
RELAÇÃO ENTRE INTELIGÊNCIA FLUIDA E FUNÇÕES EXECUTIVAS NOS DIFERENTES PERÍODOS DE VIDA: REVISÃO DE LITERATURA.

Relationship between fluid intelligence and executive functions in different periods of life: a literature review.

Relación entre inteligencia fluida y funciones ejecutivas en los diferentes períodos de vida: una revisión de literatura

RECIBIDO; 17 de agosto 2020

ACEPTADO: 27 de mayo 2021

Joceli Duarte Fiamoncini^a Corina Satler^b

a. Joceli Duarte Fiamoncini, Graduanda em Fonoaudiologia. Curso de Fonoaudiologia, Faculdade de Ceilândia. Universidade de Brasília (UnB), Brasília – DF, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8969-1757> b. Corina Satler; Psicóloga, Professora Doutora do Curso de Fonoaudiologia, Faculdade de Ceilândia. Universidade de Brasília (UnB), Brasília – DF, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7821-2183>

RESUMO

As funções executivas são um domínio cognitivo de grande relevância para o ser humano. Entretanto, existe um desprovimento de estudos de revisão que analisem a relação entre inteligência fluida e funções executivas no ciclo vital. Este estudo teve como objetivo examinar, por meio de revisão da literatura, a relação entre inteligência fluida, avaliada pelo Teste das Matrizes Progressivas de Raven, e funções executivas nos diferentes períodos de vida. As bases de dados consultadas foram: PubMed, PsycINFO, Scopus, SciELO, Web of Science, BIREME, Google scholar e ProQuest, utilizando os descritores executive functions, fluid intelligence e Raven test, em junho de 2020. A busca resultou em 367 artigos potenciais para compor a revisão. Após a aplicação dos critérios de exclusão, 13 artigos foram selecionados e analisados na íntegra. A memória de trabalho foi o componente das funções executivas mais estudado e associado à inteligência fluida em todas as faixas etárias. Apesar das evidências, mais pesquisas precisam ser desenvolvidas para compreender melhor a magnitude desta relação, atendendo aos aspectos fisiológicos, cognitivos, socioculturais e às diferenças individuais no processo de desenvolvimento.

Palavras-chave: inteligência fluida; funções executivas; Teste de Matrizes Progressivas de Raven; ciclo vital; cognição

Keywords: fluid intelligence; executive functions; Raven's Progressive Matrices; lifespan; cognition.

Palabras Clave: inteligencia fluida; funciones ejecutivas; Test de matrices progresivas de Raven; ciclo vital; cognición.

Correspondencia: Corina Satler Campus Universitário- Centro Metropolitano, Ceilândia Sul, Brasília (DF), CEP: 72220-275
E-mail: satler@unb.br



ABSTRACT

Executive functions (EF) are a cognitive domain of great relevance for humans. However, there is a lack of reviews that analyze the relationship between fluid intelligence (IF) and EF in the lifespan. This study aimed to examine, through a literature review, the relationship between FI, assessed by the Raven Progressive Matrices Test, and EFs in different periods of life. The databases used were: PubMed, PsycINFO, Scopus, SciELO, Web of Science, BIREME, Google scholar and ProQuest databases, using the descriptors executive functions, fluid intelligence and Raven test, in June 2020. The search resulted in 367 potential articles to compose the review. After applying the exclusion criteria, 13 articles were selected and analyzed. Working memory was the component of EF most studied and associated with FI in all age groups. Despite the evidence, more research needs to be developed to better understand the magnitude of this relationship, taking into account the physiological, cognitive, sociocultural aspects and individual differences in development process.

RESUMEN

Las funciones ejecutivas son un dominio cognitivo de gran relevancia para los seres humanos. Sin embargo, faltan estudios de revisión que analicen la relación entre la inteligencia fluida y las funciones ejecutivas en el ciclo de vida. Este estudio tuvo como objetivo examinar, a través de una revisión de la literatura, la relación entre la inteligencia fluida, evaluada por el Test de Matrices Progresivas de Raven y las funciones ejecutivas en diferentes períodos de la vida. Las bases de datos consultadas fueron: PubMed, PsycINFO, Scopus, SciELO, Web of Science, BIREME, Google scholar y ProQuest, utilizando los descriptores executive functions, fluid intelligence y Raven test, en junio de 2020. La búsqueda resultó en 367 artículos potenciales para componer la revisión. Tras aplicar los criterios de exclusión, se seleccionaron y analizaron en su totalidad 13 artículos. La memoria de trabajo fue el componente de las funciones ejecutivas más estudiado y se asoció con la inteligencia fluida en todos los grupos de edad. A pesar de la evidencia, es necesario realizar más investigaciones para comprender mejor la magnitud de esta relación, teniendo en cuenta las diferencias fisiológicas, cognitivas, socioculturales e individuales en el proceso de desarrollo.

Introdução

Nos últimos anos, com o avanço das neurociências há um interesse crescente na procura de um maior entendimento da inteligência, do processo da sua construção, assim como das suas características cognitivas e neurobiológicas (Cornoldi & Giofré, 2014). Nessa direção, tem havido uma dedicação progressiva no estudo da correspondência entre habilidades intelectuais e as funções executivas (FE) (Filippetti, Krumm, & Raimondi, 2015), assim como uma procura de maior compreensão do desenvolvimento das FE e das mudanças dos correlatos neurais ao longo do ciclo vital (Best & Miller, 2010). A inteligência geral (g), tema central de muitas pesquisas, é um construto que reflète ampla variabilidade interindividual, além de alta consistência intraindividual no enfrentamento de diferentes tarefas cognitivas (Chuderski, 2013). Sendo assim, o principal ponto de controvérsia entre as teorias de inteligência passa a referir-se às discussões acerca dos fatores que compõem a inteligência geral, iniciadas por Spearman (Campos & Nakano, 2012). Desse modo, segundo a concepção de Spearman sobre o fator g, toda atividade mental intelectual envolveria em maior ou menor grau uma única capacidade, indicando a existência de processos cognitivos comuns aos diferentes tipos de atividades mentais (Primi, 2002).

Neste contexto, enfatiza-se o advento da teoria em que a inteligência seria formada por dois componentes: a inteligência fluida (IF) e a inteligência cristalizada (Cattell, 1963). De acordo com Cattell (1963), a inteligência cristalizada é o desempenho cognitivo relacionado aos aprendizados anteriores e pertence ao conhecimento adquirido através da cultura e da educação formal. Já a IF refere-se à capacidade do indivíduo em adaptar-se às novas situações e é biologicamente determinada. Ela é, portanto, uma habilidade importante na previsão da capacidade geral de adaptação às situações novas, pouco estruturadas, que requerem autonomia intelectual (Primi, 2002).

Embora a IF pareça altamente semelhante à inteligência geral em muitos casos, a associação entre função fluida e inteligência geral é limitada pela competência cognitiva e sua aplicação ao longo da vida (Blair, 2006). Dessa forma, segundo Blair (2006) dada a evidência psicométrica da relação entre cognição fluida e psicométrica g, e a base neural cada vez mais bem estabelecida para essa relação, o que ainda precisa ser examinado minuciosamente são as crescentes evidências indicando que as funções cognitivas fluidas são, em alguns casos, claramente dissociadas da inteligência geral.

A IF é usualmente medida através de testes de raciocínio figurativo, indutivo e analógico e de testes de matrizes, tais como o Teste das Matrizes Progressivas de Raven, que é um dos instrumentos mais utilizados (Alves & Silva, 2017). O Teste de Matrizes Progressivas de Raven, dos quais existem várias versões, é composto por uma série de diagramas ou desenhos com uma peça faltando. Os participantes devem selecionar a parte correta para concluir os desenhos a partir de várias opções (Raven, 2000). O instrumento foi desenvolvido ao longo dos anos, a partir da década de 1930, sendo geralmente considerado uma boa medida de inteligência dedutiva ou fluida, ele é facilmente administrado e amplamente utilizado em todo o mundo (Raven & Raven, 2003).

A relação entre inteligência e FE é um importante tópico de interesse no campo da neuropsicologia, principalmente pelas implicações clínicas e educacionais de seu entendimento, bem como pelas inconsistências que persistem entre os estudos sobre a associação entre esses construtos (Filippetti et al., 2015). As FE são processos cognitivos que possibilitam o enfrentamento de desafios imprevistos, o autocontrole e a manutenção do foco e podem ser organizadas em três subdomínios, incluindo controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva. Estes subdomínios envolvem habilidades essenciais e de grande importância para a adaptação social, ocupacional e para a saúde física e mental, sucesso na escola e na vida, desenvolvimento cognitivo, social e psicológico (Diamond, 2013). Entretanto, ainda que alguns processos cognitivos como planejamento, tomada de decisão e controle do comportamento nas situações cotidianas sejam considerados um reflexo do comportamento inteligente, a presença ou ausência de correlação depende em grande parte da população testada, sua idade e dos instrumentos aplicados (Buha & Gligorovic, 2016).

Apesar do papel relevante das FE no dia-a-dia, existe um desprovimento de estudos de revisão que analisem a relação entre IF e FE nos diferentes períodos de vida durante o processo de desenvolvimento típico, isto é, conforme a idade e maturação biológica. Cabe indicar que, desenvolver estudos com foco no rastreamento dessa associação entre os construtos é de interesse crescente de pesquisadores e público em geral, pois tanto as FE quanto IF são fatores que podem prever implicações nos contextos acadêmicos e clínicos. Dessa forma, com o presente estudo pretende-se contribuir para o conhecimento da relação entre IF e as FE nos diferentes períodos de vida e ampliar a reflexão de estudos que investigaram sobre essa associação.

Assim, o objetivo do presente estudo foi examinar, por meio de revisão da literatura, a relação entre IF, avaliada pelo Teste das Matrizes Progressivas de Raven, e as FE nos diferentes períodos de vida. Após a análise dos estudos publicados, espera-se que a IF esteja associada às FE, embora seletivamente e de acordo com as particularidades do período do desenvolvimento evolutivo.

Método

Para a realização deste estudo foi utilizado o método de revisão de literatura, o qual consistiu em um desenho de pesquisa observacional e retrospectivo. A pesquisa teve como pergunta norteadora: “Qual a relação existente entre IF avaliada pelo Teste das Matrizes Progressivas de Raven e as FE nos diferentes períodos de vida?”

Materiais:

A procura pelas produções científicas foi realizada nas bases de dados *PubMed*, *PsycINFO*, *Scopus*, *SciELO (Scientific Electronic Library Online – Portal Regional)*, *Web of Science* e *BIREME* que permite acesso a diferentes bases de dados como *MEDLINE*, *LILACS* e *IBECS*. Ademais, foi realizada uma busca na literatura utilizando as seguintes bases: *Google scholar* e *ProQuest*. O período de busca foi no mês de junho de 2020.

Procedimentos de coleta dos dados documentais:

Primeiramente, foi realizada uma pesquisa geral para identificar possíveis revisões sistemáticas ou meta-análises anteriores que respondessem à nossa pergunta norteadora, e não foi encontrado nenhum trabalho nacional ou internacional.

Foram utilizados os descritores “*Executive functions*”, “*Fluid intelligence*” em combinação com “*Raven test*” por meio do operador booleano AND. Não houve restrição temporal devido à característica exploratória da pesquisa inicial.

A seleção dos artigos a serem revisados neste trabalho foi feita levando em consideração os seguintes critérios de inclusão: (1) artigos empíricos nos idiomas inglês, português ou espanhol; (2) estudos que associaram a IF com as FE e em que a avaliação da IF tivesse sido realizada pelo Teste de Matrizes Progressivas de Raven.

Como critérios de exclusão, definiu-se: artigos de revisão de literatura, relatos de caso, cartas, resumos de congresso, conferência, pôster, relatório, dissertações e teses, estudos que utilizaram outros instrumentos neuropsicológicos para avaliar a IF, estudos que não apresentaram resultados para a correlação entre IF e FE; estudos com temática divergente e

pesquisas com foco em resultados clínicos ou fisiológicos, parâmetros farmacológicos, aspectos socioeconômicos ou educacionais ou validação de instrumentos.

Procedimentos de análise

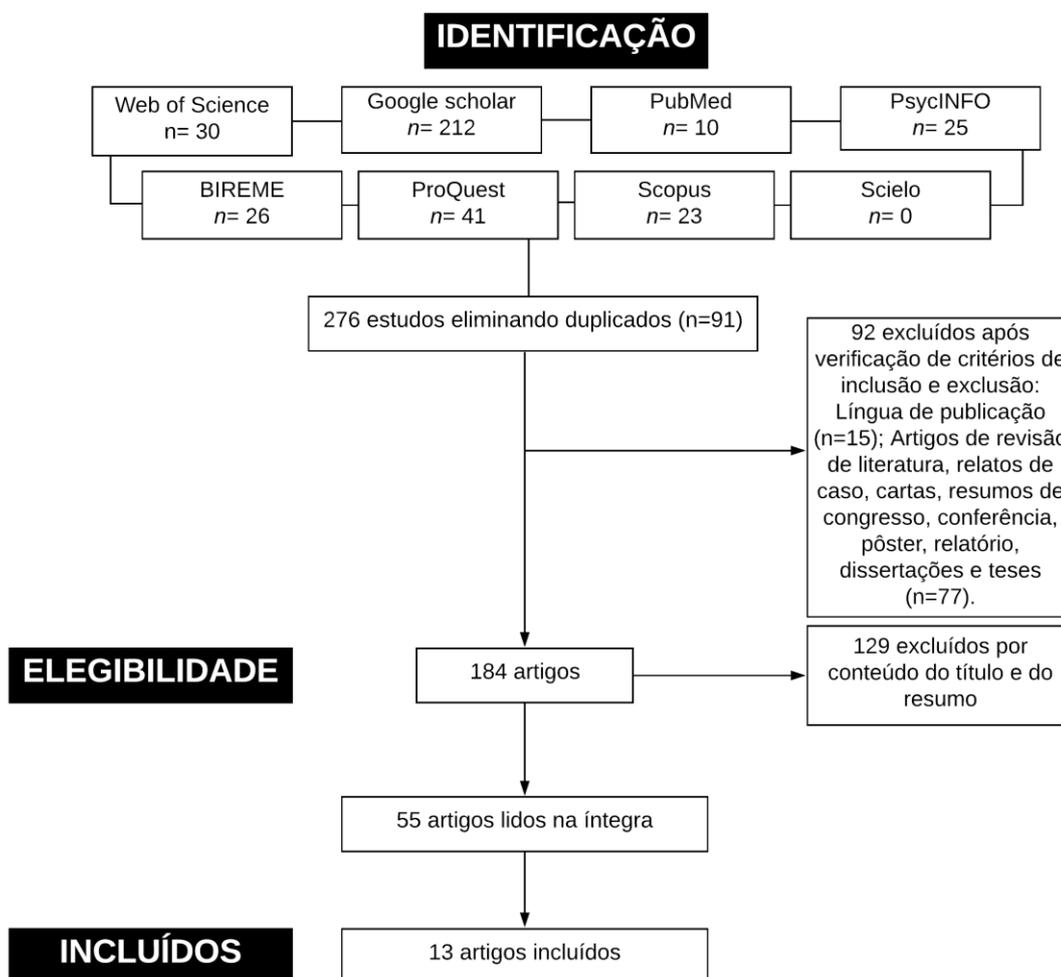
A estratégia de pesquisa para a seleção de artigos incluídos na revisão contemplou duas etapas. Primeiramente, a conformidade com os critérios de inclusão foi analisada através da leitura do título e resumo de cada um dos registros da pesquisa. Em segundo lugar, com os artigos que atenderam aos critérios da primeira etapa, foi realizada uma nova verificação dos critérios de inclusão, revisando o texto em seu formato completo.

Para a extração dos dados foi desenvolvida uma tabela com informações relevantes para o presente estudo (referência, título, amostra e faixa etária, objetivo, FE (habilidade cognitiva associada), instrumentos neuropsicológicos utilizados e principais resultados). A síntese de dados foi realizada por meio da categorização dos conteúdos que respondiam à pergunta de pesquisa.

Resultados

A busca resultou em um total de 367 artigos. Após a eliminação dos resultados duplicados, restaram 276 registros, dos quais 92 foram eliminados após verificação dos critérios de inclusão. Dos 184 restantes, 129 foram excluídos por não cumprirem com a totalidade dos critérios estabelecidos (103 foram excluídos pelo conteúdo do título e 26 pelo resumo). Após esta etapa, realizou-se a leitura dos textos completos de 55 estudos. Finalmente, foram incluídos na revisão um total de 13 artigos, distribuídos em 9 periódicos estrangeiros, que atenderam aos critérios de elegibilidade preestabelecidos (Figura 1).

Figura 1 – Descrição geral sobre o processo de revisão da literatura.



Análise da bibliografia

Os artigos selecionados foram publicados entre os anos 2006 e 2019, em nove periódicos internacionais, sendo que quatro dos treze estudos selecionados foram publicados no periódico *Intelligence* (Hornung, Brunner, Reuter, & Martin, 2011; Žebec, Demetriou, & Kotrla-Topić, 2015; Swanson, & McMurren, 2018; Uka, Gunzenhauser, Larsen, & Suchodoletz, 2019).

Observou-se nos 13 artigos incluídos que o conceito de IF não é descrito em cinco estudos (Borella, Carretti, & Mammarella, 2006; Belacchi, Carretti, & Cornoldi, 2010; Swanson, 2011; Dauvier, Bailleux, & Perret, 2014; Chekaf, Gauvrit, Guida, & Mathy, 2018). Entretanto, nos demais artigos (Hornung et al., 2011; Chuderski, Taraday, Necka, & Smolen, 2012; Del Missier, Mäntylä, & De Bruin, 2011; Sbicigo, Piccolo, Fonseca, & Salles, 2014; Žebec et al., 2015; Ren, Schweizer, Wang, Chu, & Gong, 2017; Swanson, & McMurren, 2018; Uka et al., 2019) há consenso de que a IF se refere às habilidades abstratas de raciocínio necessárias para a adaptação às situações novas ou complexas.

No que se refere às FE, doze artigos estudaram a relação entre IF e memória de trabalho, dos quais onze estudos (85%) relataram uma correlação significativa entre os construtos; isto é, entre os escores obtidos no Teste das Matrizes Progressivas de Raven e o instrumento neuropsicológico escolhido para avaliação da memória de trabalho (Borella et al., 2006; Belacchi et al., 2010; Hornung et al., 2011; Swanson, 2011; Chuderski & Necka, 2012; Dauvier et al., 2014; Sbicigo et al., 2014; Žebec et al., 2015; Ren et al., 2017; Chekaf et al., 2018; Swanson & McMurren, 2018). Quatro artigos examinaram a relação entre IF e controle inibitório, dos quais três estudos (Del Missier et al., 2011; Ren et al., 2017; Uka et al., 2019) descreveram uma correlação significativa entre os escores obtidos no Teste das Matrizes Progressivas de Raven e o instrumento neuropsicológico escolhido para avaliação do controle inibitório.

Por fim, no tocante às amostras estudadas, oito pesquisas foram realizadas com crianças (Belacchi et al., 2010; Hornung et al., 2011; Swanson, 2011; Dauvier et al., 2014; Sbicigo et al., 2014; Žebec et al., 2015; Swanson & McMurren, 2018; Uka et al., 2019), justificando a quantidade superior de estudos que aplicaram o Teste de Matrizes Progressivas Coloridas de Raven, em relação às outras versões do instrumento. Os outros cinco estudos foram realizados com adolescentes e adultos (Borella et al., 2006; Chuderski & Necka, 2012; Del Missier et al., 2011; Ren et al., 2017; Chekaf et al., 2018) e em apenas um deles a amostra era composta também por participantes idosos (Borella et al., 2006). Esses resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1.

Estudos selecionados nas bases de dados.

Procedência	Autor, estudo, periódico	data,	N (Faixa etária)	Objetivo	FE	Instrumentos utilizados	Resultados
PsycINFO	Belacchi, Carretti, & Cornoldi, (2010). The role of working memory and updating in Coloured Raven Matrices performance in typically developing children. European Journal of Cognitive Psychology	C., B., & C.	134 participantes (idades entre 4 anos e 6 meses e 11 anos e 6 meses).	Analisar o papel da atualização e dos outros processos de controle da MT no desempenho da IF do ponto de vista do desenvolvimento.	MT	CMP; Teste de atualização de extensão de palavras; Bateria de testes de MT.	A atualização das informações na MT é fundamental para a IF no contexto do desenvolvimento.

PsycINFO	Borella, E., Carretti, B., & Mammarella, I. C. (2006). Do working memory and susceptibility to interference predict individual differences in fluid intelligence? European Journal of Cognitive Psychology	30 participantes (idades entre 18 e 60 anos) e 60 participantes (idades entre 65 e 86 anos).	Examinar a relação entre capacidade de MT, inibição/suscetibilidade a interferências e IF.	MT; Controle inibitório.	SPM; Tarefa de ampliação de MT de categorização; Tarefa de interferência proativa.	A MT compartilha aspectos cognitivos com a medida de IF, enquanto o papel da inibição ainda precisa de melhores evidências.
Scopus	Chekaf, M., Gauvrit, N., Guida, A., & Mathy, F. (2018). Working Memory and Its Relationship With Fluid Intelligence. Cognitive Science	183 participantes (idades entre 18 e 24 anos).	Esclarecer o processo de compactação de informações na MT como fator determinante da IF.	MT	APM; Tarefa de extensão de Capacidade de MT.	A MT está fortemente relacionada à IF. Os participantes com maior capacidade de memorizar sequências regulares de cores tendem a obter pontuações mais altas no APM.
PubMed	Chuderski, A., & Necka, E. (2012). The contribution of working memory to fluid reasoning: Capacity, control, or both? Journal of Experimental Psychology Learning and Cognition	75 participantes (idades entre 18 e 34 anos).	Examinar o envolvimento da capacidade atencional e dos processos de controle na MT e testar se tanto a capacidade e abordagens de controle podem explicar o raciocínio fluido.	MT	APM; Teste N-back.	Nas Experiências 1–6, os índices de desempenho, que supunham refletir a capacidade de armazenamento na MT, explicaram uma parte substancial da variação no raciocínio fluido.
PsycINFO	Dauvier, B., Bailleux, C., & Perret, P. (2014). The development of relational integration during	184 participantes (idades entre 5 e 12 anos).	Investigar o desenvolvimento da integração relacional durante a infância por meio da tarefa (RILAT).	MT	SPM; RILAT.	Integração relacional (função central da MT) está intimamente associada à IF na infância, mas varia com a idade.

childhood.
Developmental
Psychology

PsycINFO	Del Missier, F., Mäntylä, T., & De Bruin, W. B. (2011). Decision-making competence, executive functioning, and general cognitive abilities. <i>Journal of Behavioral Decision Making</i>	213 participantes (idades entre 17 e 28 anos).	Compreender a relação entre aspectos da competência decisória, funções específicas do controle cognitivo e habilidades cognitivas gerais como IF.	Controle inibitório.	SPM; Tarefas de tomada de decisão.	Os resultados mostraram que parte da relação com monitoramento/inibição é mediada pela IF.
Scopus	Hornung, C., Brunner, M., Reuter, R. A. P., & Martin, R. (2011). Children's working memory: Its structure and relationship to fluid intelligence. <i>Intelligence</i>	161 participantes (idades entre 67 e 86 meses).	Examinar diferentes modelos estruturais de MT e como os seus componentes estão relacionados à IF.	MT	CMP; Tarefas de extensão simples verbais; Tarefas de extensão complexas verbais; Tarefas espaço visuo-espacial.	Capacidade de armazenamento de curto prazo explica principalmente a relação entre IF e MT.
PubMed	Ren, X., Schweizer, K., Wang, T., Chu, P., & Gong, Q. (2017). On the relationship between executive functions of working memory and components derived from fluid intelligence measures. <i>Acta psychologica</i>	205 participantes (idades entre 17 e 32 anos).	Fornecer novas ideias sobre a relação entre FE e medidas de inteligência.	MT; Controle inibitório.	APM; SCT; Teste N-back; Tarefa anti-fuga; Teste Stroop; Tarefa de letra-número; Tarefa de pontos-triângulos; Escala de Raciocínio (LPS).	A IF mostrou correlações substanciais com os processos de atualização da MT e inibição.
Google Scholar	Sbicigo, J. B., Piccolo, L. R., Fonseca, R. P., & Salles, J. F. (2014). Memoria de trabajo e	419 participantes (idades entre 6 e 12 anos).	Verificar quais componentes do modelo de MT (executivo fonológico, visuoespacial e	MT	CMP; NEUPSILIN-Inf.	O componente executivo explica principalmente a relação entre MT e IF na infância. Especificamente, a

	inteligencia fluida: el papel de los procesos ejecutivos, según edad, tipo y nivel escolar en niños. Universitas Psychologica		central) predizem o desempenho em IF.			tarifa visuoespacial apresentou maior relação com a IF.
Scopus	Swanson, H. L. (2011). Intellectual growth in children as a function of domain specific and domain general working memory subgroups. Intelligence	290 participantes (idades entre 5 anos e meio e 10 anos e meio).	Determinar se o crescimento nas medidas de inteligência cristalizada e IF está relacionado a um domínio geral ou específico do sistema de MT em crianças.	MT	CMP; WRAT-A; Compreensão de leitura; Tarefas de MT; Medidas de MT verbal e visuo-espaciais.	A MT verbal e visual-espacial estão similarmente relacionadas à IF das crianças.
PubMed	Swanson, H. L., & McMurrin, M. (2018). The impact of working memory training on near and far transfer measures: Is it all about fluid intelligence? Child Neuropsychology	54 participantes (idades entre 7 e 11 anos).	Determinar se as variações nos resultados do treinamento de MT são moderadas pela IF.	MT	CMP; Testes de MT (Rimando, extensão de sentença de dígito, associação semântica, categorização semântica, sequenciação de frases; sequenciamento de imagens); Medidas de transferência remota e próxima pré e pós-teste (Precisão na resolução de problemas do Word; Componentes matemáticos para solução de problemas; Período de operação; Extensão da frase de escuta).	O treinamento direto sobre a MT teria um impacto nas medidas de transferência próximas (tarefas semelhantes de MT) e distantes (processos de resolução de problemas matemáticos e tarefas de precisão) e o efeito deste treinamento é moderado pelos níveis de IF.

Scopus	Uka, F., 150 Gunzenhauser, participantes C., Larsen, R. A., (idades 54 & Suchodoletz, meses, 61 A. V. (2019). meses e 68 Exploring a meses). bidirectional model of executive functions and fluid intelligence across early development. Intelligence	478	Explorar as MT; especificidades controle das FE associadas inibitório à inteligência e fluida. atenção.	CMP; Tarefas de FE (Tarefa de toque em lápis; Classificação dimensional de alteração de cartões; Tarefa de amplitude de dígitos).	Foi encontrada evidência inicial de uma relação bidirecional entre controle inibitório e IF através do tempo, mas não para os outros componentes sob investigação (ou seja, MT e mudança de atenção).
Scopus	Žebec, M. S., 478 Demetriou, A., & participantes Kotrla-Topić, M. (idades (2015). Changing entre 7 e 18 expressions of anos). general intelligence in development: A 2-wave longitudinal study from 7 to 18 years of age. Intelligence	478	Investigar as MT e inter-relações atenção entre velocidade seletiva. de processamento, controle de atenção, MT, IF e raciocínio matemático.	SPM; MID- KOGTESTER; WISC.	Os efeitos da IF na capacidade da MT foram maiores especialmente na fase de 14 a 17 anos. Níveis de desenvolvimento da IF e MT foram mais fortes do que as relações com controle de velocidade e atenção.

Nota: APM: Matrizes Progressivas Avançadas; CMP: Matrizes Progressivas Coloridas; IF: Inteligência fluida; MT: Memória de trabalho; NEUPSILIN-Inf: Instrumento de Avaliação Neuropsicológica Breve Infantil; RILAT: Tarefa de avaliação do nível de integração relacional; SCT: Tarefa de contagem de estrelas; SPM: Matrizes Progressivas Standard; WISC: Escala de inteligência da Wechsler para crianças; WRAT-A: Cálculo aritmético.

Discussão

Compreender a IF é uma adversidade fascinante para pesquisas comportamentais e de cunho neuropsicológico. Testes de IF, como o Teste das Matrizes Progressivas de Raven, testes de Séries Numéricas e Analogias de Palavras, envolvem a apresentação aos participantes de problemas que é improvável que eles tenham visto anteriormente. O desempenho bem-sucedido não pode ser atribuído a nenhum mecanismo simples de aprendizado, com base na visualização e memorização anteriores da resposta correta para o mesmo problema. No entanto, apesar disso, os seres humanos são capazes de resolver esses tipos de problemas, sugerindo que a IF é uma construção importante para avaliar a capacidade humana de desempenhar com êxito uma ampla variedade de situações. Isso também é apoiado por descobertas psicométricas que sugerem que a IF é a melhor preditora de desempenho em situações que envolvem inteligência humana (Blair, 2006). Por outro lado, um dos debates entre os estudos gira em torno de se as FE integram o construto de inteligência e, portanto, se poderiam ser avaliadas como medidas complementares da capacidade intelectual (Filippetti et al., 2015).

Nesta revisão de literatura foi examinada a relação entre IF, avaliada pelo Teste das Matrizes Progressivas de Raven, e as FE nos diferentes períodos de vida. Dos treze estudos selecionados, onze mostraram que o principal subdomínio das FE associado à IF foi a memória de trabalho. A memória de trabalho é essencial para o entendimento da linguagem escrita ou falada, cálculos matemáticos, reordenação de itens, como reorganizar uma lista de tarefas, interpretação de instruções, incorporação de novas informações aos planos ou ações, consideração de alternativas e informações relacionadas. O raciocínio, assim como a criatividade não seriam possíveis sem a memória de trabalho, visto que ela também integra a capacidade de ver conexões em coisas não relacionadas e separar elementos integrados, e as atitudes criativas envolvem esta habilidade, ou seja, desarticular e recombinar elementos de diferentes maneiras. A memória de trabalho também

permite trazer conhecimento conceitual e não apenas uma contribuição perceptiva a fim de influenciar as decisões (Diamond, 2013). No que se refere à correlação entre IF e memória de trabalho é relevante citar que estudos de neuroimagem demonstram que as mesmas regiões do Córtex pré-frontal (CPF) estão ativas enquanto os participantes completam as tarefas das Matrizes Progressivas de Raven e tarefas que envolvem a memória de trabalho. O papel aparente do CPF durante o processamento da IF é manter as informações na memória de trabalho de uma forma altamente ativa para serem facilmente acessadas (Dehn, 2017). Entretanto, ainda é preciso esclarecer quais aspectos específicos da memória de trabalho podem estar mais criticamente relacionados à IF e como esta associação se desenvolve nos diferentes períodos de vida. De acordo com Belacchi et al. (2010) a atualização das informações parece estar estritamente relacionada à memória de trabalho sendo, portanto, fundamental para a IF no contexto do desenvolvimento. Swanson (2011) afirma que a memória de trabalho verbal e visual-espacial estão similarmente relacionadas à IF em crianças. Por sua parte, examinando a relação entre os construtos na amostra de adolescentes, verificou-se que os efeitos da IF na memória de trabalho foram maiores especialmente na fase de 14 a 17 anos (Žebec et al., 2015). Esses resultados são consistentes com os do estudo feito por Filippetti et al. (2015), em que houve uma associação altamente significativa com a memória de trabalho, apresentando, entretanto, uma associação fraca com os outros subdomínios das FE, ou seja, controle inibitório e flexibilidade cognitiva, e funções cognitivas como planejamento e fluência verbal e não verbal. Ademais, os dados deste estudo sugerem também, que as habilidades intelectuais estariam associadas em menor grau às FE na população infantil, enquanto essa associação seria mais forte na população adolescente. Uma possível explicação pode ser devido a que as FE atingem sua maturidade mais tarde em comparação às outras funções cognitivas, iniciando o desenvolvimento desde o primeiro ano de vida até a vida adulta, com maior intensidade entre os 6 e 8 anos de idade (Diamond, 2013). De forma complementar, Best & Miller (2010) em seu estudo com crianças e adolescentes, explicam que durante a realização de tarefas cognitivas que envolvem a memória de trabalho há maior atividade neural no CPF, sendo evidenciada por meio da ressonância magnética funcional e que aumentos nesta atividade estão mais relacionados à idade do que ao desempenho da tarefa. Assim, o desenvolvimento das FE ocorreria gradativamente, com refinamento contínuo até a adolescência. Isso resultaria em um maior domínio das habilidades verbais e executivas, um uso mais eficaz da linguagem interna para auto-regular o comportamento, bem como uma maior capacidade de raciocínio abstrato. Portanto, pode-se supor que, durante a adolescência, o desenvolvimento posterior desses processos cognitivos influencie a execução de tarefas que valorizam diferentes domínios cognitivos e explique a maior associação entre construtos e processos cognitivos em geral (Filippetti et al., 2015).

Após a maturação das FE no fim da adolescência, há um período de relativa estabilidade durante a vida do adulto jovem e intermediário, iniciando-se após essa fase uma leve diminuição da sua eficiência durante o processo de envelhecimento (Diamond, 2013). O estudo de Borella et al. (2006) se diferencia dos outros artigos analisados porque foi o único cuja amostra continha idosos. Neste estudo, a memória de trabalho emergiu como preditora na explicação de uma parte significativa e consistente da variação da IF medida pelo teste das Matrizes Progressivas de Raven. Além disso, a tarefa da memória de trabalho se mostrou eficaz na diferenciação do desempenho entre os grupos de participantes, uma vez que os idosos atingiram um nível muito baixo de palavras lembradas corretamente em comparação aos adultos jovens.

Outro subdomínio das FE associado à IF foi o controle inibitório. Dos quatro artigos que investigaram essa associação, três demonstraram que o controle inibitório está associado à IF (Del Missier et al., 2011; Ren et al., 2017; Uka et al., 2019). O controle inibitório envolve a capacidade de controlar a atenção, o comportamento, os pensamentos e as emoções para anular uma forte predisposição interna ou atração externa e, em vez disso, fazer o que for mais apropriado ou necessário (Diamond, 2013). Desse modo, sugere-se no estudo de Dempster (1991) que a resistência à interferência e, por implicação, a capacidade de inibição é uma fonte importante de diferenças individuais. Além disso, a capacidade de inibição parece estar intimamente associada ao funcionamento cerebral dos lobos frontais. Logo, os processos inibitórios parecem definir uma dimensão cognitiva que entra em um amplo espectro de fenômenos intelectuais. Ao suprimir os pensamentos e percepções que são irrelevantes em tarefas, os mecanismos inibitórios parecem ser um fator importante na aquisição de conhecimento e estratégias. Portanto, é evidente que o comportamento inteligente depende tanto da capacidade de ativação de informações relevantes quanto da capacidade de supressão de informações irrelevantes. Ainda, segundo Witthoft (2009), o desempenho bem-sucedido em tarefas mais complexas está relacionado às correlações significativas entre processos inibitórios como o priming negativo e a IF em adultos jovens.

Assim, no estudo de Ren et al. (2017), cuja amostra é composta por participantes com idades entre 17 e 32 anos, as Matrizes Progressivas Avançadas de Raven e o Teste de Raciocínio LPS de Horn foram utilizados para avaliar a IF que serviu como critério na investigação da relação entre inteligência e FE. Para estes autores, a inibição é importante para o processamento da informação humana e consiste na capacidade de inibir informações não relevantes priorizando o processamento daquelas

demandas que precisam ser cumpridas para resolver todos os tipos de problemas que envolvam a inteligência. Logo, um alto grau de inibição parece ser pré-requisito para atingir pontuações maiores na resolução de problemas e, conseqüentemente, a capacidade de controlar o processamento da informação faz com que a inibição seja necessária para a IF. Já na pesquisa de Del Missier et al. (2011) a associação entre a IF e o controle inibitório foi demonstrada por meio da análise do desempenho dos participantes com idades entre 17 e 28 anos no Teste de reflexão cognitiva, que mede a capacidade de inibir respostas intuitivas e substituí-las por respostas corretas e do Teste Aplicando regras de decisão, no qual deve-se aplicar estratégias de decisão e inibir informações irrelevantes. Os resultados sugerem que a IF e as habilidades e atitudes relacionadas com a matemática estão positivamente correlacionadas com o desempenho de tomada de decisão em várias tarefas. Ao mesmo tempo, os resultados também indicaram que parte da inibição em algumas tarefas é mediada pela IF. Por fim, Uka et al. (2019) em um estudo exploratório e com a amostra formada por crianças em idade pré-escolar, alegam que há relação entre os construtos e que esta associação é modificada ao longo do tempo. Embora os resultados mostrem alguma consistência com estudos anteriores, que também carecem de associações fortes e consistentes entre FE e IF, os dados não permitiram análises detalhadas a fim de explicar as diferenças nos padrões de associações. Entretanto, quanto às possíveis contribuições, por meio dos resultados observa-se que com o tempo as crianças relativamente mais inteligentes podem desenvolver estratégias cognitivas mais eficientes para inibir comportamentos indesejados.

Considerações Finais

À luz dos dados, pode-se concluir que a memória de trabalho é o componente das FE mais associado à IF, na maioria dos estudos, seguido do controle inibitório. Uma possível explicação dessa correlação entre memória de trabalho e IF se baseia no compartilhamento de aspectos cognitivos entre estes construtos, como o gerenciamento de recursos atencionais e a capacidade de resistir ou controlar informações. Além disso, ambas estão relacionadas à capacidade de conduzir com eficiência a resolução de problemas. Logo, a compactação de informações realizada pela memória de trabalho prediz a manipulação e retenção de informações na inteligência, principalmente diante de novos problemas. Adicionalmente, em relação aos aspectos neurobiológicos, Žebec, et al. (2015) sugerem que as redes cerebrais necessárias para resolver processos abstratos, tais como aqueles apresentados nos testes de IF estariam relacionadas com as redes e regiões cerebrais dedicadas à memória de trabalho.

Em relação às faixas etárias, a associação entre a memória de trabalho e a IF está presente em todas as faixas etárias; isto é, desde a infância até a vida adulta tardia. Entretanto, durante a adolescência e no início da vida adulta esta correlação pareceria ser mais forte, devido a uma maior eficiência nas demandas dos recursos da memória de trabalho, acarretando uma vantagem no processamento das informações. A associação entre o controle inibitório e a IF também apresenta modificações no padrão de eficiência nos diferentes períodos da vida, uma vez que há maior capacidade de inibição durante o fim da adolescência e início da vida adulta. Com o avançar da idade pode haver uma diminuição em algumas habilidades, como a capacidade de controlar informações irrelevantes, que podem influenciar a IF.

Por fim, embora se observe que nos últimos 10 anos houve um maior interesse na compreensão da associação entre IF e as FE, ainda há uma necessidade de maior integração dos processos de mudança cognitiva nos diferentes períodos de vida que possibilitem a construção de um relato abrangente da estrutura da cognição e dos fatores que influenciam o desempenho cognitivo. Dessa forma, são necessárias mais pesquisas acerca do entendimento desses construtos e as interações que podem ocorrer ao longo da vida, atendendo também à variabilidade individual e o impacto dos fatores biológicos e socioculturais na trajetória do desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- Alves, M. M., & Silva, R. S. (2017). Treinar Memória de Trabalho Promove Mudanças em Inteligência Fluida?. *Temas em Psicologia*, 25 (2), 787-807.
- Belacchi, C., Carretti, B., & Cornoldi, C. (2010). The role of working memory and updating in Coloured Raven Matrices performance in typically developing children. *European Journal Of Cognitive Psychology*, 22 (7), 1010-1020.
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A Developmental Perspective on Executive Function. *Child Development*, 81 (6), 1641-1660.
- Blair, C. (2006). How similar are fluid cognition and general intelligence? A developmental neuroscience perspective on fluid cognition as an aspect of human cognitive ability. *Behavioral and Brain Sciences*, 29, 109-160.
- Borella, E., Carretti, B., & Mammarella, I. C. (2006). Do working memory and susceptibility to interference predict individual differences in fluid intelligence?. *European Journal Of Cognitive Psychology*, 18 (1), 51-69.
- Buha, N., & Gligorovic, M. (2016). Executive Functions And Intelligence In Typically Developing Children. *Specijalna edukacija i rehabilitacija (Beograd)*, 15, 215-238.
- Campos, C. R., & Nakano, T. C. (2012). Produção Científica Sobre Avaliação da Inteligência: O Estado da Arte. *Interação Psicologia*, 16 (2), 271-282.
- Cattell, R. (1963). Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of Educational Psychology*, 54 (1), 1-22.
- Chekaf, M., Gauvrit, N., Guida, A., & Mathy, F. (2018). Compression in working memory and its relationship with fluid intelligence. *Cognitive Science*, 1-19.
- Chuderski, A., & Necka, E. (2012). The contribution of working memory to fluid reasoning: Capacity, control, or both?. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 38 (6), 1689-1710.
- Chuderski, A., Taraday, M., Necka, E., & Smolen, T. (2012). Storage capacity explains fluid intelligence but executive control does not. *Intelligence*, 40, 278-295.
- Chuderski, A. (2013). When are fluid intelligence and working memory isomorphic and when are they not?. *Intelligence*, 41, 244-262.
- Cornoldi, C., & Giofré, D. (2014). The crucial role of working memory in intellectual functioning. *European Psychologist*, 19 (4), 260-268.
- Craik, F. I. M., & Bialystok, E. (2006). Cognition through the lifespan: mechanisms of change. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 10 (3).
- Dauvier, B., Bailleux, C., & Perret, P. (2014). The development of relational integration during childhood. *Developmental Psychology*, 50 (6), 1687-1697.
- Dehn, M. J. (2017). How working memory enables fluid reasoning. *Applied Neuropsychology: Child*, 6 (3), 245-247.
- Del Missier, F., Mäntylä, T., & De Bruin, W. B. (2011). Decision-making competence, executive functioning, and general cognitive abilities. *Journal of Behavioral Decision Making*.
- Dempster, F. N. (1991). Inhibitory Processes: A Neglected Dimension of Intelligence. *Intelligence*, 15, 157-173.
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Psychological Review*, 64, 135-168.
- Filippetti, V. A., Krumm, G. L., & Raimondi, W. (2015). Funciones Ejecutivas y sus correlatos con Inteligencia Cristalizada y Fluida: Un estudio en Niños y Adolescentes. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*, 7 (2), 24-33.
- Gombart, S., Fay, S., Bouazzaoui, B., & Isingrini, M. (2016). Age Differences in Reliance on Executive Control in Fluid Reasoning. *Perceptual and Motor Skills*, 1-20.
- Hornung, C., Brunner, M., Reuter, R. A. P., & Martin, R. (2011). Children's working memory: Its structure and relationship to fluid intelligence. *Intelligence*, 39, 210-221.
- Primi, R. (2002). Inteligência fluida: Definição fatorial, cognitiva e neuropsicológica. *Paidéia*, 12 (23), 57-75.
- Raven, J. (2000). The Raven's Progressive Matrices: Change and Stability over Culture and Time. *Cognitive Psychology*, 41, 1-48.
- Raven, J., & Raven, J. (2003). Raven Progressives Matrices. *Handbook of Nonverbal Assessment*, edited by R. Steve McCallum. Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Ren, X., Schweizer, K., Wang, T., Chu, P., & Gong, Q. (2017). On the relationship between executive functions of working memory and components derived from fluid intelligence measures. *Acta Psychologica*, 180, 79-87.
- Sbicio, J. B., Piccolo, L. R., Fonseca, R. P., & Salles, J. F. (2014). Memoria de trabajo e inteligencia fluida: el papel de los procesos ejecutivos, según edad, tipo y nivel escolar en niños. *Universitas Psychologica*, 13 (3).
- Swanson, H. L. (2011). Intellectual growth in children as a function of domain specific and domain general working memory subgroups. *Intelligence*, 39, 481-492.
- Swanson, H. L., & McMurrin, M. (2018). The impact of working memory training on near and far transfer measures: Is it all about fluid intelligence?. *Child Neuropsychology*, 24 (3), 370-395.
- Uka, F., Gunzenhauser, C., Larsen, R. A., & Suchodoletz, A. V. (2019). Exploring a bidirectional model of executive functions and fluid intelligence across early development. *Intelligence*, 75, 111-121.
- Žebec, M. S., Demetriou, A., & Kotrla-Topić, M. (2015). Changing expressions of general intelligence in development: A 2-wave longitudinal study from 7 to 18 years of age. *Intelligence*, 49, 94-109.
- Witthoft, M., Sander, N., Sub, H-M., & Wittmann, W. W. (2009). Adult Age Differences in Inhibitory Processes and their Predictive Validity for Fluid Intelligence. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 16, 133-163.