

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS

GIZELE ALVES MARTINS

HABILIDADES NUMÉRICAS BÁSICAS: ESCOLARIZAÇÃO E ENVELHECIMENTO
NORMAL E PATOLÓGICO.

BELO HORIZONTE - MG

2016

GIZELE ALVES MARTINS

HABILIDADES NUMÉRICAS BÁSICAS: ESCOLARIZAÇÃO E ENVELHECIMENTO
NORMAL E PATOLÓGICO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Neurociências como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre em Neurociências. Área de
concentração: Neuropsiquiatria clínica e molecular

Orientador: Prof. Dr. Vitor Geraldi Haase

Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo José de Moura

BELO HORIZONTE - MG

2016

043

Martins, Gizele Alves.

Habilidades numéricas básicas: escolarização e envelhecimento normal e patológico [manuscrito] / Gizele Alves Martins. – 2016.

75 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador: Prof. Dr. Vitor Geraldi Haase. Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo José de Moura.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas.

1. Neurociências - Teses. 2. Testes de inteligência. 3. Escolaridade. 4. Envelhecimento. 5. Cognição na velhice - Teses. 6. Demência. I. Haase, Vitor Geraldi. II. Moura, Ricardo José de. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. IV. Título.

CDU: 612.8

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de estudos durante o mestrado. Gostaria também de agradecer às agências de fomento que viabilizaram os estudos aqui apresentados, que foram o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico, e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais. Agradeço ainda ao Programa de Pós-Graduação em Neurociências da UFMG pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Em especial, agradeço:

Ao Prof. Vitor Geraldi Haase pelo privilégio de ser sua orientanda, por ter acreditado em meu trabalho e por ter me dado oportunidades incríveis de aprendizado ao longo destes cinco anos de LND. Agradeço pela paciência, pelos ensinamentos, pelas advertências, pelos desafios e pela disponibilidade. Eu me impressiono diariamente com a capacidade que Prof. Vitor tem de despertar em seus alunos o entusiasmo pela neuropsicologia e fazer com que a equipe esteja sempre motivada, talvez por isso trabalhar com ele seja sempre tão prazeroso. Lembrarei sempre do exemplo, da inteligência, da ética, do bom humor e principalmente das risadas do professor Vitor.

Ao Professor Ricardo Moura, agradeço pela coorientação e por me auxiliar em todos os aspectos possíveis durante a minha graduação e mestrado. Por ter sido um colaborador no sentido mais amplo da palavra e ter se tornado a referência de decisões sábias no meu mestrado. Agradeço pela franqueza, pelas advertências, pela amizade e pela disponibilidade em compartilhar cada vírgula do seu conhecimento com seus colegas.

Aos professores Antônio Lúcio Teixeira e Paulo Caramelli do Laboratório Interdisciplinar de Investigação Médica pela oportunidade do trabalho em conjunto, e em especial ao Prof. Leonardo Cruz de Souza pela paciência, disponibilidade e por ter sido o grande idealizador desta parceria. À Viviane Amaral por me ensinar, em

tempo recorde, muita coisa sobre a avaliação em idosos e sobre a palavra compartilhar.

Aos professores doutores Antônio Jaeger e Jerusa Salles por aceitarem fazer parte da banca examinadora, enriquecendo a discussão do trabalho.

A meus pais pelo apoio constante e incondicional, por serem minha fonte de coragem e persistência e aos meus irmãos, por serem desde sempre meus melhores companheiros.

Aos colegas do Laboratório de Neuropsicologia (LND), agradeço pela cooperação e por se empenharem sempre em fazer um trabalho de excelência. Obrigada pela convivência, pelas botocas, pelas risadas e pelas conversas sempre proveitosas. À Júlia Silva, que desde os meus primeiros dias de IC se tornou meu modelo acadêmico. À Larissa Salvador pelo entusiasmo (às vezes até demais) e companheirismo dentro e fora do laboratório. À Giulia Moreira pela sensibilidade, pelos ouvidos sempre a postos e por ter me apresentado com o apelido mais original que eu já recebi.

Agradeço ao todos os meus amigos pela lealdade e amor de sempre. Em especial as queridas Juliane Guimarães, Carolina Claret, Gabriela Amaral, Marina Passos, Jeniffer Santos, Jéssica Evelyn e Dani Gonçalves por serem uma segunda família para mim.

RESUMO

O presente estudo investiga a relação entre a falta de escolarização, envelhecimento patológico e habilidades numéricas básicas. Inicialmente, uma amostra de adultos com diferentes níveis de escolaridade foi dividida em quatro grupos de acordo com o nível de leitura. Um grupo foi composto por adultos totalmente iletrados, outro por adultos com nível de leitura similar a primeira série, outro grupo com nível de leitura similar à segunda série e o último por adultos letrados. Todos os participantes possuíam inteligência normal, sendo bem adaptados à sociedade. Os participantes realizaram duas tarefas de transcodificação: Escrita de Números Arábicos e Leitura de Números Arábicos. Primeiramente, observou-se um melhor desempenho da amostra na tarefa de Leitura de Números Arábicos em detrimento da Escrita de Números Arábicos. Adultos iletrados exibiram um pior desempenho quando comparados a adultos letrados em todas as tarefas, os dois grupos de ex-iletrados tiveram desempenho similar. A taxa de erro da amostra aumentou e medida que os números ficaram mais difíceis. Análises adicionais na tarefa de Escrita de Números Arábicos foram realizadas com a inclusão de três grupos de idosos: pacientes com Demência de Alzheimer (DA), pacientes com Demência Frontotemporal (bvDFT) e idosos Controles. Os três grupos de idosos obtiveram melhor desempenho que iletrados e ex-iletrados na escrita de números. Análises de erros mostraram que os grupos com baixa escolaridade apresentaram mais erros sintáticos, enquanto os grupos com demências progressivas apresentaram taxa de erro sintático e lexical similar. Um segundo estudo foi realizado a fim de investigar as habilidades de cálculos em participantes com baixa escolaridade. Para isto, os cálculos foram apresentados em uma situação informal de compra e venda e em uma situação formal utilizando uma tarefa de lápis e papel. Os resultados mostram que os participantes tiveram desempenho similar nas duas modalidades de apresentação dos cálculos. Entretanto, maiores dificuldades foram observadas na tarefa de multiplicação. Os estudos realizados têm caráter exploratório e evidenciam que dificuldades em habilidades numéricas básicas são presentes em adultos com baixa escolaridade e em idosos com demências progressivas. Contudo os padrões de dificuldades são distintos. Em adultos com baixa escolaridade os tipos de erros refletem um claro papel da falta de escolarização formal, enquanto em idosos estes resultados estão associados ao estágio da progressão da doença. O papel da educação formal foi evidenciado

também na habilidade de cálculos, no qual os participantes apresentaram maiores dificuldades na multiplicação que é uma operação aprendida mais tardiamente durante a escolarização.

Palavras-chave: transcodificação, cálculos, cálculos contextuais, escolarização formal, baixa escolaridade, adultos iletrados, demência progressiva.

ABSTRACT

The present study investigated the relationship between lack of schooling, pathological aging and basic numerical skills. Initially, a sample of adults with multiple levels of education was divided into four groups according to their reading level. One group was composed by illiterate adults, another group by adults with similar reading level of first grade, another group had the reading level similar to the second grade and the last one was literate adults. All participants had normal intelligence, being well adapted to society. Participants did two transcoding tasks: Arabic Number Writing and Arabic Number Reading. First, there was a better performance of the sample in Arabic Number Reading task than in Arabic Number Writing task. Illiterate's adults showed a worse performance when compared to literate adults in all tasks, the two groups of ex-illiterates had similar performance. The sample error rate increased as the numbers became more difficult. Further analyses in Arabic Number Writing task were carried out with the inclusion of three elderly groups: patients with Alzheimer's Disease (AD) patients with Frontotemporal Dementia (bvFTD) and elderly Controls. The three elderly groups performed better than illiterates and ex-illiterates in Arabic Number Writing. Error analysis showed that low educated groups showed more syntactical errors, while groups with progressive dementias showed similar errors rates of syntactic and lexical errors. A second study was conducted to investigate the calculations skills in participants with low education. For this, the calculations were presented in an informal situation of marketing and in a formal situation using a pencil and paper task. The results showed that the participants had similar performance in both modalities of calculations. However, greater difficulties were observed in the multiplication block. This study has exploratory character and show that difficulties in basic numerical skills are present in adults with low education and the elderly with progressive dementias. However, the patterns of difficulties are different. In adults with low education, the types of errors reflect a clear role of the lack of formal schooling, while in elderly subjects these results are associated with the stage of progressive disease. The role of formal education was also evidenced in calculations abilities, in which participants had greater difficulties in the multiplication which is an operation learned later during schooling.

Keywords: transcoding, calculations, contextual calculations, formal schooling, low education, illiterate adults, progressive dementia.

LISTA DE FIGURAS

Estudo 1: “Numerical Transcoding: The role of formal schooling and pathological aging”

Figura 1: Group interaction on numerical complexity of Arabic Number Writing task.....36

Figura 2: Group interaction on numerical complexity of Arabic Number Reading task.....37

Figura 3: Error analysis by group on Arabic Number Writing task.....45

Estudo 2: “Habilidade de cálculos em adultos com baixa escolaridade”

Figura 1: Diferença entre tipos de tarefas nos grupos.....66

LISTA DE TABELAS

Estudo 1: “Numerical Transcoding: The role of formal schooling and pathological aging”

Tabela 1: Descriptive data of the sample study 1..... 31

Tabela 2: Performance on Intelligence and Transcoding Tasks..... 34

Tabela 3: Correlation between variables..... 37

Tabela 4: Demographic data of the sample study 2..... 42

Estudo 2: “Habilidade de cálculos em adultos com baixa escolaridade”

Tabela 1: Média e desvio padrão da tarefa de cálculos..... 64

Tabela 2: Resultado da análise de erros na tarefa de multiplicação..... 67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADAPT	A Developmental Asemantic and Procedural Model for Transcoding
LPI	Leitura de Palavras/Pseudopalavras Isoladas
AD	Alzheimer 's Disease
bvDFT	behavioral variant Frontotemporal dementia
WAIS	Wechsler Intelligence Scale for Children
IQ	Intelligence Quotient
MMSE	Mini Mental State Examination
FAB	Frontal Assessment Battery

Sumário

1. Introdução	14
1.1. Estrutura Da Dissertação	16
1.2. Referências	17
2. Objetivos.....	19
2.1. Objetivo Geral.....	19
2.2. Objetivos Específicos	19
3. Artigo 1: Numerical Transcoding: The Role Of Formal Schooling And Pathological Aging.	20
Resumo.....	21
3.1 Introduction:	23
3.2.1 Study 1: Numerical Transcoding Performance In Adults Of Varying Levels Of Formal Education	31
3.2.2 Methods	31
3.2.3 Results:.....	34
3.2.4 Discussion	39
3.3.1 Study 2: Arabic Number Writing In Illiterate And Early Dementia Patients	43
3.3.2 Methods	43
3.3.3 Results:.....	45
3.3.3.1 Error Analysis.....	46
3.3.4 Discussion	46
3.5 General Conclusions	48
3.6 References	50
4. Estudo 2:Habilidade De Cálculos Em Adultos Com Baixa Escolaridade	56
Resumo.....	57
4.1 introdução	59
4.2 Métodos	62
4.4 Resultados	65
4.5 Discussão.....	68
4.6 Referências Bibliográficas	71
5. Conclusões Gerais.....	74
5.1 Referências Biliográficas.....	76

1. Introdução

Apesar da diminuição da taxa de iletramento em todo mundo, este valor ainda é bem expressivo. Segundo dados da *UNESCO Institute for Statics* (UIS, 2013), no período de 2000-2004 13% dos homens e 23% das mulheres acima de 15 anos em todo o mundo eram analfabetos, atualmente, estas taxas são de 11% e 20% respectivamente. O iletramento é definido, como escassez de habilidade de leitura de palavras e números a ponto de comprometer a execução de tarefas simples do dia a dia. (UIS, 2013; Morais & Kolinsky, 2013).

A transcodificação numérica e a capacidade de realizar cálculos são algumas destas habilidades numéricas básicas. A transcodificação consiste em estabelecer uma correspondência entre as várias representações de um número (ex: 6 – seis) (Dehaene, 1992; Dehaene & Cohen, 1995) e tem sido utilizada como um bom preditor de desempenho no aprendizado na matemática (Moura et.al., 2015). Além disto, esta capacidade é fortemente influenciada pela escolarização formal (Barrouilet, Camos, Perruchet & Seron, 2004; Moura et.al., 2013). Apesar da clara associação entre escolarização formal e transcodificação pouco se sabe sobre esta habilidade em adultos saudáveis com escolaridade baixa. Por outro lado, erros nesta tarefa têm sido largamente estudados em idosos com demências progressivas (Tégner & Nyback, 1990; Kessler & Kalber, 1996; Della Sala, Gentileschi, Gray & Spinnler, 2000; Capelletti, Butterworth & Koplelman, 2012). Entretanto, nestes pacientes a associação com a escolaridade tem sido descartada e a gravidade da doença tem sido apontada como responsável pelas dificuldades na transcodificação (Della Sala et.al., 2000; Kessler & Kalbe, 1996).

A habilidade de cálculo por sua vez, consiste em aplicar conceitos e procedimentos numéricos que também são aprendidos no contexto escolar (Domahs & Delazer, 2005). Estudos com iletrados mostram que estes indivíduos apresentam dificuldade na realização destas atividades (Deloche et.al., 1999), entretanto quando os estímulos para os cálculos são apresentados em um contexto informal com o qual o indivíduo está familiarizado ele consegue realizar as contas com mais facilidade (Carraher, Carraher, & Schliemann, 1988). Em suma, por serem capacidades altamente

associadas com a escolarização formal, a transcodificação e a habilidade de cálculos são pontos interessantes para investigação em iletrados.

O presente estudo tem como objetivo investigar as habilidades de transcodificação e cálculos em indivíduos iletrados e semi-iletrados. Na tarefa de transcodificação comparar sujeitos adultos com baixo nível de escolaridade e idosos com Doença de Alzheimer e Demência Frontotemporal em tarefas de transcodificação.

1.1. *Estrutura da dissertação*

Seguindo as recomendações do Programa de Pós-graduação em Neurociências da UFMG, esta dissertação será apresentada em formato de artigos científicos:

Artigo 1: O primeiro artigo “Numerical transcoding: The role of formal schooling and pathological aging”, foi dividido em dois estudos. No primeiro estudo a habilidade de transcodificação foi comparada entre grupos de adultos saudáveis com vários níveis de escolaridade. No segundo estudo nós incluímos uma amostra de pacientes idosos com Doença de Alzheimer, Demência Frontotemporal e Controles. Neste segundo estudo além da comparação do desempenho dos grupos nós realizamos uma análise qualitativa a fim de investigar o padrão de erros na transcodificação nas duas amostras: Idosos com envelhecimento patológico e adultos com baixa escolaridade.

Artigo2: No segundo artigo: “Habilidades de cálculos em adultos com baixa escolaridade” nós investigamos se a forma de apresentação dos cálculos influencia o resultado da amostra em contas de adição, subtração e multiplicação. Os mesmos cálculos foram apresentados em uma situação de compra e venda que envolvia manipulação de dinheiro e em uma situação formal, onde eram apresentados em uma tarefa de lápis e papel.

1.2. Referências

- 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*, 111(2), 368.
- Cappelletti, M., Butterworth, B., & Kopelman, M. (2012). Numeracy skills in patients with degenerative disorders and focal brain lesions: a neuropsychological investigation. *Neuropsychology*, 26(1), 1.
- Carraher, Terezinha Nunes, David William Carraher, and Ana Lúcia Dias Schliemann. *Na vida dez, na escola zero*. cortex, 1988.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44(1), 1-42.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1(1), 83-120.
- Della Sala, S., Gentileschi, V., Gray, C., & Spinnler, H. (2000). Intrusion errors in numerical transcoding by Alzheimer patients. *Neuropsychologia*, 38(6), 768-777.
- Deloche, G., Souza, L., Braga, L. W., & Dellatolas, G. (1999). A calculation and number processing battery for clinical application in illiterates and semi-literates. *Cortex*, 35(4), 503-521.
- Domahs, F. R. A. N. K., & Delazer, M. (2005). Some assumptions and facts about arithmetic facts. *Psychology Science*, 47(1), 96-111.
- Kessler, J., & Kalbe, E. (1996). Written numeral transcoding in patients with Alzheimer's disease. *Cortex*, 32(4), 755-761.
- Moura, R., Wood, G., Pinheiro-Chagas, P., Lonnemann, J., Krinzinger, H., Willmes, K., & Haase, V. G. (2013). Transcoding abilities in typical and atypical mathematics achievers: the role of working memory and procedural and lexical competencies. *Journal of experimental child psychology*, 116(3), 707-727.
- Moura, R., Lopes-Silva, J. B., Vieira, L. R., Paiva, G. M., de Almeida Prado, A. C., Wood, G., & Haase, V. G. (2015). 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*, 30(1), 88-98.
- Tegner, R. (1990). "To hundred and twentyfour": a study of transcoding in dementia. *Acta Neurologica Scandinavica*, 81(2), 177-178.

UNESCO. *Institute for Statistics. Adult and youth literacy: National, regional and global trends, 1985-2015.* (2013). Disponível em <<http://www.uis.unesco.org/Education/Documents/literacy-statistics-trends-1985-2015.pdf>>. Acessado em 01 jun 2016.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é investigar as habilidades numéricas básicas em adultos com baixa escolaridade e em idosos com envelhecimento patológico, esclarecendo os padrões de dificuldades em cada uma destas condições.

2.2. Objetivos Específicos

- a) investigar em detalhes de que maneira a falta de escolarização influencia o desempenho em tarefas de transcodificação.
- b) investigar a relação entre envelhecimento patológico e dificuldades na tarefa de transcodificação.
- c) comparar o padrão de erros na transcodificação de sujeitos com baixa escolaridade e com envelhecimento patológico.
- d) explorar a habilidade de cálculos em adultos com baixa escolaridade, avaliando possíveis diferenças entre os tipos de operações (adição, subtração e multiplicação).
- (e) investigar se a forma de apresentação da tarefa (contextual ou simbólica) influencia o desempenho de adultos com baixa escolaridade.

3. Artigo 1: Numerical transcoding: The role of formal schooling and pathological aging.

Gizele Alves Martins^{1,2}

Ricardo Moura^{1,2}

Júlia Beatriz Lopes-Silva^{2,3}

Patrícia Martins de Freitas⁴

Paulo Caramelli^{1,5}

Antônio Lúcio Teixeira Júnior^{1,5}

Leonardo Cruz de Souza^{1,5}

Vitor Geraldi Haase^{1,2,3}

1 Programa de Pós-graduação em Neurociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil.

2 Laboratório de Neuropsicologia do Desenvolvimento, Departamento de Psicologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil.

3 Programa de Pós-graduação da Saúde da Criança e do Adolescente, Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil.

4 Instituto Multidisciplinar em Saúde, Universidade Federal da Bahia.

5 Laboratório Interdisciplinar de Investigação Médica, Departamento de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil.

RESUMO

A habilidade de transcodificação é substancialmente dependente da escolaridade formal. Contudo, nas últimas décadas alguns estudos têm evidenciado um forte papel do envelhecimento patológico neste tipo de tarefa. O objetivo deste estudo foi explorar e comparar o desempenho de adultos com baixo nível de escolaridade e idosos com demências degenerativas em tarefas de transcodificação. Dois tipos de testes de transcodificação foram realizados, Escrita de Números Arábicos e Leitura de Números Arábicos. Nós observamos que adultos iletrados e ex-iletrados mostraram mais dificuldades na tarefa de Escrita de Números Arábicos do que na Leitura de Números Arábicos. As taxas de erro aumentaram à medida que a complexidade do número aumentou. Análises de erros revelaram que os participantes com baixo nível de escolaridade apresentaram mais erros sintáticos do que erros lexicais. Por sua vez, os pacientes com demências progressivas apresentaram menos erros do que participantes com baixa escolaridade e exibiram taxas similares de erros sintáticos e lexicais. Pacientes com doença de Alzheimer apresentam mais erros do que pacientes com demência Frontotemporal. Os resultados reforçam o papel da educação e envelhecimento patológico em habilidades de transcodificação, mas mostram que os padrões de dificuldades são distintos.

Palavras-chave: transcodificação, Literácia, escolarização formal, demência progressiva, análises de erros, erros sintáticos, erros lexicais.

ABSTRACT

Transcoding abilities are substantially dependent of formal schooling. In last decades some studies have also identified a strong role of pathological aging in this type of task. The aim of this study was to explore and compare performance of adults with low level of education and elderly with degenerative dementias in transcoding tasks. Two types of transcoding tests were realized, Arabic Writing Numbers and Arabic Reading Numbers. We observed that illiterate and ex-illiterate adults showed more difficulties in Arabic Writing Numbers tasks when compared to Arabic Reading Numbers. The error rates increased as the complexity of number increased. Error analysis revealed that low schooled subjects committed more syntactic than lexical errors. In turn, progressive dementias patients presented less error than low schooled participants and exhibited similar rates of syntactic and lexical errors. Alzheimer's patients exhibit more errors than Frontotemporal Dementia patients. The results reinforce the role of education and pathological aging in transcoding abilities, but shows that the patterns of impairments are distinct.

Key words: transcoding, literacy, formal schooling, progressive dementias, error analyses, syntactic errors, lexical errors.

3.1 INTRODUCTION:

The relationship between formal schooling and cognition represents a unique opportunity for analysis of effects of cultural and educational aspects on neurodevelopment (Ardila et al., 2010). The acquisition of reading in childhood promotes changes in anatomy (Castro-Caldas et.al., 1999; Careers et.al .; 2009) and in brain architecture (Pettersson, Silva, Castro-Caldas, Ingvar, & Reis, 2007; Li et.al.; 2006; Pettersson, Reis, Askelöf, Castro-Caldas, & Ingvar, 2000; Pettersson, Reis, Castro-Caldas & Ingvar, 1999; Castro-Caldas, Pettersson, Reis, Stone-Elander, & Ingvar, 1998; Dehaene et.al., 2010) being a remarkable event in terms of cognitive aspects. Thus, an opportunity to investigate neuropsychological aspects without these influences remains on the evaluation of illiterate people.

Various studies were already carried out to investigate how formal schooling and literacy influences on cognitive aspects (for review see Ardila et.al. 2010). Less attention, however, has been paid to the influence of formal education in numerical abilities. Here, we investigate the role of formal schooling in basic aspects of numerical skills. We extended our analysis to elderly patients with progressive dementias in order to compare the role of schooling with pathological aging. We first reviewed evidences from studies about general cognitive aspects and numerical abilities in illiterate subjects. Finally, we focused on transcoding abilities and their relationship with formal schooling, aging and pathological aging.

Domain general abilities and intelligence

Several studies with illiterate people have demonstrated the relationship between formal schooling and performance in various cognitive functions (Ardila et.al, 2010; Rosseli & Ardilla, 2003), such as verbal and visual memory (Folia & Kosmidis, 2003;), phonological awareness (Pettersson, Reis, Askelof, Castro-Caldas, & Ingvar, 2000), executive functioning (Bruck & Nitrini, 2008; Johnson, Flicker Lichtenberg, 2006), and visuospatial and visuomotor skills (Bramão et al., 2007; Matute, Leal, Zarabozo, Robles, & Cedillo, 2000) leading illiterate people to show an inferior performance when compared to literate on tests that assess these particular abilities.

Differences between illiterate people and literates in intelligence tasks were also related. In a research conducted by Yassuda and colleagues (2008), elderly adults without dementia were divided by years of education. The illiterate and low educated participants had a worse performance in the Vocabulary and Block Design subtests from WAIS III (Wechsler, 1981) than individuals from the literate group. The authors propose that schooling provides the individual a knowledge bank that can be retained up to older ages, and education may also lead to more efficient learning strategies to continue to acquire information, even after completing formal schooling.

The relationship between schooling and intelligence is bidirectional. On the one hand, formal schooling and good academic achievement are tightly associated with intelligence (Barber, 2005; Cocodia et.al., 2003). On the other hand, intellectual disability is associated to general learning difficulties, including reading (Brankaer, Ghesquière, & De Smedt, 2013). Therefore, intellectual disability can be a confounding factor, leading to lower performance in illiterate people, independently of school experience. Studies examining the effects of schooling and literacy on cognitive performance should then ensure that the reasons for illiteracy are associated to lack of opportunity (poverty, child labor etc.) and not to lack of intellectual ability (Ardilla et.al., 2010).

Numerical abilities

The lack of schooling and illiteracy in adults is particularly interesting due the association between reading and arithmetic skills (Hecht, Torgesen, Wagner & Rashotte, 2001; Simmons & Singleton, 2008). Neuroimaging studies reveal that both reading (Pugh, Mencl, Jenner, Katz, Frost, Lee, Shaywitz & Shaywitz, 2001; Schlaggar & McCandliss, 2007) and arithmetic (Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003) are strongly associated with regions of the left temporo-parietal cortex, such as the left angular and supramarginal gyri.

Another important language aspect associated with mathematical skills is the phonological processing, which is usually impaired in illiterates (Kosmidis & Folia, 2006). Phonological awareness has been associated with mathematical skills, especially with verbal aspects such as multiplication, fraction (Hecht, Torgesen,

Wagner, & Rashotte 2001) and transcoding process (Lopes-Silva, Moura, Júlio-Costa, Haase & Wood, 2014).

The association of numerical cognition with literacy and formal schooling has also been underlined by studies with brain lesioned patients. Although these abilities may dissociate, patients with acquired aphasia frequently present associated impairments in retrieval of the arithmetic facts (Dehaene & Cohen, 1997) or reading and writing numbers (Cipolotti & Butterworth, 1995; Deloche and Seron, 1982).

Evidence is also available that learning disability in children is frequently associated with arithmetic impairments (Landerl & Moll, 2010). Evidence shows that written verbal number codes are acquired during formal schooling (Geary, 2000) concomitantly with other linguistic abilities (Wiese, 2003), while Arabic notations skills are acquired later.

According to the triple code model, (Dehaene, 1992) language skills have an important role in numerical cognition. This model supposes that numbers are represented by three different codes, two symbolic and one nonsymbolic. The auditory verbal code is responsible for manipulating numbers in their verbal form (e.g.: four, forty), supporting rote verbal memory of arithmetic facts and for representing the numbers in a sequence of words. This code, is subserved by left-hemispheric perisylvian areas (Dehaene & Cohen, 1997; Dehaene, 1992).

The visual Arabic code, represents and manipulates numbers in a visual graphic format (e.g.: 4, 40), and it is subserved by bilateral ventrolateral occipito-temporal areas (Dehaene & Cohen, 1997; Dehaene, 1992). This representation is associated with multidigit operations and parity judgments. The nonsymbolic code is implemented by an approximate number system (ANS). In the ANS, numerical magnitude information in an analogical and approximated fashion (Dehaene, 1997a). The ANS is subserved by regions in the left and right intraparietal sulci (Dehaene & Cohen, 1997; Dehaene, 1992) and it is associated with the semantic, abstract representation of cardinality. This representation is important for approximate

calculations and nonsymbolic comparisons (Dehaene, 1992; Dehaene & Cohen, 1995).

According to the triple code model, the nonsymbolic representations are innate and responsible for skills which can be intuitively learned inside a cultural context (Dehaene, 1997a). Other numerical abilities, such as the Arabic system, the multiplication tables and the multidigit calculation algorithms are cultural artefacts that require formal schooling for their acquisition (Geary, 2007).

Numerical transcoding abilities

Numerical transcoding is the ability to establish a one-to-one correspondence between numbers presented in one notation system and their counterparts in another system (Deloche & Seron, 1987; Deloche & Willmes, 2000). Transcoding requires knowledge of the two symbolic notations, their lexicon and their syntax.

One prominent cognitive model to explain these abilities are a developmental, asemantic and procedural transcoding (ADAPT) model developed for Arabic Number Writing (Barrouillet, Camos, Perruchet, and Seron, 2004). This model explains transcoding performance through the acquisition of procedural rules and lexical representations. The ADAPT model proposes that quantitative semantic information of number is not necessary for the transcoding process and that familiar and unfamiliar numbers are transcoded in different ways. While more familiar numbers (up to 99) are directly retrieved from the lexicon, the more complex and less familiar numbers require an application of procedural rules, which are formally taught. The application of the procedural rules requires working memory processing resources.

The transcoding process of familiar numbers starts when the verbal input is received and temporarily stored in the phonological buffer. Afterwards, if this content in working memory matches the lexical unit's stores in long-term memory, the Arabic numerical form is directly retrieved. When the number is more complex or unfamiliar, a parsing process starts. First, this content is divided into units that can be processed. After this, syntactic frames are created following the information retrieved from long term memory. It follows then the subsequent filling of slots with the digital forms.

This procedure is conditioned by the representations available in working memory (Barrouillet et. al., 2004). Although working memory is important for transcoding, the rules of place-value are also relevant, and fully dependent of formal schooling. These rules are usually taught up to the third grade (Noël & Turconi, 1999; Moura et al., 2013).

The difficulty to master transcoding rules will generate errors that can be attributed to lexical or syntactic mechanisms. Errors are attributed to a lexical mechanism when a digit is replaced by another digit, without modifying the place value structure signaling magnitude range. For example, “forty five” transcoded as “46”, or “twelve” transcoded as “20”.

Errors in the syntactic mechanisms, which are the vast majority of transcoding errors in children, occur when the lexical elements are misplaced in the syntactic frame, or when this frame is wrongly generated. Syntactic errors result in modifications of the magnitude range of the number. For example, “one hundred and fifty” transcoded as “1050”. Syntactic errors can reflect an overload of working memory resources or a lack of knowledge over the transcoding rules (Barrouillet et. al., 2004; Camos, 2008; Deloche & Seron, 1982; Moura et al., 2013)

Transcoding difficulties are common in brain lesioned adults and in young children who are not completely familiar with the place value system (Camos, 2008; Deloche & Seron, 1982; Zuber, Pixner, Moeller, & Nuerk, 2009). A study with Brazilian children showed that number complexity is positively correlated to the error rate. Older children commit less error than younger ones (Moura et. al., 2015). Transcoding performance improves between first and second grades (Seron, Deloche & Noël, 1992) and appears to be fully achieved in typically developing children after 3 years of formal education (Noël & Turconi, 1999; Moura et. al., 2013).

Transcoding and formal schooling

Although the role of schooling is extremely important to number transcoding, little is known about transcoding process in illiterate people. Deloche and colleagues (1999)

found an effect of education level in some mathematical tasks, such as reading aloud Arabic numbers, mental calculation and conversion of Arabic numbers to banknotes. Adults who attended 4 years of schooling performed better in reading aloud Arabic numbers and in mental calculation compared to illiterates and to adults who attended school for 2 years. The authors avoided tests that required written responses and, consequently, removed the verbal to Arabic number transcoding subtests from their battery.

Similar results were found by Nys and colleagues (2012). Illiterates performed worse than literates in mental calculation, transcoding and counting principles. Transcoding abilities were assessed from Arabic to verbal and from verbal to Arabic. The authors found a better performance in numbers below 100 in both input types. In general, when the input was verbal, the performance from the illiterates was worse.

Results from the studies by Deloche and coworkers and Rosselli and coworkers call attention to the importance of formal schooling to the acquisition of numerical transcoding abilities. The effects of formal schooling are manifest even in aged individuals (Deloche et al, 1999).

Error analyses, discriminating between lexical and syntactic errors may clarify the influence of schooling or brain pathology on numerical transcoding. In general, syntactic errors are far more common than lexical errors. Syntactic errors are occasionally observed even in schooled normal adults. Lexical errors are observed in kids at the very early stages of formal schooling, in children with math learning difficulties (Moura et al., 2013), and in individuals with dementing illnesses (Cappelletti, Butterworth & Kopelman 2012). Lexical errors may thus be interpreted as a more immature form of difficulties in the numerical transcoding process.

Transcoding in pathological aging

An increasing number of studies examined transcoding abilities in dementia, and there are some interesting findings about pattern of errors. Intrusion error is one type of error in number writing that was initially observed in patients with Alzheimer's disease has called attention (Della Sala Gentileschi, Gray & Spinnler, 2000; Thioux,

Seron, Turconi, & Ivanoiu, 1999; Tegner, & Nyback, 1990). Intrusion errors consist in shuffling part of the input code with the output code (“forty seven” as “4seven”). Nevertheless, intrusion errors in Alzheimer’s disease patients are not attributed to lack of schooling or literacy, but to impaired monitoring related to the severity of illness.

Cappelletti, Kopelman and Butterworth (2005) described an investigation of number abilities in a semantic dementia patient with 12 years of formal education. They observed that transcoding skills were preserved for over two years following the beginning of the examination. In the subsequent examinations, the patient began to show a severe difficulty in the task, especially in verbal to Arabic transcoding. They observed frequent syntactic, lexical, mixed and omissions errors in numbers with four or more digits, especially those containing or ending in zero. No intrusion errors were related.

Systematic transcoding errors were also found in other study with Alzheimer’s patients, behavioral variant of frontotemporal patients, semantic dementia and primary progressive aphasic patients (Cappelletti, et.al., 2012). All participants completed the elementary school and had at least 18 months and a maximum 24 months of diagnosis. Except for the progressive aphasics, all patients performed above 80% in verbal to Arabic transcoding. Syntactic and lexical errors were committed by all groups. Omission errors were committed only by the progressive aphasic group. Intrusion errors were committed by progressive aphasics and Alzheimer’s disease patients.

Although the error rates were not high, the Cappelletti and colleagues (2012) study suggests that not only Alzheimer’s but all progressive dementia impair the processes involved in numerical transcoding. Transcoding tasks could be useful in early diagnosis of the dementias, especially in the case of intrusion errors (Tegner & Nyback, 1990; Thioux, et.al, 1999).

In short, evidences point that transcoding performance can be affected by pathological aging course in elderly subjects, even with high literacy level. Error

analysis, however, suggested that such errors are not associated with schooling, but with severity of illness (Della Sala et.al., 2000). The formal schooling, in turn, seems to be relevant for transcoding tasks in school-age children. Analysis of errors pattern in this population shows a progressive increase in performance over the years (Moura et.al., 2013).

Although formal schooling plays an important role in childhood for transcoding abilities, it seems not be the case in elderly age. But, less is known about these dynamics in adults who have never attended school. Many studies have reported the role of schooling in various cognitive domains (Pettersson et.al., 2000; Folia & Kosmidis, 2003) but none of them contemplated in detail transcoding abilities in illiterate people.

The present study

Here we aimed to explore in detail transcoding process in illiterate and in elderly demented people, investigating the role of formal schooling and pathological aging in transcoding abilities. For this purpose, we conducted two different studies.

In the first study, we explored the transcoding performance in illiterate, ex- illiterate and literate individuals. Since transcoding skills require formal schooling, we can assume that illiterates would present difficulties on number writing. More specifically, we expect that complex numbers, which require the access to production rules in order to be transcribed, would present an additional source of difficulty. Nevertheless, only an error analysis can reveal the nature of this lack of knowledge of the mechanisms involved in transcoding.

For this purpose, we conducted an additional study to explore the error types in samples of illiterates and individuals with dementia. By means of this investigation, it will be possible to explore the role of literacy and pathological aging in transcoding errors. In this second study, a sample of illiterate adults, literate adults, elderly Alzheimer's Disease (DA) patients, elderly behavioral variant of Frontotemporal dementia (bvFTD) patients and healthy elderly Control were included. Given the large amount of research exploring errors in Alzheimer's disease we included also a

sample of Behavioral variant of frontotemporal dementia patients to compare their performance and possible differences in error types in pathological aging and in illiteracy condition.

3.2.1 STUDY 1: Numerical transcoding performance in adults of varying levels of formal education

In this first study, we investigated the role of formal schooling in transcoding tasks. We analyzed scores in reading and writing numbers, investigating differences between error rates in different levels of transcoding complexity. We also explored, through regression analysis, the role of intelligence and word reading level in the performance in transcoding tasks.

3.2.2 METHODS

Participants:

71 individuals were invited to participate in the study. Two individuals with neurological and psychiatric backgrounds and one participant who asked to leave the procedure were excluded from this study. The final sample consisted of 68 healthy adults who were in educational courses for adults who had interrupted school attendance for various reasons when they were younger. We divided the sample into four groups according to reading abilities, measured by the Word/Pseudoword Reading task (Salles, Piccolo, Zamo, & Toazza, 2014). The Illiterate group (n = 7) was composed of adults who were totally illiterate and unable to read any word or pseudoword. The second group (n = 17), 1st Grade ex-Illiterate, was composed by ex-illiterates who had a word reading level similar to children in 1st grade, while another group, 2nd Grade ex-illiterates (n = 25) performed similarly as children at the 2nd grade. The last group, Literate (n = 19), was composed by literate adults who had a word reading level comparable to children of the 3rd grade or more and showed the best performance, reading at least 51 words out of 60. This last group was composed by adults who had acquired literacy at the elementary school in childhood or who had completed the literacy process in courses for adults.

All participants were socially adapted and had formal jobs. Before starting the evaluation they answered a brief screening interview. No age differences were found between groups (Table 1). Although word reading level and years of schooling were correlated ($r= 0.625$, $p<0.001$), participants were divided by word reading level due to inaccurate reports of schooling experience. The four groups differed in years of schooling and in word reading level. More detailed data are presented in Table 1.

The sample was recruited in educational courses for adults who stopped studying before concluding school at the expected ages. These courses occur in the late afternoon, and are coordinated by the city administration. In order to take part in this study, participants needed to be between 18 and 60 years-old. All subjects were recruited in similar poor socioeconomic backgrounds. This study was conducted in two cities, Belo Horizonte, state of Minas Gerais and Vitória da Conquista, state of Bahia, Brazil.

Table 1. Descriptive Data of the Sample Study 1

	illiterates	1st Grade ex-illiterate	2nd Grade ex-illiterate	literate	F
Age mean (SD)	47,00 (8,14)	45,82 (8,97)	45,60 (8,60)	42,16 (10,66)	0,776
Years of schooling mean (SD)	1,57 (1,48)	2,65 (1,22)	3,35 (1,41)	7,37 (3,67)	18,586***
Word and pseudoword reading total - mean (SD)	0 (0,00)	18,24 (8,09)	40,16 (6,04)	56,21 (3,04)	229,949***
Word and pseudoword reading total min-máx	-	2 - 26	30 -50	51 - 60	-

** $p<.01$, *** $p <.001$

Procedure

The study was approved by the local research ethics committee (COEP–UFMG). Before starting the assessment, the experimenter orally explained the research purposes in front of a witness and participation occurred only after informed consent was obtained. Participants were assessed in quiet rooms in the schools during one session of approximately one and a half hour. The tasks were presented in two pseudo-random orders.

Instruments:

Wechsler Adult Intelligence Scale.

We used two subtests from Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS-III; Nascimento, 2000), the Vocabulary and Block Design subtests. These tests are commonly used to estimate verbal and performance IQ's, however, there is no validation of shorter forms of the WAIS-III for Brazilian samples, and thus we will restrain our analysis to the scaled scores.

Word and Pseudoword reading task.

This task was composed by a list of 40 words classified according to their length, lexicality and frequency. The regularity was also controlled, half of the real words were regular and the other half was irregular. A list of 20 pseudowords was also presented. This task was developed for assessing reading skills of students until the seventh year of schooling (Salles, Piccolo, Zamo, & Toazza, 2013) and was used in this study to classify our sample according to their reading level.

Arabic Number Writing Task

The Arabic Number Writing Task had a total of 81 items, which were dictated in a fixed order. The stimuli were 2 one-digit numbers, 6 two-digit numbers, 19 three-digit numbers and 54 four-digit numbers. To define the degree of complexity of each item we used the rules described in the ADAPT model (Barrouillet et.al., 2004). According to this model the numbers presented in this task required from 2 to 7 different rules in order to be correctly transcoded. To avoid errors due to the forgetting of the verbal dictated forms, numbers were repeated one more time in case a participant asked for it.

Arabic Number Reading Task

In this task 81 numbers were presented on a computer screen and the participants were instructed to read them aloud. Stimuli were presented in a *PowerPoint* presentation using font Calibri 88 in black on a white background. The position of stimuli on screen varied randomly on each trial. The computer used was Dell Inspiron 3421, 14". The stimuli as in Arabic Number Writing Task, were classified regarding the

complexity according the ADAPT model (Barrouillet et.al. 2004) and the quantity of digits in each item was the same as in the Arabic Number Writing Task.

Complexity of transcoding tasks

Each item in the writing numbers task was graduated in complexity according to the ADAPT model rules. These rules are devoted to (i) retrieving of information from long term memory (called P1 rules, responsible for retrieving “3” from its verbal form), (ii) managing the size of digital chains (P2 and P3 rules; in “2003,” these rules create a frame of four slots), and (iii) filling these slots (if there are any empty slots, P4 rules will fill them with 0 s).

The Arabic Number Writing Task was composed of 81 items, of which, 8 required 2 rules to transcode, 11 required 3 rules, 20 required 4 rules, 24 required 5 rules, 10 required 6 rules and the 8 most difficult items required 7 rules for transcoding.

3.2.3 RESULTS:

We first ascertained intelligence scores of each group in order to discard intellectual disability cases. After this, we compared performance of groups in two types of transcoding tasks taking into account the syntactic complexity of each number. Finally, we evaluated the predictive power of intelligence and literacy (measured by the word reading task) in both dependent variables: Reading and Writing Arabic Numbers.

Intelligence measures:

We first examined the intelligence measures per subtest. The scaled scores (SS) of WAIS Vocabulary and Block Design are reported in Table 2 for each group. A one-way ANOVA revealed a group effect in Vocabulary ($F[3, 67] = 4,016$ $p = .011$) and in Block Design ($F[3, 67] = 22,840$ $p <.001$). Bonferroni post-hoc comparisons indicated that the Literate group had a better result only than 1st Grade ex-Illiterate in Vocabulary. In the Block Design subtest the Literate group had a better result than all groups. No differences between Illiterate, 1st Grade ex-Illiterate and ex-illiterate - 2nd Grade were found (see statistics in Table 2).

Table 2. Performance on Intelligence and Transcoding Tasks

	illiterates	1st Grade ex-illiterate	2nd Grade ex-illiterate	literate	F
Vocabulary (SS)	8,57 (4,57)	6,53 (1,62)	7,58 (1,81)	9,16 (2,47)	5.657**
Block design (SS)	6,43 (1,51)	7,41 (1,12)	7,35 (1,38)	10,63 (1,97)	22.840***
Reading numbers	26,00 (20,95)	56,76 (19,59)	55,16 (14,69)*	77,79 (6,50)	21.423***
Writting numbers	10,00 (8,71)	34,47 (19,23)	37,23 (16,95)	71,63 (15,48)	30.584***

p<.01 , * p <.001

Number transcoding

The descriptive dates of transcoding's tasks are reported in Table 2. To investigate the influence of type of transcoding task (Arabic Numbers Reading and Writing), syntactic complexity (number of rules ranging from 2 up to 7) and level of formal schooling (groups), we conducted a mixed 2 X 6 X 4 analysis of variance (ANOVA). This design consisted of the between-groups factor of word reading level, and the within-subjects factors of transcoding route (error rates in Arabic Number Writing or Reading tasks) and numerical complexity (error rates in each transcoding complexity, that is, 2 to 7 rules). To approximate a normal distribution more accurately, error rates were arcsine-transformed. In all of the cases in which the assumption of sphericity for the ANOVA was not satisfied, Greenhouse-Geisser correction was applied.

In general, error rates increased with syntactic complexity, as evidenced by the main effect of syntactic complexity ($F[5, 320] = 122.79, p <.001, \eta^2_p = 0.66$), and more errors were observed in the Arabic Number Writing task than in the Arabic Reading Task ($F[1, 64] = 45.03, p <.001, \eta^2_p = 0.41$). Moreover, the main effect of word reading level ($F[3, 64] = 34.24, p <.001, \eta^2_p = 0.62$) showed that the less educated participants exhibited higher error rates in number transcoding. Numerical complexity also influenced error rates, reflected by a main effect of complexity. The three factors did not interact significantly with each other ($F[15, 320] = 1.37, p = .235, \eta^2_p = 0.06$). There were significant interactions between syntactic complexity and transcoding task ($F[15, 320] = 5.18, p <.010, \eta^2_p = 0.07$). Significant interactions were also observed between syntactic complexity and word reading level ($F[15, 320] = 14.95, p <.001,$

eta²_p = .41). Finally, word reading level also interacted significantly with transcoding task ($F[3, 64] = 3.16, p < .05, \eta^2_p = .13$).

To better understand this pattern of interactions, we conducted a 6 X 4 ANOVA separated for each transcoding task. For the Arabic Number Writing task we observed a main effect of syntactic complexity, with error rates increasing with the number of transcoding rules ($F[5, 320] = 91.23, p < .001, \eta^2_p = 0.59$) and a main effect of word reading level ($F[3, 64] = 32.32, p < .001, \eta^2_p = 0.60$) with higher errors rates in the less educated groups. Post-hoc analysis using Bonferroni correction revealed that illiterate participants performed poorer than all other groups (all p 's < .01), and literate participants performed better than all other groups (all p 's < .001). Ex-illiterates from 1st and 2nd grades did not differ significantly from each other ($p > .05$). The two factors also interacted with each other ($F[15, 320] = 11.73, p < .001, \eta^2_p = 0.35$). For the Illiterate Group, repeated contrasts revealed significant better performance in transcoding numbers with 2 rules compared to numbers with 3 rules ($p = .013$), but all other comparisons did not reach statistical significance (all p 's > .05). For the 1st and 2nd grades Ex-illiterate groups we observed increasing difficulties in transcoding numbers from 2 to 5 rules (all p 's < .01), but similar performance when transcoding numbers with 6 and 7 rules ($p > .05$). Finally, literate group, repeated contrasts revealed increasing difficulties in transcoding numbers from 2 to 4 rules (all p 's < .05), but similar performance for the more complex numbers (all p 's > .05). These results are showed in Figure 1.

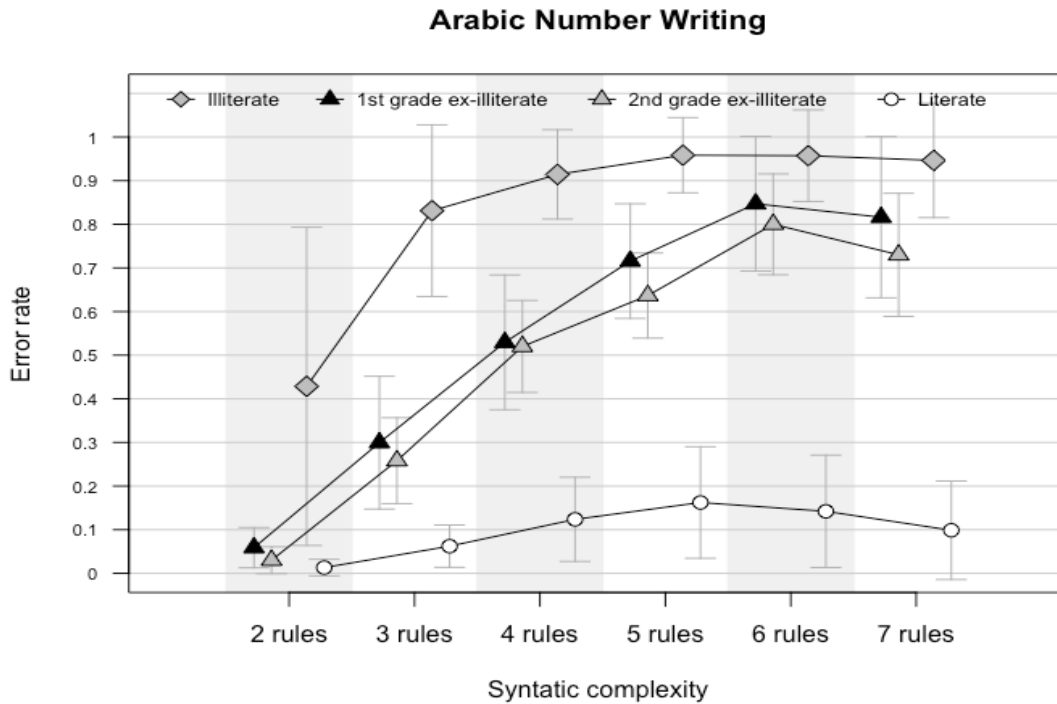


Figure 1. Group interaction on numerical complexity of Arabic Number Writing task

The same analysis with the Arabic Number Reading task as dependent variable revealed a main effect of syntactic complexity, with error rates increasing with the number of transcoding rules ($F[5, 320] = 42.68, p < .001, \eta^2_p = .40$) and a main effect of word reading level ($F[3, 64] = 19.15, p < .001, \eta^2_p = .47$). Analysis post-hoc revealed that Illiterate Group had a worse performance when compared with all other groups (all p 's $< .01$), and literate participants performed better than all other groups (all p 's $< .001$). No significant differences between Ex-illiterates from 1st and 2nd grades were found ($p > .05$). The two factors also interacted with each other ($F[15, 320] = 5.30, p < .001, \eta^2_p = .20$). For the Illiterate Group, repeated contrasts revealed significant better performance in transcoding numbers with 2 rules compared to numbers with 3 rules ($p = .025$), and in the transcoding of numbers with 4 compared to numbers with 5 rules ($p = .030$). Even though the performance in transcoding numbers with 3 and 4 rules did not differ significantly, the observed effect was large ($\eta^2_p = 0.39$). All other comparisons did not reach statistical significance (all p 's $> .05$). For the 1st Grade ex-Illiterate group we observed increasing difficulties in transcoding numbers from 2 to 5 rules (all p 's $< .01$), but similar performance when transcoding numbers with 5 or more rules ($p > .05$). The 2nd grade Ex-illiterate group

showed significant differences between all categories of numbers (all p 's < .01). Finally, for the literate group repeated contrasts revealed similar performance in the transcoding of all categories of numbers (all p 's > .05). These results are showed in Figure 2.

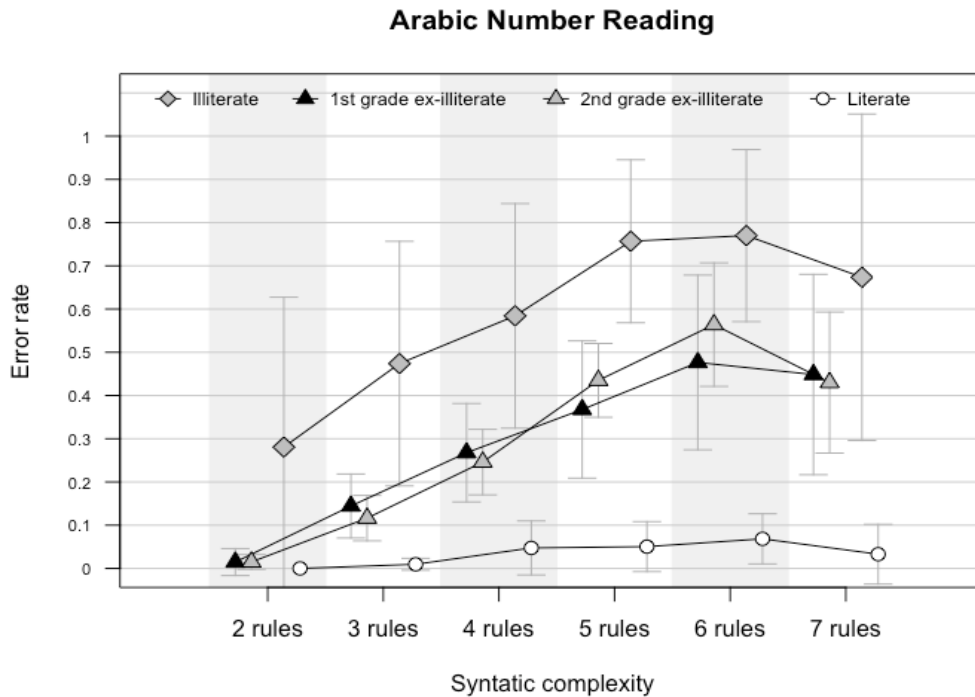


Figure 2. Group interaction on numerical complexity of Arabic Number Reading task

Association between formal schooling and numerical transcoding

Pearson correlation coefficients were calculated to examine the associations between the different measures under study. For reading words, Arabic Numbers Reading and Arabic Numbers Writing we used the total scores. For Vocabulary and Block Design the scaled score was used. Table 3 shows all correlation coefficients obtained. In summary, participants with better word reading level showed better performance in Arabic Numbers Reading, Arabic Numbers Writing and Block Design.

Table 3. Correlation between Variables

	1	2	3	4	5
1- Reading words and pseudowords total	1				
2- Vocabulary (SS)	.442**	1			
3- Block design (SS)	.574**	330**	1		
4- Number reading	.570**	146	458**	1	
5- Number writing	.707**	257**	563**	762**	1

** correlation is significant at the 0.01 level (two-tailed)

* correlation is significant at the 0.05 level (two-tailed)

To further explore the association between these variables and to have a more reliable perspective on the role of intelligence and word reading level in numbers skills, we conducted a regression analysis. We conducted separate hierarchical regression models for Arabic Number Writing and Reading, investigating the role of WAIS Vocabulary and Block Design using the "enter" method, and word Reading score using the "stepwise" method. The Arabic Number Reading and Writing tasks were entered separately as dependent variable while others entered as independent variable. We selected this model to avoid redundancy and to guarantee a high degree of parsimony.

For the Arabic Number Reading, the model significantly predicted the data ($R^2 = .352$, adjusted $R^2 = .322$, $F = 11.59$, $p < .001$). Word reading scores were significant predictors (Beta = .462, $p < .001$), while the predictive effect of WAIS Block Design (Beta = .209, $p = .104$) and Vocabulary (Beta = -.437, $p = .664$) did not reach statistical significance. For the Arabic Number Writing task the model was also significant ($R^2 = .535$, adjusted $R^2 = .513$, $F = 24.544$, $p < .001$), with word reading as the only reliable predictor (Beta = .575, $p < .001$; WAIS Block Design: Beta = .214, $p = .050$; WAIS vocabulary: Beta = .035, $p = .701$). In summary, number transcoding performance was clearly influenced by reading abilities.

3.2.4 DISCUSSION

The purpose of this study was to investigate the impact of formal schooling on number transcoding tasks. To our knowledge, this is the first thorough investigation of the number transcoding abilities in illiterate adults. Our results revealed two main finds. First, we observed a better performance of literate subjects in most tasks, while

illiterate subjects tended to show more difficulties. In intelligence measures, a more prominent difference between groups was observed in Block Design task. In Arabic Reading and Arabic Writing task this pattern was present not only in raw scores of transcoding tasks but also in the complexity of transcoding items analysis. Our second main find is that the reading abilities had an important predictive power on transcoding tasks, especially in Arabic Number Writing. These findings support the idea that formal schooling has an important role in basic numerical abilities. In the following sections, these topics will be discussed in more details.

Results from intelligence tasks showed two important finds. First, they ensured, as detected in the individual interview, that the reasons for illiteracy in our sample was associated with lack of opportunity and not with intellectual disabilities. These results are in accordance with the criteria suggested by others studies with illiterate sample (Ardilla et.al.2010). Another important finding is that Literate subjects showed better performance in intelligence tasks. Our results are also consistent with previous research which showed that literate individuals consistently outperform unschooled individuals in intelligence testing (Ceci, 1991; Christian, Bachman & Morrison, 2001).

Although we did not measure Intelligence Quotient (IQ) in our sample, the analysis of scaled scores are in accordance with previous studies that used IQ measures and showed a positive association between intelligence and schooling access (Barber, 2005; Ceci, 1991) grade (Roth, et.al., 2015) and academic achievement (Colom & Flores-Mendoza, 2007). Schooling provides access to many skills such as problem solving, concept formation, abstract thinking, categorization, repeated manipulation of basic symbols and operations, which promote the development of significant intellectual skills in schooled subjects. IQ measures are a reflex of the ability to understand and interpret information received in school and are clearly affected when the individual has no access to formal schooling.

The results in number transcoding tasks were discrepant between groups. In both tasks the illiterate group performed worse than the literate one, but in some aspects their results were similar to the 1st and 2nd Ex-illiterate groups. We also observed that less educated participants presented more difficulty in more complex numbers.

In both transcoding tasks, the illiterate group exhibited the worst performance. The 1st and 2nd Ex-illiterate groups did not differ between each other and the literate group was better than all of the other participants. This result suggests that when illiterate subjects completed the first year of formal schooling they also improve their transcoding abilities. In children similar results were found (Seron, Deloche e Noel, 1992; Camos, 2008; Moura, 2013; 2015) showing that transcoding performances tend to improve between first and second grades and reach a ceiling effect among third grade (Noël & Turconi, 1999).

An effect of complexity was also observed. It reflects that error rates increase with syntactic complexity, indexed here by the number of transcoding rules. In other words, all sample presented more difficult to read and write numbers such as 8884 than numbers such as 11. In Arabic Number Writing task the Illiterates had better results in simple numbers which required 2 rules. Numbers with 3 or more rules presented the same level of difficulty for this group. In turn, 1st and 2nd grade ex-illiterate group presented a clear increase of difficulty, with better results in 2 rules numbers when compared with 3 rules numbers and so on. For these two groups, numbers with 6 and 7 conversion rules imposed a similar degree of difficulty. The literate group presented an increasing error pattern in numbers up to 4 rules but the same performance for more complex numbers. Although we found differences when comparing the effect of syntactic complexity in each group, in general the results suggested that the less educated participants present more difficulties in less complex numbers than others groups.

In the Arabic Number Reading task more heterogeneous results were observed when we considered numerical complexity. The illiterate group showed a better performance in numbers with 2 and 4 rules than in numbers with 3, 5, 6 and 7 transcoding rules, in which they presented increasing difficulties. The finding that illiterate participants performed better in some more complex numbers may be attributed to the fact that the ADAPT model was solely developed for Arabic number writing, so it is not clear if the rules also apply for Arabic number reading tasks. The 1st Grade ex-Illiterate presented an increase of difficulty up to numbers with 5 rules and the same level of difficulty for

more complex numbers, while the 2nd Grade Ex-illiterate presented a progressive increase of difficulty according complexity of numbers. Finally, the Literate group did not present more pronounced difficulty in any class of complexity of numbers.

Our findings are in accordance with assumptions of the ADAPT model, that the number of conversion rules was a reliable index of number complexity and difficulties in this process are expected when transcoding rules are not consolidate. We showed that, even though number transcoding tasks are usually applied for assessing numerical difficulties in children in the first years of elementary school, who are still not very familiar with the Arabic number system, difficulties in transcoding abilities can also be investigated in illiterate adults.

In other to better clarify the influence of formal schooling in transcoding tasks we used the word reading level as independent variable in a regression model. We found that word reading level predicted the performance on transcoding tasks better than the intelligence variables (WAIS Vocabulary and Block Design). According the ADAPT model (Barrouillet et.al., 2004), the relationship between vocabulary and transcoding in fact would not be very large since most verbal number systems contain a limited lexicon of numbers, and these verbal number codes are acquired concomitantly with other linguistic abilities during early development and require less formal instruction (Wiese, 2003; Lopes-Silva, 2016).

3.3.1 STUDY 2: Arabic Number Writing in illiterate and early dementia patients

In order to investigate how the lack of schooling influences the transcoding processes, we conducted a second study. Here we analyzed the errors committed in the Arabic Number Writing task by all participants of Study 1. Additionally, a sample of early dementia patients was investigated in order to explore the role of schooling and pathological aging in the transcoding abilities.

3.3.2 METHODS

Participants:

A total of 96 volunteer participants took part in this study. Participants were categorized in the following groups: (i) Illiterate (n = 7) (ii) 1st Grade ex-Illiterate (n = 17); (iii) Ex-Illiterates - 2nd Grade (n = 25); and (iv) Literate adults (n = 19) were the same from Study 1.

Three other groups of elderly subjects were added: (v) bvFTD, a behavioral variant Frontotemporal dementia group (n = 9), selected according to the latest revised criteria (Rascovsky et al, 2011) ; (vi) a group of patients with Alzheimer's disease (AD), included according to consensual criteria (Albert et al, 2011). (n = 12); and (vii) an elderly Control group (n = 7). In order to increase the specificity of the clinical diagnosis of bvFTD and AD groups, we considered CSF (Cerebrospinal Fluid) biomarkers data (when available) for the selection of patients. We did not include bvFTD patients for whom CSF analyses disclosed an "AD CSF biomarker profile" (as previously defined (de Souza et al, 2011) and we did not include AD patients for whom CSF biomarkers were unaltered. Controls were included according to the following criteria: no memory complaint or cognitive impairment; MMSE score $\geq 27/30$; no neurological or psychiatric antecedents.

The three elderly groups were older than adults from Study 1 ($F[6, 95] = 27.09, p = <001$) and had more years of schooling $F[6, 95] = 44.78, p = <001$.

In order to characterize the general cognitive abilities of elderly participants, we used the Frontal Assessment Battery (FAB) (Dubois, Slachevsky, Litvan, & Pillon, 2000) and Mini Mental State Exam (MMSE) (Folstein, Folstein & McHugh, 1975). Significant

group differences were observed in FAB scores ($F[2, 27] = 3.615, p = .042$). Post-hoc tests showed that the Control group performed better than bvFTD group ($p = .042$), but similar to DA group ($p = > .050$). In MMSE an effect of group was observed ($F[2, 27] = 10.985, p = < .001$), with post-hoc analyses revealing a better performance of Control group compared to bvFTD ($p = .023$) and DA ($p = < .001$) groups. Demographic characteristics of the elderly sample are summarized in Table 4. Demographic characteristics of adult sample are the same of Table 1.

Table 4 – Demographic Data of the Sample Study 2

	bvFTD	DA	Elderly Control	F
Age mean (SD)	69,22 (11,13)	72,58 (9,05)	71,71 (7,52)	26,439***
Age min-máx	55 – 84	57- 85	59 – 81	-
Years of schooling mean (SD)	11,55 (2,24)	13,41 (3,80)	12,42 (3,30)	43,882***
Years of schooling min-máx	8 – 15	7 - 20	8 - 17	-
MMSE mean (SD)	26,11 (1,96)	24,67 (2,14)	28,86 (1,06)	10,985***
MMSE min-máx	23 – 29	21 – 28	28 - 30	-
FAB mean (SD)	12,44 (3,24)	13,42 (2,19)	15,71 (1,49)	3,615**
FAB min-máx	7 - 17	10 -17	13 - 17	-

Instrument

The Arabic Number Writing task described in the first study was used to assess all sample. The score of each participant was computed and errors were further analyzed. Incorrect responses received a classification based on the ADAPT model and previous classifications of errors (Deloche & Seron, 1982a, 1982b).

In this section, the errors committed in the Arabic Number Writing and Arabic Number Reading tasks are explored separately. Lexical and syntactic errors are investigated. Lexical errors occur when a lexical element is replaced by another one. Lexical errors were considered the follows: (i) position errors: when the primitive is replaced by another one from the same class, but different position. (e.g. “vinte e cinco” [twenty

five] → 26), (ii) classification errors: when the primitive itself is correct but its class is not (e.g. “doze” [twelve] → 22) and (iii) phonological errors: when the written number is phonologically similar to the spoken number in Portuguese language (e.g. “treze” [thirteen] → “três” 3).

A syntactic error is made when the lexical elements are correctly retrieved but the positional value rules are violated. Syntactic errors were the follows: (i) Additive composition: when the number of added 0s matches the magnitude of the multiplicands (e.g. “quatrocentos e vinte e três” [four hundred twenty-three] → 40023), (ii) Multiplicative composition: the base is entirely written after the multiplicand (e.g. “oito mil” [eight thousand] → 81000), (iii) Wrong frame: deletion or addition of a zero without overwriting (e.g. “sete mil” [seven thousand] → 700), (iv) Wrong frame additive composition: when addition of 0s does not match the magnitude of the multiplicands (e.g. “setecentos e quarenta e um” [seven hundred forty-one] → 7041) and (v) Inversion of multiplicand: multiplicand and base change positions (e.g. “oitocentos e trinta e quatro” [eight hundred thirty-four] → 384).

3.3.3 RESULTS:

To investigate the influence of formal schooling and pathological aging in Arabic Number Writing task, we conducted a mixed 6 (number of transcoding rules) x 7 (groups) analysis of variance. We found a main effect of syntactic complexity ($F[5, 445] = 60.989$ $p < .001$), as error rates increased with syntactic complexity, and an interaction between the factors of group and syntactic complexity ($F[30, 445] = 15.260$ $p < .001$). In order to disentangle this interaction, the effect of syntactic complexity was investigated separately in each group. As the sample of illiterate and ex-illiterate participants is the same as the one investigated in study 1, the results of these contrasts is the same and was already reported.

For the Alzheimer group, repeated contrasts revealed similar performance in numbers from 2 to 6 transcoding rules (all p 's $> .05$), and a significant worse performance in transcoding numbers with 7 rules ($p > .05$). The elderly bvFTD and elderly Control groups performed similarly in all complexity levels (all p 's $> .05$).

3.3.3.1 ERROR ANALYSIS

A total of 2934 errors were classified, with a larger proportion of syntactic errors (93.9%). For the statistical analyses we calculated relative frequencies of errors in order to correct for the differences in group sizes. Error rates were also arcsine transformed in order to approximate a normal distribution. Figure 3 shows error rates for the seven groups investigated in this study.

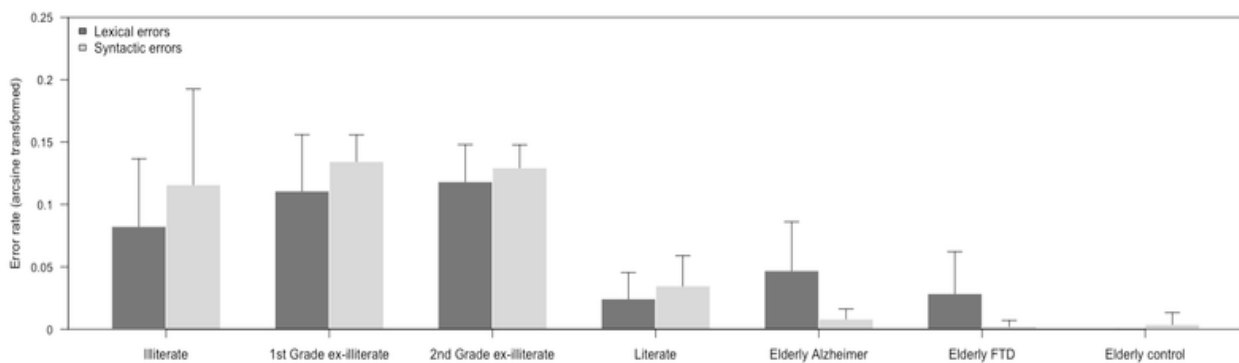


Figure 3. Error Analysis by Group on Arabic Number Writing Task

A 2 X 7 repeated measures ANOVA revealed a main effect of group ($F[6, 89] = 5.91, p < .05, \eta^2 = 0.16$), as overall frequency of errors was higher in less educated groups, and a main effect of error ($F[1, 89] = 33.89, p < .001, \eta^2 = 0.16$), revealing a higher frequency of syntactic errors as compared to lexical ones. Moreover, a significant interaction between the factors of error and group was also observed ($F[6, 89] = 8.43, p < .05, \eta^2 = 0.22$). Post-hoc analyses with Bonferroni correction revealed significantly higher frequencies of syntactic errors for Illiterates ($p < .01$), 1st ($p < .01$) and 2nd ($p < .01$) grades ex-illiterates and for Literate controls ($p = .02$). Elderly participants, in contrast, committed similar frequencies of lexical and syntactic errors (all p 's $> .05$).

3.3.4 DISCUSSION

In this second study we compared performance of illiterate, ex-illiterate and literate adults with elderly subjects diagnosed with DA, bvFTD and elderly Controls. The aim of this investigation was to explore the role of formal schooling and the role of

pathological aging in Arabic Number Writing tasks. Through error analysis we aimed also to investigate if the pattern of error in illiterate and ex illiterate sample were similar to errors presented by elderly subjects belonging to Control and pathological aging group.

Our first find was in accordance with our first study and demonstrated an important role of formal schooling in transcoding tasks. The elderly sample, even those with dementia diagnosis, presented better results when compared with illiterate and ex-illiterate groups. This results suggest that the impact of formal schooling in transcoding abilities was higher than the impact of pathological aging.

These results are in agreement with the error analysis. Illiterate and ex-illiterate showed a higher proportion of syntactic errors than elderly subjects reflecting a principal role of formal schooling. According to the ADAPT model, the source of syntactic errors lies in the incorrect application of algorithms serving as an index of missing transcoding rules (Barrouillet et.al. 2004). This result suggests that these adults have not yet acquired the formal rules for transcoding numbers, especially more complex numbers, and wrongly applied the rules dedicated to more simple numbers, pattern similar to children in school age (Moura et. al, 2013).

Considering only the elderly sample errors, we observed that DA patients presented more difficulties than the two other groups. The higher error rates in DA patients can be associated with the fact that DA pathology affects more diffuse cortical circuitry that subservers a wide range of cognitive functions. Alzheimer's disease is more likely to affect more anatomic sites than other conditions and can inevitably, affect more intellectual abilities (Stern, 2002; Mayeux & Stern, 2012). In, turn Frontotemporal dementia behavioral variant affects more specific pre frontal regions of cortex and is more associated with loss of particular skills, such as social abilities (Snowden, Neary & Mann, 2002).

Although intrusion errors were generally associated with progressive dementias (Capelleti et.al. 2012) we did not observed any intrusion errors in our sample. This result could be interpreted in terms of stage of illness. Our DA and bvFTD sample were all in the early stage of the illness and, although presents some errors, they not reached

the most severe stages of the disease presenting more diffuse errors. Della Sala and colleagues (2002) found similar results. In their studies they observed that just patients with more severe level of Alzheimer disease committed this type of errors and concluded that intrusion errors may not occur in the earliest stages of the disease. Similar results were found by Kessler and Kalbe (1996) who observed that the incidence of intrusion errors was negatively correlated with performance on MMSE.

This second study leads us to conclude that error in transcoding tasks seems to be a classic pattern in subjects that have no access to formal school. However, these errors are also common in pathological aging and in this case no relationship with formal schooling is related. These findings highlight the importance of the transcoding task analysis also for literate dementia patients and converge to studies which purpose the use of transcoding tasks in neuropsychological batteries for screening dementias cases (Della Sala et.al., 2002; Carlomagno et.al., 1999).

3.5 GENERAL CONCLUSIONS

The current study improves our understanding of the nature of the transcoding abilities in adult with distinct level of schooling and elderly sample with distinct progressive pathologies. First we observed an important role of formal schooling in Arabic Reading and Arabic Writing Numbers tasks. The improvement in performance was parallel to advance in schooling and this pattern was clear for both tasks of transcoding. Easier numbers, which require less rules to transcode (e.g. 11), were transcribed more correctly than more difficulty numbers (e.g. 8,844). Errors rates increase as the complexity of numbers increase but this pattern was not so linear especially for ex-illiterate group. As expected by our group, the word reading level had a predictive power in transcoding tasks, revealing that basic numerical abilities are acquired concomitantly with literacy.

Another important finding was about the role of pathological aging. We observed that, elderly subjects presented less errors than illiterate and exhibited a more diffuse pattern of errors. They do not exhibit intrusions errors which are related with more several stages of the disease. Here, formal schooling may plays a dual role. First, it provided our elderly sample with sufficient knowledge to perform the task better than

the illiterates. Moreover, formal schooling is one of the most important sources of cognitive reserve (Stern, 2002; 2009) and can help reduce the signs of cognitive impairments in these elderly subjects.

3.6 REFERENCES

- Ardila, A., Bertolucci, P. H., Braga, L. W., Castro-Caldas, A., Judd, T., Kosmidis, M. H., ... & Rosselli, M. (2010). Illiteracy: the neuropsychology of cognition without reading. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 25(8), 689-712.
- Albert, M.S., DeKosky, S.T., Dickson, D., Dubois, B., Feldman, H.H., Fox, N.C., Gamst, A., Holtzman, D.M., Jagust, W.J., Petersen, R.C., Snyder, P.J., Carrillo, M.C., Thies, B., Phelps, C.H. (2011). The diagnosis of mild cognitive impairment due to Alzheimer's disease: recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia*, 7, 270-279
- Barber, N. (2005). Educational and ecological correlates of IQ: A cross-national investigation. *Intelligence*, 33(3), 273-284.
- 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*, 111(2), 368.
- Bramão, I., Mendonça, A., Faísca, L., Ingvar, M., Petersson, K. M., & Reis, A. (2007). The impact of reading and writing skills on a visuo-motor integration task: A comparison between illiterate and literate subjects. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13(02), 359-364.
- Brankaer, C., Ghesquiere, P., & De Smedt, B. (2013). The development of numerical magnitude processing and its association with working memory in children with mild intellectual disabilities. *Research in developmental disabilities*, 34(10), 3361-3371.
- Brucki, S. M. D., & Nitrini, R. (2008). Cancellation task in very low educated people. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23(2), 139-147.
- Camos, V. (2008). Low working memory capacity impedes both efficiency and learning of number transcoding in children. *Journal of experimental child psychology*, 99(1), 37-57.
- Cappelletti, M., Butterworth, B., & Kopelman, M. (2012). Numeracy skills in patients with degenerative disorders and focal brain lesions: a neuropsychological investigation. *Neuropsychology*, 26(1), 1.
- Cappelletti, M., Kopelman, M. D., Morton, J., & Butterworth, B. (2005). Dissociations in numerical abilities revealed by progressive cognitive decline in a patient with semantic dementia. *Cognitive Neuropsychology*, 22(7), 771-793.
- Carlomagno, S., Lavarone, A., Nolfi, G., Bourene, G., Martin, C., & Deloche, G. (1999). Dyscalculia in the early stages of Alzheimer's disease. *Acta Neurologica Scandinavica*, 99(3), 166-174.

- Carreiras, M., Seghier, M. L., Baquero, S., Estévez, A., Lozano, A., Devlin, J. T., & Price, C. J. (2009). An anatomical signature for literacy. *Nature*, 461(7266), 983-986.
- Castro-Caldas, A., Miranda, P. C., Carmo, I., Reis, A., Leote, F., Ribeiro, C., & Ducla-Soares, E. (1999). Influence of learning to read and write on the morphology of the corpus callosum. *European Journal of Neurology*, 6(1), 23-28.
- Castro-Caldas, A., Petersson, K. M., Reis, A., Stone-Elander, S., & Ingvar, M. (1998). The illiterate brain. Learning to read and write during childhood influences the functional organization of the adult brain. *Brain*, 121(6), 1053-1063.
- Ceci, S. J. (1991). How much does schooling influence general intelligence and its cognitive components? A reassessment of the evidence. *Developmental psychology*, 27(5), 703.
- Christian, K., Bachnan, H. J., & Morrison, F. J. (2001). Schooling and cognitive development. *Environmental effects on cognitive abilities*, 287-335.
- Cipolotti, L., & Butterworth, B. (1995). Toward a multiroute model of number processing: Impaired number transcoding with preserved calculation skills. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124(4), 375.
- Cocodia, E. A., Kim, J. S., Shin, H. S., Kim, J. W., Ee, J., Wee, M. S., & Howard, R. W. (2003). Evidence that rising population intelligence is impacting in formal education. *Personality and Individual Differences*, 35(4), 797-810.
- Colom, R., & Flores-Mendoza, C. E. (2007). Intelligence predicts scholastic achievement irrespective of SES factors: Evidence from Brazil. *Intelligence*, 35(3), 243-251.
- de Souza, L. C., Lamari, F., Belliard, S., Jardel, C., Houillier, C., De Paz, R., . . . Sarazin, M. (2011). Cerebrospinal fluid biomarkers in the differential diagnosis of Alzheimer's disease from other cortical dementias. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 82(3), 240-246
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1997). Cerebral pathways for calculation: Double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. *Cortex*, 33(2), 219-250.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive neuropsychology*, 20(3-6), 487-506.
- Dehaene, Stanislas, Felipe Pegado, Lucia W. Braga, Paulo Ventura, Gilberto Nunes Filho, Antoinette Jobert, Ghislaine Dehaene-Lambertz, Régine Kolinsky, José Morais, and Laurent Cohen. "How learning to read changes the cortical networks for vision and language." *science* 330, no. 6009 (2010): 1359-1364.
- Della Sala, S., Gentileschi, V., Gray, C., & Spinnler, H. (2000). Intrusion errors in numerical transcoding by Alzheimer patients. *Neuropsychologia*, 38(6), 768-777.

- Deloche, G., & Seron, X. (1982a). From one to 1: An analysis of a transcoding process by means of neuropsychological data. *Cognition*, 12(2), 119-149.
- Deloche, G., & Seron, X. (1982b). From three to 3: A differential analysis of skills in transcoding quantities between patients with Broca's and Wernicke's aphasia. *Brain*, 105(4), 719-733.
- Deloche, G., & Seron, X. (1987). *Numerical transcoding: A general production model*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Deloche, G., & Willmes, K. (2000). Cognitive neuropsychological models of adult calculation and number processing: the role of the surface format of numbers. *European child & adolescent psychiatry*, 9(2), S27-S40.
- Deloche, G., Souza, L., Braga, L. W., & Dellatolas, G. (1999). A calculation and number processing battery for clinical application in illiterates and semi-literates. *Cortex*, 35(4), 503-521.
- Dubois, B., Slachevsky, A., Litvan, I., & Pillon, B. F. A. B. (2000). The FAB A frontal assessment battery at bedside. *Neurology*, 55(11), 1621-1626.
- Folia, V., & Kosmidis, M. H. (2003). Assessment of memory skills in illiterates: strategy differences or test artifact?. *The Clinical Neuropsychologist*, 17(2), 143-152.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*, 12(3), 189-198.
- Geary, D. C. (2000). From infancy to adulthood: The development of numerical abilities. *European child & adolescent psychiatry*, 9(2), S11-S16
- Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K., & Rashotte, C. A. (2001). 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*, 79(2), 192-227.
- Johnson, A. S., Flicker, L. J., & Lichtenberg, P. A. (2006). Reading ability mediates the relationship between education and executive function tasks. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12(01), 64-71.
- Kessler, J., & Kalbe, E. (1996). Written numeral transcoding in patients with Alzheimer's disease. *Cortex*, 32(4), 755-761.
- Kosmidis, M. H., Tsapkini, K., & Folia, V. (2006). Lexical processing in illiteracy: effect of literacy or education?. *Cortex*, 42(7), 1021-1027.

- Landerl, K., & Moll, K. (2010). Comorbidity of learning disorders: prevalence and familial transmission. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51(3), 287-294.
- Li, G., Cheung, R. T., Gao, J. H., Lee, T., Tan, L. H., Fox, P. T., ... & Yang, E. S. (2006). Cognitive processing in Chinese literate and illiterate subjects: an fMRI study. *Human brain mapping*, 27(2), 144-152.
- Lopes-Silva, J. B., Moura, R., Júlio-Costa, A., Haase, V. G., & Wood, G. (2014). Phonemic awareness as a pathway to number transcoding.
- Lopes-Silva, J. B., Moura, R., Júlio-Costa, A., Wood, G., Salles, J. F., & Haase, V. G. (2016). What Is Specific and What Is Shared Between Numbers and Words?. *Frontiers in psychology*, 7.
- Matute, E., Leal, F., Zarabozo, D., Robles, A., & Cedillo, C. (2000). Does literacy have an effect on stick construction tasks?. *Journal of the international neuropsychological society*, 6(06), 668-672.
- Mayeux, R., & Stern, Y. (2012). Epidemiology of Alzheimer disease. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 2(8), a006239.
- Moura, R., Lopes-Silva, J. B., Vieira, L. R., Paiva, G. M., de Almeida Prado, A. C., Wood, G., & Haase, V. G. (2015). 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*, 30(1), 88-98.
- Moura, R., Wood, G., Pinheiro-Chagas, P., Lonnemann, J., Krinzinger, H., Willmes, K., & Haase, V. G. (2013). Transcoding abilities in typical and atypical mathematics achievers: the role of working memory and procedural and lexical competencies. *Journal of experimental child psychology*, 116(3), 707-727.
- Nascimento, E. D. (2000). *Adaptação e validação do teste WAIS-III para um contexto brasileiro* (Doctoral dissertation, Universidade de Brasília. Instituto de Psicologia).
- Noël, M. P., & Turconi, E. (1999). Assessing number transcoding in children. *European review of applied psychology*, 49(4), 295-304.
- Nys, J., Ventura, P., Fernandes, T., Querido, L., Leybaert, J., & Content, A. (2013). Does math education modify the approximate number system? A comparison of schooled and unschooled adults. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(1), 13-22.
- Petersson, K. M., Reis, A., & Ingvar, M. (2001). Cognitive processing in literate and illiterate subjects: A review of some recent behavioral and functional neuroimaging data. *Scandinavian journal of psychology*, 42(3), 251-267.

- Petersson, K. M., Reis, A., Askelöf, S., Castro-Caldas, A., & Ingvar, M. (2000). Language processing modulated by literacy: A network analysis of verbal repetition in literate and illiterate subjects. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(3), 364-382.
- Petersson, K. M., Reis, A., Askelöf, S., Castro-Caldas, A., & Ingvar, M. (2000). Language processing modulated by literacy: A network analysis of verbal repetition in literate and illiterate subjects. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(3), 364-382.
- Petersson, K. M., Reis, A., Castro-Caldas, A., & Ingvar, M. (1999). Effective Auditory–Verbal Encoding Activates the Left Prefrontal and the Medial Temporal Lobes: A Generalization to Illiterate Subjects. *NeuroImage*, 10(1), 45-54.
- Petersson, K. M., Silva, C., Castro-Caldas, A., Ingvar, M., & Reis, A. (2007). Literacy: a cultural influence on functional left–right differences in the inferior parietal cortex. *European Journal of Neuroscience*, 26(3), 791-799.
- Pugh, K. R., Mencl, W. E., Jenner, A. R., Katz, L., Frost, S. J., Lee, J. R., ... & Shaywitz, B. A. (2001). Neurobiological studies of reading and reading disability. *Journal of communication disorders*, 34(6), 479-492.
- Rascovsky, K., Hodges, J. R., Knopman, D., Mendez, M. F., Kramer, J. H., Neuhaus, J., . . . Miller, B. L. (2011). Sensitivity of revised diagnostic criteria for the behavioural variant of frontotemporal dementia. *Brain*, 134(Pt 9), 2456-2477)
- Rosselli, M., & Ardila, A. (2003). The impact of culture and education on non-verbal neuropsychological measurements: A critical review. *Brain and cognition*, 52(3), 326-333.
- Roth, B., Becker, N., Romeyke, S., Schäfer, S., Domnick, F., & Spinath, F. M. (2015). Intelligence and school grades: A meta-analysis. *Intelligence*, 53, 118-137.
- Salles, J. F. D., Piccolo, L. D. R., Zamo, R. D. S., & Toazza, R. (2013). Normas de desempenho em tarefa de leitura de palavras/pseudopalavras isoladas (LPI) para crianças de 1º ano a 7º ano. *Estudos e Pesquisas em Psicologia*, 13(2), 397-419.
- Schlaggar, B. L., & McCandliss, B. D. (2007). Development of neural systems for reading. *Annu. Rev. Neurosci.*, 30, 475-503.
- Seron, X., Deloche, G., & Noël, M. P. (1992). Number transcribing by children: Writing Arabic numbers under dictation.
- Snowden, J. S., Neary, D., & Mann, D. M. (2002). Frontotemporal dementia. *The British Journal of Psychiatry*, 180(2), 140-143.
- Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8(03), 448-460.

- Stern, Y. (2009). Cognitive reserve. *Neuropsychologia*, 47(10), 2015-2028.
- Tegner, R. (1990). "To hundred and twentyfour": a study of transcoding in dementia. *Acta Neurologica Scandinavica*, 81(2), 177-178.
- Thioux, M., Ivanoiu IV, A., Turconi, E., & Seron, X. (1999). Intrusion of the verbal code during the production of Arabic numerals: a single case study in a patient with probable Alzheimer's disease. *Cognitive Neuropsychology*, 16(8), 749-773.
- Wechsler, D. (1981). *WAIS-R manual: Wechsler adult intelligence scale-revised*. Psychological Corporation.
- Wiese, H. (2003). *Numbers, language, and the human mind*. Cambridge University Press..
- Yassuda, Mônica S., Breno SO Diniz, Mariana K. Flaks, Luciane F. Viola, Fernanda S. Pereira, Paula V. Nunes, and Orestes V. Forlenza. "Neuropsychological profile of Brazilian older adults with heterogeneous educational backgrounds." *Archives of Clinical Neuropsychology* 24, no. 1 (2009): 71-79.
- Zuber, J., Pixner, S., Moeller, K., & Nuerk, H. C. (2009). 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*, 102(1), 60-77.

4. Estudo 2: Habilidade de cálculos em adultos com baixa escolaridade

Gizele Alves Martins^{1,3}

Ricardo Moura ^{1,3}

Júlia Beatriz Lopes Silva^{2,3}

Vitor Geraldi Haase^{1,2,3}

1 Programa de Pós-graduação em Neurociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil.

2 Laboratório de Neuropsicologia do Desenvolvimento, Departamento de Psicologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil.

3 Programa de Pós-graduação da Saúde da Criança e do Adolescente, Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil.

RESUMO

A habilidade de cálculo é essencial para a vida diária e é aprendida logo nos primeiros anos da escolarização. Estudos anteriores mostram que adultos que não frequentaram a escola durante a infância e não tiveram acesso a este tipo de aprendizado, aprendem de forma idiossincrática a realizar contas em situações familiares. O objetivo deste estudo foi investigar em detalhes habilidade de cálculo em adultos com baixa escolaridade. As tarefas utilizadas incluíram operações de adição, subtração e multiplicação. Todos os cálculos foram apresentados de maneira contextual e simbólica. Na modalidade contextual as operações foram apresentadas em uma situação de compra e venda de produtos e na modalidade simbólica os mesmos cálculos foram expostos em uma tarefa de lápis e papel. Não foram observadas diferenças no desempenho em detrimento da forma de apresentação da tarefa, contudo análises posteriores evidenciam que os participantes apresentam maior taxa de erros na tarefa de multiplicação. A análise dos erros na tarefa de multiplicação mostra que a maioria das falhas cometidas foi em razão de troca do sinal da multiplicação.

Palavras-chave: baixa escolaridade, adultos iletrados, cálculos, cálculos contextuais, análise de erros.

ABSTRACT

The calculation ability is essential for daily life and is learned in the early years of schooling. Previous studies showed that adults who did not attend school during childhood and did not have access to this type of information, learn idiosyncratically how to execute calculus in familiar situations. The aim of this study was to investigate in detail calculation abilities in adults with low education. The tasks used included operations of addition, subtraction and multiplication. All calculations were presented in a contextual and in a symbolic modality. In contextual modality operations were presented in a situation of marketing of products and in the symbolic modality the same calculations were exposed in a pencil and paper task. No differences in performance between the two modalities of the task were observed, but further analysis revealed that the participants have higher error rates in the multiplication task. Errors analysis of the errors in multiplication task showed that the most failures were committed in signal exchange of multiplication.

Keywords: low education, illiterate adults, calculations, contextual calculations, error analysis.

4.1 INTRODUÇÃO

A alta correlação existente entre a escolarização formal e outras variáveis, como a idade cronológica e desempenho escolar torna difícil distinguir o efeito que cada uma delas exerce na cognição (Ardila et.al., 2010). Dessa forma, o estudo com sujeitos iletrados e semi-iletrados permite uma melhor investigação do impacto da escolarização na cognição por propiciar uma situação em que se pode controlar este efeito. A cognição de iletrados e semi-iletrados tem sido alvo de estudos em diversas áreas (Bramão et al., 2007; Matute, Leal, Zarabozo, Robles, & Cedillo, 2000; Rosseli & Ardilla, 2003), todavia uma das questões ainda pouco investigadas é sobre seu impacto na cognição numérica, especificamente na habilidade de cálculos aritméticos.

Mesmo sem instrução formal, indivíduos iletrados e semi-iletrados são capazes de desempenhar uma série de atividades diárias que envolvem conhecimentos numéricos básicos (Deloche et al. 1999; Wood Nuerk, Freitas and Willmes, 2006). No entanto ainda não existem estudos onde o desempenho desta população tenha sido investigado mais detalhadamente.

A exposição a situações diárias que exigem a realização de cálculos simples ocasiona o desenvolvimento de estratégias idiossincráticas em iletrados e semi-iletrados (Carragher, Carragher, & Schliemann, 1988). Em um clássico estudo brasileiro, Nunes, Schliemann, and Carragher (1993) e Carragher et.al. (1988), mostraram que adolescentes com baixa escolaridade que trabalhavam como vendedores ambulantes exibiam boa capacidade de realizar contas de compra e venda de seus produtos, entretanto não conseguiam efetuar os mesmos cálculos quando estes eram apresentados em lápis e papel. Apesar de não terem sido realizadas análises estatísticas a fim de autenticar a significância desta diferença, os autores sugerem que a modalidade de apresentação dos problemas é decisiva para o desempenho desta população. Eles destacam que cálculos contextualizados e com materiais concretos seriam mais facilmente realizados do que aqueles apresentados em lápis e papel (Carragher, et.al., 1988).

A forma de apresentação de estímulos no contexto de avaliação de iletrados e semi-iletrados também foi alvo de estudos sobre outros aspectos cognitivos. Reis, Guerreiro e Castro-Caldas (1994) e Reis, Petersson, Castro-Caldas, e Ingvar (2001) observaram que o desempenho destes indivíduos em uma tarefa de nomeação de objetos é melhor quando o próprio objeto ou foto colorida é apresentado, do que quando desenhos e figuras em preto e branco são utilizadas. Dicas como a cor também parecem auxiliar. Sujeitos iletrados apresentaram melhor desempenho em nomeação de fotos e figuras coloridas do que em ambas as situações apresentadas em preto e branco (Reis, Faísca, Ingvar, & Petersson, 2006).

O bom desempenho destes sujeitos em tarefas que envolvem estímulos concretos ou próximos da situação real levanta um questionamento sobre a forma como estes indivíduos vem sendo avaliados nos diversos contextos. É possível que nem todos os instrumentos estejam aptos a captar estas peculiaridades, prejudicando o desempenho de iletrados e semi-iletrados. As discrepâncias frequentes encontradas nas comparações entre letrados e iletrados precisam ser analisadas com cautela, levando em consideração o tipo de tarefa utilizada (Reis et.al., 2001; de Paula, 2013). Estes resultados reforçam ainda mais a necessidade de tarefas contextualizadas na avaliação destes sujeitos.

O perfil dos iletrados e semi-iletrados permanece, portanto sendo um desafio para a avaliação cognitiva, uma vez que resultados inferiores podem estar associados tanto a um real prejuízo cognitivo, quanto à inadequação do instrumento ou quanto a dificuldades ocasionadas pela falta de escolarização. Estudos que utilizaram testes com características ecológicas têm ratificado esta afirmação e sugerido que a avaliação contextual permite avaliar mais genuinamente as habilidades cognitivas em população com baixa escolaridade (Folia & Kosmidis, 2003; de Paula et.al., 2013; Ardilla et.al. 2010).

Dentro deste contexto, a investigação da habilidade de cálculo desperta interesse por ser uma capacidade presente na vida diária e, portanto ter uma característica ecológica preponderante e por poder também ser facilmente avaliada em contexto formal. A associação das habilidades de cálculos com a escolarização formal é clara.

Segundo o modelo do triplo código (Dehaene, 1992) algumas habilidades numéricas são inatas enquanto outras dependem da escolarização formal para se desenvolverem. Três formas de representação compõe este modelo: a) Analógico: onde a quantidade é representada semanticamente, b) auditivo verbal: associada à representação verbal dos números, a tabuadas de adição e multiplicação e habilidades de contagem e c) visual arábica: associada à representação Arábica dos números e operações multidigitais. A representação analógica é considerada uma habilidade primária com significativa influencia evolutiva e ambiental. As duas últimas representações, todavia, são consideradas um aprimoramento da primeira e dependem da escolarização formal para isso. Através da escolarização formal indivíduos adquirem conceitos, aprendem novas habilidades, e aprimoram as representações simbólicas como por exemplo as habilidades de cálculos (Geary, 2007)

A relação da habilidade de cálculo com a escolarização tem sido mostrada por diversas pesquisas com crianças. Estudos evidenciam que com o passar dos anos de escolarização há um aumento na acurácia na adição (Moore & Ashcraft, 2015), da subtração (Moore & Ashcraft, 2015) e da multiplicação (Megias & Macizo, 2015). Em especial, a multiplicação é a habilidade adquirida mais tardiamente e normalmente é explicada utilizando conhecimentos prévios de adição. Ou seja, é uma soma de termos iguais (Butterworth, 2005).

O aprendizado da multiplicação depende da instrução formal e envolve três etapas: a) o conhecimento conceitual que é o entendimento da operação e seus princípios, b) o conhecimento procedural, que é a aplicação de regras e algoritmos para a resolução do problema e finalmente, c) a consolidação dos fatos aritméticos na memória de longo prazo (Domahs & Delazer, 2005; Delazer, 2003). Desta maneira, durante a aprendizagem, erros na multiplicação podem ocorrer devido à falha em uma das três etapas seja ela: falta do conhecimento conceitual, procedural ou dificuldade em armazenar os fatos aritméticos. A análise do tipo de erro pode ser útil na identificação da natureza destas falhas.

Diante destas evidências o presente estudo tem como objetivo primeiramente explorar a habilidade de adição, subtração e multiplicação em sujeitos com baixa escolaridade. O segundo objetivo é observar se a forma da apresentação dos cálculos (formal ou contextual) influenciam o desempenho dos participantes iletrados identificando os tipos de erros cometidos pela amostra.

Nós esperamos que os participantes apresentem melhores resultados nos cálculos contextualizados, uma vez que estão mais familiarizados com os estímulos e podem se beneficiar de dicas tais como cor e forma dos objetos. Em contrapartida, é esperado que eles apresentem dificuldade em cálculos formais, os quais exigem uso de conhecimento conceitual e procedural que são dependentes de escolarização formal.

4.2 MÉTODOS

PARTICIPANTES:

A amostra foi recrutada em cursos de educação para jovens e adultos que interromperam os estudos. Todos os participantes eram socialmente adaptados e tinham empregos formais. Antes de iniciar a avaliação, os participantes responderam uma breve entrevista de triagem para descartar casos de pacientes com prejuízos neurológicos ou psiquiátricos.

11 adultos com baixa escolaridade foram convidados a participar do estudo. Dois participantes foram excluídos devido a histórico de convulsão e uso de medicamento neurológico. Participaram do estudo 9 adultos saudáveis (55% do sexo feminino), com baixa escolaridade (média = 3,20, desvio padrão = 1,66). A idade média da amostra foi de 42,22 (desvio padrão = 13,73). Todos os participantes tiveram suas habilidades de leitura avaliadas pela tarefa de Leitura de Palavras/Pseudopalavras Isoladas (LPI) (Salles, Piccolo, Zamo, & Toazza, 2014) e foram classificados de acordo com o nível de leitura atingido. Três participantes não conseguiram fazer o teste e foram classificados como iletrados. Quatro participantes atingiram nível de leitura similar a crianças da primeira série e foram classificados como Ex-iletrados 1ªsérie e dois

participantes alcançaram nível de leitura similar a crianças da segunda série e foram classificados como Ex-iletrados 2ª série.

INSTRUMENTOS:

Tarefa de Leitura de palavras/pseudopalavras isoladas (LPI)

Esta tarefa foi composta por uma lista de 40 palavras classificadas de acordo com comprimento, lexicalidade e frequência. A regularidade também foi controlada, metades das palavras eram regulares e a outra metade era irregular. Uma lista de 20 pseudopalavras também foi apresentada. Esta tarefa foi desenvolvida para avaliar as habilidades de leitura de estudantes até o sétimo ano de escolaridade (Salles, Piccolo, Zamo, & Toazza, 2014) e foi utilizada neste estudo para classificar a amostra de acordo com seu nível de leitura.

Cálculo contextual e simbólico:

A tarefa de cálculo foi apresentada em duas modalidades diferentes. Os mesmos cálculos foram apresentados em uma tarefa simbólica de lápis e papel e em outra tarefa que simulava um contexto de compra e venda de supermercado. Um folheto de supermercado fictício foi apresentado em uma folha de papel A3. Neste folheto diversos produtos e preços correspondentes com a realidade foram expostos. Em cada bloco de cálculo, o voluntário recebeu um pacote de notas de dinheiro fictícias para pagar pelas compras ou dar trocos.

Nas duas modalidades foram apresentados blocos de 12 adições, 12 subtrações e 12 multiplicações. Cada um dos blocos era composto por 6 itens simples e 6 itens complexos. A divisão entre simples e complexo variou de acordo com cada operação. Não foi estabelecido limite de tempo.

Adição contextual

Adições simples foram definidas como aquelas com dois termos de um dígito (por exemplo, R\$4,00 + R\$7,00). Nas adições complexas um dos termos era composto por dois dígitos (por exemplo, R\$14,00 + R\$3,00). Os participantes foram instruídos a imaginar que estavam realizando compras em um supermercado. O examinador

solicitava que dois itens fossem comprados. O participante deveria separar o dinheiro exato para efetuar o pagamento.

Exemplo: *Agora você está indo em um supermercado comprar um pacote de arroz (R\$ 14,00) e um leite condensado (R\$3,00) (o examinador aponta os itens no folheto do supermercado). Quanto isso custa? Separe o valor exato para o pagamento.*

Subtração contextual

No bloco de subtração o participante deveria vender um produto para o examinador e calcular o troco. Na subtração simples, o primeiro termo era sempre 10 (R\$10,00 - R\$7,00) enquanto na subtração complexa o primeiro termo era sempre 20 (R\$20,00 - R\$7,00). Estes valores fixos dos primeiros termos foram adotados para tornar a situação de compra mais próxima do real.

Exemplo: *Agora você é o vendedor e eu irei comprar um desinfetante (R\$4,00) (examinador aponta o item no folheto). Pagarei com esta nota (R\$ 10,00). Dê-me o meu troco por favor?*

Multiplicação contextual

Na tarefa de multiplicação, os participantes eram solicitados a calcular o valor a pagar por determinadas quantidades de produtos. Os cálculos simples foram considerados aqueles em que o segundo termo da multiplicação correspondia ao valor exato de uma nota de R\$2,00 ou R\$5,00. Desta maneira nas multiplicações simples os participantes teriam a opção de apenas juntar as notas relativas ao valor do produto. Contudo, eles não foram alertados sobre essa possibilidade. (Exemplo: No cálculo $4 \times 5 = 4\text{kg}$ de salsicha, onde cada quilo é R\$5,00. O participante poderia apenas separar 4 notas de R\$5,00 no lugar de uma nota de R\$20,00 e realizar o pagamento).

Nas multiplicações complexas os mesmos cálculos do bloco simples foram apresentados, contudo com os valores invertidos (ex: $5 \times 4 = 5\text{ kg}$ de batata, onde cada quilo era R\$4,00). Nesta situação o participante deveria necessariamente realizar o cálculo uma vez que o acúmulo das notas não era praticável.

Exemplo: *Agora você está indo em um supermercado para comprar 2 quilos de batatas (R\$4,00) (examinador aponta o item no folheto de supermercado). Quanto isso custa? Tente pagar com o valor exato.*

4.4 RESULTADOS

As médias e desvios padrão dos resultados de cada bloco da tarefa estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Média e Desvio Padrão da Tarefa de Cálculos

Tarefa	Contextual		Simbólica	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Adição Simples	4,22	1,787	4,22	2,279
Adição Complexa	4,78	1,922	4,00	2,398
Subtração Simples	5,33	1,658	4,44	2,555
Subtração Complexa	3,89	2,147	3,78	2,863
Multiplicação Simples	4,33	1,871	1,78	2,489
Multiplicação Complexa	3,89	1,691	1,56	2,242
Total	26,44	8,946	19,78	11,043

Primeiramente nós conduzimos uma análise de variância múltipla (ANOVA) 2 (contextual x simbólica) x 2 (cálculos simples x cálculos complexos) x 3 (adição, subtração e multiplicação). Este design consistiu em uma comparação entre o tipo de tarefa, o nível de complexidade e o tipo de operação. Em todos os casos em que a hipótese de esfericidade foi violada a correção Greenhouse-Geisser foi aplicada.

Foi encontrado um efeito principal de operação ($F[2, 16] = 5.92, p = .012, \eta^2_p = .42$) e de complexidade ($F[1, 8] = 7.93, p = .023, \eta^2_p = .50$). Análises post hoc evidenciaram que as tarefas simples são mais fáceis que as complexas ($p = .023$) e que a multiplicação foi mais difícil que as demais (p 's < .050). Não foi encontrado efeito principal significativo do tipo de tarefa, ainda que a magnitude do efeito tenha sido grande ($F[1, 8] = 5.33, p = .050, \eta^2_p = .40$). Nenhuma interação foi observada (todos os p 's > .005).

Em suma, não foram encontradas diferenças entre as duas modalidades de apresentação dos cálculos, isto é, os participantes não se beneficiaram da apresentação de cálculos no formato contextual. Contudo, diferenças entre as operações aritméticas mostraram que o desempenho dos sujeitos foi significativamente inferior na multiplicação e nos blocos de maior complexidade em todas as operações.

Diferença entre as modalidades da tarefa

Não foram encontrados efeitos significativos das modalidades da tarefa. Entretanto, a alta magnitude de efeito e o valor p marginalmente significativo revelaram uma tendência dos participantes a apresentar escores maiores quando os cálculos eram apresentados no formato contextual. Por este motivo nós dividimos a amostra por nível de leitura (letrados, Ex-iletrados 1ª série e Ex-iletrados 2ª série) e comparamos o total de acerto em cada uma das condições (contextual e simbólica).

A comparação entre as duas condições foi feita utilizando a diferença entre o escore total na modalidade contextual e o escore total na modalidade simbólica. Pequenas diferenças entre as duas modalidades de apresentação evidenciam pouca influência do formato de tarefa, entretanto diferenças maiores entre as duas modalidades sugerem maior diferença entre os escores totais nas duas situações.

As análises mostram que existe uma diferença maior entre as duas condições para participantes letrados (média = 11,66, desvio padrão = 3,52) e para participantes Ex-iletrados 1ª série (média=7,00, desvio padrão= 5,10) e um pequeno índice de diferença para os participantes Ex-iletrados 2ª série (média = -1,50, desvio padrão = 1,50). A Figura 1 ilustra este padrão.

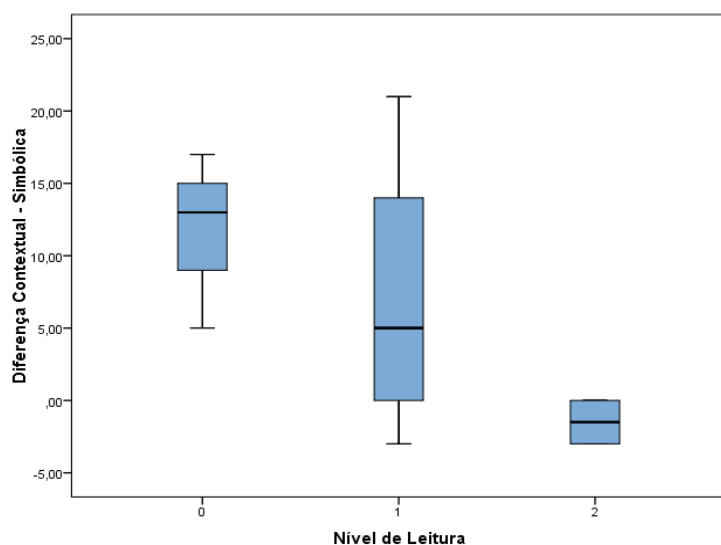


Figura 1. Diferença Entre Tipos de Tarefas nos Grupos. Nível de leitura 0 = Illetrados; Nível de leitura 1 = Participantes com nível de leitura similar à 1ª série e Nível de leitura 2 = Participantes com nível de leitura similar à 2ª série.

Análise qualitativa de erros

Uma vez que a tarefa de multiplicação se mostrou a mais difícil entre as demais, nós resolvemos investigar mais detalhadamente este resultado. Para este fim nós comparamos os erros cometidos no bloco de multiplicação (contextual e simbólica). A análise de erro tem o intuito de auxiliar na compreensão da dificuldade apresentada pelos participantes. Nós utilizamos a classificação de erros proposta por estudos anteriores (Butterworth, Marchesini, Girelli, & Baroody, 2003; Dehaene, 1997; Capelleti, 2005) e classificamos erros nas seguintes categorias:

- a) Erros de operandos: Quando o resultado corresponde à resposta de outra multiplicação de um dos operandos (ex: $5 \times 4 = 25$)
- b) Erros de proximidade: mais ou menos 10% do resultado correto (ex: $6 \times 7 = 38$)
- c) Erros de tabuada: a resposta pertence a um resultado de uma tabuada diferente dos dois operandos (ex: $3 \times 4 = 25$)
- d) Erros não-tabuada: Quando a resposta não existe em nenhum fato da tabuada (ex: $3 \times 5 = 17$)
- e) Erros de operação: Quando há troca do sinal de operação ($2 \times 5 = 7$)
- f) Omissão: nenhuma resposta é dada.

Os resultados da análise qualitativa de erros estão exibidos na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado da análise de erros na tarefa de multiplicação

Tipo de erro	Contextual		Simbólica	
	Multiplicação Simples	Multiplicação Complexa	Multiplicação Simples	Multiplicação Complexa
a) operandos	9/15 (60%)	4/19 (21%)	10/38 (26%)	12/40 (30%)
b) proximidade	0/15	6/19 (31,5%)	0/38	0/40
c) tabuada	4/15 (27%)	0/19	0/38	2/40 (5%)
d) não-tabuada	1/15 (6,5%)	6/19 (31,5%)	1/38 (26%)	0/40
e) operação	1/15 (6,5%)	3/19 (15%)	21/38 (55%)	20/40 (50%)
f) omissão	0/15	0/19	6/38 (15%)	6/40 (6%)

Na tarefa contextual os erros observados na multiplicação simples e complexa são em sua maioria erros operandos, de proximidade, de tabuada e não tabuada. Já na tarefa simbólica a grande maioria dos erros tanto na parte simples quanto complexa foram erros de operação. Erros operandos e de omissão também tiveram uma taxa considerável.

4.5 DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi explorar a habilidade de cálculos em adultos com baixa escolaridade e investigar se a forma de apresentação (contextual ou simbólica) influencia o desempenho destes sujeitos. Nossos resultados mostraram que não houve diferença significativa entre as duas modalidades da tarefa. Foram observadas diferença de desempenho entre as operações: adição, subtração e multiplicação e entre os níveis de dificuldade das operações.

A apresentação de cálculos na modalidade contextual não se mostrou um fator facilitador para nossa amostra, conforme esperado. Estes resultados contrariam o encontrado por estudos anteriores (Carragher et.al., 1988) e merecem ser analisados com cautela. Nós observamos que algumas diferenças na escolha dos itens do teste podem estar associadas a este resultado. No estudo de Carragher e colaboradores (1988) cada indivíduo respondeu a uma bateria de cálculos que foi composta por cálculos contextuais que eles já realizavam repetidamente em seu trabalho, o que tornaria a condição contextual mais fácil. Estes cálculos ao serem exibidos na

modalidade simbólica poderiam ser invertidos ou modificados (ex: cálculo na condição contextual: $385 + 115$, cálculo na condição formal: $500 - 385$) tornando a condição simbólica mais difícil e o reconhecimento da operação mais dificultoso. Desta maneira uma diferença entre as condições seria mais facilmente observada.

O papel da escolaridade nesta tarefa se torna mais claro ao comparar os resultados dos indivíduos nas diferentes operações. A dificuldade significativa na multiplicação sugere que as operações mais simples que são aprendidas nos primeiros anos de escolaridade (adição e subtração) estão mais consolidadas do que a habilidade de multiplicação, que é ensinada mais tardiamente e exige o domínio de conhecimentos numéricos prévios, como adição, subtração e transcodificação (Dehaene, 1992; Ashcraft, 1992).

Pesquisas realizadas com crianças mostram que à medida que há um avanço na série escolar são observadas melhoras na acurácia e no tempo de reação em tarefas de multiplicação (Steel, S., & Funnell, et.al., 2001) . Tais estudos indicam que o aprendizado da multiplicação é introduzido por volta da terceira série e tende a melhorar com o passar do tempo devido à constante repetição e familiarização com os fatos levando ao armazenamento na memória de longo prazo (Ashcraft, 1992; Menon 2010). Esta sequência de aprendizagem da multiplicação parece não estar consolidado nos sujeitos da nossa amostra uma vez que todos os participantes tinham poucos anos de escolarização e nível de leitura máximo era compatível com crianças de segunda série.

A classificação dos erros seguiu um modelo hierárquico de acordo com o esquema apresentado por diversos estudos (Butterworth et.al., 2003; Dehaene, 1997;) , incluindo análises de erros em indivíduos adultos (Capelleti, 2005). A análise dos erros sugere um padrão não sistemático e mais imaturo na condição simbólica, enquanto na condição contextual erros mais sistemáticos foram observados. Erros sistemáticos (como operandos e de tabuada) refletem o uso de estratégias mais apropriadas e organizadas na execução dos fatos (Girelli, Delazer, Semenza & Denes, 1996), sugerindo que na situação contextual nossos participantes tenham adotado estratégias mais apropriadas à situação do que na modalidade simbólica.

Na nossa amostra os erros de omissão e de operação na tarefa simbólica refletem nitidamente a escassez de conhecimento de conceitual e procedural (Domahs & Delazer, 2005) e foram observados também em outros estudos (Delocheet.al., 1999).

Concluindo, a análise qualitativa dos erros permitiu elucidar mais adequadamente o papel da escolarização nas habilidades de cálculos mostrando que nas situações mais difíceis os participantes adotam estratégias não sistemáticas. No nosso estudo, apesar de não ter sido encontrada uma diferença entre as modalidades, nós observamos uma tendência a um melhor desempenho dos participantes na condição contextual. Portanto é desejável que novas investigações com amostras maiores sejam conduzidas para esclarecer estes resultados.

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cappelletti, M., Kopelman, M. D., Morton, J., & Butterworth, B. (2005). Dissociations in numerical abilities revealed by progressive cognitive decline in a patient with semantic dementia. *Cognitive Neuropsychology*, 22(7), 771-793.
- Ardila, A., Bertolucci, P. H., Braga, L. W., Castro-Caldas, A., Judd, T., Kosmidis, M. H., ... & Rosselli, M. (2010). Illiteracy: the neuropsychology of cognition without reading. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 25(8), 689-712.
- Ashcraft, M. H. (1992). Cognitive arithmetic: A review of data and theory. *Cognition*, 44(1-2), 75-106.
- Bramão, I., Mendonça, A., Fátima, L., Ingvar, M., Petersson, K. M., & Reis, A. (2007). The impact of reading and writing skills on a visuo-motor integration task: A comparison between illiterate and literate subjects. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13(02), 359-364.
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(1), 3-18.
- Butterworth, B., Marchesini, N., Girelli, L., & Baroody, A. J. (2003). Basic multiplication combinations: passive storage or dynamic reorganization?. *The Development of Arithmetic Concepts and Skills: Constructive Adaptive Expertise*, 187-201.
- Carragher, T. N., Carragher, D. W., & Schliemann, A. D. (1988). *Na vida dez, na escola zero*. cortez.
- de Paula, J. J., Costa, M. V., Bocardi, M. B., Cortezzi, M., De Moraes, E. N., & Malloy-Diniz, L. F. (2013). The Stick Design Test on the Assessment of older adults with low formal Education: evidences of construct, criterion-related and ecological validity. *International Psychogeriatrics*, 25(12), 2057-2065.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44(1-2), 1-42.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical cognition*, 1(1), 83-120.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1997). Cerebral pathways for calculation: Double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. *Cortex*, 33(2), 219-250.
- Delazer, M. (2003). Neuropsychological findings on conceptual knowledge of arithmetic.
- Deloche, G., Souza, L., Braga, L. W., & Dellatolas, G. (1999). A calculation and number processing battery for clinical application in illiterates and semi-literates. *Cortex*, 35(4), 503-521.

- Domahs, F. R. A. N. K., & Delazer, M. (2005). Some assumptions and facts about arithmetic facts. *Psychology Science*, 47(1), 96-111.
- Domahs, F., Zamarian, L., & Delazer, M. (2008). Sound arithmetic: Auditory cues in the rehabilitation of impaired fact retrieval. *Neuropsychological rehabilitation*, 18(2), 160-181.
- Folia, V., & Kosmidis, M. H. (2003). Assessment of memory skills in illiterates: strategy differences or test artifact?. *The Clinical Neuropsychologist*, 17(2), 143-152.
- Geary, D. C. (2007). Educating the evolved mind: Reflections and refinements. *Educating the evolved mind: Conceptual foundations for an evolutionary educational psychology*, 177-203.
- Matute, E., Leal, F., Zarabozo, D., Robles, A., & Cedillo, C. (2000). Does literacy have an effect on stick construction tasks?. *Journal of the international neuropsychological society*, 6(06), 668-672.
- Megías, P., Macizo, P., & Herrera, A. (2015). Simple arithmetic: Evidence of an inhibitory mechanism to select arithmetic facts. *Psychological research*, 79(5), 773-784.
- Menon, V. (2010). Developmental cognitive neuroscience of arithmetic: implications for learning and education. *ZDM*, 42(6), 515-525.
- Moore, A. M., & Ashcraft, M. H. (2015). Children's mathematical performance: Five cognitive tasks across five grades. *Journal of experimental child psychology*, 135, 1-24.
- Nunes, T., Schliemann, A. D., & Carraher, D. W. (1993). *Street mathematics and school mathematics*. Cambridge University Press.
- Reis, A., Faísca, L., Ingvar, M., & Petersson, K. M. (2006). Color makes a difference: Two-dimensional object naming in literate and illiterate subjects. *Brain and Cognition*, 60(1), 49-54.
- Reis, A., Guerreiro, M., & Castro-Caldas, A. (1994). Influence of educational level of non brain-damaged subjects on visual naming capacities. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16(6), 939-942.
- Reis, A., Petersson, K. M., Castro-Caldas, A., & Ingvar, M. (2001). Formal schooling influences two-but not three-dimensional naming skills. *Brain and cognition*, 47(3), 397-411.
- Rosselli, M., & Ardila, A. (2003). The impact of culture and education on non-verbal neuropsychological measurements: A critical review. *Brain and cognition*, 52(3), 326-333.

- Salles, J. F. D., Piccolo, L. D. R., Zamo, R. D. S., & Toazza, R. (2013). Normas de desempenho em tarefa de leitura de palavras/pseudopalavras isoladas (LPI) para crianças de 1º ano a 7º ano. *Estudos e Pesquisas em Psicologia*, 13(2), 397-419.
- Steel, S., & Funnell, E. (2001). Learning multiplication facts: A study of children taught by discovery methods in England. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79, 37–55.
- Wood, G., Nuerk, H. C., Freitas, P., Freitas, G., & Willmes, K. (2006). What do semi-illiterate adults know about 2-digit arabic numbers?. *Cortex*, 42(1), 48-56.

5. CONCLUSÕES GERAIS

Esta dissertação teve como objetivo investigar o papel da escolarização formal e do envelhecimento patológico em habilidades numéricas básicas (transcodificação e cálculos). O primeiro artigo avaliou em detalhes a habilidade de transcodificação e contou com dois estudos. O primeiro deles foi realizado apenas com uma amostra de adultos iletrados e outro com uma amostra de iletrados e de idosos com demência. O segundo artigo foi realizado apenas com adultos iletrados e buscou investigar a habilidade de cálculos aritméticos.

Os resultados do primeiro artigo mostraram que os iletrados obtiveram resultados inferiores na tarefa de transcodificação quando comparados com adultos escolarizados. Este resultado está de acordo com grande parte de estudos que comparam estas populações em outros domínios cognitivos (Folia & Kosmidis, 2003; Reis et.al., 2005; Bramão et.al., 2007). Contudo no nosso trabalho, nós incluímos uma amostra de ex-iletrados e de idosos com demência a fim de caracterizar melhor o padrão de dificuldade na transcodificação.

Nós observamos que os ex-iletrados tem desempenho superior a iletrados na escrita e leitura de números, contudo eles têm desempenho inferior a adultos escolarizados e idosos com demência na escrita de números. A aquisição de um nível de leitura similar ao de crianças da primeira série proporciona avanço no conhecimento numérico a ponto de diferenciar ex-iletrados de iletrados em tarefas numéricas, contudo não é suficiente para igualar ex-iletrados a adultos e idosos que já dominam a leitura.

A análise da complexidade dos números proposta pelo modelo ADAPT (Barrouillet et.al., 2004) também se mostrou um ponto interessante dos resultados. Iletrados, ex-iletrados e até mesmo adultos escolarizados apresentaram dificuldades em números à medida que a complexidade aumenta. Entretanto, este padrão foi diferente do observado nos idosos com demências, no qual apenas os pacientes com Alzheimer apresentaram dificuldades nos números com seis regras. O padrão de erros também foi diferente, evidenciando que a falta de escolarização está associada com uma taxa

maior de erros sintáticos, enquanto no envelhecimento patológico não há diferença entre a taxa de erros sintáticos e lexicais.

A habilidade de cálculo por sua vez também parece estar mais associada com a escolarização formal do que com a experiência dos adultos iletrados. Nossos resultados mostram, que apesar de existirem tendências a favor de um melhor desempenho em contextos informais de cálculos, estes sujeitos não foram beneficiados por uma apresentação contextual da tarefa. Além disto, uma maior dificuldade foi observada no bloco de multiplicação. Em crianças a multiplicação é uma habilidade ensinada por volta da terceira série (Megias & Ashcraft, 2015), portanto não é esperado que em adultos com nível de leitura similar ao da segunda série esta habilidade esteja concretizada.

A facilitação do contexto em habilidades de cálculos, contudo deve ser melhor investigada. Nossos resultados mostraram uma tendência importante que pode ser relevante por exemplo em tarefas mais complexas de cálculos. Além disto, estudos com uma amostra maior podem encontrar resultados mais conclusivos.

5.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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*, 111(2), 368.

Bramão, I., Mendonça, A., Faísca, L., Ingvar, M., Petersson, K. M., & Reis, A. (2007). The impact of reading and writing skills on a visuo-motor integration task: A comparison between illiterate and literate subjects. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13(02), 359-364.

Folia, V., & Kosmidis, M. H. (2003). Assessment of memory skills in illiterates: strategy differences or test artifact?. *The Clinical Neuropsychologist*, 17(2), 143-152.

Megías, P., & Macizo, P. (2015). Simple arithmetic development in school age: The coactivation and selection of arithmetic facts. *Journal of experimental child psychology*, 138, 88-105.

Reis, A., Faísca, L., Ingvar, M., & Petersson, K. M. (2006). Color makes a difference: Two-dimensional object naming in literate and illiterate subjects. *Brain and Cognition*, 60(1), 49-54.