posicional e desempenho em aritmética

A transcodificação, e sua relação com a aritmética, é enfatizada na pesquisa de Moeller e colaboradores (2011), que destaca a importância da compreensão do princípio de valor posicional para o domínio dos cálculos aritméticos. Os pesquisadores realizaram um estudo longitudinal com 94 crianças austríacas do 1º ano do EF (média 7 anos e 4 meses) e do 3º (média de 10 anos e 3 meses). Eles constataram que erros de transcodificação relacionados à inversão ocorrem em função da organização sintática invertida dos elementos lexicais do numeral (quando considerada a representação verbal) e aparecem como precursores do desempenho em matemática dois anos depois.

A investigação de habilidades básicas para a aprendizagem da aritmética também foi foco do estudo recente de Habermann e colaboradores (2020), realizado no Reino Unido, que destacou a importância do conhecimento de numerais arábicos para a realização de cálculos. A pesquisa contou com uma amostra inicial composta por 100 crianças com desenvolvimento típico que foram avaliadas em três momentos, da pré-escola à escola primária, com as seguintes médias de idade em cada momento, respectivamente: 4 anos e 2 meses, 4 anos e 11 meses, e 6 anos e 4 meses. A variável nomeada pelos autores como conhecimento numérico arábico, derivada da avaliação da escrita de numerais ditados, da leitura de numerais e da identificação

de numerais, apareceu como forte preditora das habilidades aritméticas formais, sendo a única preditora significativa dois anos depois.

A compreensão do valor posicional é base para essa relação da transcodificação com o desempenho em matemática, sendo a escrita de números aspecto central para entendimento do valor posicional (HERZOG; FRITZ, 2022). De acordo com Herzog e Fritz (2022), uma compreensão detalhada do sistema de valor posicional pode explicar diferenças individuais na escrita de números. A partir de uma amostra com 266 estudantes alemães de 2º e 3º ano do EF, os autores constataram que a transcodificação de números mais complexos é realizada com mais frequência de forma correta por crianças com uma compreensão de valor posicional mais elaborada. O efeito dessa compreensão foi maior quando considerados erros de cunho sintático. Os resultados descritos por Herzog e Fritz sugeriram que a transcodificação depende não somente da identificação do valor posicional, o que não necessariamente envolve o entendimento da magnitude do numeral, como também da compreensão das relações entre as unidades de agrupamento.

A complexidade de um numeral para transcodificação ou compreensão do valor posicional aparece relacionada, ainda, com o número de algarismos que o compõe, visto que, para escrita de um numeral maior, é necessário o domínio de mais procedimentos de transcodificação, conforme proposto pelo modelo assemântico de desenvolvimento processual da transcodificação, nomeado ADAPT (BARROUILLET *et al.*, 2004), já referido anteriormente. A transcodificação é compreendida como um sistema de produção composto pela codificação da sequência verbal do numeral em forma fonológica para posterior análise segmentando esta sequência em unidades a serem processadas.

Pesquisas considerando sujeitos com lesões cerebrais indicam que outro fator dificultador durante a transcodificação numérica é o processamento do algarismo zero nos numerais que o apresentam em sua composição (BENAVIDES-VARELA *et al.*, 2016; HAUPT; GILLEBERT; DEMEYERE, 2017). Isso, conforme os autores, está associado à exigência maior de recursos atencionais. A presença de zeros internos no numeral requer, adicionada à manutenção da sequência exata de dígitos na memória de trabalho, a determinação do número exato de espaços vazios que devem ser preenchidos com zero. Ambos os estudos citados elencam que dificuldades na transcodificação desses numerais podem estar associadas a lesões no hemisfério cerebral direito.

4.1.2.2 Particularidades linguísticas - especificidades do português

Além dos aspectos dificultadores da transcodificação numérica citados até o momento, as particularidades linguísticas também podem estar associadas a uma maior frequência de erros. É o que delinea uma série de estudos que consideram sistemas numéricos verbais com inversão das dezenas e unidades, detalhada nas seções 2 e 3 da presente dissertação (ZUBER *et al.*, 2009; PIXNER *et al.*, 2011; IMBO *et al.*, 2014; VAN DER VEN; KLAIBER; VAN DER MAAS, 2017; PONCIN; VAN RINSVELD; SCHILTZ, 2019; CLAYTON *et al.*, 2020, STEINER *et al.*, 2021). Nesses estudos, aparece a classificação de um tipo de erro específico realizado devido à inversão de dezenas e unidades (número 21, por exemplo, transcodificado como “um e vinte”). Ainda, há a particularidade referente ao sistema numérico francês de base 20, com numerais compostos partir do 60, que também se destaca como um fator causador de erros (DELOCHE; SERON, 1982; VAN RINSVELD; SCHILTZ, 2016)

No caso das realidades brasileiras de falantes do português investigadas, aparecem diferenças relacionadas à estrutura fonológica da língua portuguesa e padrões de erros específicos: erros lexicais causados pela semelhança entre os fonemas nos numerais “três” (pronunciado “trêis” em determinadas regiões) e “seis”, “sessenta” e “setenta”, “oitenta” e “noventa”; e erros sintáticos relacionados a composições específicas, que consistem em incompletude posicional (quando faltam dígitos 0 no número), conforme já demonstrado por Freitas, Ferreira e Haase (2012) em pesquisa realizada com uma amostra de 391 crianças entre o 2º e o 7º ano do EF (de 7 a 12 anos).

Na mesma direção, com o objetivo de verificar especificidades cognitivas relacionadas com erros de transcodificação de estudantes falantes do português no Brasil, Moura e colaboradores (2013) evidenciaram maior número de erros de acordo com o aumento da complexidade do numeral e entre as crianças com dificuldades na matemática, considerando uma amostra de 109 crianças do 1º ao 4º ano do EF. Em relação à classificação dos erros, os erros sintáticos foram os mais frequentes. Erros desse tipo na leitura de números apareceram significativamente correlacionados com a memória de trabalho fonológica e a visuoespacial, ou seja, para que não sejam realizados erros sintáticos, além do domínio dos procedimentos de transcodificação e de habilidades linguísticas, é importante o domínio da habilidade visuoespacial. Os erros lexicais, porém, não puderam ser totalmente explicados pela memória de trabalho, visto que o desempenho nessa habilidade não apareceu significativamente correlacionado com esse tipo de erro de leitura de números. Erros lexicais e sintáticos apresentaram correlação significativa com a memória de trabalho fonológica. Os pesquisadores

constataram, neste contexto, que crianças do 1º e do 2º ano do EF com dificuldades em matemática demonstram dificuldades tanto com as propriedades lexicais quanto com as propriedades sintáticas dos numerais durante a escrita no formato arábico – o mesmo não acontece com crianças sem dificuldades em matemática. Neste último caso, as dificuldades se referem apenas a aspectos sintáticos. Moura e colaboradores reforçaram, ainda, que crianças de 3º e 4º ano com desenvolvimento típico já dominam a transcodificação, aparecendo dúvidas em relação às propriedades sintáticas apenas entre crianças com dificuldades na matemática.

Já em estudo posterior de Teixeira e Moura, foi investigado o quanto habilidades linguísticas de processamento fonológico estão associadas aos tipos de erros citados (lexicais e sintáticos). A amostra foi composta por 49 crianças de 3º e 4º ano, 26 com transtorno de linguagem (dislexia). A memória de trabalho fonológica e a velocidade de nomeação apareceram como preditoras de erros lexicais, enquanto o desempenho em consciência fonêmica, velocidade de nomeação de números e julgamento de rimas foi preditor de erros sintáticos, consideradas as crianças com dislexia. Foi evidente um papel significativo de habilidades referentes ao processamento fonológico sobre a transcodificação numérica.

4.2 OBJETIVOS E HIPÓTESES

O objetivo geral deste estudo é analisar o desempenho dos estudantes de 3º e 4º ano na transcodificação numérica, a partir da classificação de erros de escrita de números, a fim de investigar competências cognitivas e outros aspectos associados aos distintos tipos de erros, como ano escolar e desempenho matemático. Para tanto, são delineados os seguintes objetivos específicos:

a) Analisar os erros de transcodificação numérica recorrentes na escrita de números, considerando uma amostra composta por estudantes de 3º e de 4º ano do EF, a fim de classificá-los em: decorrentes de dificuldades na identificação dos elementos lexicais ou dificuldades na aplicação de mecanismos de transcodificação;

b) Verificar os tipos de erros de transcodificação numérica mais frequentes entre estudantes com e sem dificuldades em aritmética e se há padrões de erros mais recorrentes entre crianças com dificuldades;

c) Investigar quais habilidades cognitivas, considerando os componentes da memória de trabalho e a consciência fonêmica, aparecem mais prejudicadas entre os estudantes com determinados erros de transcodificação numérica recorrentes, a partir do estudo da associação dessas habilidades com os diferentes tipos de erros.

Destaca-se o panorama teórico que indica desconhecimento de mecanismos de transcodificação (BARROUILLET *et al.*; 2004) e papel importante da memória de trabalho quanto à origem dos erros (MOURA *et al.*; 2013). Tem-se como hipóteses as seguintes:

- a) os estudantes de 3º e de 4º ano realizam com maior frequência erros decorrentes de dificuldades na aplicação dos mecanismos de transcodificação (sintáticos), visto que já dominam em maioria a identificação dos elementos lexicais que compõem os numerais;
- b) estudantes com dificuldades em aritmética realizam um maior número de erros;
- c) o desempenho em memória de trabalho fonológica e consciência fonêmica está associado a erros lexicais, enquanto o desempenho em relação aos componentes executivo central e visuoespacial da memória de trabalho está associado a erros sintáticos.

4.3 MÉTODO

A presente pesquisa foi desenvolvida com a intenção de caracterizar e investigar os aspectos associados a erros na escrita de números de 3º e 4º ano do Ensino Fundamental.

4.3.1 Amostra

A amostra é composta por 127 estudantes de escolas municipais de Porto Alegre-RS, a mesma população investigada no estudo anteriormente descrito (seção 3). Eles tinham entre 8 e 11 anos ($M=9,3$ anos, $DP=0,7$) no primeiro trimestre letivo de 2018, quando foi realizada a coleta de dados, 55 estão no 3º ano do Ensino Fundamental e 72 no 4º ano. A escolha das escolas para inserção na pesquisa foi baseada nos seguintes critérios: facilidade de acesso para os pesquisadores, realidade socioeconômica semelhante e quantidade de alunos. Com o objetivo de tornar a amostra ainda mais homogênea, foi realizada uma avaliação da inteligência através da tarefa nomeada Matrizes Progressivas Coloridas de Raven – Escala Especial (ANGELINI *et al.*, 1999). A aplicação foi realizada coletivamente, com grupos de 10 estudantes, e o ponto de corte para inclusão na amostra foi o percentil 25, pontuação referente a um quociente de inteligência (QI) médio, conforme indica o teste. Uma pontuação inferior a esse percentil estabelece QI abaixo da média.

4.3.2 Instrumentos

A coleta de dados foi realizada a partir de 5 tarefas distintas, sendo avaliadas transcodificação numérica (escrita de números), memória de trabalho, consciência fonêmica e desempenho em aritmética. Os instrumentos utilizados foram os mesmos considerados como bases para a análise que compõe o estudo anterior (seção 3, tópico 3.3.2): tarefa de escrita de números (MOURA *et al.*, 2015); Memória de Blocos e Memória de Dígitos em ordem direta e inversa, da WMTB-C de Pickering e Gathercole (2001); e tarefa de supressão de fonemas (LOPES-SILVA *et al.*, 2014, 2016), além do Subteste de Aritmética do Teste de Desempenho Escolar – TDE (STEIN, 1994). Esse teste é padronizado para a realidade brasileira, composto por 3 problemas simples explicitados oralmente e 35 cálculos aritméticos demonstrados de forma escrita, com nível crescente de complexidade. Os estudantes são orientados para realização do maior número de questões que conseguirem, sem limite de tempo ou interrupção. A pontuação é definida pelo total de questões desenvolvidas corretamente.

4.3.3 Análise

Inicialmente foi realizada uma análise dos erros de transcodificação numérica cometidos pelos estudantes em questão, com o objetivo de classificá-los em lexicais ou sintáticos, baseando-se na classificação do modelo cognitivo asemântico de transcodificação (ADAPT). Em seguida, foi verificada a frequência de cada tipo de erro considerando o número de algarismos dos numerais e estudantes com e sem dificuldades em aritmética – tal classificação teve como base o percentil 25 do Subteste de Aritmética do TDE (STEIN, 1994). Por fim, o desempenho em transcodificação numérica foi analisado dividindo os resultados por ano escolar (3º e 4º ano) e a pontuação nas tarefas que avaliaram outras habilidades (memória de trabalho e consciência fonêmica) foi dividida em quartis, sendo detalhado o tipo de erro de transcodificação mais comum entre estudantes com a pontuação referente a cada quartil. A proporção de erros foi calculada a partir da divisão da soma do total de erros (854). A partir dessa organização, foi realizada uma série de testes Qui-Quadrado, no *software* estatístico *RStudio* (versão 4.0.4), a fim de demonstrar evidências de associação entre tais habilidades e os distintos tipos de erros de transcodificação.

4.4 RESULTADOS

Serão apresentados a seguir os resultados em relação aos erros de transcodificação da amostra em questão, obtidos a partir das análises previamente descritas.

4.4.1 Número de erros

Os erros foram classificados inicialmente em decorrentes de dificuldades na identificação dos elementos lexicais (erros lexicais) ou de dificuldades na aplicação de mecanismos de transcodificação (erros sintáticos), então percebeu-se ser necessária a criação de duas novas categorias, a dos erros mistos (que explicitam dificuldades lexicais e sintáticas) e a dos erros referentes a itens sem resposta (brancos), ilegíveis ou escritos em locais incorretos da folha. Inicialmente foi considerado o tipo de erro pelo número de algarismos (Tabela 5), desempenho matemático (Tabela 6) e pelo ano escolar (Tabela 7). A partir da realização do teste exato de Fisher, foi constatada evidência estatística de que essas variáveis não são independentes.

Percebeu-se já no início da classificação dos dados que o número de erros de transcodificação numérica foi expressivamente maior em numerais com 3 e 4 algarismos, o que era esperado. Tal constatação pode ser visualizada na Tabela 5, a seguir. Como também pode ser percebido na tabela, os resultados quanto à porcentagem de erros lexicais não seguem o mesmo padrão que os erros dos demais tipos.

Tabela 5 - Tipo de erro por número de algarismos

Tipo de erro	Número de algarismos			Total de erro
	2	3	4	
Branco, ilegível ou escrito em local incorreto	2 (0.23%)	114 (13.35%)	206 (24.12%)	322 (37.70%)
Lexical	29 (3.39%)	48 (5.62%)	20 (2.34%)	97 (11,36%)
Misto	0 (0.00%)	34 (3.98%)	40 (4.68%)	74 (8.66%)
Sintático	2 (0.23%)	64 (7.49%)	295 (34.54%)	361 (42.27%)
Todas as categorias	33 (3.86%)	260 (30.44%)	561 (65.69%)	854 (100%)

Hipótese nula rejeitada com $p < 0,001$

Fonte: dados da pesquisa

Foi constatada uma maioria considerável de erros sintáticos (n=361), quando comparados à quantidade de erros lexicais (n=97). Após comparação da quantidade de erros de estudantes com e sem dificuldades em aritmética⁹, foi possível verificar que aqueles com dificuldades realizaram um maior número de erros. Nesse contexto, porém, ainda há outra especificidade a ser considerada: a quantidade de erros de cada tipo foi diferente entre estudantes com e sem dificuldades em aritmética. (Tabela 6).

Tabela 6 - Tipo de erro pelo desempenho em aritmética

Tipo de erro	Dificuldade em aritmética		Total de erro
	Sim	Não	
Branco, ilegível ou escrito em local incorreto	185 (21.66%)	137 (16.04%)	322 (37.70%)
Lexical	56 (6.56%)	41 (4.80%)	97 (11,36%)
Misto	28 (3.28%)	46 (5.39%)	74 (8.66%)
Sintático	114 (13.35%)	247 (28.92%)	361 (42.27%)
Todas as categorias	383 (44.85%)	471 (55.15%)	854 (100%)

Hipótese nula rejeitada com $p < 0,001$

Fonte: dados da pesquisa

Houve um número maior de erros classificados como lexical e branco, ilegível ou escrito em local incorreto entre os estudantes com dificuldades. Os estudantes sem dificuldades apresentaram mais erros mistos e sintáticos.

Quando avaliado o desempenho na escrita de números de acordo com o ano escolar, os resultados foram os seguintes: no 3º ano, seguiu aparecendo um número significativamente maior de erros de todos os tipos de erros. Somado o total de erros em cada ano, o resultado foi o seguinte: 578 no 3º ano e 276 no 4º (Tabela 7).

⁹ Pontuação inferior ao percentil 25 no Subteste de Aritmética do TDE como indicador de dificuldades na aritmética.

Tabela 7 - Tipo de erro pelo ano escolar

Tipo de erro	Ano escolar		Total de erro
	3º ano	4º ano	
Branco, ilegível ou escrito em local incorreto	281 (32.90%)	41 (4.80%)	322 (37.70%)
Lexical	61 (7.14%)	36 (4.21%)	97 (11,36%)
Misto	52 (6.09%)	22 (2.58%)	74 (8.66%)
Sintático	184 (21.54%)	177 (20.72%)	361 (42.27%)
Todas as categorias	578 (67.68%)	276 (32.31%)	854 (100%)

Hipótese nula rejeitada com $p < 0,001$

Fonte: dados da pesquisa

Os resultados indicam a possibilidade de uma interferência da escolarização, visto que o desempenho dos estudantes de 4º ano é superior, estes apresentam menor número de erros.

4.4.2 Tipos de erros e competências cognitivas associadas

Optou-se por investigar a associação do desempenho em transcodificação numérica com as competências cognitivas avaliadas, memória de trabalho e consciência fonêmica, considerando a amostra dividida por ano escolar, visto que houve resultados distintos na quantificação dos erros e tipos de erros para cada ano.

A associação entre a pontuação na tarefa de transcodificação numérica e nas tarefas da WMTB-C, que avaliam memória de trabalho fonológica, visuoespacial e executivo central, foi demonstrada a partir de resultados distintos referentes aos tipos de erros na escrita de números. Para tal verificação, a pontuação em cada uma das tarefas de avaliação na memória de trabalho também foi dividida em quartis e foi realizada uma série de testes Qui-Quadrado.

4.4.2.1 No 3º Ano

Considerada a pontuação na tarefa de consciência fonêmica dividida em quartis, foi possível verificar um maior número de erros lexicais entre estudantes com desempenho inferior em relação à consciência fonêmica. Destaca-se o fato de que o número de erros sintáticos na escrita de números cresce conforme aumenta essa pontuação (Tabela 8).

Tabela 8 - Tipo de erro pelo desempenho em consciência fonêmica no 3º ano

Tipo de erro	Pontuação na tarefa de avaliação da consciência fonêmica			
	Até 12.25	12.26 a 20.00	20.01 a 23.00	23.00+
Branco, ilegível ou escrito em local incorreto	99 (81.19) *3.27	72 (70.98) *0.20)	83 (81.19) *0.33	27 (47.64) *-4.58
Lexical	33 (17.62) *4.59	12 (15.41) *-1.06	12 (17.62) *-1.68	4 (10.34) *-2.29
Misto	17 (15.02) *0.63	16 (13.13) *0.96	15 (15.02) *-0.01	4 (8.82) *-1.87
Sintático	18 (53.16) *-6.93	46 (46.48) *-0.10	57 (53.16) *0.76	63 (31.20) *7.57

Hipótese nula descartada com $p < 0,001$

Legenda: resultado observado fora dos parênteses; (esperado); *resíduo padronizado, ou seja, diferença entre o esperado e a realidade dividido pela estimativa do erro padrão.

Fonte: dados da pesquisa

Foi possível visualizar que a proporção de erros lexicais diminui conforme a pontuação em memória de trabalho fonológica aumenta, contudo os erros sintáticos crescem (Tabela 9).

Tabela 9 - Tipo de erro pelo desempenho em memória de trabalho fonológica no 3º ano

Tipo de erro	Pontuação na tarefa de avaliação da memória de trabalho fonológica			
	Até 21.00	21.01 a 23.00	23.01 a 28.00	28.00+
Branco, ilegível ou escrito em local incorreto	118 (95.29) *3.99	97 (85.56) *2.07	34 (48.13) *-3.12	32 (52.02) *-4.29
Lexical	34 (20.69) *3.81	15 (18.57) *-1.05	6 (10.45) *-1.60	6 (11.29) *-1.84
Misto	11 (17.63) *-2.04	20 (15.83) *1.32	11 (8.91) *0.81	10 (9.63) *0.14
Sintático	33 (62.39) *-5.54	44 (56.03) *-2.33	48 (31.52) *3.91	59 (34.06) *5.73

Hipótese nula descartada com $p < 0,001$

Legenda: resultado observado fora dos parênteses; (esperado); *resíduo padronizado, ou seja, diferença entre o esperado e a realidade dividido pela estimativa do erro padrão.

Fonte: dados da pesquisa

Após verificação da quantidade de erros por tipo, agregados pelo desempenho em memória de trabalho visuoespacial, não aparece um padrão observável de aumento ou decréscimo de erros que se mantém ao longo do aumento da pontuação em memória de trabalho visuoespacial. Depois da realização do teste exato de Fisher, porém, foi constatada evidência estatística de que essas variáveis não são independentes. A proporção de erros é demonstrada na Tabela 10.

Tabela 10 - Tipo de erro pelo desempenho em memória de trabalho visuoespacial no 3º ano

Tipo de erro	VE_Score_M1			
	Até 18.00	18.01 a 21.00	21.01 a 23.00	23.00+
Branco, ilegível ou escrito em local incorreto	80 (28.47%)	110 (39.15%)	56 (19.93%)	35 (12.46%)
Lexical	16 (26.23%)	24 (39.34%)	7 (11.48%)	14 (22.95%)
Misto	9 (17.31%)	26 (50.00%)	10 (19.23%)	7 (13.46%)
Sintático	36 (19.57%)	70 (38.04%)	25 (13.59%)	53 (28.80%)

Hipótese nula rejeitada com $p < 0,001$

Fonte: dados da pesquisa

Quando considerada a avaliação do componente executivo central da memória de trabalho juntamente da transcodificação numérica, destacou-se o fato de que a proporção de erros sintáticos cresce conforme a pontuação em aumenta (Tabela 11), enquanto o número de erros lexicais diminui, padrão similar ao que apareceu quando considerada a memória de trabalho fonológica.

Tabela 11 - Tipo de erro pelo desempenho em relação ao componente executivo central da memória de trabalho no 3º ano

Tipo de erro	Pontuação na tarefa de avaliação do componente executivo central da memória de trabalho			
	Até 6.00	6.01 a 8.00	8.01 a 10.00	10.00+
Branco, ilegível ou escrito em local incorreto	117 (87.99) *5.20	82 (73.41) *1.63	63 (64.17) *-0.23	19 (55.42) *-7.92
Lexical	27 (19.10) *2.31	15 (15.94) *-0.29	8 (13.93) *-1.91	11 (12.03) *-0.35
Misto	13 (16.28) *-1.03	12 (13.58) *-0.52	10 (11.88) *-0.65	17 (10.26) *2.46
Sintático	24 (57.62) *-6.47	42 (48.07) *-1.23	51 (42.02) *1.91	67 (36.29) *6.89

Hipótese nula descartada com $p < 0,001$

Legenda: resultado observado fora dos parênteses; (esperado); *resíduo padronizado, ou seja, diferença entre o esperado e a realidade dividido pela estimativa do erro padrão.

Fonte: dados da pesquisa

Apesar de não se manter um padrão em alguns casos, destaca-se a associação de todas as competências cognitivas avaliadas com erros de escrita de números.

4.4.2.2 No 4º Ano

No 4º ano, um padrão semelhante ao do grupo do 3º ano ocorreu quando considerados os erros sintáticos e o desempenho em relação à consciência fonêmica: com o aumento da pontuação na tarefa que avalia essa habilidade, há o aumento do número de erros sintáticos (Tabela 12).

Tabela 12 - Tipo de erro pelo desempenho em consciência fonêmica no 4º ano

Tipo de erro	Pontuação na tarefa de avaliação da consciência fonêmica			
	Até 21.00	21.01 a 23.00	23.01 a 28.00	28.00+
Branco, ilegível ou escrito em local incorreto	9 (4.46) *2.47	6 (11.59) *-2.10	23 (11.74) *4.22	3 (13.22) *-3.70
Lexical	6 (3.91) *1.20	14 (10.17) *1.52	3 (10.30) *-2.89	13 (11.61) *0.53
Misto	2 (2.39) *-0.28	11 (6.22) *2.36	2 (6.30) *-2.11	7 (7.09) *-0.04
Sintático	13 (19.24) *-2.52	47 (50.02) *-0.84	51 (50.66) *0.09	66 (57.08) *2.40

Hipótese nula descartada com $p < 0,001$

Legenda: resultado observado fora dos parênteses; (esperado); *resíduo padronizado, ou seja, diferença entre o esperado e a realidade dividido pela estimativa do erro padrão.

Fonte: dados da pesquisa

Entretanto, diferentemente do que foi percebido no 3º ano, não há decréscimo dos erros lexicais conforme a pontuação na tarefa que avalia memória de trabalho fonológica aumenta (Tabela 13).

Tabela 13 - Tipo de erro pelo desempenho em memória de trabalho fonológica no 4º ano

Tipo de erro	Pontuação na tarefa de avaliação da memória de trabalho fonológica			
	Até 21.00	21.01 a 23.00	23.01 a 28.00	28.00+
Branco, ilegível ou escrito em local incorreto	9 (4.46) *2.47	6 (11.59) *-2.10	23 (11.74) *4.22	3 (13.22) *-3.70
Lexical	6 (3.91) *1.20	14 (10.17) *1.52	3 (10.30) *-2.89	13 (11.61) *0.53
Misto	2 (2.39) *-0.28	11 (6.22) *2.36	2 (6.30) *-2.11	7 (7.09) *-0.04
Sintático	13 (19.24) *-2.52	47 (50.02) *-0.84	51 (50.66) *0.09	66 (57.08) *2.40

Hipótese nula descartada com $p < 0,001$

Legenda: resultado observado fora dos parênteses; (esperado); *resíduo padronizado, ou seja, diferença entre o esperado e a realidade dividido pela estimativa do erro padrão.

Fonte: dados da pesquisa

Em relação à memória de trabalho visuoespacial, assim como no 3º ano, não aparece padrão de aumento ou diminuição de erros conforme pontuação na tarefa que avalia essa habilidade aumenta, mas os resultados estatísticos seguem demonstrando rejeição à hipótese nula de associação (Tabela 14).

Tabela 14 - Tipo de erro pelo desempenho em memória de trabalho visuoespacial no 4º ano

Tipo de erro	Pontuação na tarefa de avaliação da memória de trabalho visuoespacial			
	Até 18.00	18.01 a 21.00	21.01 a 23.00	23.00+
Branco, ilegível ou escrito em local incorreto	9 (21.95%)	1 (2.44%)	15 (36.59%)	16 (39.02%)
Lexical	10 (27.78%)	6 (16.67%)	8 (22.22%)	12 (33.33%)
Misto	8 (36.36%)	4 (18.18%)	5 (22.73%)	5 (22.73%)
Sintático	57 (32.20%)	33 (18.64%)	24 (13.56%)	63 (35.59%)

Hipótese nula rejeitada com $p=0.03376$

Fonte: dados da pesquisa

Quando considerados os tipos de erros de escrita de números e a pontuação na tarefa de que avalia o componente executivo central, não houve evidências para rejeitar a hipótese nula de associação com $p\text{-valor} = 0.7062.$, diferente das demais análises realizadas.

4.5 DISCUSSÃO

Este estudo teve como foco principal a investigação dos erros de transcodificação e suas particularidades cognitivas em uma realidade brasileira, considerando estudantes de 3º e 4º ano do EF.

O maior número de erros na escrita de números foi percebido entre os numerais compostos por mais algarismos (4 algarismos), sendo que, conforme o número de algarismos aumentava, mais erros eram visualizados - o que confirma complexidade dos numerais maiores, como já delineado por Barrouillet e colaboradores no modelo asemântico de transcodificação (2004). Destaca-se a porcentagem de erros sintáticos, causados por dificuldades de palição dos mecanismos da transcodificação, que teve grande crescimento com o aumento do número de algarismos dos numerais, considerando a amostra total.

Diante dos resultados divididos a partir de tipos de erros, outra particularidade referente ao desempenho merece destaque: os erros do tipo “lexical” foram os únicos que não seguiram o padrão de maior frequência entre números maiores, o que promove evidências à

teoria de que erros lexicais são causados por dificuldades, algumas vezes linguísticas, na identificação dos elementos lexicais do numeral, independentemente do número de procedimentos de transcodificação aplicados. (DELOCHE; SERON, 1982; BARROUILLET *et al.*, 2004; MOURA *et al.*, 2013).

Conforme mencionado anteriormente, a transcodificação numérica é uma habilidade matemática básica associada ao desempenho em habilidades matemáticas mais complexas (MOELLER *et al.*, 2011; HABERMANN *et al.*, 2020; NOGUES *et al.*, 2021). Sendo assim, é possível pressupor que crianças com dificuldades em aritmética podem apresentar mais dificuldades na escrita de números, hipótese evidenciada no presente estudo. Os erros classificados como lexicais, brancos, ilegíveis ou escritos em local incorreto foram cometidos em maior frequência pelos estudantes com dificuldades, o que direciona à inferência de que esses alunos podem não ter bem estabelecida a aprendizagem dos processos iniciais que compõem a transcodificação, como a sequenciação dos primitivos lexicais de numerais de 3 e 4 dígitos, mais complexos (BARROUILLET *et al.*, 2004).

O efeito da escolarização também foi fundamental nesse contexto, visto que o desempenho de estudantes de 3º ano foi inferior ao desempenho do 4º ano (percentual de acertos na tarefa que de 86,50% e 61,77%, respectivamente). A partir desse resultado, da classificação de erros e verificação da frequência destes em cada ano escolar, é possível constatar que a classificação de erros e associação desses com competências cognitivas específicas considerando estudantes de 3º ano (mais jovens) é mais útil para delineamentos detalhados das habilidades cognitivas envolvidas do que considerando estudantes de 4º ano, o que vai ao encontro de evidências descritas por Moura e colaboradores (2013, 2015).

No 3º ano, alguns padrões evidenciaram semelhanças com pesquisas brasileiras previamente realizadas sobre erros. Erros lexicais apareceram associados ao desempenho em relação à memória de trabalho fonológica, sendo mais frequentes entre estudantes com menor pontuação na referida competência cognitiva. Tal associação também foi verificada no estudo de Moura e colaboradores (2013) e Teixeira e Moura (2020). O mesmo padrão não apareceu entre os estudantes do 4º ano, o que evidencia mais uma vez que, para verificação de competências associadas à tarefa de transcodificação numérica, é mais útil a avaliação de crianças mais jovens.

A partir do estudo conclui-se mais uma vez que a caracterização da língua e do sistema numérico verbal em questão, o desempenho em relação à memória e trabalho, especialmente ao componente fonológico, e a escolarização são aspectos fundamentais a serem considerados na análise de erros de transcodificação.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa empírica reafirma a associação da memória de trabalho e da consciência fonêmica com erros de escrita de números. Ainda, dá destaque a interferência da escolarização no desempenho em transcodificação, visto que há distinções significativas nos tipos e quantidades de erros verificados na análise, quando considerados estudantes de 3º e 4º ano.

Foi confirmada a hipótese inicial de que estudantes de 3º ano realizam com mais frequência erros de transcodificação. Somados os dois grupos, 3º e 4º ano, o maior número de erros foi de cunho sintático (erros decorrentes de dificuldades na aplicação dos mecanismos de transcodificação), como também esperado. Considerados os diferentes tipos de erros classificados, os sintáticos foram mais frequentes entre os estudantes de 4º ano. Os estudantes do 3º ano realizaram maior número de erros lexicais, causados por dificuldades da identificação dos elementos lexicais do numeral. A hipótese de que os estudantes com dificuldades em aritmética realizam um maior número de erros de transcodificação não foi confirmada. Considerada a associação de habilidades cognitivas a tipos de erros específicos, foi constatado que, entre estudantes do 3º ano do EF, o desempenho em relação à memória de trabalho fonológica está associado a erros lexicais.

É possível, mais uma vez, enfatizar o papel da transcodificação numérica na identificação de dificuldades de aprendizagem da matemática e sua dependência de habilidades linguísticas. Assim, a pesquisa demonstra ser uma ferramenta útil para a análise de erros de transcodificação e suas características,

Vale lembrar, porém, como limitação, o fato de não terem sido avaliadas particularidades mais detalhadas de cada tipo de erro lexical ou sintático, o que é um direcionamento possível para pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

ANGELINI, A. L. ALVES, I. C. B.; CUSTÓDIO, E. M.; DUARTE, W. F.; DUARTE, J. L. M. **Matrizes Progressivas Coloridas de Raven – Escala especial**. São Paulo: Centro Editor de Teses e Pesquisas em Psicologia, 1999.

BARROUILLET, P.; CAMOS, V.; PERRUCHET, P.; SERON, X. ADAPT: A developmental, asemantic, and procedural model for transcoding from verbal to Arabic numerals. **Psychological Review**, v. 111, p. 368–394, 2004.

BENAVIDES-VARELA, S.; PASSARINI, L.; BUTTERWORTH, B.; ROLMA, G.; BURGIO, F.; PITTERI, M.; MENEGHELLO, F.; SHALLICE, T.; SEMENZA, C. Zero in the brain: a voxel-based lesion–symptom mapping study in right hemisphere damaged patients. **Cortex**, v. 77, p. 38-53, 2016.

CLAYTON, F. J.; COPPER, C.; STEINER, A. F.; BANFI, C. FINKE, S.; LANDERL, K.; GÖBEL, S. M. Two-digit number writing and arithmetic in Year 1 children: Does number word inversion matter? **Cognitive Development**, v. 56, p. 1-14, 2020.

DELOCHE, G.; SERON, X. From one to 1: An analysis of transcoding process by means of neuropsychological data. **Cognition**, v. 12, 119-149, 1982.

FREITAS, N.; FERREIRA, F. O.; HAASE, V. G. Aspectos linguísticos envolvidos na habilidade de transcodificar entre diferentes representações. **Ciências & Cognição**, v. 17, n. 1, p. 2-15 2012.

HABERMANN, S.; DONLAN, C.; GÖBEL, S. M.; HULME, C. The critical role of Arabic numeral knowledge as a longitudinal predictor of arithmetic development. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 193, p. 1-15, 2020.

HAUPT, M.; GILLEBERT, C.R.; DEMEYERE, N. The zero effect: voxel-based lesion symptom mapping of number transcoding errors following stroke. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, 2017.

HERZOG, M.; FRITZ, A. Place Value Understanding Explains Individual Differences in Writing Numbers in Second and Third Graders But Goes Beyond. **Frontiers in Psychology**, v. 6, p.1-14, 2022.

IMBO, I.; VANDEN BULCKE, C.; DE BRAUWER, J.; FIAS, W. Sixty-four or four-and-sixty? The influence of language and working memory on children’s number transcoding. Numerical Development — from cognitive functions to neural underpinnings. **Frontiers in Psychology**, v. 5, n. 313, p. 1-10, 2014.

LOPES-SILVA, J. B.; MOURA, R J. de.; JÚLIO-COSTA, A.; HAASE, V. G.; WOOD, G. Phonemic awareness as a pathway to number transcoding. **Frontiers in Psychology**. v. 5, n.13, 2014.

MOELLER, K., PIXNER, S., ZUBER, J., KAUFMANN, L., NUERK, H. C. Early place-value understanding as a precursor for later arithmetic performance: A longitudinal study on numerical development. **Research in Developmental Disabilities**, v. 32, n. 5, p. 1837-1851, 2011.

MOELLER, K.; ZUBER, J, OLSEN, N.; NUERK, H-C; WILMES, K. Intransparent German number words complicate transcoding – a translational comparison with Japanese. **Frontiers in Psychology**, v. 6, n. 740, p. 1-10, 2015.

MOURA, R J.; LOPES-SILVA, J. B.; VIEIRA, L. R.; PAIVA, G. M., PRADO, A. C. DE A.; WOOD, G.; HAASE, V. G. From “Five” to 5 for 5 minutes: Arabic number transcoding as a short, specific, and sensitive screening tool for mathematics learning difficulties. **Archives of Clinical Neuropsychology** v. 30, p. 88–98, 2015.

MOURA, R. J.; WOOD, G.; PINHEIRO-CHAGAS, P.; LONNEMANN, J.; KRINZINGER, H.; WILLMES, K.; HAASE, V. G. Transcoding abilities in typical and atypical mathematics achievers: the role of working memory, procedural and lexical competencies. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 116, p. 707–727, 2013.

NOGUES, C. P.; JARDIM, F. dos S.; LIMA, E. M.; DORNELES, B. V. Habilidades Cognitivas Predictoras do Desempenho Aritmético de Crianças de 3º e 4º anos. **SciELO Preprints**, 2021.

PAUL, J. M.; GRAY, S. A.; BUTTERWORTH, B. L.; REEVE, R. A. Reading and math tests differentially predict number transcoding and number fact speed longitudinally: A random intercept cross-lagged panel approach. **Journal of Educational Psychology**, v. 111, n. 2, p. 299–313, 2019.

PICKERING, S. J.; GATHERCOLE, S. E. **Working Memory Test Battery for Children**. London: Psychological Corporation Europe, 2001.

PIXNER, S.; ZUBER, J.; HERMANOVÁ, V.; KAUFMANN, L.; NUERK, H.-C.; MOELLER, K. One language, two number-word systems and many problems: numerical cognition in the Czech language. **Research on Developmental Disabilities**, v. 32, p. 2683–2689, 2011.

PONCIN, A.; VAN RINSVELD, A. SCHILTZ, C. Units-first or tens-first: Does language matter when processing visually presented two-digit numbers? **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 73, n. 5, p. 726–738, 2019.

STEIN, L. M. TDE - Teste de Desempenho Escolar: manual para aplicação e interpretação. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1994.

STEINER, A. F.; BANFI, C.; FINKE, S. KEMÉNY, F.; CLAYTON, F. J.; GÖBEL, S. M.; LANDERL, K. Twenty-four or four-and-twenty: Language modulates cross-modal matching for multidigit numbers in children and adults. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 202, p. 1–18, 2021.

TEIXEIRA, R. M., MOURA, R. J. Arabic number writing in children with developmental dyslexia. **Estudos de Psicologia**, v. 37, p. 1–15, 2020.

VAN DER VEN, S. H. G.; KLAIBER, J. D.; VAN DER MAAS, H. L. J. Four and twenty blackbirds: how transcoding ability mediates the relationship between visuospatial working memory and math in a language with inversion. **Educational Psychology**, v. 37, n. 4, p. 487–505, 2017.

VAN RINSVELD, A.; SCHILTZ, C. Sixty-twelve = Seventy-two? A cross-linguistic comparison of children's number transcoding. **Journal of Developmental Psychology**, v. 34, p. 461–468, 2016.

ZUBER, J.; PIXNER, S.; MOELLER, K.; NUERK, H.-C. On the language specificity of basic number processing: transcoding in a language with inversion and its relation to working memory capacity. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 102, p. 60–77, 2009.

5 DELINEAMENTOS FINAIS

O objetivo principal da presente dissertação foi investigar os preditores da habilidade de transcodificação numérica, a partir da análise da literatura já existente sobre a temática e da avaliação do desempenho de estudantes de 3º e de 4º ano do EF em relação a tal habilidade, à memória de trabalho e à consciência fonêmica. Para alcançar tal objetivo, foram elaborados os três estudos desenvolvidos nas seções anteriores (seções 2,3 e 4).

Partiu-se de uma revisão teórica para mapear os estudos já existentes sobre a temática no país. As pesquisas já desenvolvidas a partir de realidades brasileiras têm como foco os primeiros anos do EF e as competências cognitivas associadas à transcodificação numérica, tendo como base para coleta instrumentos não padronizados. A partir desse mapeamento, que facilita o acesso do professor a pesquisas sobre transcodificação, tornou-se possível a construção dos dois estudos empíricos realizados, ambos com a intenção de analisar o desempenho em transcodificação numérica e propor uma reflexão a respeito das competências cognitivas associadas à escrita de números e aspectos causadores de erros em uma realidade de 3º e 4º ano do EF. Os resultados dos referidos estudos evidenciam o quanto a memória de trabalho é competência fundamental à transcodificação. É a partir da compreensão das competências associadas ao desempenho e a erros, após consideração de distintas realidades, que se torna possível um investimento potente em tarefas que abordam a transcodificação numérica com intencionalidade em sala de aula. Dispor de ferramentas em sala de aula (materiais concretos para manusear, por exemplo) para aliviar a carga da memória de trabalho durante tarefas que envolvem a transcodificação de numerais é uma das alternativas a ser transposta pelo professor para a sala de aula. Outro aspecto fundamental para a sala de aula, explicitado pelos estudos desenvolvidos, é a importância de considerar a interferência de aspectos linguísticos no ensino da matemática, especialmente da transcodificação numérica, o que muitas vezes não ocorre no cotidiano escolar.

Conforme já mencionado na introdução desta pesquisa, o desempenho dos estudantes brasileiros em relação à matemática tem melhorado nos últimos anos, porém ainda é inferior ao padrão internacional (DORNELES, 2019). Vale lembrar que tais resultados não dependem apenas do avanço das pesquisas sobre a temática, mas de contextos socioeconômicos e de acesso a elas. Há inclusive lacunas de vocabulário entre a pesquisa científica e a sala de aula, como descrevem Simplicio, e colaboradores (2020). Os referidos autores destacam a necessidade de um olhar voltado para a realidade da sala de aula, a consideração das demandas desse espaço nos momentos de construção de pesquisa, como um aspecto fundamental para

aproximação entre pesquisa e escola e, por consequência, o enfrentamento das dificuldades de aprendizagem. A presente pesquisa foi desenvolvida com esse olhar, além de fornecer ao professor um mapeamento de estudos sobre transcodificação numérica e dados de estudantes de uma faixa etária de 8 a 11 anos (3º e de 4º ano), diferente das demais pesquisas brasileiras que focam em estudantes mais jovens, traz evidências que podem auxiliar no direcionamento das propostas pedagógicas elaboradas pelo professor em sala de aula. Fica explícito, porém, que ainda são necessárias pesquisas de intervenção nesse espaço, visto que o número de pesquisas desse tipo é restrito, sendo encontradas apenas duas brasileiras entre as plataformas de busca acessadas nesta pesquisa.

A presente dissertação possibilita aproximações entre essas duas realidades, sala de aula e pesquisa, visto que aborda uma habilidade numérica básica para o desempenho matemático, dispondo-se a discutir competências cognitivas relevantes para a escrita de números e os erros mais comuns, que aparecem na sala de aula em tarefas como ditado de números, por exemplo. Aponta-se como limitação o não detalhamento dos subtipos de erros de transcodificação lexicais ou sintáticos. Sugere-se, portanto, a realização de novas pesquisas sobre a temática, de modo a abordar especificidades da realidade linguística pesquisada associadas a distintos subtipos de erros, explicitar o peso da transcodificação numérica na associação com outras competências cognitivas e, ainda, propor estratégias para desenvolvimento dessa habilidade.

REFERÊNCIAS

- DORNELES, B. V. Mathematical Learning and Its Difficulties in Latin-American Countries. *In.*: FRITZ, A.; HAASE, V. G.; RÄSÄNEN P. (Orgs.). *International Handbook of Mathematical Learning Difficulties: From the Laboratory to the Classroom*. Springer International Publishing AG, 2019. P. 201-212.
- SIMPLICIO, H.; GASTEIGER, H.; DORNELES, B. V.; GRIMES, K. R.; HAASE, V. G.; RUIZ, C.; LIEDTKE, F. V.; MOELLER, K. Cognitive Research and Mathematics Education—How Can Basic Research Reach the Classroom? *Frontiers in Psychology*, v. 11, n. 773, p. 1-5, 2020.

ANEXO A – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DA SMED



PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE
SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO
DIRETORIA PEDAGÓGICA

AUTORIZAÇÃO

Autorizamos os doutorandos Camila Peres Noguez e Elielson Magalhães Lima do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul a realizar a pesquisa intitulada "Precusores do desempenho matemático nas séries iniciais" com os alunos de 3. e 4. anos do Ensino Fundamental das Escolas Municipais de Ensino Fundamental de Porto Alegre durante o ano letivo de 2018 através de coleta de dados com tarefas de avaliação do desempenho aritmético dos estudantes, das habilidades numéricas iniciais, da estimativa numérica, da memória de trabalho, do raciocínio quantitativo, do nível intelectual dos alunos, bem como da consciência fonológica e da compreensão leitora. Em 2019, os pesquisadores reunir-se-ão com a equipe da Diretoria Pedagógica, a fim de relatar os resultados da pesquisa.

Porto Alegre, 14 de março de 2018.


Cláudia Amaral dos Santos Lamprecht
Diretoria Pedagógica
Secretaria Municipal de Educação de Porto Alegre

ANEXO B – TERMOS DE AUTORIZAÇÃO DAS ESCOLAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

Pesquisa: Precusores do Desempenho Matemático nas séries iniciais

Eu, Christiane Nunes Mattos, no cargo de supervisora escolar venho representar a escola E.M.E.F. Lauro Rodrigues, situada no endereço Rua Dr. Marino Alvares, nº 240. Idim Inga, em Porto Alegre, no sentido de autorizar o desenvolvimento da pesquisa “Precusores do Desempenho Matemático nas séries iniciais” e a participação livre e espontânea dos alunos das turmas de 3º e 4º anos. Declaro estar ciente que a pesquisa se desenvolverá nas dependências da escola e da necessidade de a instituição disponibilizar uma sala para realizar as avaliações com os alunos participantes.

Porto Alegre, 13 de abril de 2018.



Assinatura do (a) representante da escola

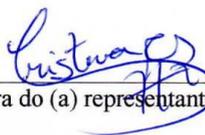
Christiane Nunes Mattos
Supervisão Educacional
Matrícula 416396

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

Pesquisa: Precusores do Desempenho Matemático nas séries iniciais

Eu, CRISTINA CATTANEO DA SILVEIRA, no cargo de
DIRETORA venho representar a escola
EMEF PEPITA DE LEÃO, situada no endereço
RUA DO ESTÁDIO, 29, PASSO DAS PEDRAS, em Porto Alegre,
no sentido de autorizar o desenvolvimento da pesquisa "Precusores do Desempenho Matemático nas
séries iniciais" e a participação livre e espontânea dos alunos das turmas de 3º e 4º anos. Declaro estar
ciente que a pesquisa se desenvolverá nas dependências da escola e da necessidade de a instituição
disponibilizar uma sala para realizar as avaliações com os alunos participantes.

Porto Alegre, 27 de março de 2018.



Cristina Cattaneo da Silveira
Diretora
Aut: 161/2016

Assinatura do (a) representante da escola

ANEXO C – TERMO DE CONSENTIMENTO DO PROFESSOR

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

Projeto: Precusores do Desempenho Matemático nas séries iniciais

TERMO DE PARTICIPAÇÃO DO(A) PROFESSOR(A)

Eu, _____, professor(a)
responsável pela(s) turma(s) _____, na
Escola

_, aceito participar da pesquisa desenvolvida pelos pesquisadores Camila Peres Nogue e
Elielson Magalhães Lima, intitulada “Precusores do Desempenho Matemático nas séries
iniciais”, fornecendo informações referentes ao desempenho escolar dos estudantes
participantes do estudo, bem como cedendo espaço durante o período de aula para que seja
realizada a pesquisa.

Porto Alegre, ____ de _____ de 2018.

Professor(a) da Escola

ANEXO D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO RESPONSÁVEL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Autorizo meu(minha) filho(a) participar da pesquisa intitulada “Precursores do Desempenho Matemático nas séries iniciais” coordenada pelos doutorandos Camila Peres Nogueira e Elielson Magalhães Lima e pela Prof. Dra. Beatriz Vargas Dorneles, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Estou ciente de que meu(minha) filho(a) será avaliado em tarefas importantes para sua aprendizagem: desempenho aritmético, habilidades numéricas iniciais, estimativa numérica, memória de trabalho, raciocínio quantitativo, nível intelectual, consciência fonológica e compreensão leitora. Também estou ciente de que estas atividades serão realizadas em horário de aula, algumas delas serão realizadas na sala de aula com toda a turma, com duração média de 1 hora e meia. Outras atividades serão realizadas individualmente com cada aluno em sala separada, fora do espaço de sala de aula, dentro da escola, com duração média de 30 minutos. Também estou ciente de que meu (minha) filho(a) poderá deixar de participar a qualquer momento que decida sem qualquer prejuízo e de que a escola permitirá que os alunos participem das avaliações, sem nenhum prejuízo sobre o rendimento escolar. Os dados da pesquisa são confidenciais, sem qualquer identificação do participante, sendo utilizados somente para fins científicos. Ao participar desta pesquisa, o jovem não terá nenhum benefício direto, entretanto, esperamos que futuramente os resultados desta pesquisa sejam utilizados em benefício de outros estudantes. A participação na pesquisa é totalmente voluntária e não existe nenhum custo para participar, assim como não existe nenhuma remuneração para aqueles que participarem. Também estou informado(a) de que o grupo de pesquisadores envolvidos se comprometeu em dar uma devolução dos resultados encontrados para a escola.

Em caso de dúvida sobre a pesquisa, o(a) senhor(a) poderá entrar em contato com a direção da escola, ou com um dos responsáveis pelo estudo – Camila Nogueira, telefone: (51) 994619162 ou Elielson Lima (82) 999728398. O Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS

também poderá ser contatado para esclarecer dúvidas sobre esta pesquisa, pelo telefone (51) 3308-3738.

Declaro que eu _____, responsável pelo(a) aluno(a) _____ concordo com a sua participação na pesquisa acima referida.

Assinatura do(a) responsável pelo(a) aluno(a):

Data: ____/____/2018

ANEXO E – TERMO DE ASSENTIMENTO DO ALUNO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar da pesquisa “Precusores do Desempenho Matemático nas séries iniciais”, coordenada pelos doutorandos Camila Peres Nogues e Elielson Magalhães Lima e pela Prof. Dra. Beatriz Vargas Dorneles, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Seus pais ou responsáveis permitiram que você participe.

Nesta pesquisa pretendemos identificar quais das tarefas que estamos propondo podem ajudar você e outras crianças da sua mesma idade e terem um melhor desempenho em matemática.

Você só precisa participar da pesquisa se quiser, é um direito seu e não terá nenhum problema se desistir. As crianças que irão participar desta pesquisa têm de 8 a 11 anos de idade e todas são alunas do 3º ou 4º ano do Ensino Fundamental.

A pesquisa será feita na sua escola, onde você realizará tarefas que envolvem habilidades importantes para sua aprendizagem na matemática, para isso, serão usados somente lápis e papel. Essas atividades serão realizadas em horário de aula, algumas delas serão realizadas na sala de aula com toda a turma, com duração média de 1 hora e meia. Outras atividades serão realizadas individualmente com cada aluno em sala separada, fora do espaço de sala de aula, dentro da escola, com duração média de 30 minutos.

Os resultados da pesquisa vão ser publicados em formato de artigos e trabalhos acadêmicos, mas sem identificar os nomes das crianças que participarem.

Eu _____ aceito participar da pesquisa “Precusores do Desempenho Matemático nas séries iniciais”. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e me explicaram como serão feitas as atividades.

Assinatura do (a) aluno(a): _____

Data: ____/____/2018