

HABILIDADES VISUOESPACIAIS NA APRENDIZAGEM MATEMÁTICA: O QUE REVELAM OS ESTUDOS DO CÉREBRO?

Visual spatial skills in mathematical learning: what do brain studies reveal?

Luciano Pontes da Silva
Edmo Fernandes Carvalho
Kleyfton Soares da Silva
Laerte Silva da Fonseca

Resumo

O objetivo desta pesquisa é apresentar aos leitores algumas ponderações acerca das habilidades visuoespaciais na aprendizagem matemática, destacando os achados mais recentes revelados por meio de estudos relacionados ao cérebro humano. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica por meio do levantamento de artigos nacionais e internacionais (buscadores Scielo e Science Direct), teses e dissertações (buscador BDTD) com intervalo temporal livre para produções nacionais e publicações de 2019 no âmbito internacional. Como resultado, as pesquisas oriundas do levantamento bibliográfico, tanto nacional quanto internacional, apontam para a correlação entre as habilidades visuoespaciais e o raciocínio matemático, de modo que é possível desenvolver tarefas visuo-constructivas visando o amadurecimento de estruturas cerebrais para fortalecer a aprendizagem de conceitos matemáticos.

Palavras-chave: Aprendizagem Matemática. Cérebro. Habilidades Visuoespaciais.

Abstract

The aim of this research is to present readers with some considerations about the visuospatial skills in mathematical learning, highlighting the most recent findings revealed through studies related to the human brain. A bibliographic research was carried out through the survey of national and international articles (Scielo and Science Direct searchers), theses and dissertations (BDTD searcher) with free time interval for national productions and publications of 2019 internationally. As a result, research from both the national and international literature points to the correlation between visuospatial skills and mathematical reasoning, so that it is possible to develop visuo-constructive tasks aimed at maturing brain structures to strengthen the learning of math concepts.

Keywords: Maths Learning. Brain. Visuospatial Skills.

Introdução

Neste trabalho, o intento principal é apresentar aos leitores algumas ponderações acerca das habilidades visuoespaciais na aprendizagem matemática, destacando os achados mais recentes revelados por meio de estudos relacionados ao cérebro humano. No curso da vida escolar ocorrem choques de ideias (ou crenças) e percepções, pré, mal concebidas ou disfuncionais, justificadas, algumas vezes, através de resultados de exames escolares que despontam inabilidades cognitivas para a compreensão de importantes noções matemáticas (PAPALIA, 2009).

Dessa forma, torna-se interessante compreender o processo de amadurecimento do cérebro humano, pois exige que sua própria natureza disponha de atributos como atenção e memória de tipos variados, flexibilidade cognitiva e motora e, principalmente, estimulação para execução de tarefas em níveis de complexidade compatíveis com as fases do desenvolvimento. Essas capacidades cognitivas foram feitas para atuar em diferentes áreas do conhecimento. Por exemplo, na matemática, noções de forma, espaço e quantidade são as primeiras a serem percebidas na escala do desenvolvimento neuroinfantil (HERCULANO-HOUZEL, 2007).

Tal fato é facilmente verificado quando observamos os tipos de brinquedos que são comercializados. Em sua maioria, exploram as cores, tamanhos, formas, massa, textura etc., para estimular o máximo possível o desenvolvimento neurocognitivo. Entretanto, algumas faculdades mentais demoram mais tempo para poderem ser consideradas maduras, dentre elas, a atenção que, segundo Herculano-Houzel (2007), só conclui seu ciclo desenvolvimental por volta dos 21 anos de idade.

As funções de execução e os diversos tipos de memória vão amadurecendo, sobretudo, se forem usadas de forma abundante e significativa, por exemplo, por meio da brincadeira. Compreende-se que a ludicidade ou o ato de “brincar” tem efeito direto no desenvolvimento neurocerebral, bem como terapêutico ao auxiliar o rebaixamento do cortisol, indicador de estresse. Isso permite que o nível de

homeostase seja adequado às expectativas institucionais quando se objetiva a aprendizagem matemática, e, também, convida à reflexão dos efeitos dessas atividades lúdicas em crianças que pertencem a diferentes classes sociais quando são desafiadas em tarefas escolares (HERCULANO-HOUZEL, 2007).

Aquelas que tiveram oportunidade de pertencerem às classes sociais, cujo poder econômico oferece as condições esperadas para estudarem, desde o maternal até o final do Ensino Médio, em escolas particulares, provavelmente, gozaram de um amadurecimento neurocognitivo que dá condições de, por exemplo, alcançar êxito na realização de tarefas matemáticas com maior probabilidade de aprendizagem que as crianças com menor poder aquisitivo. O capital sócio-cognitivo-cultural dessas últimas é muito menor que das anteriores, conforme aponta as estatísticas do IBGE (2010).

Nesse contexto, é pertinente salientar que um estudo conduzido por Yaoran e Geary (2017) comprovou que o desempenho de crianças em tarefas matemáticas está relacionado ao desenvolvimento da memória espacial. A pesquisa revelou o quão importante é o funcionamento adequado da memória visuoespacial para a aprendizagem matemática, pois segundo os autores houve um considerável aumento nas notas dos alunos depois que se submeteram à experiência proposta pela pesquisa.

Como pretexto, os pesquisadores do presente estudo se perguntaram: qual a relação entre a memória visuoespacial e o desempenho em matemática ao estudar, por exemplo, as noções de geometria espacial que exige raciocínio tridimensional em diferentes formas de projeção no espaço?

Responder a essa questão demonstra, simultaneamente, de certa forma, a volição de alcançar o objetivo principal desse trabalho investigativo, considerando, conforme pontua Fonseca (2015) que nos cursos de formação de professores de matemática, pouco se sabe sobre o funcionamento do cérebro e a influência que o mesmo exerce a respeito das decisões cognitivas que os alunos precisam tomar diante de tarefas que requeiram o controle e aplicação das habilidades visuoespaciais.

Por fim, vale dizer que o estudo longitudinal de Yaoran e Geary (2017) abriu espaço para reflexões acerca de investigações na literatura sobre a temática em tela, principalmente porque no Brasil não foram identificadas pesquisas relacionadas.

As habilidades visuoespaciais e a aprendizagem matemática

Para iniciar uma abordagem reflexiva sobre as habilidades visuoespaciais rumo à aprendizagem matemática, faz-se necessário chamar para esse debate dois importantes núcleos conceituais: os termos “habilidade” e “visuoespacial”.

Previamente ao mérito da discussão teórica, decidiu-se abordar, aleatoriamente, um grupo de vinte estudantes do curso de psicologia de uma faculdade da cidade de Aracaju (SE) visando elencar suas percepções quanto aos termos “habilidade” e “visuoespacial”. Sobre o termo habilidade, as respostas que mais se destacaram foram: “é uma qualidade”, “tem a ver com aptidão”, “inteligência”, “destreza”, “capacidade”, “competência”, “ser bom em algo”, “saber fazer”. Na outra ponta, o termo visuoespaciais, ocorreu: “tudo que tem três dimensões”, “tridimensional”, “imaginado no cérebro”, “possível de ver por vários ângulos”, “é o que se vê no espaço”.

Tomando-se tais entendimentos como pretexto para pinçar uma definição para ambos os termos que auxilie os leitores à compreensão desse estudo, buscou-se nos fundamentos da psicologia cognitiva, bem como da neurociência cognitiva, por entender-se que repousam sobre esses campos os princípios que permitiram os cientistas das ciências cognitivas aprofundarem suas inquirições considerando a etimologia desses termos.

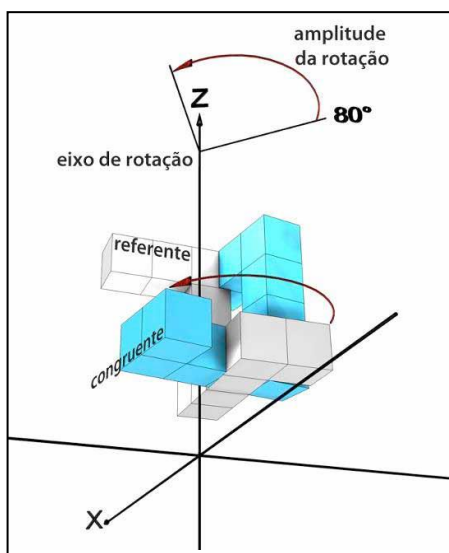
Do latim, habilidade significa *habilitas* que, por sua vez, deriva da palavra *habilis*, cuja definição discrimina os seguintes adjetivos: *ser rápido*, *adaptável*, *manejável*, *destro*, *conveniente*. Tais características sinalizam para os pesquisadores da psicologia cognitiva, a exemplo de Portella (2011), a necessidade de treinamento e manutenção constante para a preservação das mesmas. Dessa forma, observou-se que as compreensões dos entrevistados acerca do termo “habilidade” correspondem ao seu real significado.

Se aplicada a diferentes tipos de tarefas, as habilidades acabam necessitando de uma classificação que está atrelada a um determinado foco, tais como: habilidades motoras, social, cognitiva, por exemplo. Essa última pode ser subdividida em algumas outras. Para Gomes e Borges (2009) são: memória visual, flexibilidade de fechamento e visualização. No ponto de vista de Galera, Garcia e Vasques (2013), também existe o componente da memória visuoespacial que pressupõe treinamento cognitivo. Por outro lado, Silva (2014) defende que a percepção visual constitui-se um elemento ímpar para aprimorar as habilidades humanas. A esse rol, acrescenta Pestana (2018) que a memória de trabalho visuoespacial é uma habilidade útil na medida em que nos ajuda a andar sem cair e, também, projetar na mente objetos ou cenas que desafiam a nossa criatividade.

Na pesquisa em tela, optou-se por analisar as habilidades considerando a capacidade visuoespacial que, conforme Quental (2011, p. 3), “consiste na identificação do estímulo e na sua localização”, pois para aprender as noções de geometria espacial, especificamente, na segunda série do Ensino Médio, o estudante precisa que as regiões cerebrais associadas a essa função estejam maduras o suficiente para elaborar mentalmente *rotações, translações, reflexão, inversão e/ou transformação de figuras tridimensionais*, conforme o exemplo a seguir:

Tarefa: Analisar o comportamento dos elementos de uma rotação no espaço cartesiano (Figura 1).

Figura 1 – Rotação mental no espaço cartesiano.



Fonte: Ramos e Gallo (2014, p. 6).

Para os pressupostos teóricos da neurociência cognitiva, faz-se necessário transmutar o termo visuoespacial para “visuo-constructivas”, em que esse fenômeno está associado ao desenvolvimento cerebral desde a infância. Também conhecida como *praxia* construtiva, essa habilidade é responsável por juntar e manipular estímulos físicos ou realizar certos movimentos, organizando-os para determinado fim (DASSEN; FUSTINONI, 1955).

Os mesmos autores (1955, p. 23) elencam 4 passos para a execução de um ato envolvendo habilidades visuo-constructivas, a saber: 1 – Reconhecimento do objeto ou instrumento que será empregado no ato; 2 – Decisão sobre o uso do objeto; 3 – Evocação de cada movimento necessário para cumprir o ato e 4 – Execução de série de movimentos elementares que integram um ato (fórmula genérica global do movimento).

Do ponto de vista cerebral, o estudo dessas habilidades começou com avaliações em pacientes com lesões unilaterais, observando uma distinção entre os dois hemisférios do cérebro quanto à

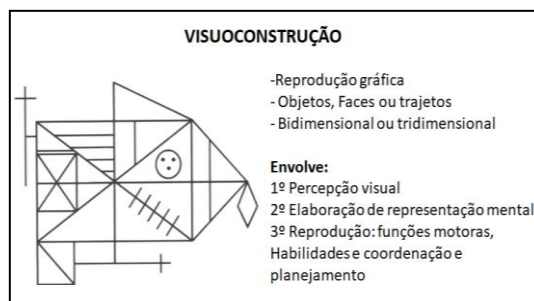
funcionalidade e execução de tarefas visuo-constructivas. Zuccolo, Rzezak e Góis (2010) discorrem sobre o hemisfério direito estar associado à configuração globalizada de um estímulo; em contrapartida, o hemisfério esquerdo está associado à discriminação das partes que constituem o objeto em cheque.

Essas lesões, que na maioria das vezes eram focais e estavam envolvidas com a praxia e a visuo-constructão, foram fundamentais para o estudo partindo da assertiva neuropsicológica, embora tenha sido iniciada nas terminologias dessa área somente em 1900 com Hugo Liepmann (ZUCCOLO; RZEZAK; GÓIS, 2010). Esse pesquisador usou o termo “apraxia” para descrever um distúrbio na execução de gestos ou atividades motoras, não correlacionados com anormalidades em canais sensoriais.

As habilidades visuo-constructivas são dependentes das regiões corticais superiores, como por exemplo, o córtex occipital, imprescindível no que diz respeito à integração e análise dos componentes visuais (cores, formas, tamanho) e o córtex parietal (giro angular) que está relacionado aos componentes espaciais do estímulo e sobre as questões visuoespaciais (RONCATO *et al.*, 1987).

Para a representação mental, as áreas frontais são solicitadas para a realização do planejamento da ação motora. Nesse quesito, para se executar qualquer tarefa de natureza visuo-constructiva é requerida a presença de áreas do córtex motor, tanto para a construção ou para reprodução de algum padrão visual (BUSHNELL; BOUDREAU, 1993; GIANNAKOPOULOS *et al.*, 1998). A Figura 2 apresenta em tela um resumo sobre como funciona essas habilidades de coordenação e planejamento:

Figura 2 – Parte de teste para avaliação de habilidades visuoespaciais.



Fonte: Adaptado de Calia (2014).

Camargo e Cid (2001) dissertam que para serem bem-sucedidas, as habilidades visuo-constructivas requerem um conjunto de outras funções como percepção visual, comportamento motor, raciocínio espacial, capacidade para monitorar o próprio desempenho e formulação de planos e metas. Na sequência, serão apresentados trabalhos que se debruçaram sobre o objeto de pesquisa em tela a fim de que a identificação de

algumas evidências possa contribuir para essa pesquisa.

Encaminhamentos metodológicos

Realizou-se um levantamento bibliográfico no âmbito nacional e internacional dos trabalhos que discutem habilidades visuoespaciais e suas relações com a aprendizagem matemática.

Os buscadores utilizados a nível nacional foram o *Scientific Electronic Library Online* – SCIELO, um portal de revistas brasileiras que organiza e publica textos completos de periódicos científicos na Internet e a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações – BDTD. Quanto aos trabalhos do exterior, o buscador utilizado foi o *Science Direct*, plataforma que disponibiliza trabalhos com temática científica, técnica e revistas internacionais, todos revisados por pares de avaliadores, cujo foco foi a busca por revistas científicas do campo da neurociência cognitiva e da aprendizagem. No que se refere aos descritores, foram utilizados os termos “habilidades visuoespaciais ou espaciais e matemática”, “rotação mental e aprendizagem matemática”, no Scielo e BDTD, e “spatial skills and math”, “visuospatial skills and math” e “mental rotation and math” no Science Direct.

Desse modo, o corpus teórico desse estudo é composto essencialmente por artigos científicos que apresentam resultados de investigações empíricas ou bibliográficas sobre o tema, pelo maior alcance à comunidade científica que esses têm em

relação aos próprios relatórios de pesquisa, além de teses e dissertações defendidas no Brasil. O intervalo temporal adotado nessa busca foi livre no âmbito nacional e publicações do ano de 2019 no que tange ao cenário internacional.

Assim, os trabalhos analisados consideram as definições apresentadas que vão de uma perspectiva geral à da neurociência cognitiva, sem perder de vista as possíveis contribuições para o processo de aprendizagem matemática de crianças, e por consequência ao ensino da matemática, em especial as noções da geometria espacial que evocam o raciocínio tridimensional.

De um total de 15 artigos encontrados no buscador Scielo, retornado pelo uso dos descritores “habilidades visuais” e “rotação mental” combinados à expressão “aprendizagem” e “aprendizagem matemática”, somente dois faziam alguma referência direta à aprendizagem. Na BDTD foram identificadas 18 teses e dissertações, mas que quando combinadas com a expressão aprendizagem matemática caem para duas dissertações conforme apresentado no Quadro 1.

Resultados e discussões

O Quadro a seguir traz os trabalhos selecionados de acordo com os descritores supracitados, no âmbito nacional, mas de antemão ressalta-se uma lacuna na literatura sobre as habilidades visuoespaciais ou rotação mental quando o objeto de interesse é a contribuição de tais habilidades na aprendizagem matemática.

Quadro 1 – Trabalhos nacionais sobre habilidades visuoespaciais e aprendizagem matemática.

Título	Autor	Ano	Considerações sobre a aprendizagem matemática
Movimentos oculares e padrões de busca visual em tarefas de rotação mental	Covre <i>et al.</i>	2005	Função cognitiva complexa que se baseia na hipótese de equivalência funcional importante para atividade que precise comparar objetos e alterações no movimento/Não apresenta.
Effect of association of imagery and physical practice on children’s motor learning	Takazono e Teixeira	2018	Não apresenta/ papel positivo de capacidades visuoespaciais e práticas físicas na aprendizagem motora de crianças, não trata da aprendizagem matemática.
Objetos digitais de aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades espaciais: um estudo de caso no 6º ano do Ensino Fundamental	Bernardes	2014	Capacidade de manipular, girar, torcer ou inverter objetos bi ou tridimensionais./ As contribuições são dos objetos digitais de aprendizagem para as habilidades visuoespaciais.
O desenvolvimento do pensamento espacial e a cognição incorporada: novas perspectivas para o ensino de ciências e matemática	Oliva	2018	Capacidade de visualizar e transformar formas e estruturas de duas dimensões em se movendo em orientações espaciais diferentes/ essencial para diversas áreas do conhecimento.

Fonte: Scientific Electronic Library Online e BDTD (2019).

Os dois primeiros trabalhos do quadro extraídos do Scielo resultam de pesquisas que não apontam contribuições para o campo da aprendizagem matemática, mas do desenvolvimento das habilidades espaciais de modo geral. O de Covre *et al.* (2005) nem mesmo faz alguma referência à aprendizagem, enquanto o de Takazono e Teixeira (2018) discutem a aprendizagem motora por meio da habilidade de rotação mental e sua relação com os movimentos oculares. Enquanto isso, as duas dissertações: Bernardes (2014) e Oliva (2018) tratam especificamente das habilidades espaciais e para tanto abordam a questão da aprendizagem de saberes da geometria. Nesse caso, essas duas pesquisas apontam as contribuições da rotação mental como uma habilidade espacial que implica diretamente na forma de perceber e compreender os objetos desse campo da matemática.

Bernardes (2014) aborda ainda outras habilidades espaciais, como a percepção espacial e a visualização espacial. No desenvolvimento da pesquisa utilizou objetos digitais de aprendizagem e o contexto de experimentação no Ensino Fundamental, com crianças de 10 a 12 anos. O seu objetivo foi verificar como esses objetos digitais de aprendizagem auxiliavam o estudante no desenvolvimento das habilidades espaciais. E sua conclusão é que é possível desenvolver esse tipo de experimento com estudantes de Ensino Fundamental, devido o sucesso do trabalho realizado no contexto da pesquisa.

Já para Oliva (2018), que considerou o pensamento espacial como uma atividade cognitiva composta por conceitos e representações de espaço e aplicação a processos de raciocínio, pretendeu nessa investigação desenvolver, implementar e analisar uma atividade que visava o desenvolvimento das habilidades espaciais. Para isso utilizou um jogo chamado *Math-e-motion* projetado para estudantes dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Os resultados do estudo indicaram uma melhora nas habilidades de orientação espacial e de rotação mental. Mesmo os resultados apontando para melhor desempenho nas habilidades espaciais, conseguiram concluir que houve melhorias nas habilidades matemáticas, a exemplo da leitura de gráficos com informações implícitas. E, por fim, sinalizam o papel do corpo no processo de aprendizagem.

No âmbito internacional foi possível identificar inicialmente 239 estudos (no intervalo temporal de 2005 a 2019), quando os descritores são combinados pelo uso dos operadores booleanos (AND, OR) e fazendo-se referência à aprendizagem matemática de crianças: “*spatial skills or mental rotation and contributions to mathematical learning in children*”. Devido ao grande volume de trabalhos, foram considerados apenas as publicações mais recentes do ano de 2019, o que reduz os resultados para 06 (seis) estudos publicados na forma de artigos de pesquisa. O Quadro 2 mostra as características das pesquisas selecionadas.

Quadro 2 – Trabalhos internacionais sobre habilidades visoespaciais e aprendizagem matemática (2019).

Título	Autor	Considerações sobre a aprendizagem matemática
The roles of patterning and spatial skills in early mathematics development	Rittle-Johnson, Zippert; Boice (2019)	O estudo concentrou-se nas habilidades de repetição de espaciais e mostrou que as de repetição foi preditor único de conhecimento matemático.
What explains sex differences in math anxiety? A closer look at the role of spatial processing	Sokolowski; Hawes; Lyons (2019)	Apontam a ansiedade espacial como um dos principais contribuintes para as diferenças de sexo comumente relatadas na ansiedade matemática. Os testes envolveram atividades que requereram habilidades espaciais.
Visual form perception supports approximate number system acuity and arithmetic fluency	Zhang (2019)	Testou se as tarefas visoespaciais podem ser responsáveis pela a associação entre a compreensão do sistema numérico aproximado (ANS) e o aproveitamento matemático.
Visuospatial pathways to mathematical achievement	Chan; Wong (2019)	o papel específico da memória de trabalho visoespacial na cognição matemática permanece obscuro.

Boys and girls gain in spatial, but not in mathematical ability after mental rotation training in primary education	Ródan <i>et al.</i> (2019)	Estudo com crianças mostrou que o treinamento de rotação mental não produziu nenhuma melhora na capacidade matemática independente do sexo.
Relations between numerical, spatial, and executive function skills and mathematics achievement: A latent-variable approach	Hawes <i>et al.</i> (2019)	Apontam para a visualização espacial como preditor único e robusto do desempenho em matemática das crianças.

Fonte: Science Direct (2019).

Sobre os seis estudos do quadro observa-se que Rittle-Johnson, Zippert, Boice (2019) avaliaram o conhecimento matemático de 73 crianças antes e após experimentar atividades que desenvolviam o padrão repetitivo e habilidades espaciais. Com essa pesquisa puderam constatar que as habilidades repetitivas de padronização previram conhecimentos matemáticos posteriores aos testes, mesmo após o controle de conhecimentos prévios de matemática. Embora as habilidades repetitivas de padronização e espacial estejam relacionadas, são as de padronização repetidas o preditor único do conhecimento e do desenvolvimento matemático.

Por sua vez, Sokolowski, Hawes, Lyons (2019) diante da problemática em torno da ansiedade matemática e buscando mais elementos para discutir se esta atinge mais mulheres do que homens, como apontam outros estudos, usaram uma estrutura para abordar a questão do que melhor explica as diferenças de sexo na ansiedade matemática. O estudo foi realizado com 175 alunos, em que se aplicou uma bateria de tarefas cognitivas e questionários, visando medir a capacidade matemática real, capacidade matemática percebida, ansiedade matemática, capacidade espacial real, capacidade espacial percebida e ansiedade sobre situações que requerem manipulação mental espacial (ansiedade espacial).

Os resultados apontam para a ansiedade espacial como um dos principais contribuintes para as diferenças de sexo comumente relatadas na ansiedade matemática e, por conseguinte, sinalizam que isso pode ter sido originado em decorrência da ansiedade matemática relacionada à hesitação de estratégias espaciais na resolução de tarefas matemáticas (SOKOLOWSKI; HAWES; LYONS, 2019).

Já o estudo de Zhang (2019) testou diretamente tarefas visuoespaciais com crianças de 10 anos e seu foco era mesmo as implicações no aproveitamento matemático. Esse estudo revelou que somente os processos visuoespaciais que dependem da percepção da forma visual promovem

a compreensão do sistema numérico e a fluência aritmética (a velocidade e eficiência com que se chega às soluções corretas para cálculos numéricos).

Por outro lado, Chan, Wong (2019), realizando um estudo de revisão sistemática de literatura sobre o trabalho de memória visuoespacial e as consequências na aprendizagem matemática, destacam que apesar de ser amplamente defendida uma relação direta entre essa habilidade e a aprendizagem, ainda há uma falta de investigação sistemática sobre o vínculo específico entre a memória de trabalho visuoespacial e o desempenho matemático, ou seja, ao menos o papel específico da memória de trabalho visuoespacial na cognição matemática permanece obscuro, não sendo aplicada essa conclusão especificamente ao conjunto de habilidades visuoespaciais.

Ródan *et al.* (2019) a partir da investigação realizada com crianças de 6 a 8 anos, partem de que é consenso na literatura que as habilidades espaciais podem ser melhoradas e estão ligadas ao raciocínio matemático, para avaliar os efeitos do treinamento de rotação mental no desempenho matemático das crianças. Após 450 tentativas realizadas em três sessões, concluíram que tal treinamento não produziu nenhuma melhora na capacidade matemática dos participantes independentemente do sexo.

E, por fim, Hawes *et al.* (2019), assim como outros citados aqui, partem da hipótese de que as habilidades visuoespaciais relacionam-se diretamente à capacidade matemática das crianças, mas nesse estudo objetivaram, dentre outras coisas, a confirmar a estrutura latente dos construtos hipotéticos de habilidades espaciais, numéricas, funções executivas e realizações matemáticas. Concluíram que apenas o desempenho espacial e numérico foram preditores exclusivos do aproveitamento da matemática. Além disso, indicaram a visualização espacial como único preditor do referido desempenho matemático para crianças.

Nota-se nos trabalhos mencionados a relevância das estratégias que propiciam o desenvolvimento de habilidades visuoespaciais, de modo que a percepção visual, comportamento motor e raciocínio espacial são requisitos para o bom funcionamento dessas habilidades (CAMARGO; CID, 2001). A identificação de correlatos neurais associados à visuo-construção, por exemplo, sugere que o desempenho do estudante em tarefas de cunho visuoespacial pode indicar o desempenho em tarefas matemáticas (RONCATO *et al.*, 1987; ZHANG, 2019).

Essa breve digressão permitiu inferir o quão complexo e importante é avaliar uma habilidade humana, pois decorrem dessa avaliação escolhas, seleções ou frustrações que enfrentará o sujeito ao buscar no conhecimento a fonte de seu amadurecimento sócio-cognitivo-emocional. Por isso, para ser hábil ou ter habilidade é necessário que existam disponíveis essas e outras capacidades cognitivas, bem como algum tipo de objeto relacionado a uma ação.

Em síntese, os resultados das pesquisas mais recentes sugerem que ainda existem algumas lacunas em termos de investigação especialmente sobre a relação das habilidades espaciais, memória de trabalho, habilidades matemáticas restritas, e hereditariedade com a aprendizagem. Se a relação

entre habilidades visuoespaciais e capacidade matemática é consistente no caso dos adultos, o que a torna inconsistente no caso das crianças? (LI, GEARY, 2017). A continuidade das investigações pode trazer elementos que estabeleçam consenso nas conclusões sobre os impactos das habilidades visuoespaciais.

Aplicações para mobilizar a aprendizagem matemática

A seção em tela tem como assertiva inicial trazer aplicações no que tange a mobilização da aprendizagem matemática, partindo assim das questões levantadas sobre as habilidades visuoespaciais. Como supracitado, a habilidade visuoespacial ou visuo-constructiva está ligada ao esforço em manipular determinado objeto para uma finalidade comum; neste caso, as noções de geometria espacial, parte da aprendizagem matemática.

Foram encontrados em Fonseca (2008) algumas propostas de aplicações relacionadas ao ensino, transmutando assim a intenção para a mobilização da aprendizagem matemática e traçando sua correlação com a habilidade visuoespacial ou visuo-constructiva. O quadro a seguir traz em seu bojo atividades e suas características nesse intento:

Quadro 3 – Sugestões de alternativas para mobilizar as habilidades visuoespaciais ou visuo-constructiva requisitadas para a aprendizagem de geometria espacial e de outras noções matemáticas.

Nome	Objetivo	Justificativa
“Em busca da área máxima”	Construir um cercado com a maior área possível.	O conceito de funções pode parecer para alguns alunos sem usabilidade [...] Ao obter uma visão não sistematizada de funções o aprendiz começa a notar a usabilidade e as funções como ferramenta para solucionar problemas do mundo.
“Redescobrimo uma técnica/instrumento para medir ângulos	Mostrar aos alunos como se deram as primeiras práticas da Trigonometria ao longo de sua história, por meio da medição de um ângulo que o topo de um poste forma com a linha do piso (base), utilizando um astrolábio, confeccionado pelos próprios alunos.	Sabe-se, por meio da História da Trigonometria, que a noção de ângulo auxiliava no transporte de navegações, no cálculo de alturas inacessíveis e nas relações métricas de triângulos, realizações “esquecidas” no contexto didático das aulas de matemática.
“Jogando com resultados imprevisíveis”	Induzir o aluno ao uso dos conceitos de probabilidade através de um bingo diferente, fazendo, desta forma, com que ele perceba suas funções e a sua importância no mundo atual.	A probabilidade foi criada no século XVII, motivada pelos ‘jogos de azar’, com o intuito de determinar as possibilidades de um acontecimento gerar certo resultado. Mais do que isso, a probabilidade é uma ferramenta indispensável no estudo de outras Ciências.

<p>“Confeccionando esferas com pirâmides”</p>	<p>Aplicar os conceitos de pirâmides construindo uma esfera e descobrir sua área através das pirâmides.</p>	<p>Ao manipular materiais para confeccionar figuras geométricas, suas propriedades tornam-se mais perceptíveis, assim como a associação de suas características com outras figuras.</p>
<p>“Geometria Analítica no Geoplano”</p>	<p>Proporcionar ao aluno uma visão dinâmica da Geometria Analítica, inter-relacionando Geometria Plana e Álgebra por meio de conceitos, propriedades e teoremas, que funcionarão como alicerce para o Cálculo Diferencial e Integral.</p>	<p>Partir de conceituações abstratas nem sempre é uma tarefa fácil para os alunos, pois muitas vezes perguntas surgem com o anseio da resposta “visível a olho nu”, o que geralmente é dificultado pela falta de recursos extra livro didáticos.</p>

Fonte: Fonseca (2008).

Pode-se perceber que nas atividades apresentadas em tela no Quadro 3, as habilidades visuoespaciais são trabalhadas de formas distintas. Na primeira atividade proposta, a questão de “construir” a área máxima vincula as funções quadráticas com suas aplicações em cercas de terrenos, manipulando objetos e criando relações entre o conteúdo e sua contextualização.

Na atividade sobre a medição de ângulos, percebe-se além da manipulação de instrumentos com a finalidade de interconectar o conteúdo referido e as suas utilizações, a questão da história da trigonometria que traz outra perspectiva dessa atividade, em que o aluno pode aprender sobre o uso do instrumento em questão em determinada época da história da humanidade. Pode-se, então, criar outro vínculo com o objeto/instrumento manipulado durante essa atividade.

Já a aplicação que trata de assuntos de probabilidade, a questão das habilidades visuoespaciais está interligada ao processo de percepção do uso destes conhecimentos em fenômenos relacionados com experimentos probabilísticos, a despeito do bingo. Esse conteúdo, por não apresentar apenas uma forma (técnica) fixada para resolução, é frequentemente ojerizado pelos alunos (de diferentes graus de escolaridade) e com o auxílio de objetos manipuláveis deve facilitar a aprendizagem dele (FONSECA, 2008).

A atividade concernente à geometria plana explicita a manipulação de figuras tridimensionais, concatenando a esfera e a pirâmide, relacionando o conceito “visuo-construtivo” da área de figuras espaciais. Além disso, refere-se essas figuras às áreas planas do círculo e do triângulo, subsidiando, assim, dois conteúdos matemáticos e sua instrumentalização para manipulação no mundo.

Por fim, a aplicação que traz a percepção da geometria analítica no geoplano pode ser destacada, pelo fato de comungar conhecimentos da álgebra, que contém em seus construtos abstrações e geometria plana que interliga o mundo real a alguns conhecimentos algébricos. Além disso, a pretensão de alicerçar de forma profícua os preceitos embrionários do Cálculo Diferencial e Integral mostra-se importante para melhorar a transição do

Ensino Médio para o Ensino Superior (FONSECA, 2015).

Considerações finais

Em linhas gerais a presente investigação buscou apresentar aos leitores algumas ponderações acerca das habilidades visuoespaciais na aprendizagem matemática, destacando os achados mais recentes revelados por meio de estudos relacionados ao cérebro humano.

Como noções importantes de serem compreendidas, foram definidas, desde suas etimologias até as definições mais científicas das ciências cognitivas, os termos habilidades e visuoespacial/ visuo-construtiva, discriminando suas características, tipos, locais no encéfalo, bem como o funcionamento de subestruturas que participam da engrenagem neuronal para que tais habilidades estejam disponíveis e/ou sejam acessadas por mecanismos didáticos.

Dispor desse entendimento facilitará às áreas de ensino de ciências e matemática para lançar mão de artefatos que valorizem as dificuldades dos alunos, que não fazem a menor ideia dos motivos pelos quais sentem resistência em pensar ou raciocinar de forma espacial. A percepção e a memória visuoespacial quando amadurecidas propiciam o desenvolvimento das referidas habilidades, permitindo, dessa forma, que as imagens possam ser visualizadas antes de serem projetadas no papel, por exemplo.

As correlações entre os pressupostos das habilidades visuoespaciais ou visuo-construtivas são apresentadas de forma embrionária, tendo pela frente, desse modo, o esforço para trazer o teórico e o empírico para discussões futuras.

Em geral, as pesquisas oriundas do levantamento bibliográfico, tanto nacional quanto internacional, apontam para a correlação entre as habilidades visuoespaciais e o raciocínio matemático, de modo que é possível desenvolver tarefas visuo-construtivas visando o amadurecimento de estruturas cerebrais para fortalecer a aprendizagem de conceitos matemáticos. Por fim, denotou-se que depois de atividades todas as

funções cognitivas envolvidas nas habilidades em tela, ainda se faz necessário treiná-las para que possam ser preservadas sempre que o indivíduo precisar dispor das mesmas.

Referências

BERNARDES, W. C. **Objetos digitais de aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades espaciais: um estudo de caso no 6º ano do Ensino Fundamental**. 2014. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

BUSHNELL, E. W.; BOUDREAU, J. P. Motor Development and the Mind: The Potential Role of Motor Abilities as a Determinant of Aspects of Perceptual Development. **Child Development**, 64, 1005-1021, 1993.

CALIA, G. C. **Cérebro e Funções Cognitivas**, 2014. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/GiseleCalia/crebro-e-funes-cognitivas>. Acesso em: 15 março 2019.

CAMARGO, C. H. P.; CID, C. G. Habilidade Viso-Espaciais. In O.V Forlenza e P. Caramelli (Ed.), **Neuropsiquiatria Geriátrica**. São Paulo: Atheneu. p.531-537, 2000.

CHAN, W. W. L.; WONG, T. T. **Visuospatial pathways to mathematical achievement**. **Learning and Instruction**, v. 62, p. 11-19, 2019.

COVRE, P. *et al.* Movimentos oculares e padrões de busca visual em tarefas de rotação mental. **Psico-USF (Impr.)**, Itatiba, v. 10, n. 1, p. 41-49, 2005.

DASSEN, R.; FUSTIONI, O. **Sistema Nervioso**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1955.

FONSECA, L. S. **Ensaio de Educação Matemática no Ensino Médio**. Aracaju: Info Graphics, 2008.

FONSECA, L. S. da. **Um estudo sobre o Ensino de Funções Trigonométricas no Ensino Médio e no Ensino Superior no Brasil e França**. 2015, 1v. 495p. Tese de Doutorado. Universidade Anhanguera de São Paulo, São Paulo (SP). Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon (FR).

GALERA, C.; GARCIA, R. B.; VASQUES, R. Componentes funcionais da memória visuoespacial. **Estudos Avançado**, v. 27, n 77, 2013.

GOMES, C. M. A.; BORGES, O. N. Propriedades psicométricas do conjunto de testes da habilidade visuo espacial. **Psico-USF**, v. 14, n. 1, p. 19-34, 2009.

HAWES, Z. *et al.* Relations between numerical, spatial, and executive function skills and mathematics achievement: A latent-variable approach. **Cognitive Psychology**, v. 109, p. 68-90, 2019.

HERCULANO-HOUZEL, S. **Fique de bem com seu cérebro**. Rio de Janeiro: Editora Sextante, 2007.

LI, Y., GEARY, D. C. **Children's visuospatial memory predicts mathematics achievement through early adolescence**. **PLoS ONE**, v.12, n. 2, 2017.

OLIVA, E. N. de O. **O desenvolvimento do pensamento espacial e a cognição incorporada: novas perspectivas para o ensino de ciências e matemática**. 2018. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

PAPALIA, D. E. **Desenvolvimento humano**. São Paulo: McGraw-Hill, 2009.

PESTANA, M. B. **Memória de trabalho visuoespacial e posicionamento do pé no início do andar em pacientes com doença de Parkinson**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista: Rio Claro, 2018.

PORTELLA, M. (org.). **Estratégias de Treinamento em Habilidades Sociais**. CPAF-RJ: Rio de Janeiro, 2011.

QUENTAL, N. B. M. **Funções visuoespaciais na doença de Alzheimer de intensidade leve – uso da bateria VOSP em nosso meio**. Dissertação de Mestrado – USP: São Paulo, 2011.

RAMOS, F. S.; GALLO, H. Geometria, meios expressivos e desenvolvimento cognitivo: Uma experiência com estudantes de Design. **Estudos em design**, v. 22, n. 1, p. 1-15, 2014.

RITTLE-JOHNSON, B.; ZIPPERT, E. L., BOICE, K. L. The roles of patterning and spatial skills in early mathematics development. **Early Childhood Research Quarterly**, v. 46, p. 166-178, 2019.

RODÁN, A. *et al.* Boys and girls gain in spatial, but not in mathematical ability after mental rotation training in primary education. **Learning and Individual Differences**, v. 70, p. 1-11, 2019.

RONCATO, S.; SARTORI, G.; MASTERSON, J.; RUMIATI, R. Constructional apraxia: An information processing analysis. **Cognitive Neuropsychology**, v. 4, p. 113-129, 1987.

SILVA, H. D. M. **Validação da escala de avaliação da percepção visual com idosos**. Dissertação de

Mestrado apresentada ao Programa de Psicologia Social da UFP: João Pessoa, 2014.

SOKOLOWSKI, H. M.; HAWES, Z.; LYONS, I. M. What explains sex differences in math anxiety? A closer look at the role of spatial processing. **Cognition**, v. 182, p. 193-212, 2019.

TAKAZONO, P. S.; TEIXEIRA, L. A. Effect of association of imagery and physical practice on children's motor learning. **Rev. bras. cineantropom. desempenho hum**, Florianópolis, v. 20, n. 5, p. 363-372, 2018.

ZHANG, Y. *et al.* Visual form perception supports approximate number system acuity and arithmetic fluency. **Learning and Individual Differences**, v. 71, p. 1-12, 2019.

ZUCCOLO, P.; RZEZAK, P.; GÓIS, J. Praxia e visoconstrução. In: L. Malloy-Diniz, D. Fuentes, P. Mattos, & N. Abreu (Eds.), **Avaliação neuropsicológica** (p. 114-122). Porto Alegre: Artmed, 2010.

Luciano Pontes da Silva – Mestre pelo Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (UFS). Licenciado em Matemática (UFAL). E-mail: pontesmatematicaufal@hotmail.com

Edmo Fernandes Carvalho – Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências – UFBA. Docente do Departamento de Matemática da Universidade Federal do Oeste da Bahia. Doutorando em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA). E-mail: edmofc@gmail.com

Kleyfton Soares da Silva – Mestre em Ensino de Ciências e Matemática (UFS). Docente de Química do IF Goiano. Doutorando em Ensino de Ciências (USP). E-mail: kley.soares@hotmail.com

Laerte Silva da Fonseca – Pós-Doutorando em Psychology and Cognitive Neuroscience (EBWU, Flórida, EUA, 2019). Pós-Doutorado e Doutorado em Educação Matemática (UNIAN-SP/BR e UCB Lyon I/FR); Professor Titular de Educação Matemática do Instituto Federal de Sergipe (IFS/Campus Aracaju); Professor Homenageado: Título de Honra ao Mérito pelas valiosas contribuições prestadas ao IFS (REITORIA/IFS); Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática/PPGECIMA/UFS); Coordenador do GEPEM – Grupo de Estudos e Pesquisa em Educação Matemática (IFS); Coordenador do neuroMATH – Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento Neurocognitivo da Aprendizagem Matemática (IFS). E-mail: laerte.fonseca@ifs.edu.br