

Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Psicologia

LARISSA DE OLIVEIRA E FERREIRA

Avaliação da função executiva de crianças e adolescentes:
desempenho e tempo na Torre de Hanói

Goiânia
2013

LARISSA DE OLIVEIRA E FERREIRA

Avaliação da função executiva de crianças e adolescentes:
desempenho e tempo na Torre de Hanói

Dissertação apresentada para defesa ao programa de Pós graduação *Stricto-Sensu* da Pontifícia Universidade Católica de Goiás como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Psicologia.

Área de concentração: Processos Clínica

Orientadora: Daniela Sacramento Zanini

Goiânia

2013.

Larissa de Oliveira e Ferreira

Avaliação da função executiva de crianças e adolescentes: desempenho e
tempo na Torre de Hanói

Esta dissertação será apresentada à banca como exigência para a defesa do trabalho.

Goiânia, novembro 2013.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Daniela Sacramento Zanini
Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC
Presidente da banca

Profa. Dra. Alessandra Gotuzo Seabra
Universidade Presbiteriana Mackenzie - UPM
Membro efetivo

Profa. Dra. Ana Cristina Resende
Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC
Membro efetivo

Prof. Dr. Luc Marcel Adhemar Vandenbergue
Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC
Membro suplente

A meus pais que sempre me apoiaram na minha busca incessante por conhecimento. A minha mãe, que da sua forma sutil e amorosa, exigia um aceleração nos estudos me ajudando a sair da inércia do sofá e encarar os diversos artigos. A meu pai, que me acompanhou de outro plano, mas que se fez presente em todos os momentos, desde os de maior angústia, quando as ideias pareciam me abandonar aos de grande satisfação, quando finalmente pude finalizar a dissertação.

Agradecimentos

À minha orientadora, Dra. Daniela Sacramento Zanini, por sua dedicação, paciência e suavidade, características que podem facilmente ser percebidas por aqueles que têm o privilégio de conviver com ela. Ela me incentivou desde o curso de especialização em neuropsicologia, a entrar nesse caminho sem volta da necessidade de conhecimento. Sua energia sempre positiva, sua segurança e clareza ao ensinar foram instrumentos que me impulsionaram a ficar noites e finais de semana lendo artigos e livros! Realmente não tenho palavras para descrever sua contribuição no meu aprendizado e na minha vida.

A meu irmão, que sempre me incentivou, me ajudando nas traduções dos artigos em inglês e que sempre acredita mais em mim do que eu mesma!

À Psicóloga Ádria Assunção Santos de Paula, coordenadora da área de Psicologia do Externato São José. Uma das poucas escolas que possibilitou a aplicação dos testes.

À Marina Machado Gonçalves, que por saber das dificuldades enfrentadas, abriu as portas da sua turma de música para aplicação de testes em seus alunos, mesmo durante as aulas.

À Conceição Aparecida Simão de Almeida, única pessoa que me ajudou na aplicação dos testes. Sem ela não teria conseguido concluir todas as aplicações.

Aos professores Luc Marcel Adhemar Vandenberghe e Ana Cristina Resende que aceitaram com presteza serem meus avaliadores, que apresentaram excelentes contribuições para a dissertação e que conduziram a qualificação de maneira suave e agradável.

Aos meus amigos, pais de algumas crianças que participaram da pesquisa, que levaram seus filhos aos sábados e domingos, ficando algumas horinhas sentados, esperando a aplicação dos testes.

À Ivana Carneiro, minha chefe, que possibilitou minhas escapulidas do trabalho para estudos, aulas e aplicação de testes.

Aos meus amigos que, me entenderam, apoiaram e me aguentaram nos momentos de angústia e quase desespero.

A minha família que, com amor sempre me apoiou, mesmo nos momentos que iam até minha casa e me tiravam dos estudos.

A Deus, que me inspirou.

Sumário

Dedicatória	iv
Agradecimentos	v
Sumário	vi
Apresentação	08
Resumo Geral	12
General Abstract	13
CAPÍTULO 1: A IMPORTÂNCIA DO TEMPO NA AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO EXECUTIVA E INTELIGÊNCIA EM CRIANÇA E ADOLESCENTES	14
Resumo.....	15
Abstract	16
1. Função executiva	17
2. A avaliação das funções executivas.....	24
3. A contagem de tempo	28
4. A Inteligência	31
5. Inteligência e função executiva: estudos empíricos.....	35
6. Discussão/Conclusão	39
Referências Bibliográficas	42
CAPÍTULO 2: A IMPORTÂNCIA DA CONTAGEM DE TEMPO NO TORRE DE HANÓI PARA AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO EXECUTIVA	49
Resumo	50
Abstract	51
A importância da contagem de tempo na Torre de Hanói para avaliação da função executiva	52
Método	58
Participantes	58
Instrumentos	59
Procedimento	61

Resultados	62
Discussão.....	64
Conclusão	69
Referências bibliográficas	71

Apresentação

A função executiva é a capacidade de engajamento orientado a objetivos, ou seja, a realização de ações voluntárias independentes e autônomas direcionadas a metas específicas, sendo ainda responsável por processos cognitivos complexos. (Capovilla, 2007; Cozza, 2008, Malloy, 2008). Durante algum tempo, os neurocientistas consideravam que a função executiva era uma só (Gil, 2002), a de planejamento e execução de comportamentos socialmente adequados (Hamdan, 2009). Atualmente, a forma mais usada para o estudo e avaliação da função executiva é a sua divisão em componentes, que podem ser avaliados separadamente (Malloy - Diniz, Sedo, Fuentes e Leite, 2008). Os componentes são assim divididos: planejamento, memória de trabalho, controle inibitório, tomada de decisão, flexibilidade cognitiva, categorização e fluência. Após uma pesquisa realizada por Myiake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter e Wager (2000), o estudo da função executiva ficou focado em três componentes apenas; memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva.

O estudo da inteligência teve um percurso semelhante ao da função executiva. Primeiramente, supunha-se que um fator geral (g) definiria a inteligência e, depois, que ela seria definida por várias habilidades específicas (Schelini, 2006). Nos dias atuais, o modelo de inteligência mais estudado é o de Cattell-Horn-Carroll que dividiu a inteligência em três camadas. A camada três relativa a uma única capacidade geral. A camada dois composta por fatores gerais da inteligência, sendo eles: raciocínio fluído, raciocínio quantitativo, inteligência cristalizada entre outros. A camada um composta por fatores específicos, como por exemplo velocidade de raciocínio, memória de trabalho, análise espacial (Schelini, 2006).

Além da semelhança no percurso da pesquisa em inteligência e na função executiva, outra questão pode unir o estudo de ambas: a importância do sucesso na

realização de várias tarefas da vida diária de crianças, adolescentes, adultos e idosos. Supõe-se que, por esse motivo, componentes de função executiva, sobretudo memória de trabalho e planejamento, estão associados a estudos de funções cognitivas.

A velocidade com que resolvemos problemas diários, que aprendemos novas tarefas, que traçamos novas metas, é um dos principais marcadores de bom desempenho cognitivo. Conseqüentemente, a medida do tempo de execução faz-se presente na maioria dos testes de inteligência, porém, na avaliação da função executiva, pouco se sabe sobre a importância ou não da medida do tempo. A Torre de Hanói (ToH) é um exemplo de instrumento eficaz na avaliação da função executiva de crianças e adolescentes (Sant'Anna, 2007), porém para a sua aplicação, não há uma padronização na medida do tempo. Baseado nesta perspectiva, a seguinte pesquisa avaliou a importância da medida do tempo, deste instrumento, na avaliação da função executiva de crianças e adolescentes.

Optou-se por estudar crianças com desenvolvimento normal, por considerar que grande parte das pesquisas tem buscado entender como age a função executiva e os processos cognitivos quando estão presentes distúrbios e disfunções. A gama de artigos escritos sobre transtornos de déficit de atenção com ou sem hiperatividade (TDAH), e transtornos de déficit de atenção (TDA) e problemas de aprendizagem é significativamente maior do que os estudos que buscam entender como funciona a função executiva e os processos mentais em situação de normalidade. Conseqüentemente houve então uma dificuldade em encontrar artigos que abordassem esse grupo de crianças.

A falta de padronização na aplicação da Torre de Hanói também dificultou uma análise mais minuciosa e precisa ou a comparação entre estudos. Além disso, a revisão bibliográfica demonstrou não existir ainda consenso em relação aos processos que estão envolvidos na realização da ToH (Batista, 2007). Em artigos encontrados,

alguns usam a ToH como medida de função executiva geral, outros, como medida da memória de trabalho, do controle inibitório, da flexibilidade cognitiva e planejamento, e ainda outros, somente como medida de memória de trabalho. Apesar deste quadro foi possível levantar dados promissores neste estudo que indicam a necessidade de mais estudos.

Como resultado dos estudos realizados, estruturou-se o presente trabalho em dois artigos, um teórico e um empírico. No artigo teórico discutiram-se os conceitos de função executiva e as formas de avaliação, analisando a importância da contagem de tempo na avaliação da função executiva. Tentou-se, ainda, traçar um paralelo entre função executiva e inteligência, analisando a relação estreita entre as duas, sobretudo entre inteligência fluida e dois componentes da função executiva, memória de trabalho e planejamento.

No artigo empírico, fez-se um rápido resumo acerca da função executiva, formas de avaliação e importância da contagem de tempo na avaliação da função executiva, comparando função executiva e inteligência, de modo a amparar o objetivo da pesquisa.

Neste estudo, foram testadas 55 crianças e adolescentes, entre 10 e 16 anos, com o objetivo de avaliar a relação entre tempo e o desempenho no jogo Torre de Hanói para avaliação da função executiva. Os resultados fornecem dados que parecem demonstrar que o número de movimentos e a medida do tempo na execução da ToH, com crianças e adolescentes de 10 a 16 anos, não tem poder discriminativo. O estudo comparou o desempenho do número de movimento e tempo de execução da ToH em grupos de 10 a 13 anos, de 14 a 16 anos e entre os gêneros e de acordo com os dados levantados não foi possível confirmar a importância da medida do tempo de execução da ToH em se tratando de crianças de 10 a 16 anos.

De acordo com os dados obtidos, a ToH não é eficaz na avaliação do quociente de inteligência executiva (QIE) nos termos do Wisc III nem comparando o número de movimentos e nem tempo. No entanto, com base nos artigos apresentados sugere-se que a ToH pode ser um bom medidor de memória de trabalho e inteligência fluida, em especial, porque apresentou uma correlação significativa com o subteste códigos, que avalia esses componentes. Contudo, mais pesquisas precisariam ser realizadas para comprovar tal hipótese.

A comparação dos índices fatoriais organização perceptual e velocidade de processamento também não apresentou correlação significativa, o que indica, mais uma vez, que a ToH não é um instrumento suficiente para avaliar organização perceptual e velocidade de processamento.

Concluimos que a ToH, ao contrário do que muitos estudos apresentaram, não é um instrumento eficaz na avaliação da função executiva em crianças de 10 a 16 anos. A medida do tempo de realização da ToH não se faz necessária, pois não apresentou correlação significativa em nenhuma das comparações realizadas neste estudo. Contudo, por tratar-se de uma amostra pequena, sugerem-se mais pesquisas, a fim de possibilitar a generalização dos dados.

Resumo geral

Em neuropsicologia, nos últimos anos tem aumentado o número de pesquisas sobre a função executiva. O aumento das pesquisas fez-se necessário por tratar-se de um assunto que abrange funções diretamente ligadas a processos cognitivos necessários para o bom desempenho em atividades cotidianas, e em tarefas que exijam um raciocínio mais elaborado. No entanto, a maioria das pesquisas encontradas tem como objeto de estudo grupos de crianças e adolescentes com disfunções ou transtornos neuropsiquiátricos, o que não permite esclarecer o que seria o desenvolvimento e o funcionamento da função executiva em grupos sem comprometimentos. No Brasil, existem poucas baterias padronizadas para avaliar a função executiva. Um dos instrumentos muito usado é a Torre de Hanói (TOH), porém, não existe consenso quanto a forma de aplicação e quais componentes da função executiva esse instrumento avalia. Com essa perspectiva, optou-se por estudar a Torre de Hanói na avaliação da função executiva com grupo de crianças com desenvolvimento normal. Foram testadas 55 crianças e adolescentes, entre 10 e 16 anos, com o objetivo de avaliar a relação entre tempo e o desempenho na Torre de Hanói para a avaliação da função executiva. Como medida de correlação usou-se a escala de execução do Wisc III. Os resultados fornecem dados que parecem demonstrar que o número de movimentos e a medida do tempo na execução na ToH, com crianças de 10 a 16 anos, não tem poder discriminativo, na comparação do desempenho do número e do tempo de execução entre os grupos de 10 a 13 anos, de 14 a 16 anos e entre os gêneros. Conclui-se que a medida do tempo na realização da ToH, de acordo com os dados levantados e em grupos de crianças e adolescentes da 10 a 16 anos não se faz necessária, uma vez que não apresentou correlação significativa.

Palavras - chave: função executiva, Torre de Hanói (ToH), tempo.

General abstract

Neuropsychology in recent years has increased the number of research on executive function. The increase in research was necessary because it is a subject that covers functions directly linked to cognitive processes necessary for good performance in daily activities, and tasks that require a more elaborate reasoning. But most research, found, has as its object of study groups of children and adolescents with neuropsychiatric disorders or dysfunctions. In Brazil there are few standardized battery to assess executive function. One of the instruments used is the Tower of Hanoi, but there is no consensus on how to apply and which components of this instrument assesses executive function. From this perspective we chose to study the Tower of Hanoi in the assessment of executive function with group of children with normal development . This study tested 55 children and adolescents between 10 and 16 years, with the aim to evaluate the relationship between time and performance in the Tower of Hanoi to assess executive function. As convergent validity was used to scale the implementation of WISC III, which is a widely studied intelligence test, which evaluates all components of executive function and that has to count time as a key factor in the final score of all subtests. The results provide data that seem to show that the number of movements and measure the execution time in ToH, with children 10 - 16 years old, has no discriminative power, the comparison between the groups 10-13 years and 14 -16 years and between genders. We conclude that the ToH unlike many studies showed that it is not an effective tool in the assessment of executive function in children 10-16 years. The measurement of time in carrying out the ToH is not necessary since no significant correlation in any of the comparisons made in this study.

Keywords: executive function, tower of Hanoi (ToH), time.

CAPÍTULO I

A importância do tempo na avaliação da função executiva e inteligência de crianças e adultos

The importance of time in the evaluation of executive function and intelligence of children and adults

Resumo

A função executiva refere-se a um conjunto de habilidades que permitem ao indivíduo direcionar comportamentos a metas, planejando e resolvendo problemas imediatos de médio e longo prazo. A inteligência refere-se à habilidade de raciocinar planejar, resolver problemas e aprender com a experiência. Os dois conceitos envolvem processos mentais complexos e necessários para o bom desempenho de atividades diárias e, por isso, a relação entre elas tem sido amplamente estudada. Tanto na avaliação da inteligência quanto na avaliação da função executiva, em crianças e adultos, o tempo tem sido considerado critério na aferição de pontuação. Com essa perspectiva, o presente artigo tem como objetivo discutir o conceito de função executiva, sua relação com a inteligência e a importância do tempo em sua avaliação.

Palavras - chave: função executiva, inteligência, tempo.

Abstract

The executive function refers to a set of skills that allow the individual target behaviors to goals, planning and solving immediate problems of medium and long term. Intelligence refers to the ability to reason plan, solve problems and learn from experience. The concept of both complex mental processes and necessary for the proper performance of daily activities and so the relationship between them has been widely studied. Both the intelligence assessment for the evaluation of executive function in children and adults, the time has been considered as a criterion in the assessment score. From this perspective this paper aims to discuss the concept of executive function, its relationship with the intelligence and the importance of time in their evaluation.

Keywords: executive function, intelligence, time.

1- A função executiva

O conceito de função executiva é relativamente recente, dificultando um consenso a respeito de seu conceito e avaliação. Por outro lado, a inteligência é um processo mental complexo, estudada há mais tempo, existindo maior consenso no tocante a seu conceito e avaliação. A relação entre esses dois processos, atualmente, é amplamente estudado porque o bom desempenho em ambos possibilita a boa performance tanto em atividades rotineiras quanto em tarefas mais complexas. A medida de tempo é um fator determinante para a avaliação da inteligência, porém, pouco estudado, na avaliação da função executiva. Com essa perspectiva, o presente artigo tem como objetivo discutir o conceito de função executiva, sua relação com a inteligência e a importância do tempo em sua avaliação.

O caso que marcou o estudo da função executiva foi apresentado por um neurologista norte-americano, John Harlow (1823-1860). Em 1848, um operário, Phineas Gage, trabalhava na construção de uma estrada, nos Estados Unidos da América (EUA). Quando foi acionar um explosivo, foi atingido por uma barra de ferro que, entrando pela bochecha esquerda, destruiu seu olho e, em sequência, atravessou a parte frontal do cérebro, saindo pelo topo do crânio. No trajeto, a barra destruiu grande parte do lobo frontal esquerdo, deixando-o cego e com o rosto paralisado daquele lado. Apesar da gravidade do acidente, Gage manteve suas habilidades cognitivas normais (Oliveira-Souza *et al.*, 2008). Contudo, o seu comportamento mudou radicalmente e, de uma pessoa calma e responsável, ele passou a ser agressivo, irresponsável, desrespeitoso com os colegas e incapaz de acatar regras (Hamdan & Pereira, 2009).

Alguns anos depois, Luria (1981), com base em um estudo de caso, descreve a localização da função executiva no lobo frontal, mais especificamente no córtex pré-frontal. O córtex pré-frontal ocupa quase um terço da massa total do córtex e mantém

relações múltiplas com várias outras estruturas encefálicas e pode ser dividido em três regiões: córtex pré-frontal lateral, córtex orbitofrontal e córtex cingulado (Cozza, 2005). O córtex pré-frontal lateral e o córtex cingulado estão envolvidos no desempenho de tarefas cognitivas de estabelecimento de metas e planejamento (Malloy-Diniz, Sedo, Fuentes & Leite, 2008). O córtex pré-frontal lateral e o orbitofrontal desempenham as funções de inibição e de controle, respectivamente, porém, as áreas laterais são ativadas quando a decisão envolve estímulos cognitivos sem conteúdo emocional positivo ou negativo (Capovilla *et al.*, 2007). Em virtude de sua localização e de suas conexões com estruturas corticais e subcorticais, o córtex pré-frontal é considerado o local de integração de diferentes processos cognitivos (Cozolino, 2002) .

Bradshaw (2001) descreve a existência de cinco circuitos frontais subcorticais paralelos (motor, oculomotor, dorsolateral, orbitofrontal e cíngulo anterior) que estão relacionados a funções distintas. Desses cinco, três estão mais envolvidos no desempenho das funções executivas; circuito dorsolateral, circuito cíngulo anterior e circuito orbitofrontal (Malloy - Diniz *et al.*, 2008). O circuito pré-frontal dorsolateral está relacionado a processos cognitivos de estabelecimento de metas e planejamento, solução de problemas, fluência, categorização, memória operacional, monitoração de aprendizagem e atenção, flexibilidade cognitiva, capacidade de abstração, autorregulação, julgamento, foco e sustentação da atenção e tomada de decisão (Oliveira-Souza *et al.*, 2008). O comprometimento desse circuito pode acarretar uma dificuldade em recuperar livremente um material apreendido (Mattos, Saboya, & Araújo, 2002). O circuito orbitofrontal é fortemente interconectado com as áreas de processamento cognitivo e emocional e está envolvido com alguns aspectos do comportamento social, como a empatia, o cumprimento de regras sociais, o controle inibitório e automonitoração (Malloy - Diniz *et al.*, 2008). O circuito da região do cíngulo anterior é importante para motivação, monitoração de comportamentos, controle executivo de atenção, seleção e controle de respostas (Oliveira-Souza *et al.*, 2008).

O córtex pré-frontal é também considerado o responsável pela avaliação do sucesso ou fracasso das ações dirigidas a objetivos (Goldberg, 2002), e tem como função principal a integração temporal de ações para o cumprimento de metas (Fuster, 2002). A função de integração temporal é dividida em três funções cognitivas: ajuste preparatório, controle inibitório e memória de trabalho. O ajuste preparatório prepara o organismo para agir de acordo com as informações recebidas; o controle inibitório é a capacidade de inibir respostas inadequadas, e a memória de trabalho armazena informações temporariamente para a execução de tarefas imediatas (Júnior & Melo, 2011). A integração temporal de novas e complexas sequências de comportamento é o processamento das informações que direciona ações para a consecução de objetivos, sob a forma de comportamento, fala ou raciocínio (Júnior & Melo, 2011). Portanto, o córtex pré-frontal pode ser considerado o centro executivo do cérebro (Fuster, 2002).

As lesões ou disfunções no córtex pré-frontal podem provocar consideráveis comprometimentos na função executiva, causando alterações no afeto, no humor, no comportamento social, alteração de personalidade e de conduta (Nitrini, 1996). Conforme Malloy - Diniz *et al.* (2008), é possível localizar áreas específicas do córtex pré-frontal da seguinte forma: lesões dorsolaterais resultam em dificuldades para recuperar um material apreendido, déficits no controle, regulação e integração de atividades cognitivas. As lesões do cíngulo anterior levam a dificuldades na manutenção de respostas, na identificação e correção de erros, no controle da atenção e mutismo acinético. As lesões orbito frontais resultam em desinibição social, falha de julgamento, alegria inapropriada, euforia exagerada e baixa tolerância à frustração.

Alguns estudos propõem uma divisão dos componentes executivos em “frios” e “quentes”. Os componentes frios são os componentes puramente cognitivos, relacionados a problemas abstratos e frequentemente associados ao circuito

dorsolateral. São componentes mais baseados na lógica, não dependem da ativação emocional para seu desempenho efetivo. Por exemplo: planejamento, inibição e flexibilidade cognitiva. Os componentes quentes são aspectos afetivos relacionados a função executiva, que estão associados ao circuito orbitofrontal e são requeridos na resolução de problemas que envolvem afetividade e motivação. São componentes que envolvem diretamente a regulação de comportamentos sociais, resolução de problemas que envolvem fatores emocionais e interpessoais e comportamentos em que reforços e punições estão claramente em jogo (Mata *et al.*, 2011; Carvalho *et al.*, 2012).

Contudo independente das propostas de divisão da função executiva em fria e quente a sua localização na região de integração de processos cognitivos possibilita a seleção e a integração de informações atuais com informações previamente memorizadas (Gazzaniga, Ivry & Magnun, 2002; Lezak, 1995). Assim, para Goldberg (2002) e Fuster (2002), as funções executivas atuam como uma espécie de diretor executivo do funcionamento da atividade mental humana, como uma espécie de maestro que coordena as outras estruturas e sistemas neurais. Lezak (1995) divide a função executiva em quatro componentes principais: volição, planejamento, ação intencional e desempenho efetivo. A volição é a formulação de meta, o planejamento, a identificação dos elementos necessários para alcançar um determinado objetivo, a ação intencional a realização de planos dirigidos a metas e o desempenho efetivo, a execução efetiva de atividades dirigidas para realização de metas (Lezak, 1995; Hamdan & Pereira, 2009).

Malloy - Diniz *et al.* (2008), buscando uma melhor compreensão e avaliação da função executiva assim propõe a classificação de cada um dos seus componentes: memória de trabalho, planejamento, solução de problemas, tomada de decisões, controle inibitório, fluência, flexibilidade cognitiva e categorização. O planejamento é a capacidade de, tendo em vista um objetivo, definir a melhor maneira de alcançá-lo

(Lezak, 2005). O controle inibitório é a capacidade de inibir respostas tendenciosas ou aquelas que interrompam o curso eficaz de uma ação ou as que estejam em curso (Barkley, 2001). A tomada de decisão é a escolha de uma dentre várias alternativas em situações que incluam risco (Malloy - Diniz *et al.*, 2008). A flexibilidade cognitiva é a capacidade de mudar o curso de ações ou de pensamentos de acordo com a exigência do ambiente (Capovilla *et al.*, 2007). A memória de trabalho é um sistema temporário de armazenamento de informações ultrarrápido e que permite a monitoração e o manejo dessas informações (Baddeley, 2003). A categorização é um processo de agrupamento de elementos que compartilham determinadas propriedades. Por último, a fluência, é a capacidade de emitir comportamentos em seqüência, obedecendo a regras pré-estabelecidas, explícitas ou implícitas (Malloy - Diniz *et al.*, 2008).

Barkley (2001), procurando identificar diferentes componentes da função executiva propõe modelos de interação dinâmica entre cada componente, sugerindo que o controle inibitório contribui para a atuação de quatro habilidades executivas. A primeira é a memória operacional, conceituada como manutenção de informações temporárias. A segunda, a fala internalizada, sendo a reflexão sobre o comportamento em curso. A terceira é a autorregulação, conceituada como o controle sobre o afeto. Por último, a reconstituição é definida como a análise do comportamento. Esses quatro processos permitem uma execução motora eficaz, caracterizada por comportamentos dirigidos para metas e que conseqüentemente permite a inibição de comportamentos irrelevantes.

Um novo estudo empírico sobre a estrutura da função executiva, que atualmente é muito estudado, é o de Miyake *et al.* (2000) que, em sua pesquisa, investigaram a unidade e a diversidade da função executiva, considerando três principais componentes: a) a inibição, como a supressão ou controle da impulsividade ao realizar tarefas; b) a flexibilidade cognitiva, como a capacidade de alternar e

escolher a melhor estratégia ou a melhor forma de realizar determinada tarefa; c) a memória de trabalho, como a capacidade de memorizar e reter informações durante um curto espaço de tempo, manipulando as informações recebidas. Os três componentes foram escolhidos porque segundo os pesquisadores são os componentes freqüentemente mais usados nas pesquisas em função executiva. Participaram da pesquisa 137 estudantes universitários que realizaram um conjunto de testes, usados principalmente na avaliação de tarefas executivas. O primeiro objetivo do estudo foi especificar qual o grau de relacionamento entre os três componentes da função executiva e assim, contribuir para a compreensão da unidade versus a diversidade, da natureza da função executiva. O segundo objetivo foi examinar como os três componentes contribuiriam para o desempenho em tarefas executivas complexas. Na primeira parte da pesquisa foram usadas três tarefas de função executiva simples para cada componente. Para avaliar a) flexibilidade cognitiva: *Plus-minus*, *Number-Letter*, *Local-Global*; b) memória de trabalho: *Keep Track*, *Tone Monitoring*, *Letter Memory*; c) controle inibitório: *Anatisaccade*, *Stop-Signal*, *Stroop*. Das tarefas usadas somente o *Stroop* é padronizado no Brasil. Na segunda parte da pesquisa foram usadas tarefas de função executiva complexa, ou seja, tarefas que avaliam vários componentes da função executiva e não somente um, como é o caso das tarefas de função executiva simples. Assim as tarefas de função executiva complexas foram; *Wisconsin Card*, a Torre de Hanói, *Random Number Generation*, *Operation Span* e *Dual Task*. Deste conjunto de testes os três últimos ainda não foram padronizados no Brasil. Os resultados da primeira parte da pesquisa indicaram que os três componentes da função executiva (controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho) são moderadamente correlacionados entre eles, mas claramente separáveis, sugerindo a unidade e diversidade da função executiva. Os resultados da segunda parte da pesquisa revelaram que cada um dos três componentes contribui de forma diferente para o desempenho da função executiva. Especificamente, o desempenho no *Wisconsin Card* está mais correlacionado com a flexibilidade

cognitiva, e a Torre de Hanói, com a inibição. A única tarefa da função executiva complexa que não foi relacionada com os três componentes da função executiva foi a *Dual Task*. Os resultados da pesquisa sugerem que é importante reconhecer tanto a unidade quanto a diversidade da função executiva.

Alguns estudos foram realizados usando o modelo da função executiva de Miyake *et al.* (2000) em crianças e jovens adultos. Wiebe, Espy, e Charak (2008) avaliaram diferentes modelos explicativos de controle executivo em crianças pré-escolares. A memória de trabalho e a inibição foram as duas funções aferidas. O resultado aponta que a memória de trabalho e a inibição ainda não estão distintas em crianças com menos de seis anos de idade. Letho, Juujarvi, Kooistra e Pulkkinen (2003) realizaram pesquisa com 108 crianças, com idade entre 8 e 13 anos e encontraram resultado similar, ao de Miyake *et al.* (2000) na comparação entre controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho. O controle inibitório foi avaliado pela Torre de Londres (instrumento similar à ToH), e a memória de trabalho foi aferida pelos testes *Auditory Spatial and Response*, *Spatial Working Memory*, e a flexibilidade cognitiva foi medida pelos testes *Trail Making Test* e *Word Fluence*. Wu *et al.* (2011) pesquisaram 185 crianças com idade entre 7 e 14 anos, com idade média de 10 anos e 1 mês, e encontraram uma correlação similar entre flexibilidade, inibição e memória de trabalho. Os testes usados foram diferentes dos utilizados por Miyake *et al.* (2000) e Letho *et al.* (2003), porém, a unidade e diversidade das funções executivas em crianças foram comprovadas com base no fator de correlação ($r = ,38$ e $r = ,32$) entre as funções inibição, flexibilidade e memória de trabalho. Resumindo, as pesquisas realizadas com crianças que usaram o modelo empírico de função executiva, baseadas nos testes aplicados e na faixa etária avaliada, sugeriram que, até sete anos de idade, não existe distinção entre as três funções executivas inibição, flexibilidade e memória de trabalho, porém, a partir de dez anos, essas funções são distinguíveis, possibilitando uma melhor avaliação de cada um desses componentes.

As pesquisas apresentadas fortalecem o argumento de que a função executiva pode ser avaliada, com base nos três componentes apresentados por Miyake *et al.* (2008), em crianças a partir de dez anos.

Os artigos encontrados sugerem que não existe um consenso na definição para a função executiva, entretanto, todas apresentadas são complementares. Em síntese,

“as funções executivas correspondem a um conjunto de habilidades que permitem ao indivíduo direcionar o comportamento a metas, avaliar a eficiência e a adequação desses comportamentos, abandonar estratégias que não foram eficazes buscando outras mais eficientes, resolvendo problemas imediatos de médio e longo prazo” (Malloy -Diniz *et al.*, 2008, p.187).

Assim como a sua definição, os processos de avaliação das funções executivas também apresentam diversidade.

2 - A avaliação das funções executivas e a Torre de Hanói

A avaliação das funções executivas de crianças, adolescentes e adultos, é complexa e envolve vários procedimentos, como entrevistas com o paciente e familiares, além da aplicação de baterias formais e baterias flexíveis. As baterias formais são aquelas especificamente desenvolvidas para a avaliação das funções executivas, e as mais conhecidas são *Behavioral Assessment of the Dysexecutive Syndrome* (Bads) e o *Dellis Kaplan Executive Functions System* (D-Kefs). A bateria Bads foi criada para avaliar disfunções executivas, em resposta às preocupações sobre a pouca validade ecológica dos testes neuropsicológicos. A Bads é composta de seis subtestes e dois questionários e pode ser aplicada em sujeitos de 16 e 87 anos, porém, existe uma versão para crianças e adolescentes com idade de 8 a 18 anos. A

D - Kefs pode ser aplicada em sujeitos de 8 a 89 anos e fornece uma visão geral sobre o funcionamento executivo, incluindo flexibilidade cognitiva, controle inibitório e planejamento. Essa bateria pode ser aplicada individualmente ou em grupo, sendo composta de nove subtestes. No Brasil, não existem baterias formais para a avaliação da função executiva, e a Bads e a D-Kefs são pouco conhecidas, e conseqüentemente, não foram padronizadas.

As baterias não formais são aquelas que utilizam grupos de testes e instrumentos diversos, variando de acordo com a idade e com o componente que deseja ser avaliado. Alguns dos testes mais usados são o *Stroop Test* e o *Go no Go* que avaliam o controle inibitório, o Teste de Trilhas (*Trial Making*) que mede a flexibilidade cognitiva e o *Wisconsin Card Sorting Test* (WSCT), considerado o padrão ouro para a avaliação da função executiva. O WSCT consiste em um conjunto de 128 cartões com características distintas: cor, figura e número de figura. A tarefa consiste em associar o conjunto de cartões, divididos em dois grupos de 64, a 4 cartões estímulos, de acordo com a regra determinada pelo jogo. A cada etapa, a associação deve ser feita de forma diferente, verificando a cor, ou a figura ou o número de figura. Depois de 10 associações corretas, a regra é alterada. O sujeito, para ser bem sucedido precisará deduzir qual é a regra e empregá-la de forma correta (Hamdan & Pereira, 2009).

Um instrumento bastante usado para avaliar as funções executivas é o jogo Torre de Hanói, porém, ainda não existe um consenso com relação à sua forma de aplicação e quais os componentes que esse jogo avalia. A Torre de Hanói, também conhecida como Torre de Bramansmo, foi criada pelo matemático francês Edouard Lucas (1842-1891). O matemático, inspirou-se em uma lenda indiana que, por sua vez, teve seu nome em homenagem a torre símbolo da cidade de Hanói (Vietnã). A lenda falava de um templo em Bernares, cidade santa da Índia, onde existia uma torre sagrada do bramanismo, cuja função principal era melhorar a disciplina mental dos

monges jovens. Segundo a lenda havia uma placa de bronze com tres hastes de diamantes, no grande templo de Bernardes, e o deus Brama, em uma das hastes, colocou 64 discos de ouro puro, de forma que o disco maior ficasse sobre a placa de bronze e o menor no topo, estando os discos em ordem decrescente de tamanho. Os monges então deveriam transferir os discos de uma haste para outra, com algumas regras pré-definidas, que são as mesmas atualmente usadas no jogo (Coelho *et al.*, 2002).

Não existem informações consistentes quanto ao início do uso da Torre de Hanói tanto na psicologia quanto na neuropsicologia. A única referência encontrada referente ao início do uso da ToH na psicologia, foi no livro “*La prise de conscience*” de Jean Piaget (1896 – 1980) que fala sobre o uso da Torre de Hanói como exemplo de como se processa o conhecimento (Macedo,1991).

O jogo Torre de Hanói consiste em um objeto de madeira de base retangular que tem três torres (pinos) e cinco ou sete discos de tamanhos diferentes posicionados em ordem crescente na torre do lado esquerdo. A regra do jogo é simples e clara: passar os discos da torre do lado esquerdo para a torre do lado direito, mover um disco de cada vez (um disco maior não pode ser colocado em cima de outro menor), e utilizar o menor número de movimentos para resolver a atividade e contar o tempo para a realização de cada etapa do jogo.

Lezak (2004), ao explicar o uso do jogo de torres na avaliação da função executiva, explica que tarefas cognitivas complexas semelhantes a um quebra-cabeça, levam a desordens da função executiva, influenciando o bom desempenho de planejamento, memória de trabalho, flexibilidade cognitiva e controle inibitório. A memória de trabalho pode ser avaliada considerando a curva de aprendizagem, buscando encontrar a sequência certa de movimentos, diminuindo o número de movimentos e o tempo de execução durante cada tentativa (Oliveira-Souza *et al.*,

2001). O planejamento, para atingir um objetivo, consiste em escolher a melhor forma de executar a tarefa (menor número de movimentos). O controle inibitório, sendo a capacidade de inibir respostas para as quais o indivíduo apresente uma forte tendência (Malloy-Diniz *et al*, 2008), pode ser avaliado pela impulsividade, quando a criança realiza movimentos sem pensar, sobretudo quando se sente pressionada pela medida do tempo. A flexibilidade cognitiva pode ser avaliada quando se trocam três discos por quatro, a criança deve então reorganizar seu comportamento e suas ações para atingir um novo objetivo.

São poucos os estudos sobre a Torre de Hanói e, por isso, provavelmente não existe um consenso em relação à forma de aplicação e aos componentes que são avaliados. A maioria das pesquisas foi realizada com crianças previamente diagnosticadas com disfunções ou doenças neuropsiquiátricas, o que dificulta a avaliação de crianças com desenvolvimento normal. No tocante à forma de aplicação, alguns estudos usaram a versão computadorizada (Bishop, Aamondt-Leeper, Creswell, Mcgurk & Skuse, 2001; Colom, Rubio, Shi & Santareu *et al.*, 2006) outro o jogo de madeira (Sant'Anna, Quayle, Pinto, Scaf & Lúcia, 2007). Às vezes, foram usados dois e/ou três discos e não se contou o tempo despendido (Bishop *et al.*, 2001; Wood, Carvalho, Neves & Haase, 2001). Outras pesquisas determinaram o número de movimentos que devem ser executados (Bishop *et al.*, 2001). O'Brien, Dowell, Mostofky, Denckla, e Mahone (2010) usaram apenas três discos e não contaram o tempo, e Sant'Anna *et al.*(2007) utilizaram três e quatro discos, contaram o tempo e usaram cinco tentativas. Em relação aos componentes avaliados, algumas pesquisas consideraram a ToH como um instrumento avaliador da função executiva geral (Colom *et al.*, 2006), outras avaliaram o planejamento (Días, Martin, Jimenez, Garcia, Hernández & Rodrigues, 2012; O'Brien *et al.*, 2010; Bishop *et al.*, 2001; Sant'Anna *et al.*, 2007), ou controle inibitório (Brydges, Reid, Fox & Anderson, 2012; Batista, Adda, Miotto, Lúcia & Scaff, 2007), ou memória de trabalho (Wodd *et al.*, 2001; Batista *et al.*,

2007) ou flexibilidade cognitiva (Sant'Anna *et al.*, 2007). Em todos esses estudos somente na investigação de Sant'Anna *et al.* (2007), houve a contagem de tempo em cada etapa do jogo.

3 - A contagem de tempo

Conforme observado a contagem de tempo é pouco explorada na aferição da função executiva, sobretudo no uso do jogo Torre de Hanói, como instrumento de avaliação. Com base nessa constatação, as pesquisadoras Silva e Adda (2007) fizeram uma revisão bibliográfica das literaturas nacional e internacional em revistas e artigos indexados nas bases de dados Pubmed, Lilacs e Portal Periódicos Capes/Banco de dados brasileiro de teses e dissertações, publicados entre 1990 e 2006. Foram encontrados apenas treze artigos sobre o tempo na avaliação neuropsicológica e da função executiva e a faixa etária dos sujeitos variou de 12 a 68 anos. Destes estudos dois apenas descreveram a noção de intervalos de tempo, não apontando informações ou vínculos teóricos sobre os paradigmas analisados no estudo. As discussões são controversas e foram observadas duas principais vertentes teóricas: a teoria da contagem atencional e a teoria do relógio interno.

A teoria da contagem atencional considera a existência de um relógio cognitivo que efetua contagem de eventos temporais, e essa contagem é diretamente dependente da atenção (Zakay, 1993). Pesquisas no campo da psicologia comportamental mostraram que um fraco controle inibitório está associado a dificuldades de noção temporal e, mais especificamente, de reprodução de tempo (Pavlov, 1927). Para essa teoria, a noção de tempo é vista como um funcionamento direto da total atenção destinada à passagem de tempo. Quanto mais a atenção é deslocada para processamentos temporais, maior parecerá ser a duração do tempo (Silva & Adda, 2007).

A teoria do relógio interno afirma que a estimativa de tempo não requer atenção e envolve um sistema neural. Essa teoria envolve três etapas: acumulação de atividades temporais, armazenamento, comparação e decisão (Church, 1984). Na acumulação de unidades temporais, um marca-passo emite pulsos constantes, e esses pulsos são mantidos em um acumulador, em que ficam armazenadas as unidades de tempo. De acordo com a amplitude do intervalo de tempo, essas unidades ficaram armazenadas na memória de trabalho ou na memória de longo prazo. Por último, acontece um mecanismo de comparação dos valores de duração de tempo do que foi observado do meio externo com aquele internamente armazenado na memória. Como resultado dessa comparação, a pessoa toma a decisão de adequada resposta temporal (Adda & Silva, 2007).

Na conclusão do estudo as pesquisadoras sugerem que apesar a teoria do relógio interno e da contagem atencional serem teorias distintas, as duas englobam competências da função executiva no processo de noção temporal, tanto na etapa de estimativa de tempo quanto na de produção e reprodução de intervalos de tempo. A contagem de tempo na avaliação da função executiva pode avaliar a capacidade de armazenamento de informações que um indivíduo registra, sintetiza e analisa. Essa capacidade está diretamente ligada à atenção e ao controle inibitório, e o indivíduo que tem um bom controle inibitório tem maior capacidade de concentração e, conseqüentemente, é mais ágil para internalizar as informações, integrá-las e responder às tarefas solicitadas. Por isso, ao concluir o estudo, Silva e Adda (2007) sugerem um aprofundamento na investigação da noção de intervalo de tempo na avaliação da função executiva.

Os estudos apresentados demonstram que o tempo de execução ou a velocidade de processamento de informações, na avaliação da função executiva é pouco estudado, porém a relação entre o tempo de execução das tarefas cognitivas e a inteligência tem sido amplamente investigado há muitos anos (Ribeiro & Almeida,

2005). Para alguns pesquisadores, a velocidade de processamento de informação é um correlato direto da inteligência, porque “a velocidade de processamento é uma função da quantidade de informações que um indivíduo pode registrar, integrar e responder por unidade de tempo.” (Yudofsky, 2006, p.418). No entanto Ribeiro e Almeida (2005), ao realizar uma análise sobre a velocidade de processamento na definição e avaliação da inteligência, sugerem que não existe ainda uma explicação definitiva para as correlações encontradas entre o tempo de reação para tarefas cognitivas e os resultados nos testes de inteligência e concluem que somente ao entender o que significa velocidade de processamento em termos psicológicos, pode-se assumi-la como variável importante no estudo da inteligência.

Uma medida de tempo foi amplamente estudada em meados dos anos 1980, buscando uma medida mais precisa da velocidade de processamento. Essa medida foi denominada tempo de inspeção e conceituada como um processo de discriminação (Anderson, 1986). Em outras palavras, o tempo de inspeção refere-se à duração da exposição necessária para identificar com segurança um simples estímulo. O desenvolvimento dessa nova medida revelou uma correlação estreita com a medida da inteligência.

Com essa perspectiva Anderson (1986) realizou três estudos investigando a relação entre o quociente intelectual (QI), idade mental, idade cronológica e tempo de inspeção em crianças. Participaram do estudo 47 crianças de uma escola primária de Londres, com idade entre 6 a 10 anos e com QI entre 75 e 141. A tarefa para calcular o tempo de inspeção foi criada com base em um jogo de vídeo game. De acordo com as regras jogo, as crianças deveriam atacar dois tipos de invasor, um com duas antenas de tamanho igual, e o outro com duas antenas de tamanhos diferentes, uma maior do que a outra. Após o aparecimento do invasor, a criança deveria apertar a tecla diferenciando cada tipo de invasor (antenas iguais ou diferentes). Quando havia acerto os sujeitos eram avisados por um *flash* de luz que aparecia na tela.

Os três estudos demonstraram uma significativa relação entre o tempo de inspeção e o QI nas crianças de toda a faixa etária estudada. As crianças com seis anos têm um tempo de inspeção similar ao das crianças de dez anos. Entretanto, no geral, o tempo de inspeção cai com o aumento da idade cronológica. Com esses dados, a pesquisa conclui que a relação entre o tempo de inspeção e o QI é primeiramente baseada nos aspectos fundamentais do processo de informação e na velocidade do processamento, e não na complexidade da tarefa.

Os resultados reforçaram a idéia de que a razão do tempo de inspeção se correlacionar com o QI, está relacionada com o conhecimento do mundo real, em outras palavras, com as atividades diárias (prático), o que realmente é medido pelos testes de inteligência. Se a idade cronológica fosse mais importante, as crianças de dez anos de idade teriam um desenvolvimento bem melhor do que as crianças de seis anos. Os resultados sugerem ainda que o tempo de inspeção e a inteligência estão correlacionados porque ambos estão mais ligados com os aspectos de processo de informação e velocidade de processamento e não com a idade cronológica e as estruturas de conhecimento. A relação do tempo, inteligência e a função executiva ainda precisam ser amplamente estudadas. Contudo, a relação que tem chamado mais a atenção dos pesquisadores é a relação entre a função executiva e inteligência, uma vez que ambas utilizam processos mentais complexos necessários para as atividades diárias.

4 - A inteligência

O conceito de inteligência e as formas de medir ou avaliar são tão complexos quantos os da função executiva, portanto pesquisas buscam estabelecer qual a relação entre elas. Charles Spearman (1863-1945) apresentou a teoria dos dois fatores da inteligência, conhecido por teoria bi-fatorial, um relacionado ao nível de inteligência geral, e outro, às habilidades específicas exigidas em cada teste (Schelini,

2006). No caso de Louis Thurstone (1887-1956), são propostas sete aptidões diferenciadas, também chamadas de capacidades primárias: como compreensão verbal, fluência verbal, aptidão numérica, velocidade perceptiva, aptidão espacial, memória e raciocínio (Almeida & Primi, 2010). Raymond Cattell (1905-1998) analisou as correlações entre as capacidades primárias de Thurstone e a teoria bi - fatorial de Spearman e constatou a existência de dois fatores gerais, designados por Jonh L. Horn (1928-2006) como inteligência fluida e cristalizada (Cattell, 1998). A inteligência fluída está associada a componentes não verbais e pouco dependentes de conhecimentos previamente adquiridos são as operações mentais utilizadas para a realização de tarefas novas. A inteligência cristalizada é a capacidade de solucionar a maioria dos problemas cotidianos e seria desenvolvida com base em experiências culturais e educacionais (Schelini, 2006).

MacGrew (1997) conseguiu sintetizar as perspectivas da teoria da inteligência fluida e cristalizada, empregando a análise fatorial confirmatório (CFA) para testar os modelos alternativos que poderiam integrar as três ideias, dando origem ao último modelo de inteligência, mais conhecido como teoria de Cattell – Horn – Carroll (CHC) (Schelini, 2006). De acordo com esse modelo, a inteligência deveria ser avaliada considerando vários aspectos e capacidades. Simplificando, MacGrew (1997) faz a representação das capacidades cognitivas em três camadas. A camada três relativa a uma única capacidade geral. A camada dois composta por fatores gerais da inteligência, sendo eles: raciocínio fluído, raciocínio quantitativo, inteligência cristalizada, memória de curto prazo, processamento visual, processamento auditivo, armazenamento e recuperação associativa de longo prazo, velocidade de processamento cognitivo, velocidade de decisão, leitura e escrita. Na camada um os fatores específicos: velocidade de raciocínio, memória de trabalho, análise espacial, fluência de palavras, facilidade para nomear, capacidade ortográfica dentre outros. Com esse novo modelo, vários testes de inteligência sofreram alterações, sendo um

deles a versão mais atualizada do Wisc, o Wisc IV, que foi padronizado no Brasil recentemente. Nesta nova versão os QIs verbal e de execução, permaneceram mais próximos ao modelo C.H.C. (Schelini, 2006).

Atualmente, a principal referência utilizada no Brasil para medida de inteligência em crianças e adolescentes (Lopes & Farina, 2012) e também em avaliações neuropsicológicas (Simões, 2002) é o Wisc III. Wechsler (1896-1981) e Binet (1857-1911), definiram a inteligência como um conjunto integrado de funções mentais e a capacidade de o indivíduo pensar racionalmente e lidar com o meio ambiente, mas, para os autores do Wisc III, a inteligência pode ser melhor avaliada por meio de uma multiplicidade de tarefas cognitivas divididas em verbal e prática (Almeida & Primi, 2010). Assim o Wisc III é composto de treze subtestes divididos em escalas verbal e de execução.

A escala de execução é composta de sete subtestes (completar figuras, código, arranjo de figuras, cubos, armar objetos, procurar símbolos e labirintos). De acordo com a pontuação obtida nos subtestes, chega-se aos quocientes de inteligência verbal (QIV) de execução (QIE) e do quociente global (QI). Além de aferir os QI's, a escala fornece índices fatoriais associados a competências específicas, como, compreensão verbal (informação, semelhanças, vocabulário e compreensão), organização perceptual (completar figuras, arranjo de figuras e armar objetos), resistência à distração (aritmética e dígitos) e velocidade de processamento (códigos e procurar símbolos). A escala de execução permite avaliar a qualidade do contato não verbal da criança com o meio ambiente, a capacidade de integrar estímulos perceptuais a repostas motoras pertinentes, a trabalhar em situações concretas e avaliar informações visuo-espaciais.

Em síntese, cada um dos subtestes de acordo com o manual, avalia o seguinte: a) completar figuras - avalia atenção ao ambiente, concentração e percepção

das relações todo parte; b) códigos -mede a capacidade de associar números e símbolos, memorizando corretamente as associações (Simões, 2002), e ainda a velocidade de processamento, capacidade de seguir instruções sobre pressão de tempo, flexibilidade mental, capacidade de aprender e eficiência mental; c) arranjo de figuras - avalia a capacidade para integrar e organizar de forma lógica; d) cubos - examina a capacidade de organização e processamento visuo-espacial; e) armar objetos - mede a capacidade de síntese, proporcionando a observação de estratégia e a resolução de problemas; f) procurar símbolos - afere a capacidade de discriminação perceptiva, de memória de trabalho, concentração e memória a curto prazo; g) labirintos - examina a capacidade de antecipação e planejamento, o que requer uma estratégia visuo-espacial em memória de trabalho.

Na escala de execução do Wisc III todos os sete subtestes são pontuados de acordo com o tempo de execução. Alguns subtestes exigem um tempo de execução mínimo, e outros determinam uma pontuação maior de acordo com a velocidade de execução. A realização da escala de execução permite ainda aferir a organização perceptual e a velocidade de processamento. A organização perceptual, que consiste na medida de raciocínio não verbal, raciocínio fluído, integração entre percepção visual e comportamento motor (Simões, 2002), pode ser medida com os subtestes completar figuras, arranjo de figuras, cubos e armar objetos. A velocidade de processamento reflete velocidade psicomotora e velocidade mental para resolver problemas não verbais, avaliando também a capacidade de planejar, organizar e desenvolver estratégias (Simões, 2002). Suas habilidades inserem-se em dois domínios, pois processamento, implica cognição e velocidade e tem componentes comportamentais e cognitivos, pode ser pontuado com os testes códigos e labirintos.

Para facilitar a associação entre os subteste da escala de execução e os componentes da função executiva, criou - se o seguinte quadro, buscando também uma forma complementar de avaliar a função executiva.

SUBTESTES WISC III	COMPONENTES DA FUNÇÃO EXECUTIVA
Completar figuras	Categorização, tomada de decisão
Códigos	Memória de trabalho, controle inibitório
Arranjo de figuras	Planejamento, controle inibitório
Cubos	Flexibilidade cognitiva, planejamento
Armar objetos	Planejamento (auto-correção)
Procurar símbolos	Memória de trabalho
Labirinto	Controle inibitório, planejamento

5 - Inteligência e função executiva: estudos empíricos

Com a intenção de analisar a relação entre função executiva e a inteligência Friedman *et al.* (2006) usaram o novo modelo de estrutura da função executiva de Myiake *et al.* (2000), comparando a inteligência fluida e cristalizada com os três componentes da função executiva, memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva. Foram testadas 215 crianças entre 7 anos e 1 mês e 9 anos e 11 meses, sendo 110 meninos e 105 meninas. Os participantes foram recrutados pelo do projeto *KIDS (Kids Intellectual Development Study)*, realizado na University of Western Austrália. Foram utilizados vários testes e, basicamente: para inibição o *Stroop* e o *Go no Go*, para memória de trabalho, o *Working Memory Index do Wisc IV*, para flexibilidade cognitiva o *Winsconsin Card* e, para inteligência, Cubos, Vocabulário e Informação do Wisc IV.

De acordo com os dados da pesquisa a primeira hipótese foi comprovada, o desenvolvimento da inteligência fluida e cristalizada e da função executiva é aprimorado de acordo com a idade, ou seja, as crianças mais velhas tiveram um melhor desempenho que as crianças mais novas, sugerindo que a melhora do desempenho das crianças acontece até meados de dez anos, e posteriormente, esse desempenho pode ser constante na medida do sujeito. O resultado demonstrou ainda que, ter as cinco variáveis separadas era a melhor forma de avaliar os dados, indicando a variável discriminante da inibição, flexibilidade, memória de trabalho, inteligência fluída e cristalizada. Friedman *et al.* (2006) usaram outra forma de

avaliação para determinar qual função poderia prever a inteligência fluída e a cristalizada. Após analisar os dados os pesquisadores concluíram que a memória de trabalho era a única variável significativa da função executiva, e que estava diretamente relacionada com as duas inteligências fluída e cristalizada. Nesse estudo, foi possível concluir também que a diferença entre a inteligência fluída e a cristalizada acontece antes da diferenciação da função executiva.

Com base nos resultados da pesquisa de Friedman *et al.* (2006) em que a memória de trabalho foi a única variável significativa diretamente ligada à inteligência Colom *et al.* (2006) buscaram uma correlação mais específica entre memória de trabalho e a inteligência fluída, argumentando que a resposta pode ser encontrada nos componentes executivos presumidos da memória de trabalho. Colom *et al.* (2006) realizaram uma pesquisa com 229 participantes com idade média de 28 anos. Para avaliar inteligência usaram um teste chamado Trasi, para a função executiva, a Torre de Hanói, e, para a memória de trabalho utilizaram duas tarefas, criadas para essa pesquisa: uma tarefa de raciocínio dedutivo e uma de contagem. Todos os testes eram computadorizados. Os resultados demonstraram em primeiro lugar, que as correlações relativamente baixas observadas em estudos anteriores, entre memória de trabalho, inteligência fluída e função executiva foram amplamente confirmadas. Em segundo lugar, verificaram que a correlação entre função executiva e inteligência fluída é maior do que a ocorrida entre inteligência fluída e memória de trabalho. Em terceiro lugar, observaram que o nível de complexidade de medida da inteligência constitui diferencial para o funcionamento executivo, mas não para a memória de trabalho, sugerindo que quanto mais aprimorados os problemas de inteligência, maior é o envolvimento da função executiva, o que não altera porém, a capacidade solicitada de memória de trabalho. Contudo, os dados apontaram que a correlação entre memória de trabalho e inteligência ainda é significativa, mesmo quando os problemas são separados por sua complexidade.

A memória de trabalho é um sistema de memória ultrarrápida, que dura poucos segundos, e contém a capacidade de reter uma sequência de cinco a seis dígitos. Por exemplo, o tempo suficiente para gravar o número de telefone até o momento de discar (Júnior & Melo, 20110). Baddeley (1992) propôs um modelo multicomponente de organização da memória de trabalho composto por quatro componentes: um executivo central, uma alça fonológica, um esboço visuo - espacial e um *buffer* episódico (Júnior & Melo, 2011). O executivo central é responsável supervisionar a integração das informações. A alça fonológica, relacionada à representação e recitação do material verbal, é fundamental para a coerência do discurso e para a compreensão da fala (Wood *et al.*, 2001). O esboço visuo - espacial tem uma limitada capacidade de armazenamento, que se restringe tipicamente a três ou quatro objetos. Por analogia com o papel da alça fonológica na aquisição da linguagem, parece plausível supor que o esboço visuo - espacial pode ter um papel na aquisição do conhecimento semântico referente à aparência dos objetos ou à maneira de usá-los, sendo ainda indispensável para a leitura (Júnior & Melo, 2011). O *buffer* episódico é um sistema de armazenamento de capacidade limitada, responsável pela integração de informações, tanto de componentes visual e verbal quanto da memória de longo prazo, em uma representação episódica única (Wood, 2001).

Baseado no modelo de Baddeley (1992), os pesquisadores Michakczyk, Malstadt, Worgt, Konen, e Hasselhorn (2013) realizaram estudo com 1.669 crianças entre cinco a doze anos, investigando a estrutura da memória de trabalho. Para a pesquisa, foi usada uma bateria computadorizada de doze subtestes de memória de trabalho, e destes, apenas dois são conhecidos no Brasil (*Go no Go* e *Stroop test*). Os resultados demonstraram a mesma estrutura tríade da memória de trabalho nos grupos de cinco a seis, de sete a nove, e de dez a doze anos e a inter-relação entre fatores latentes dos três subcomponentes da memória de trabalho foi invariável nesses grupos. Somente no grupo de cinco a seis anos, a relação entre o *buffer*

episódico e a alça fonológica foi menor quando comparada aos grupos de crianças mais velhas. Portanto, os resultados corroboram os da estrutura de memória de trabalho desenvolvida por Baddeley (1992), mostrando que a relação entre esses três componentes da memória de trabalho é em sua maioria invariável durante a infância. Os resultados não corroboram com os de Friedman *et al.* (2006), nos quais o desenvolvimento das crianças de sete a nove anos foi aprimorado de acordo com a idade. Nesse estudo, a única variável da função executiva diretamente relacionada com a inteligência foi a memória de trabalho.

Wood (2001), ao realizar um estudo com o objetivo de validar uma bateria para a avaliação da memória de trabalho, optou por dividir essa função em três aspectos: velocidade de processamento, armazenamento temporário e coordenação de operações. Foram testados 832 sujeitos, entre homens e mulheres com faixa etária entre 11 e 85 anos e diferentes níveis de escolaridade. O desempenho nos testes correlacionou-se com o desempenho em testes de função executiva e de inteligência fluida, mas não se correlacionou com testes de memória associativa episódica. Como medidas de critério para validade concordante, foi utilizado o teste Torre de Hanói, considerado procedimento para avaliação da capacidade de memória de trabalho e, sobretudo, de planejamento e de solução de problemas. No entanto, não houve correlação significativa entre os escores da bateria para a memória de trabalho (BAMT), e o desempenho na Torre de Hanói, embora se presume que a tarefa permitia avaliar tanto a memória de trabalho quanto a capacidade de planejamento. A pesquisa não conseguiu nenhuma explicação convincente para o fato de as performances não terem se correlacionado, porém, duas possibilidades foram apontadas. Uma delas sugere que a ToH, na faixa etária estudada, envolve menos componentes de memória de trabalho do que se supunha, ou ainda, que a ToH seja menos eficaz que a Torre de Londres para avaliar a memória de trabalho.

Discussão e conclusão

No presente artigo, discutiu - se o conceito de função executiva como um conjunto de funções cognitivas, localizadas no córtex pré - frontal, e que são responsáveis por direcionar comportamentos para a consecução de metas, avaliando a eficiência desses comportamentos e resolvendo problemas de médio e longo prazo. Contudo, por tratar - se de processos mentais complexos, a avaliação da função executiva é abrangente e complexa, o que dificulta encontrar um consenso acerca do conceito, e consequentemente, da forma de avaliação.

Com essa perspectiva, foram estudadas também as dificuldades encontradas na avaliação da função executiva, uma vez que não existem baterias formais no Brasil e são poucos os instrumentos padronizados. Um exemplo foi a Torre de Hanói, um instrumento amplamente usado, porém, não padronizado. Os estudos sobre a Torre de Hanói são poucos, existindo uma divergência relativa à sua forma de aplicação e a importância da contagem de tempo na realização do jogo. Outra dificuldade apresentada é que, em sua maioria, as pesquisas sobre avaliação da função executiva utilizam sujeitos previamente diagnosticados com disfunções ou doenças neuropsiquiátricas, o que por si só já enviesava os resultados.

Verificou-se ainda a importância da contagem de tempo na avaliação da função executiva, e foi possível observar, que, dos estudos encontrados, poucos consideraram a contagem de tempo relevante. Apesar de as pesquisas encontradas demonstrarem que a velocidade de processamento, ou seja, o intervalo de tempo necessário para realizar determinada tarefa está correlacionado com o bom desempenho da função executiva, pouco ainda foi pesquisado sobre a importância ou não do tempo, para a avaliação da função executiva.

Tentou-se ainda traçar um paralelo entre a função executiva e a inteligência, pois ambos são processos mentais de fundamental importância para o bom desempenho

tanto de atividades rotineiras quanto de tarefas complexas. Os estudos apresentam uma estreita relação entre inteligência fluída e função executiva, sobretudo se relacionados a dois componentes da função executiva, memória de trabalho e planejamento.

Em suma o presente artigo demonstra que o conceito de função executiva por ser relativamente novo para a ciência ainda é difuso e conseqüentemente, a avaliação da função executiva apresenta lacunas, sobretudo porque a maior parte das pesquisas utilizam sujeitos com algum comprometimento ou disfunção executiva. Tal fato dificulta estabelecer o que seria um desempenho normal em crianças e adultos em uma avaliação da função executiva e, também, se a contagem de tempo é importante ou não.

Referências bibliográficas

- Almeida, L. S. , Primi, R. (2010). Considerações em torno da medida da inteligência. In Pasquali, L. *Instrumentação psicológica: fundamentos e prática* (pp. 387- 410). Porto Alegre: Artmed.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255 (5044), 556 - 559.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience* 4 (10), 829 - 839.
- Barkley, R. (2001). The executive functions and self-regulation: an evolutionary neuropsychological perspective. *Neuropsychology*, 11 (1), 1 - 29.
- Batista, A. X., Adda, C.C., Miotto, E. C., Lúcia, M. C. S., Scaff, M. (2007). Torre de Londres e Torre de Hanói: contribuições distintas para avaliação do funcionamento executivo. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 56 (2), 134 – 139, doi:10.1590/S0047 - 20852007000200010.
- Bechera, A. & Verdejo - Garcia, A. (2010). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. *Psicotherma*, 22 (2), 227 - 253.
- Bishop, D. V. M., Aamodt-Leeper, G., Creswell, C., McGurk, R. & Skuse, D.H. (2001). Individual Differences in cognitive planning on the Tower of Hanoi task: neuropsychological maturity or measurement error ? *Journal Child Psychology Psychiatry*, 42 (4), 551-556.
- Bradshaw, J. L. (2001). *Developmental disorders of the frontostriatal system: neuropsychological, neuropsychiatric and evolutionary perspectives*. Hove: Psychology Press.
- Brydges, C. R., Reid, C.L., Fox, A.M. & Anderson, M. (2012). A unitary executive function predicts intelligence in children. *Intelligence*, 40, 458 - 469. doi: 10.1016/j.intell.2012.05.006.
- Capovilla, A. G., Assef, E. C. & Cozza, H. F. (2007). Avaliação neuropsicológica das funções executivas e a relação com a desatenção e hiperatividade. *Instituto Brasileiro de Avaliação Psicológica*, 6 (1), 51 – 60. Disponível: http://pepsic.bvs-psi.org.br/scielo.php?=&sci_arttext&pid=S1677-4712007000100007&lng=pt&nrm=iso

- Carpenter, P. A., Just, M. A. & Shell, P. (1990). What one intelligence test measures: a theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices Test. *Psychological Review*, 97(3), 404 - 431.
- Cattell, R. (1963). Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of education Psychology*, 54 (1), 1 - 22.
- Cattell, R. B. (1998). Where is intelligence? Some answers from the triadic theory. In J. J McArdle & R. W. Woodcock (Orgs.). *Human cognitive abilities in theory and practice* (pp. 29 - 38). New Jersey: Erlbaum.
- Church, R. M. Properties of the internal clock. (1984) In: Gibbon, J., & Allan, L. Timing and perception. *New York Academy SCI*, 423, 566 - 582.
- Ciasca, S. M. (2003). *Distúrbios de aprendizagem: propostas de avaliação interdisciplinar*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Coelho, C. L. M., Bastos, C. L., Cavalcanti, A. O., Alves, L. C., Caetano, I., Palmeira. L. G. M. S., Silva, E., G., R. (2002). Torre de Hanói: o espaço lúdico como intervenção psicopedagógicas com alunos NEES. *II Encontro Nacional TIC e Educação*. Lisboa. 1954 - 1972.
- Colom, R., & Flores - Mendoza, C. E. (2006). Armazenamento de curto prazo e velocidade de processamento explicam a relação entre memória de trabalho e o fator g de inteligência. *Psicologia: Teoria e Prática*. 22 (1), 113 - 122.
- Colom, R., Rubio, V. J., Shi, P. C. & Santareu, J. (2006). Fluid intelligence, working memory and executive functioning. *Psicotherma*, 18 (4), 816 - 821.
- Costa, D. I., Azambuja, L. S., Portuguese, M. W. & Costa, J. C. (2004). Avaliação neuropsicológica da criança. *Jornal de Pediatria*. 80 (2), 111- 116.
- Cozolino, L. (2002). *The neuroscience of psychoterapy: building and rebuilding the human brain*. New York: W. W. Norton & Company.
- Cozza, H. F .P. (2005). Avaliação das funções executivas em crianças e correlação com a atenção e hiperatividade. Dissertação de mestrado. Universidade São Francisco. Itatiba São Paulo. Disponível: http://www.saofrancisco.edu.br/itatiba/mestrado/psicologia/uploadAddress/Dissertacao_Heitor_Cozza%5B1582%5D.pdf.

- Días, A., Martín, R. Jiménez J. E., Garcia, E., Hernández, S. & Rodriguez, C. Torre de Hanoi: datos normativos y desarrollo evolutivo de La planificación (2012). *European Journal of Education and Psychology* 5 (1), 79 - 91.
- Donders, J. (1997). Sensitivity of Wisc III to injury severity in children with traumatic head injury. *Assessment*, 4, 185 - 192.
- Figueredo, V. L. M., Quevedo, L., Gomes, G. & Pappen, L. (2007). Habilidades cognitivas de crianças e adolescentes com distúrbio de aprendizagem. *Psico – USF*, 12(2), 281-190
- Flanagan, D. P., McGrew, K. S. & Ortiz, S. O. (2000). *The Weschler Intelligence Scales and CHC theory: a contemporary approach to interpretation*. Boston: Allyn & Bacon.
- Flores - Mendonza, C. E., Alves, M. M., Lelé, A. J. & Bandeira, D. R. (2007). Inexistência de diferenças de sexo no fato g (Inteligência geral) e nas habilidades específicas em crianças de duas capitais brasileiras. *Psicologia: Reflexão de crítica*, 20(3), 499 - 506.
- Friedman, N., Miyake, A., Corley, R., Young, S. E., Defries, J. C., & Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological Science*, 17, 172 -179.
- Fuster, J. (2002). Physiology of executive function: the perception-action cycle. In D. T. Stuss & R. K. Knight (eds.), *Principles of frontal lobe function*, (pp.96-108). New York: Oxford University Press.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B. & Magnun, G. R. (2002). *Cognitive Neuroscience: The Biology of the mind*. New York: Norton & Company.
- Gil, R. *Neuropsicologia*. São Paulo: Editora Santos.
- Goldberg, E. (2002). *O cérebro executivo: lobos frontais e a mente civilizada*. Rio de Janeiro: Imago.
- Hamdan, A. C. & Pereira, A. P. A. (2009). Avaliação neuropsicológica das funções executivas: considerações metodológicas. *Psicologia e Reflexão e Crítica*, 22 (3), 386 -393.

- Júnior, C. A. M., Melo, L. B. R. (2011). Integração de três conceitos: função executiva, memória de trabalho e aprendizado. *Psicologia: Teoria e Prática*, 27 (3), 309 - 314.
- Kristensen, C. H., Almeida, R. M. M., Gomes, W. Desenvolvimento Histórico e fundamentos metodológicos da neuropsicologia cognitiva (2001). *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14 (2), 259 - 274.
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L. & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21, 59 – 80.
- Leite, W. B., Malloy - Diniz, L & Corrêa, H. (2007). Effects of methylphenidate on cognition and behavior: a case report of a patient with a ruptured anterior communicant artery aneurism. *Australian New Zealand Journal of Psychiatry*, 41 (6), 554 - 556.
- Lezak, M. D. (1995). *Executive functions and motor performance. Neuropsychological Assessment*. New York: Oxford University Press.
- Lezak, M. D. (2004). *Neuropsychological Assessment* (4ª ed.). New York: Oxford University Press.
- Lima, R. F., Azoni, C. A. S. & Ciasca, S. M. (2011). Atencional performance and executive functions in children with learning difficulties. *Psicologia: Reflexão e crítica* 24 (4), 685 - 691.
- Lopes, R. M. F. & Farina, M. (2012). Sensibilidade do Wisc III na identificação do Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH). *Cuadernos de Neuropsicologia. Panamerican Journal of Neuropsychology*, 6 (1), 128 - 140. doi: 10.7714/cnps/6.1.208.
- Lynn, R. (1999). Sex differences in intelligence and brain size: A developmental theory. *Intelligence*, 27 (1), 1 - 12.
- Luria, A. R. (1981). *Fundamentos de neuropsicologia*. Rio de Janeiro: LTC.
- MacArdler, J. J. (2001). A latent difference score approach to longitudinal dynamic structural analysis. In R. Cudeck, S. du Toit & D. Sorbom (Orgs.) *Structural equation modeling: present an future*. (pp. 341-380). Lincolnwood, Illinois: Scientific Software International.

- McGrew, K. S. (1997). Analysis of the major intelligence batteries according to a proposed comprehensive Gf-Gc framework. In D. P. Flanagan, J. L. Genshaft, & P. L. Harrison (Orgs). *Contemporary intellectual assessment: theories, tests, and issues* (pp. 151-179). Nova York: Guilford.
- Malloy - Diniz, L. F., Sedo, M., Fuentes, D. & Leite, W. B. (2008). Neuropsicologia das funções executivas. In: D. Fuentes, L. F. Malloy - Diniz, C. H. Camargo & R. M. Consenza (orgs.). *Neuropsicologia: teoria e prática* (pp.187 - 206). Porto Alegre: Artmed.
- Mattel, M. S. & Meck, W. H. (2000). Neuropsychological mechanisms of interval timing behavior. *BioEssays*, 22, 94 - 103.
- Mattos. P., Saboya, E. & Araújo, C. (2002). Posttraumatic brain injury behavioral sequelae: the man who lost his charm. *Arquivos de Neuro - Psiquiatria*, 60 (2A), 319 - 323. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/anp/v60n2A/a27v60n2.pdf>
- Mello, C. B., Argollo, N., Shayer N., Abreu, N., Godinho, K., Duran, P., Vargem, F., Muszkat, M., Miranda, M.C. & Bueno, O. F. A. (2011). Versão abreviada do Wisc III: Correlação entre QI estimado e QI total em crianças brasileiras. *Psicologia. Teoria e Pesquisa*, 27(2), 149 – 155.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49 - 100. Disponível: <http://www.idealibrary.com>
- Miyake, A. & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science* 21, 8 - 14.
- Nitrini, R. (1996). Conceitos anatômicos básicos em neuropsicologia. In R. Nitrini, P. Caramelli & Manus, L. L. (orgs.). *Neuropsicologia: das bases anatômicas à reabilitação* (pp. 11 - 33). São Paulo: HCFMUSP.
- O'Brien J. W., Dowell, L. R., Mostofsky, S. H., Denckla, M. B., Mahone, E. M. (2010). Neuropsychological profile of executive function in girls with attention deficit/hyperactivity disorder. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 25, 656 - 670.
- Oliveira - Souza, R., Moll, J., Ignácio. F. A., Tovar - Moll, F. (2008). Cognição e Funções Executivas. In Lent, R. (coord). *Neurociência da mente e do comportamento* (pp. 288 - 302). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

- Pavlov, I.P. (1927). *Conditioned reflexes*. London: Oxford University Press.
- Pouthas, V., Perbal, S. (2004). Time perception depends on accurate clock mechanism as well as unimpaired attention and memory process. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 64, 367 - 385.
- Primi, R. (2002). Inteligência fluida: Definição fatorial, cognitiva e neuropsicológica. *Paidéia*, 12 (23), 57 - 75.
- Ribeiro, I. S., Almeida, L. A. (2005). Velocidade de processamento da informação na definição e avaliação da inteligência. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*. 21 (1), 1 - 5.
- Sant'Anna, B. A., Quayle, J., Pinto, K. O., Scaf, M., Lúcia, M. C. S. (2007). Torre de Hanói: proposta de utilização do instrumento para sujeitos de 13 a 16 anos. *Psicologia Hospitalar*. 5 (2), 36 - 56.
- Schelini, P., W. (2006). Teoria das inteligências fluída e cristalizada: início e evolução. *Estudos de Psicologia*, 11 (3), 323 - 332.
- Silva, L. C. AM., Adda, C.C. (2007). Aspectos cognitivos relacionados à noção de intervalos de tempo. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*. 56 (2), 120 - 126. doi: 10.1590/s0047/208520070000200008.
- Simões, M. (2002). Utilizações da WISC III na avaliação neuropsicológica de crianças e adolescentes. *Paidéia*, 12 (23), 113 - 132.
- Shing, Y. L., Lindenberg, U., Diamond, A., L. S. C. & Davidson, M. C. (2010). Memory maintenance and inhibitory control differentiate from early childhood to adolescence. *Development Neuropsychology*, 35, 679 - 697.
- Weschler D. (2006). *WISC III: Escala de inteligência Weschsler para crianças. Manual (3ª ed). Adaptação e padronização de uma amostra brasileira*. São Paulo; Casa do Psicólogo.
- Wiebe, S. A., Espy, K. A. & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: latent structure. *Developmental Psychology*, 44, 575 - 587.

Wood, G. M. O., Carvalho, M. R. S., Neves, R. R., Haase, V. G. (2001).Validação da bateria de avaliação da memória de trabalho. *Psicologia, Reflexão e Crítica* 14 (2), 325 - 341.

Wu, K. K., Chan, S. K., Leung, P. W. L., Liu, W. -S., Leung, F. L. T., & Ng, R. (2011). Components and developmental differences of executive functioning for school-aged children. *Developmental Neuropsychology*, 36, 319 - 337.

Zakay, D. (1993). Time estimation methods – do they influence prospective duration estimates? *Perception*, 22, 91 - 101.

Zook, N. et al.. (2004). Working memory, inhibition, and fluid intelligence as predictors performance on Tower of Hanói and Tower of London Tasks. *Brain Cognition*, 56: 286 -292.

Capítulo II

A importância da contagem de tempo na Torre de Hanói para a avaliação da para a função executiva

The importance of timing in the Tower of Hanoi for the assessment of executive function

Resumo

A Torre de Hanói é um instrumento amplamente usado para avaliar a função executiva, porém, não há uma padronização no Brasil no que se refere à contagem de tempo. O objetivo deste artigo constituiu em avaliar a relação entre tempo e desempenho na Torre de Hanói para a avaliação da função executiva. Foram testadas 55 crianças e adolescentes entre dez e dezesseis anos, sem diagnóstico de transtornos neuropsiquiátricos. Os resultados obtidos demonstraram que o desempenho na ToH e a medida do tempo não têm poder discriminativo, na comparação entre grupos etários e entre sexos, tampouco se observou correlação significativa entre o quociente de inteligência de execução do Wisc III. Assim os dados levantados, sugerem que a contagem do tempo, para grupos de crianças e adolescentes de 10 a 16 anos, não é importante para o jogo ToH, na avaliação da função executiva, correlacionando com a escala de execução do WISC III.

Palavras - chave: função executiva, tempo, Torre de Hanói (ToH).

Abstract

The Tower of Hanoi is a tool largely used to evaluate the executive function. There are not many standards regarding this use in Brazil mainly when we talk about time counting. This paper compared the performance of subjects between 10 and 16 years without neuropsychologic disorder diagnosis: evaluating the discriminative power of the Tower of Hanoi (ToH) comparing number of moves and time to execute, between male and female, age influence on performance to execute, analysing whereas there were converging validity on the scale of execution of Wisc III. The results confirmed that time counting on executing the ToH is not a discriminative factor being not necessary. Data revealed ToH is not an effective tool to evaluate QIE on the terms of Wisc III not even comparing the number of movements neither time. The ToH can be a good mean to measure work memory and fluid intelligence.

Keywords: executive function, time, Tower of Hanoi (ToH).

As funções executivas são todos os processos responsáveis por focalizar, direcionar, regular, gerenciar e integrar funções cognitivas, visando a realização de tarefas bem como de problemas novos e complexos (Lezak, 1995). Elas envolvem a seleção e integração de informações atuais com informações previamente memorizadas, como o planejamento, o monitoramento e a flexibilidade cognitiva (Gazzaniga, Ivry & Magnun, 2002; Lezak, 1995).

Por ser responsável por processos mentais complexos, Malloy - Diniz, Sedo e Leite (2008) sugerem que a melhor maneira para o estudo da função executiva é a identificação de cada um de seus componentes do ponto de vista da avaliação. São eles: memória de trabalho, planejamento, controle inibitório, tomada de decisão, flexibilidade cognitiva, categorização e fluência. Como são muitos os componentes das funções executivas, existe uma divisão entre funções executivas simples e complexas. Portanto buscando facilitar a avaliação, alguns pesquisadores optaram por avaliar apenas alguns componentes (funções executivas simples) que consideravam mais importantes (Miyake *et al.*, 2000). Assim, atualmente, a maioria das pesquisas têm usado os seguintes componentes: a memória de trabalho, um sistema de capacidade limitada, mantém e armazena informações temporariamente, enquanto uma determinada tarefa está sendo realizada (Júnior & Melo, 2011); o planejamento, a capacidade de a partir de um objetivo definido, estabelecer a melhor maneira de alcançá-lo (Lezak, 2005); o controle inibitório, a capacidade de inibir respostas para as quais o indivíduo apresente uma forte tendência (Barkley, 2001); a flexibilidade cognitiva, a capacidade de mudar o curso de ações e pensamento de acordo com a necessidade do ambiente (Lezak, 1995). No entanto, alguns pesquisadores preferem usar formas de avaliação diferentes, utilizando de dois a quatro componentes, de acordo com o interesse e o grupo estudado.

Wiebe, Espy, e Charak (2008) realizaram uma pesquisa com 243 crianças de pré - escola, com histórico não clínico, faixa etária de dois a seis anos, avaliando

apenas dois componentes da função executiva, a memória de trabalho e o controle inibitório. Os testes utilizados foram *Digit Span Task*, avaliando a memória de trabalho e, nesse estudo a Torre de Hanói foi utilizada para aferir o controle inibitório. Os resultados apontaram que o controle inibitório e a memória de trabalho não podem ser diferenciados em crianças com até seis anos de idade.

Shing, Lindenberg, Diamond e Davidson (2010) encontraram resultados similares em pesquisa realizada com crianças entre quatro e quatorze anos, divididos em dois grupos de quatro a nove anos e de dez a quatorze anos, sem histórico clínico, mas foram usadas tarefas computadorizadas em vez de testes. Os resultados indicaram haver uma diferença entre a memória de trabalho e o controle inibitório em crianças com idade entre nove e quatorze anos. Contudo, como foram utilizados diferentes idades e instrumentos de avaliação, a comparação interestudos ficou comprometida, ou seja, pode ser que a menor capacidade de discriminação entre memória de trabalho e controle inibitório relatada entre as crianças entre dez e quatorze anos no estudo de Shing *et al.* (2010), se deva ao menor poder discriminatório do instrumento por eles utilizado e não a um fenômeno do desenvolvimento cognitivo propriamente dito.

Em seu estudo, O'Brien, Dowell, Mostofsky, Denckla, e Mahone (2010) pesquisaram a função executiva por meio da performance de quatro componentes, memória de trabalho, planejamento, controle inibitório e flexibilidade cognitiva, de meninas e meninos portadores de déficit de atenção, com idade entre oito e quatorze anos. Foram estudados quatro grupos de meninos e meninas norte-americanos, com dois grupos de controle, um de meninos e outro de meninas com desenvolvimento normal e dois grupos experimentais, um de meninos e outro de meninas com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH). Nos grupos experimentais, meninos e meninas mostraram déficit igual em tarefas que envolviam memória de trabalho e flexibilidade cognitiva, porém, apresentaram diferentes padrões na

disfunção da função executiva, em tarefas que exigiam controle inibitório e planejamento. Os resultados não comprovaram a hipótese de que meninos com TDAH teriam déficit em todos os componentes da função executiva e os autores ressaltaram a importância de considerar o gênero na avaliação de déficits em crianças com TDAH, em razão de meninos e meninas estarem em estágios diferentes de desenvolvimento biológico durante o ensino fundamental. No grupo controle, que foi usado somente como comparação, os resultados sugeriram que os meninos têm melhor desempenho nos componentes avaliados do que as meninas, porém, as meninas são mais rápidas na realização das tarefas propostas. As descobertas mostraram ainda que meninas com e sem TDAH têm diferentes trajetórias no desenvolvimento cerebral quando comparadas com meninos.

Seguindo a idéia de restringir os componentes da função executiva em sua avaliação, Myiake *et al.* (2000) realizou um estudo empírico sobre a estrutura da função executiva, que resume os componentes em três: controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho. Assim buscando bases empíricas para desenvolver uma teoria que especificasse como a função executiva se organiza e qual o seu papel nas funções cognitivas, uma longa pesquisa foi realizada. Participaram da pesquisa 137 estudantes universitários que realizaram um conjunto de testes. Na primeira parte da pesquisa foram usadas três tarefas de função executiva simples para cada componente. Para avaliar a) flexibilidade cognitiva: *Plus-minus*, *Number-Letter*, *Local-Global*; b) memória de trabalho: *Keep Track*, *Tone Monitoring*, *Letter Memory*; c) controle inibitório: *Anatisaccade*, *Stop-Signal*, *Stroop*. Na segunda parte da pesquisa foram usadas tarefas de função executiva complexa, ou seja, tarefas que avaliam vários componentes da função executiva. Assim as tarefas de função executiva complexas foram; *Winsconsin Card*, a Torre de Hanói, *Random Number Generation*, *Operation Span* e *Dual Task*. Os resultados da primeira parte da pesquisa indicaram que os três componentes da função executiva (controle inibitório, flexibilidade cognitiva

e memória de trabalho) são moderadamente correlacionados entre eles, mas claramente separáveis, sugerindo a unidade e diversidade da função executiva. Os resultados da segunda parte da pesquisa revelaram que cada um dos três componentes contribui de forma diferente para o desempenho da função executiva. Especificamente, o desempenho no *Wisconsin Card* está mais correlacionado com a flexibilidade cognitiva, e a Torre de Hanói, com a inibição. A única tarefa da função executiva complexa que não foi relacionada com os três componentes da função executiva foi a *Dual Task*. Os resultados da pesquisa sugerem que é importante reconhecer tanto a unidade quanto a diversidade da função executiva.

A função executiva e a inteligência são de importância fundamental para a sucesso em muitas tarefas cotidianas (Brydges *et al.* 2012), por isso, estudos recentes tentam diferenciá-las ou, ainda, apreender a relação que existe entre elas. A inteligência é um dos assuntos mais pesquisados pela psicologia, o que provavelmente dificulta o consenso sobre o que ela é e como medi-la (Primi, 2002). O conceito de inteligência e as formas de sua aferição são tão complexos quanto os da função executiva. Contudo, na definição e avaliação da inteligência duas abordagens permanecem, ao longo do tempo. Uma considera a inteligência como uma entidade simples, e a outra, como uma estrutura de aptidões independentes (Almeida & Primi, 2010). Para a primeira abordagem, a inteligência é um fator de inteligência geral (fator *g*), capaz de ativar a capacidade de realização de trabalhos intelectuais (Schelini, 2006). De acordo com a segunda abordagem de inteligência, Cattell (1963) constatou a existência de dois fatores gerais, que, posteriormente, foram denominados inteligência fluida e inteligência cristalizada. A inteligência fluida está associada a componentes não verbais, que não dependem de conhecimentos previamente adquiridos (Schelini, 2006); são as operações mentais utilizadas para a realização de tarefas novas (Primi, 2002). A inteligência cristalizada é a capacidade de solucionar a

maioria dos problemas cotidianos, desenvolvida com base em experiências culturais e educacionais (Schelini, 2006).

A relação da inteligência fluida e cristalizada com a função executiva foi amplamente pesquisada por Friedman *et al.* (2006), que usaram o modelo de estrutura da função executiva de Myiake *et al.* (2000). Foram testadas 215 crianças, entre sete e nove anos. Os resultados sugeriram que o desenvolvimento da inteligência fluída e cristalizada e da função executiva é aprimorado de acordo com a idade, ou seja, as crianças mais velhas tiveram uma melhor performance que as crianças mais novas. A memória de trabalho foi a única variável significativa da função executiva diretamente relacionada com as duas inteligências. De acordo com os dados apresentados por esse estudo, a inteligência fluida e cristalizada estão altamente associadas à função executiva, particularmente na infância, sugerindo que o processo de modificação de inteligência fluida para cristalizada é mediado pela função executiva.

Para avaliar a inteligência de crianças e adolescentes o Wisc III ainda é o instrumento mais usado (Lopes & Farina, 2012). O Wisc III é dividido em duas escalas uma verbal e uma de execução; ao todo são treze subtestes. McArdle (2001) analisou a relação entre as escalas de execução e verbal do Wisc III, considerando que a escala verbal avalia inteligência cristalizada, e a escala de execução a inteligência fluída. Os resultados apontaram que a pontuação dos subtestes de execução não tinham uma correlação significativa com as pontuações dos subtestes verbais, ou seja não existia uma correlação de desempenho entre as duas escalas. O que não corrobora outros estudos, que indicam que o desenvolvimento da inteligência fluída (escala de execução) e cristalizada (escala de verbal) é aprimorado com a idade, e conseqüentemente estariam correlacionadas. Apesar das divergências no tocante ao desenvolvimento das inteligências fluída e cristalizada e se escalas do Wisc III, tanto verbal como de execução, avaliam relativamente inteligência fluída ou cristalizada, o

Wisc III continua sendo o instrumento de referência para a avaliação da inteligência em crianças e adolescentes. Contudo, atualmente esse instrumento está em processo de revisão e uma nova edição revisada (Wisc IV) acaba de chegar ao mercado.

Durante a realização do teste Wisc III, o tempo é um fator de extrema importância, porque é usado como preditor de melhor ou pior pontuação, sobretudo na escala de execução, portanto, é um teste fundamental para a avaliação da inteligência. A relação entre tempo e medida da inteligência são muito estudados. Segundo Bates, Stough, Managan e Pellett (1995), nos anos 1980, um casal de pesquisadores, Hendrickson e Hendrickson (1980), sugeriram que a inteligência poderia refletir precisão neural. De acordo com essa teoria, um processamento impreciso na condutibilidade neuronal levaria a uma velocidade de processamento mais lenta. No entanto, outras pesquisas demonstraram que a relação entre o potencial evocado (condução neuronal) e a inteligência era inconsistente. Das pesquisas realizadas por Bates *et al.* (1995) os resultados indicaram que a condução neuronal em pessoas com menor inteligência é mais irregular. Apesar dessas descobertas, a maioria das pesquisas considera que a inteligência estará mais relacionada com tarefas que possibilitem medir a velocidade de processamento (Bates *et al.*, 1995).

Para avaliar inteligência e função executiva, o tempo tem sido usado como critério para aferição de pontuação. O Wisc III é um exemplo, porque se trata de teste de avaliação de inteligência e é também considerado um bom instrumento para medir a função executiva (Simões, 2002), porque os subtestes da escala de execução, consideram os componentes da função executiva. Um outro instrumento utilizado para avaliar a função executiva é a Torre de Hanói (ToH), objeto de estudo deste artigo.

Segundo Lezak (1995) a ToH avalia principalmente a memória de trabalho, planejamento, controle inibitório e a flexibilidade cognitiva. Por ser a ToH um instrumento ainda não padronizado, durante a sua realização a maioria dos estudos

não contabiliza o tempo, embora ele seja marcado e analisado qualitativamente na análise dos resultados.

Desta forma, o presente artigo pretende avaliar a relação entre tempo e desempenho na ToH para a avaliação da função executiva. Mais, especificamente, pretende-se: a) avaliar comparativamente a relação entre tempo e desempenho de meninos e meninas; b) medir comparativamente a relação entre tempo e desempenho diferentes grupo etários (dez a treze anos e de quatorze a dezesseis anos); c) aferir a validade convergente da ToH para a avaliação da função executiva por meio do estudo da relação entre tempo e desempenho na ToH e na escala de execução do Wisc III. A escala de execução do Wisc III foi usada como validade convergente por tratar - se de um teste padronizado em que o tempo é o marcador principal de pontuação.

Método

Participantes

Participaram da pesquisa 55 crianças e adolescentes, sendo 26 meninos e 29 meninas, com idades entre 10 e 16 anos e 11 meses (média= 13,33, DP=1,84). Os participantes foram selecionados aleatoriamente por conveniência e recrutados em 20 escolas do ensino fundamental e médio, das quais 5 eram públicas e 15 eram particulares. Para participação na pesquisa, os responsáveis pelos participantes deviam concordar e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e os participantes deviam, atender aos seguintes critérios de inclusão/exclusão que se seguem.

Os critérios de inclusão foram: ter idade entre 10 e 16 anos e 11 meses, estar cursando regularmente o ensino fundamental ou médio, devidamente matriculado em uma escola.

Os critérios de exclusão foram: apresentar queixas de atraso no desenvolvimento, ser portador de disfunções cognitivas ou transtornos neuropsiquiátricos e histórico ou consumo atual de medicação de ação psicotrópica, álcool ou drogas.

Instrumentos

Para este estudo, foram utilizados os seguintes instrumentos:

a) questionário de levantamento de dados sócio demográficos com perguntas tais como, tipo de escola (particular ou pública), renda familiar, número de pessoas residentes na casa, lateralidade e uso de medicamentos; b) jogo da Torre de Hanoi instrumento de madeira com base retangular com três pinos de 12 cm, 4 peças quadradas de tamanhos e cores diferentes, devendo serem colocadas da maior para a menor, de baixo para cima. As regras são claras e simples:

Iremos realizar um jogo chamado Torre de Hanói. Neste jogo você vai transpor as peças que estão neste pino (apontar) para este último pino aqui (apontar). Para isso, você vai seguir as seguintes regras: você pode mover apenas um disco de cada vez e pode utilizar todos os pinos desde que o disco menor sempre fique em cima. Não é permitido que um disco grande fique sobre um disco pequeno. Eu quero que você tente resolver este desafio com o menor número de movimentos que você conseguir. Alguma dúvida? Vamos começar?

A criança devia começar o jogo com as três peças do lado esquerdo e transpô-las para o pino do lado direito, podendo usar o pino do centro. Ao iniciar a movimentação das peças o cronômetro era acionado. Cada movimento correto era contado como um ponto. Ao finalizar a movimentação das peças de maneira correta, mudando as mesmas do pino da direita para a esquerda, era encerrada a primeira tentativa e zerado o cronômetro. Desta mesma forma eram realizadas a segunda e a terceira tentativa. A movimentação da peça, sem a retirada do pino, não era contada

como movimento. Não foram contados os erros, que são os seguintes: colocar uma peça maior acima de uma menor, ficar com duas peças na mão ou deixar uma peça na mesa. Quando acontecia o erro a criança era avisada, voltando a peça para a posição anterior e o cronômetro continuava marcando o tempo. Após a realização de três tentativas com três peças, a criança deveria realizar novamente, a tarefa, desta feita, com quatro peças, obedecendo todas as regras citadas anteriormente.

A escala de execução do Wisc III, foi utilizada como instrumento de correlação. O Wisc III é teste comercializado pela Casa do Psicólogo, aprovado pelo Conselho Federal de Psicologia pela Resolução CFP nº 002/2003 desde novembro de 2003. Trata-se de um teste amplamente utilizado tanto na clínica quanto em pesquisas, porém restrito aos profissionais de psicologia, apresentando boa qualidade psicométrica, reconhecida em diversos trabalhos.

O Wisc III é composto de treze subtestes divididos em escalas verbal e de execução. A escala de execução é composta de sete subtestes (completar figuras, código, arranjo de figuras, cubos, armar objetos, procurar símbolos e labirintos). Com a pontuação obtida nos subtestes, chega-se aos quocientes de inteligência verbal (QIV), de execução (QIE), além do quociente global (QIT). Além da aferição dos QI's, a escala fornece índices fatoriais associados a competências específicas, como compreensão verbal (informação, semelhanças, vocabulário e compreensão), organização perceptual (completar figuras, arranjo de figuras e armar objetos), resistência à distração (aritmética e dígitos) e velocidade de processamento (códigos e procurar símbolos). Neste estudo, foram utilizados os subtestes da escala de execução. De acordo com o manual do teste, os subtestes avaliam, respectivamente: a) completar figuras - atenção ao ambiente, concentração e percepção das relações todo parte; b) Código - mede a capacidade de associar números e símbolos, memorizando corretamente as associações, (Simões, 2002), avalia a velocidade de processamento, capacidade de seguir instruções sobre pressão de tempo, a

flexibilidade mental, a capacidade de aprender e eficiência mental; c) arranjo de figuras - avalia a capacidade para integrar e organizar de forma lógica; d) cubos - examina a capacidade de organização e processamento viso - espacial. e) armar objetos - mede a capacidade de síntese, proporcionando a observação de estratégia e resolução de problemas; f) procurar símbolos - avalia a capacidade de discriminação perceptiva, de memória de trabalho, de concentração e de memória a curto prazo; g) labirintos - examina a capacidade de antecipação e planejamento, requer uma estratégia viso - espacial em memória de trabalho.

Apesar da divergência dos pesquisadores acerca da relação entre as escalas de inteligência (verbal, execução) e tipos de inteligência avaliados (cristalizada e fluida), a escala de execução será considerada como uma medida de inteligência fluida neste estudo.

Procedimento

Após a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética da instituição a ele vinculada sob o protocolo nº 0056.0.168.000-11, foi realizado contato com as instituições e escolas (particulares e/ou estaduais). Após esclarecimentos necessários quanto à participação, foi assinado, pelo responsável, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Os participantes foram submetidos individualmente à aplicação do jogo Torre de Hanói. O jogo foi realizado em duas etapas, com três e quatro peças, estabelecendo-se três tentativas em cada etapa para chegar à solução, com um número mínimo de movimentos para a quantidade de peças. O tempo gasto foi cronometrado durante todas as tentativas, iniciando na primeira movimentação e zerado apenas ao final de cada tentativa. Posteriormente, os participantes, foram submetidos aos sete subtestes da escala da parte de execução do Wisc III, também de forma individual.

Depois da aplicação, os dados referentes ao número de movimentos realizados em cada tentativa, o tempo gasto para a realização de cada tarefa e os escores ponderados da parte de execução do Wisc III (QI de execução), foram analisados intragrupos. Com o uso do software *Statistical Package for Social Science for Windows*[®] (SPSS[®]), foi realizada a aferição de médias, desvio-padrão, teste estatístico para comparação entre médias, verificando significância estatística e estudo de correlação de Pearson.

Resultados

Confirmar a importância do tempo na realização da Torre de Hanói e consequentemente na avaliação da função executiva foi o objetivo deste artigo. A maioria dos participantes do estudo eram filhos únicos (42%) ou possuíam apenas um irmão (38%) os demais tinham mais de um irmão (20%). Assim mesmo, dos participantes que tinham irmãos, a maioria era o filho mais velho (25%) ou o segundo filho (29%). O número de pessoas que habitavam a casa variou de 2 a 10 (média = 3,82; desvio padrão = 1,52 e moda = 3,0). A renda dos participantes variou de 5 a 10 salários mínimos (média = 8,67; desvio padrão = 1,66).

Na tabela 1 apresenta-se a comparação entre sexo e diferentes grupos etários para cada uma das três tentativas, com três e quatro peças, considerando a média do número de movimentos por tentativa e o tempo, em minutos, na ToH.

Tabela 1. Comparação de média entre sexo e diferentes grupos etários para tentativas e tempo (minutos) na ToH em três e quatro peças

		Grupos					
		Sexo			Idade		
		Meninos	Meninas	<i>T student</i>	Grupo 1 (10-13 anos)	Grupo 2 (14-16 anos)	<i>T student</i>
		M (DP)	M (DP)	<i>t</i> <i>p</i>	M (DP)	M (DP)	<i>t</i> <i>p</i>
3 peças	Movimento	32.06 (11.09)	27.64 (8.78)	1.60 0.12	31.54 (19.77)	27.66 (8.86)	1.46 0.15
	Tempo	2.78 (5.84)	1.34 (0.97)	1.25 1.14	2.68 (5.47)	1.23 (0.72)	1.43 0.16
	Movimento	72.30 (17.78)	64.90 (29.62)	1.14 0.26	73.43 (28.95)	62.37 (17.38)	1.74 0.86
	Tempo	3.63 (2.10)	5.55 (11.05)	- 0.92 0.37	5.45 (9.59)	3.68 (3.43)	0.87 0.39

Esperava-se encontrar diferenças significativas no desempenho entre meninos e meninas e na comparação do número de movimentos e tempo de execução durante cada etapa do teste. No entanto, não foram observadas diferenças significativas na comparação entre gêneros (meninos e meninas), média do número de movimentos e tempo médio em minutos na ToH, com três e quatro peças para crianças e adolescentes com idades entre dez e dezesseis anos. A única exceção ocorreu com crianças de dez anos, contudo, como apenas dois sujeitos compunham a amostra de dez anos, sugerem-se mais estudos para aferir a existência de diferenças significativas entre essa idade e o restante do grupo. Buscando identificar o motivo de os resultados encontrados na presente pesquisa não apresentarem diferença significativa entre crianças de dez e dezesseis anos de idade, decidiu-se separar crianças e adolescentes dessa faixa etária em dois grupos: de dez a treze anos e de quatorze a dezesseis anos.

Todavia, após análise posterior, mesmo considerando os dois grupos de idade (aqueles com dez a treze anos, referente ao grupo 1, e os com quatorze a dezesseis anos grupo 2) também não foram observadas diferenças significativas conforme observado na tabela 1.

A comparação do desempenho na jogo da Torre de Hanói com o QI execução do Wisc III e as escalas de organização perceptiva e velocidade de processamento também não revelou relações significativas entre a média do número de movimentos e o tempo na ToH com três e quatro peças, conforme tabela 2. A Observou-se relação significativa apenas para o subtteste códigos (tabela 2).

Tabela 2. Correlação entre média do número de movimentos e tempo na ToH de três e quatro peças com QI de execução, organização perceptiva e velocidade de processamento, representado em valor r.

		ESCALA DE EXECUÇÃO				
		QI Execução	Organização Perceptiva	Velocidade de Processamento	Código bruto	Código ponderado
3 peças	Movimento	- 0.14	- 0.18	0.05	- 0.39	0.03
	Tempo	0.09	0.08	- 0.06	- 0.21	- 0.21
4 peças	Movimento	- 0.11	- 0.04	- 0.18	- 0.28*	- 0.27*
	Tempo	0.09	0.21	0.18	-0.05	- 0.09

* significativo ao nível de 0.05.

** significativo ao nível de 0.01.

Discussão

O presente artigo pretendeu aferir a relação entre tempo e desempenho na ToH para a avaliação da função executiva. Mais especificamente, buscar avaliar, comparativamente, a relação entre tempo e desempenho de meninos e meninas. Esperava-se que os resultados sugerissem diferença entre o desempenho de meninos e meninas no quesito número de movimentos e diminuição do tempo de execução da ToH, conforme apresentado no artigo de O'Brien *et al.* (2010). No entanto, os resultados não apontaram haver diferença significativa entre gêneros, não

corroborando com resultados obtidos por Sant'Anna, Quayle, Pinto, Scaf & Lúcia, 2007) que demonstraram haver diferença significativa entre os sexos.

Apesar de não corroborar com as pesquisas citadas, o resultado deste estudo pode ser justificado, em parte, pela teoria de Robert Lynn (1999) que afirma que meninos e meninas apresentam taxas diferentes de desenvolvimento físico e mental durante a infância e adolescência. Assim, dos nove aos quatorze anos de idade há um aceleração na taxa de crescimento das meninas, porém, a partir de quinze anos o crescimento das meninas desacelera, e o dos meninos continua. Esse princípio geral de diferenças de sexo relacionado à taxa de maturação aplicar-se-ia, ao desenvolvimento das habilidades cognitivas segundo Flores-Mendonza, Alves, Lelé & Bandeira (2007) e conseqüentemente, das funções executivas. Contudo, se o desenvolvimento acelera nas meninas de nove a quatorze anos de idade, os resultados deveriam demonstrar uma diferença significativa no grupo 2, na comparação entre meninos e meninas. Por isso, a teoria de Lynn (1999) pode amparar esses resultados somente na comparação entre meninos e meninas do grupo 1. No entanto, caso se considere que, neste estudo, houve poucos sujeitos (55) e uma grande dispersão de idade (dez a dezesseis anos) com concentração nos treze anos (média = 13,33), pode-se hipotetizar que os resultados foram mascarados.

Os estudos realizados, usando com a ToH como instrumento de avaliação da função executiva, com crianças com desenvolvimento normal, na faixa etária pesquisada, são escassos, o que dificultou associações pertinentes com os resultados encontrados. Em sua maioria, são realizadas comparações com grupos de crianças com disfunções (O'Brien *et al.* 2010; Cozza, 2005), buscando normatização do teste ToH (Sant'Anna, 2007); ou em comparações com inteligência fluída (Brydges, *et al.*, 2012).

Ao avaliar comparativamente a relação entre tempo e desempenho, segundo diferentes grupos etários (dez a treze anos e de quatorze a dezesseis anos), não foram encontradas diferenças significativas, o que também não correspondeu aos estudos encontrados. Na pesquisa de Friedman *et al.* (2006), os resultados sugerem que o desenvolvimento da função executiva, da inteligência fluida e da inteligência cristalizada, é aprimorado de acordo com a idade, assim, a idade interfere na melhora do desempenho das funções executivas e cognitiva. Wiebe *et al.* (2008) chegaram a resultados que indicam que, em crianças até seis anos, não existe distinção de dois componentes da função executiva, a memória de trabalho e o controle inibitório. Shing *et al.* (2010), no entanto, demonstraram que, em crianças de nove a quatorze anos, é possível diferenciar a memória de trabalho.

Bishop *et al.* (2001) encontraram resultados similares e que amparam um pouco mais os resultados encontrados neste artigo. Usando o jogo da Torre de Hanói como instrumento para avaliar a capacidade de planejamento, os dados demonstraram um aprimoramento no desempenho de acordo com a experiência. Entretanto, não houve diferença significativa comparando as idades, o que indica que os efeitos da idade podem ser mascarados por outros aleatórios, que afetam as crianças no seu dia a dia. Os autores concluem que não é seguro usar a Torre de Hanói como índice de integridade e maturidade do sistema neurológico em crianças com desenvolvimento normal, o que corrobora com os resultados apresentados nesta pesquisa, sugerindo que a Torre de Hanói não tem valor discriminativo na comparação entre grupos de dez a dezesseis anos em crianças com desenvolvimento normal. Contudo, esses achados devem ser melhor explorados em estudos futuros com um grupo maior de participantes.

Algumas pesquisas apontam altas correlações entre os testes de torres e os de inteligência fluida, porque consideram que ambos envolvem considerável geração de objetivos e controle inibitório (Carpenter, Just & Shell, 1990). Os artigos encontrados,

que comparavam ToH e inteligência, fazem a correlação com a inteligência fluida e, por isso, nesses estudos, as comparações consideram a escala de execução como medida de inteligência fluida.

Os resultados desta investigação não comprovaram tal fato porque não houve correlação significativa entre a Torre de Hanói e a escala de execução do Wisc III, como medida da inteligência fluida, o que corrobora com estudo realizado por Flanagan *et al.* (2000) mas não com as pesquisas de Zook, Davalos, Delosh e Daves (2004), Colom e Flores-Mendonza (2006) e Batista *et al.* (2007). Os resultados encontrados em Zook *et al.* (2004), indicaram que o desempenho na ToH é influenciado pela inteligência fluída, memória de trabalho e controle inibitório, ou seja, por dois componentes da função executiva e pela inteligência fluida. Colom e Flores - Mendonza (2006), ao compararem a inteligência fluida com função executiva e memória de trabalho, sendo a Torre de Hanói usada para avaliar a função executiva, demonstraram que a relação entre a função executiva (medida pela ToH) e a inteligência fluida é maior do que a relação entre a inteligência fluida e memória de trabalho. Batista *et al.* (2007) realizaram um estudo internacional, comparando aspectos cognitivos e metodológicos envolvendo a Torre de Hanói e a Torre de Londres. Ao compararem a inteligência fluida, memória de trabalho e controle inibitório, observaram que esses três componentes foram preditores do desempenho na ToH. Dos estudos, encontrados somente o de Flanagan *et al.* (2000) corroborou com os resultados apresentados neste artigo. Zook *et al.* (2004), Colom e Flores - Mendonza (2006) e Batista *et al.* (2007) encontraram correlações significativas entre o desempenho na Torre de Hanói e a inteligência fluida.

Os índices fatoriais, como é o caso da organização perceptual e da velocidade de processamento, possibilitam identificar perfis de desempenho presente nas crianças, com áreas cognitivas fortes e fracas (Simões, 2002). A organização perceptual é a capacidade de raciocínio não verbal (fluido) e a velocidade de

processamento refere-se à agilidade mental para resolver problemas não verbais (Weshsler, 2006). A correlação entre os índices de organização perceptual e velocidade de processamento são estatisticamente significativas, com variáveis neurológicas relacionadas com localização e gravidade de lesões cerebrais (Simões 2002; Donders, 1997). No entanto, no presente estudo, não foram encontrados correlações entre organização perceptual e velocidade de processamento em crianças com desenvolvimento normal e nem correlações com memória de trabalho, função executiva e a ToH.

O único subteste que apresentou correlação significativa com a Torre de Hanói foi o códigos. Contudo, não foram encontradas pesquisas que pudessem amparar negativa ou positivamente este resultado. No entanto, somente um artigo foi encontrado Ciasca (2003), avaliando o desempenho de crianças com distúrbio de atenção com base no Wisc III. O estudo aponta que, na escala de execução, o subteste de melhor aproveitamento foi o cubos, e o de menor o códigos, sugerindo ser esse subteste mais suscetível à atenção. O subteste códigos mede a capacidade de memorizar associações e avalia a capacidade de aprendizagem mecânica (Simões 2002), conseqüentemente, avalia a memória de trabalho e o controle inibitório. A memória de trabalho e o controle inibitório são componentes da função executiva que, de acordo com a maioria dos estudos já apresentados, são medidos pela ToH, o que pode justificar a relação significativa entre esses dois testes. Como apenas o estudo de Ciasca (2003) permite correlacionar os dois testes, hipoteticamente, pode-se sugerir que a Torre de Hanói e o subteste códigos solicitam comportamentos concretos, mais relacionados à execução de tarefas. No subteste códigos, por exemplo, a criança deve memorizar os dados da tarefa e escrevê-los e, na Torre de Hanói, ela deve memorizar a movimentação correta para atingir o objetivo. Esse tipo de memória de trabalho, mais ligada à execução de tarefas concretas e de pouco raciocínio abstrato, pode ser um tipo de memória mais específica. Contudo, sugerem-

se estudos de comparação, sobretudo em grupos etários iguais ao desta pesquisa que tenham desenvolvimento normal.

Conclusão

Em suma, a presente pesquisa revelou que o número de movimentos e a medida do tempo na execução na ToH, com crianças de dez a dezesseis anos, não tem poder discriminativo, na comparação entre os grupos de dez a treze anos, e de quatorze a dezesseis anos e entre os gêneros. Conseqüentemente, a medida do tempo de execução da ToH não é um fator discriminativo, de acordo com os dados levantados, e em se tratando de crianças de dez a dezesseis anos.

O baixo número de participantes (55 sujeitos), a dispersão da idade, que impedem uma análise mais detalhada do desenvolvimento humano, e a falta de padronização na aplicação da Torre de Hanói foram fatores que dificultaram uma obtenção de dados minuciosos e precisos. Outra questão que se fez presente é que não existe ainda um consenso em relação aos processos envolvidos na realização da ToH (Batista *et al.*, 2007). Das pesquisas encontradas algumas usam a ToH como medida de função executiva geral, outras como medida da memória de trabalho, do controle inibitório, da flexibilidade cognitiva e planejamento, e ainda outros somente como medida de memória de trabalho.

Ao contrário do que se esperava, os dados obtidos demonstraram que a ToH não se relaciona com o QIE, nos termos do Wisc III, nem comparando o número de movimentos e nem tempo. No entanto, os artigos apresentados sugerem que a ToH pode ser um bom medidor de memória de trabalho e inteligência fluida, sobretudo porque apresentou uma correlação significativa com o subteste códigos que avalia esses componentes, contudo, mais pesquisas precisam ser realizadas para comprovar tal hipótese. Na comparação dos índices fatoriais, organização perceptual e velocidade de processamento, também não houve correlação significativa o que

indica, mas uma vez que a ToH não é um instrumento eficiente para avaliar organização perceptual e velocidade de processamento.

Sugerem-se mais estudos sobre a importância do tempo para a compreensão e a avaliação da função executiva, cujos resultados permitiriam definir uma padronização brasileira para a aplicação da Torre de Hanói, em crianças com desenvolvimento normal.

Referências bibliográficas

- Almeida, L. S., Primi, R. (2010). Considerações em torno da medida da inteligência. In Pasquali, L. *Instrumentação psicológica: fundamentos e prática* (pp. 387 - 410). Porto Alegre: Artmed.
- Anderson, M. (1986). Inspection time and IQ in young children. *Personality and Individual Differences*, 7 (5), 677 - 686.
- Barkley, R. (2001). The executive functions and self-regulation: an evolutionary neuropsychological perspective. *Neuropsychology*, 11 (1), 1 - 29.
- Batista, A. X., Adda, C. C., Miotto, E. C., Lúcia, M. C. S., Scaff, M. (2007). Torre de Londres e Torre de Hanói: contribuições distintas para avaliação do funcionamento executivo. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 56 (2) 134 – 139. doi: 10.1590/S0047-20852007000200010.
- Bechera, A. & Verdejo - Garcia, A. (2010). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. *Psicotherma*, 22 (2), 227 - 253.
- Bishop, D. V. M., Aamodt – Leeper, G., Creswell, C., MCGurk, R. & Skuse, D. H. Individual differences in cognitive planning on the Tower of Hanoi Task: Neuropsychological maturity or measurement error ? (2001). *Journal Child Psychology Psychiatry*, 42 (4), 551 - 556.
- Bolfer, C., Casella, E.B., Baldo, M. V. C., Mota, A. M., Tsunemi, M. H., Pacheco, S. P., Reed, U.C. (2010). Reaction time assessment in children with TDAH. *Neuropsychiatric*, 68 (2), 282 - 286.
- Brydges, C. R., Reid, C .L., Fox, A .M., Anderson, M.(2012). A unitary executive function predicts intelligence in children. *Intelligence*, 40, 458 - 469.
- Capovilla, A. G., Assef, E. C. & Cozza, H .F. (2007). Avaliação neuropsicológica das funções executivas e a relação com a desatenção e hiperatividade. *Instituto Brasileiro de Avaliação Psicológica*, 6 (1), 51 – 60. Disponível: http://pepsic.bvs-psi.org.br/scielo.php?=sci_arttext&pid=S1677-4712007000100007&Ing=pt&nrm=iso
- Carpenter, P. A., Just, M. A. & Shell, P. (1990). What one intelligence test measures: a theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices Test. *Psychological Review*, 97 (3), 404 - 431.

- Cattell, R. (1963). Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of Education Psychology*, 54 (1), 1 - 22.
- Church, R. M. Properties of the internal clock. (1984) In: Gibbon, J., Allan, L. *Timing and perception* (pp. 566 - 582). New York Academy: SCI
- Ciasca, S. M. (2003). *Distúrbios de aprendizagem: propostas de avaliação interdisciplinar*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Colom, R. & Flores - Mendoza, C. E. (2006). Armazenamento de curto prazo e velocidade de processamento explicam a relação entre memória de trabalho e o fator g de inteligência. *Psicologia: Teoria e Prática*, 22 (1), 113 - 122.
- Colom, R., Rubio, V. J., Shi, P. C., Santareu, J. (2006). Fluid intelligence, working memory and executive function. *Psicotherma*, 18 (4), 816 - 821.
- Costa, D. I., Azambuja, L. S., Portuguese, M. W., Costa, J. C., (2004). Avaliação neuropsicológica da criança. *Jornal de Pediatria*, 80 (2), 111 - 116.
- Cozza, H. F. P. (2005). Avaliação das Funções Executivas em crianças e correlação com a atenção e hiperatividade. Dissertação de mestrado. Universidade de São Francisco. Itatiba São Paulo. Disponível: http://www.saofrancisco.edu.br/itatiba/mestrado/psicologia/uploadAddresses/Dissertacao_Heitor_Cozza%5B1582%5D.pdf
- Díaz, A. Martín, R. Jiménez J. E., Garcia, E., Hernández, S., Rodríguez, C. Torre de Hanoi: datos normativos y desarrollo evolutivo de La planificación (2012). *European Journal of Education and Psychology*, 5 (1), 79 - 9.
- Donders, J. (1997). Sensitivity of Wisc III to injury severity in children with traumatic head injury. *Assessment*, 4, 185 - 192.
- Figueredo, V. L. M., Quevedo, L., Gomes, G., Pappen, L. (2007). Habilidades cognitivas de crianças e adolescentes com distúrbio de aprendizagem. *Psico - USF*, 12 (2), 281 - 190.
- Flanagan, D. P., McGrew, K. S., & Ortiz, S. O. (2000). *The Weschler Intelligence Scales and CHC theory: a contemporary approach to interpretation*. Boston: Allyn & Bacon.
- Flores Mendonza, C. E., Alves, M. M., Lelé, A. J., Bandeira, D. R. (2007). Inexistência de diferenças de sexo no fator g (Inteligência geral) e nas habilidades específicas em crianças de duas capitais brasileiras. *Psicologia: Reflexão de crítica*, 20 (3), 499 - 506.

- Friedman, N., Miyake, A., Corley, R., Young, S. E., Defries, J. C. & Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological Science*, 17, 172 -179.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B. & Magnun, G. R. (2002). *Cognitive Neuroscience: The biology of the mind*. New York: Norton & Company.
- Hamdan, A. C., Pereira, A. P. A. (2009). Avaliação neuropsicológica das funções executivas: considerações metodológicas. *Psicologia Reflexão e Crítica*, 22 (3), 386 - 393, doi:10.1590/S0102-79722009000300009
- Júnior, C. A. M. & Melo, L. B. R. (2011). Integração de três conceitos: função executiva, memória de trabalho e aprendizado. *Psicologia: Teoria e Prática*, 27 (3), 309 - 314.
- Kristensen, C. H., Almeida, R. M. M., Gomes, W. (2001). Desenvolvimento Histórico e fundamentos metodológicos da neuropsicologia cognitiva (2001). *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14 (2), 259 - 274.
- Oliveira - Souza, R., Moll, J., Ignácio, F. A., Tovar - Moll, F. (2008). Cognição e funções executivas. In Lent, R. (coord). *Neurociência da mente e do comportamento* (pp.288-302). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Lezak, M. D. (1995). *Executive functions and motor performance. Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press.
- Lima, R. F., Azoni, C. A. S. & Ciasca S. M. (2011). Attentional performance and executive functions in children with learning difficulties. *Psicologia, Reflexão e crítica*, 24 (4), 685 - 691.
- Lopes, R., M., F. & Farina, M. (2012). Sensibilidade do Wisc III na identificação do transtorno de déficit de atenção/hiperatividade (TDAH). *Panamerican Journal of Neuropsychology*, 6 (1) 128 – 140. doi: 10.7714/cnps/6.1.208
- Lynn, R. (1999). Sex differences in intelligence and brain size: A developmental theory. *Intelligence*, 27 (1), 1 - 12.
- Luria, A. R. (1981). *Fundamentos de neuropsicologia*. Rio de Janeiro: LTC.
- MacArdler, J. J. (2001). A latent difference score approach to longitudinal dynamic structural analysis. In Cudeck, R., du Toit, S. & Sorbom, D. (orgs.). *Structural equation modeling: present and future* (pp. 341 - 380). Lincolnwood, Illinois: Scientific Software International.

- Malloy - Diniz, L. F., Sedo, M., Fuentes, D. & Leite, W. B. (2008). Neuropsicologia das funções executivas. In Fuentes, D., L. F., Malloy - Diniz, C. H. & Camargo, R. M. Consenza (orgs.). *Neuropsicologia, teoria e prática* (p.187-206). Porto Alegre: Artmed.
- Mello, C. B., Argollo, N., Shayer N., Abreu, N., Godinho, K., Duran, P., Vargem, F., Muszkat, M., Miranda, M.C. & Bueno, O. F. A. (2011). Versão abreviada do Wisc III: Correlação entre QI estimado e QI total em crianças brasileiras. *Psicologia Teoria e Pesquisa*, 27 (20), 149 – 155.
- Myiake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. , Wager, T.D. (2000).The Unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49 - 100. Disponível: <http://www.idealibrary.com>
- O’Brien J. W., Dowell L. R., Mostofky, S. H.,Denckla, M. B., Mahone, E. M. (2010). Neuropsychological profile of executive function in girls with attention deficit/hyperactivity disorder. *Archives of Clinical Neuropsychology* 25, 656 - 670.
- Pouthas ,V., Perbal, S. Time perception depends on accurate clock mechanism as well unimpaired attention and memory process (2004). *Acta Neurobiologia and Experimentalis*, 64, 367 - 385.
- Primi, R. (2002). Inteligência fluida: definição fatorial, cognitiva e neuropsicológica. *Paidéia*, 12 (23), 57 - 75.
- Ribeiro, I. S. & Almeida, L. A. (2005). Velocidade de processamento da informação na definição e avaliação da inteligência. *Psicologia: teoria e pesquisa*, 21 (1), 01 - 05.
- Sant’Anna, B. A., Quayle, J., Pinto, K. O., Scaf, M., Lúcia, M. C. S.(2007). Torre de Hanói: proposta de utilização do instrumento para sujeitos de 13 a 16 anos. *Psicologia Hospitalar*, 5 (2), 36 - 56.
- Schelini, P., W. (2006). Teoria das inteligências fluída e cristalizada: início e evolução. *Estudos de Psicologia*, 11 (3), 323 – 332.
- Shing, Y. L., Lindenberg, U., Diamond, A.,Li, S. C. & Davidson, M. C. (2010). Memory maintenance and inhibitory control differentiate from early childhood to adolescence. *Development Neuropsychology*, 35, 679 - 697.
- Simões, M. (2002). Utilizações da Wisc III na avaliação neuropsicológica de crianças e adolescentes. *Paidéia*, 12 (23), 113 - 132.

Wiebe, S. A., Espy, K .A. & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: latent structure. *Developmental Psychology*, 44, 575 - 587.

Weschler D. (2006). *Wisc III: Escala de inteligência Weschsler para crianças. Manual, Adaptação e Padronização de uma amostra brasileira, (3º ed.)*. São Paulo: Casa do Psicólogo.

Zakay, D. (1993). Time estimation methods – do they influence prospective duration estimates? *Perception*, 22, 91 - 101.

Zook, N. *et al.* (2004) Working memory, inhibition, and fluid intelligence as predictors performance on Tower of Hanoi and Tower of London Tasks. *Brain Cognition*, 56, 286-292.