

## Memória de Trabalho Visuoespacial e Desempenho em Matemática: explorando relações a partir de questões do

ENEM

## Visuospatial Working Memory and Mathematics Performance: Exploring Relationships Using ENEM Questions

*Jader Otavio Dalto<sup>1</sup>*

*Gabriel Pereira de Paula<sup>2</sup>*

### RESUMO

Este artigo apresenta resultados parciais de um trabalho de conclusão de curso em Licenciatura em Matemática que investigou as relações entre a Memória de Trabalho Visuoespacial e o desempenho de estudantes em questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) que mobilizam habilidades visuoespaciais. Foram analisadas provas do ENEM entre 2009 e 2020, das quais foram selecionadas dez questões que exigiam esse tipo de habilidade. O desempenho dos estudantes nessas questões foi comparado ao Teste dos Cubos de Corsi, utilizado para avaliar a Memória de Trabalho Visuoespacial. Participaram da pesquisa 21 estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública. Os resultados indicaram que parte dos estudantes com baixo desempenho nas questões do ENEM também apresentou baixo desempenho no Teste dos Cubos de Corsi, sugerindo uma possível relação entre Memória de Trabalho Visuoespacial e resolução de problemas matemáticos. Entretanto, também foram identificados casos de estudantes com bom desempenho nas questões do ENEM e desempenho apenas médio ou baixo no teste cognitivo, o que aponta para uma relação não linear entre essas variáveis. A análise qualitativa das produções dos alunos evidenciou que estratégias de visualização espacial foram frequentemente utilizadas na resolução das tarefas, mas que o sucesso nas questões também depende do domínio de conhecimentos matemáticos e da articulação entre diferentes processos cognitivos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Habilidade visuoespacial; Memória de Trabalho Visuoespacial; Educação Matemática; Exame Nacional do Ensino Médio.

---

<sup>1</sup> Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Cornélio Procópio. E-mail: [jaderdalto@utfpr.edu.br](mailto:jaderdalto@utfpr.edu.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7684-2480>.

<sup>2</sup> Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Cornélio Procópio. E-mail: [gabrielp.2018@outlook.com](mailto:gabrielp.2018@outlook.com). ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1249-6097>.



## ABSTRACT

This article presents partial results of an undergraduate thesis in Mathematics Education that investigated the relationship between Visuospatial Working Memory and students' performance on ENEM (Brazilian National High School Exam) questions involving visuospatial skills. ENEM exams from 2009 to 2020 were analysed, and ten questions requiring visuospatial processing were selected. Students' performance on these questions was compared with the Corsi Block Test, which assesses Visuospatial Working Memory. The study involved 21 students from the third year of a public high school. Results showed that several students with low performance on the ENEM questions also had low scores on the Corsi Block Test, suggesting a possible relationship between visuospatial working memory and mathematical problem-solving. However, cases were also identified in which students performed well on the ENEM questions despite average or low performance in the cognitive test, indicating a non-linear relationship between these variables. Qualitative analysis of students' written productions revealed that visuospatial strategies were frequently used in solving the tasks, although successful performance also depended on prior mathematical knowledge and the integration of different cognitive processes.

**KEYWORDS:** Visuospatial Skill; Visuospatial Working Memory; Mathematics Education; National High School Exam.

### Introdução

A aprendizagem de matemática é influenciada, segundo Paín (1985), por quatro fatores: orgânicos, específicos, psicógenos e ambientais. Fatores orgânicos incluem o funcionamento corporal e sensorial, condições glandulares, alimentação, abrigo e sono. Fatores específicos envolvem o ajuste perceptivo-motor, especialmente na linguagem e leitura. Fatores psicógenos estão ligados à estabilidade emocional. Fatores ambientais referem-se ao ambiente e condições fornecidas ao indivíduo.

Dentre os fatores citados anteriormente, pode-se destacar as habilidades visuoespaciais que se estabelecem como fatores orgânicos. As habilidades visuoespaciais estão relacionadas a estímulos visuais, acúmulos e/ou manipulação de imagens mentais. Com isso, ocorre o armazenamento e o tratamento da informação espacial e, também, da informação visual recebida do ambiente (Garcia; Galera, 2015). Além disso, em situações cotidianas, é um conjunto de habilidades essencial, pois, de acordo com Garcia e Galera (2015, p.7) vai:

da percepção visual dos objetos em uma cena à capacidade de imaginar como esta cena seria alterada pela manipulação ou pela adição de novos objetos. Da percepção espacial à orientação no espaço e ao planejamento de rotas, toda a nossa interação como mundo depende de nossas habilidades visuoespaciais.

Além das situações cotidianas, diversos estudos demonstram relações favoráveis entre a habilidade visuoespacial e o desempenho em matemática, que são apontadas por Lowrie, Logan e Ramful (2017) como sendo: melhor desempenho em testes, áreas similares do cérebro são utilizadas ao resolver tarefas numéricas e espaciais, em casos mais avançados, os estudantes necessitam ter potencial de imaginar e visualizar, ou ainda, a habilidade visuoespacial como preditor do sucesso em matemática.

Ao se falar de habilidades visuoespaciais, é possível estabelecer relação com a Memória de Trabalho Visuoespacial, a qual Mello (2016, p.11) fundamentado em Mcafoose e Baune (2009) define como:

a habilidade de armazenar e manipular a informação visual para realizar uma tarefa ou cumprir um objetivo, considerada como um componente cognitivo fundamental para a inteligência humana.

Apesar de diversos estudos apontarem relações entre habilidades visuoespaciais e o desempenho em matemática (Lowrie; Logan; Ramful, 2017; Mix, 2019), ainda são limitadas as investigações que analisam empiricamente como essas habilidades se manifestam na resolução de itens de avaliações educacionais de larga escala, como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Considerando que muitas questões desse exame exigem interpretação espacial, manipulação de representações gráficas ou visualização de transformações geométricas, torna-se relevante investigar em que medida a Memória de Trabalho Visuoespacial pode estar associada ao desempenho dos estudantes nessas tarefas. Nesse sentido, emerge a seguinte questão de investigação: quais relações podem ser identificadas entre a Memória de Trabalho Visuoespacial dos estudantes e seu desempenho em questões do ENEM que mobilizam habilidades visuoespaciais?

Com o objetivo de explorar essa relação, desenvolveu-se um trabalho de conclusão de curso em Licenciatura em Matemática (Paula, 2022), cujos resultados parciais são apresentados neste artigo. Para atingir esse objetivo, buscou-se: (i) avaliar o desempenho dos participantes em uma tarefa de Memória de Trabalho Visuoespacial; (ii) analisar o desempenho dos participantes em questões do ENEM que mobilizam habilidades visuoespaciais; e (iii) inferir possíveis relações entre o desempenho na tarefa de Memória de Trabalho Visuoespacial e o desempenho nas questões do ENEM selecionadas.

### **Habilidades Visuoespaciais**

Para compreender as habilidades visuoespaciais, é essencial, primeiramente, entender o conceito de visualização. Segundo Flores, Wagner e Buratto (2012), a visualização na Educação Matemática é um tema amplamente estudado, envolvendo conceitos, tendências e perspectivas. A partir de uma abordagem cognitivista, a visualização é utilizada para descrever as habilidades visuais que permitem aos indivíduos deduzir imagens a partir de estímulos visuais. Originalmente, esse conceito pertencia ao campo da Psicologia, mas foi incorporado pela Educação Matemática para explorar o raciocínio matemático e a resolução de problemas. Além disso, o uso

de tecnologias tem sido valorizado como suporte para o desenvolvimento da visualização, influenciando também as crenças e convicções docentes sobre o ensino de Matemática (Flores; Wagner; Buratto, 2012).

No contexto da Educação Matemática, a visualização e o raciocínio matemático são vistos como elementos fundamentais no processo de ensino-aprendizagem. Pesquisadores como Dreyfus (1990), definem a visualização em Matemática sob duas perspectivas: a interpretação e a compreensão de modelos visuais e a capacidade de traduzir informações simbólicas em imagens visuais. Essa definição destaca a importância da visualização na construção do conhecimento matemático. Flores, Wagner e Buratto (2012) ressaltam que a utilização da visualização não apenas facilita a resolução de problemas, mas também promove um entendimento mais profundo dos conceitos matemáticos ao permitir que os alunos estabeleçam conexões entre representações visuais e simbólicas.

Uma pesquisa realizada por Lowrie, Logan e Ramful (2017) investigou o impacto de uma intervenção educacional voltada para o desenvolvimento da habilidade visuoespacial em alunos de escolas primárias na Austrália. O estudo revelou que o grupo de alunos submetido à intervenção apresentou desempenho significativamente superior em matemática, em comparação ao grupo controle, sugerindo que o aprimoramento das habilidades visuoespaciais pode influenciar positivamente o desempenho matemático.

Resnick, Newcombe e Jordan (2019) apresentam o raciocínio espacial como termo abrangente que agrega numerosos e diversos tipos de habilidades espaciais. Como exemplo destas habilidades, tem-se rotação mental, definida como a capacidade de manipular mentalmente a imagem de um objeto, de modo a visualizá-lo sob outra perspectiva. Tal habilidade pode ser desenvolvida independentemente de outras habilidades espaciais, como transformação mental que consiste em uma transformação de um objeto (por exemplo, uma taça de vidro se quebrando).

### **Memória de Trabalho Visuoespacial**

A Memória de Trabalho, em um contexto geral, está atrelada às funções executivas. Essas funções constituem um conjunto de processos mentais essenciais para a realização de ações que não são possíveis de serem realizadas automaticamente (de forma mecânica) ou de modo intuitivo (Diamond, 2013). Deste modo, é ela quem combina a atenção e a memória, controlando as informações recebidas para realizar uma ação.

Considerando a parte cognitiva, a Memória de Trabalho é constituída pelo sistema executivo central, além da alça fonológica, do buffer episódico e do esboço visuoespacial, que são subsistemas. Cada um dos subsistemas possui características próprias sendo a alça fonológica relacionada a Memória de Trabalho Verbal, responsável pela manipulação de informações verbais, o buffer episódico que integraliza a memória de longo prazo com as informações acumuladas pela Memória de Trabalho e o esboço visuoespacial, que “integra componentes cinestésicos, visuais, espaciais e responsáveis pela decodificação de imagens” (Mello, 2016, p.11). Tal sistema permite armazenar informações a curto prazo, bem como criar e manipular imagens mentais.

Estudos recentes têm demonstrado uma relação significativa entre a matemática e as habilidades visuoespaciais, sugerindo que um desempenho inferior em habilidades visuoespaciais pode contribuir para um desempenho matemático abaixo do esperado (Mix, 2019). No entanto, compreender essa relação não é simples, pois envolve múltiplos fatores e mecanismos que podem influenciá-la de maneiras diferentes.

Mix (2019) investigou como as habilidades visuoespaciais e o desempenho matemático se relacionam ao longo do desenvolvimento e concluiu que essa relação não é linear nem uniforme. Em vez disso, o desenvolvimento de habilidades visuoespaciais pode impulsionar o desempenho matemático em determinados momentos, mas essa relação varia conforme novas habilidades são adquiridas. Estudos indicam que treinamentos específicos podem melhorar significativamente as habilidades visuoespaciais e o desempenho matemático (Lowrie et al., 2017), mas nem sempre essa melhora é recíproca (Hawes et al., 2016). Assim, a relação entre matemática e habilidades visuoespaciais parece depender do contexto das tarefas e das estratégias cognitivas utilizadas, sugerindo que o desempenho matemático pode ser visto como um conjunto de habilidades interconectadas, influenciadas por fatores diversos ao longo do tempo (Resnick; Newcombe; Jordan, 2019)

### **Procedimentos Metodológicos**

Este estudo adota uma abordagem predominantemente qualitativa, de caráter exploratório, uma vez que busca investigar a relação entre habilidades visuoespaciais e o desempenho no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Entende-se por pesquisa qualitativa aquela que “prioriza procedimentos descritivos à medida em que sua visão de conhecimento explicitamente admite a interferência subjetiva, o conhecimento como compreensão que é sempre contingente, negociada e não é

verdade rígida” (Borba, 2004, p.22). Para a coleta de dados, foi elaborado um instrumento contendo 10 questões selecionadas de edições anteriores do ENEM. A escolha dessas questões deve-se à sua relevância para o estudo das habilidades visuoespaciais no contexto educacional brasileiro. Além desse instrumento, foi utilizado o Teste dos Cubos de Corsi como estratégia de mensuração da Memória de Trabalho Visuoespacial dos estudantes. Essa abordagem permitiu uma análise mais detalhada sobre como as habilidades visuoespaciais influenciam o desempenho matemático em situações de avaliação formal.

A pesquisa foi realizada com dois grupos de estudantes: 9 alunos matriculados no 1º período do curso de Licenciatura em Matemática de uma universidade pública e 45 alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública, divididos em duas turmas. Entretanto, por limitações de espaço, neste artigo serão analisados e apresentados os resultados referentes aos estudantes de uma das turmas do Ensino Médio, composta por 21 alunos. Os participantes tiveram um tempo de 2 horas-aula para resolver as questões do ENEM e, adicionalmente, foi solicitado que descrevessem seus pensamentos durante a resolução das questões. Após essa etapa, os alunos foram direcionados individualmente para fora da sala para realizar o Teste dos Cubos de Corsi.

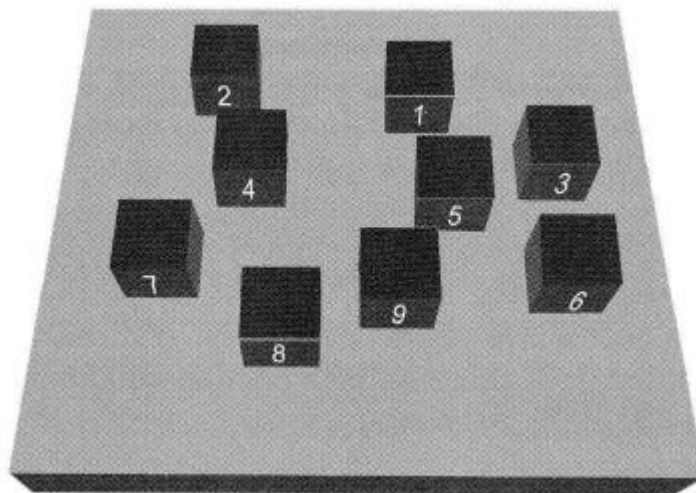
A aplicação das questões do ENEM ocorreu em um único dia, enquanto o Teste dos Cubos de Corsi exigiu um tempo adicional, sendo necessário retornar à escola em mais dois dias para concluir a aplicação com todos os participantes, uma vez que a aplicação do teste é individual. A análise dos resultados considerou inicialmente um desempenho satisfatório para aqueles que acertaram 6 ou mais questões. Em seguida, as produções escritas dos alunos foram analisadas e comparadas com o desempenho no Teste dos Cubos de Corsi, permitindo explorar as relações entre habilidades visuoespaciais e desempenho em questões matemáticas do ENEM.

A elaboração do instrumento de coleta de dados começou com a análise das provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) aplicadas entre 2009 e 2020. O ano de 2009 foi escolhido como ponto de partida devido à atualização na matriz de referência do exame, enquanto 2020 foi o último ano analisado para evitar que os participantes já tivessem resolvido as questões no exame de 2021. Cada questão foi avaliada com base na definição de habilidade visuoespacial, entendida como a capacidade de “armazenamento e/ou processamento de informação visual e espacial do ambiente, além da criação, manutenção e manipulação de imagens mentais” (Garcia; Galera, 2015, p. 8).

Foram selecionadas 10 dentre 45 questões que mobilizavam essa habilidade, sendo uma de cada ano. Além disso, foi considerado se a resolução da questão exigia cálculos matemáticos, resultando na escolha de 5 questões que não demandavam cálculos e 5 que exigiam algum tipo de cálculo. Essa distinção permitiu uma análise mais detalhada das possíveis dificuldades enfrentadas pelos alunos, seja em relação as habilidades visuoespaciais ou à realização de cálculos. As questões selecionadas foram dos anos de 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2019 e 2020. Durante este processo de seleção, observou-se que a quantidade de questões relacionadas à habilidade visuoespacial diminuiu ao longo dos anos. Por limitações de espaço, não são apresentadas neste artigo todas as questões selecionadas, mas elas podem ser consultadas em Paula (2022).

Para avaliar a habilidade de Memória de Trabalho Visuoespacial, foi utilizado Teste de Cubos de Corsi, caracterizado como um teste de alcance ( $\text{Span}^3$ ), segundo Antunes, Júlio-Costa e Haase (2017). É composto por um tabuleiro (Figura 1) com nove cubos organizados aleatoriamente. A coloração pode variar onde a base é preta e os cubos de outra cor, ou ainda, a base e os cubos são inteiramente pretos. Os cubos são apontados pelo examinador com o dedo indicador em uma sequência que aumenta gradativamente entre os tópicos do teste. Cada cubo é enumerado de 1 a 9, mas apenas para o lado em que o examinador estará.

Figura 1 - Teste Cubos de Corsi



Fonte: Antunes, Júlio-Costa e Haase (2017)

---

<sup>3</sup> Span corresponde a maior quantidade de cubos de uma sequência que o avaliado consegue repetir corretamente na ordem direta ou na ordem inversa a que viu.

A tarefa é realizada em dois momentos. O primeiro momento, a ordem direta, ocorre quando o indivíduo sujeito ao teste repete a sequência de cubos tocada pelo examinador na mesma ordem, ou seja, se a sequência foi 7-2-3, o indivíduo deve tocar nos cubos 7-2-3. O segundo momento, denominado ordem inversa, ocorre quando o indivíduo repete a sequência de cubos em sentido contrário ao tocado pelo examinador, ou seja, se a sequência tocada foi 7-3-2 o indivíduo deve tocar nos cubos 2-3-7 (Kessels et al., 2000 apud Antunes; Julio-Costa; Haase, 2017).

São apresentadas de forma seguida, duas sequências com a mesma quantidade de elementos, mas os elementos que compõem cada sequência são distintos, por exemplo, as sequências 3-5-2 e 4-7-5. Mesmo que apenas uma das sequências seja repetida corretamente, as duas próximas sequências (com um cubo a mais) devem ser administradas. O teste se encerra em duas situações: quando o examinado chega até a última sequência (de 9 elementos) ou quando erra duas sequências com a mesma quantidade de cubos.

O alcance máximo de sequências reproduzidas corretamente pelo indivíduo examinado é caracterizado como a capacidade de armazenamento da Memória de Trabalho Visuoespacial. A contabilização dos escores foi feita da seguinte maneira: quando a sequência é respondida corretamente, 1 ponto é contabilizado para a pontuação total e a quantidade de itens na maior sequência repetida corretamente, é contabilizado para o Span.

Para obter os resultados no Teste dos Cubos de Corsi são anotados os valores referentes à pontuação total e ao span. Após isso, é calculado o valor do escore Z e categorizado o desempenho dos alunos conforme Strauss, Sherman e Spreen (2006).

A análise de dados foi realizada em três momentos. O primeiro momento da análise foi tabelar os dados obtidos no instrumento das questões do ENEM. Para isso, foi feita uma tabela que continha a identificação do aluno seguida das 10 questões. Para cada questão foi anotado se a resposta estava correta ou incorreta, bem como se possuía registros escritos para análise. Além disso, se estava incorreta, era anotada a resposta dada pelo aluno. Em seguida, realizou-se uma *leitura horizontal* buscando quantificar o desempenho de cada aluno em “acertos”, “erros” e “não fez”. As questões consideradas como não feitas eram aquelas em que nenhuma resposta foi assinalada. Não ocorreram casos em que a resolução foi apresentada, mas a resposta não foi assinalada. Em sequência, foi realizada uma *leitura vertical* em que se buscou quantificar quantos alunos acertaram, erraram ou não fizeram cada questão.

No segundo momento da análise, os resultados do Teste dos Cubos de Corsi, foram organizados em tabelas. Os valores de Z (span e pontuação total) foram calculados utilizando o software Excel. Em seguida, os resultados foram categorizados em relação à população da mesma faixa etária a partir do estudo de Santana et al. (2021).

No terceiro momento, realizou-se a comparação entre o desempenho dos alunos no instrumento com questões do ENEM e sua classificação no Teste dos Cubos de Corsi. Os resultados foram agrupados, permitindo uma análise conjunta e a possibilidade de inferências sobre as possíveis relações entre as habilidades visuoespaciais e o desempenho em matemática.

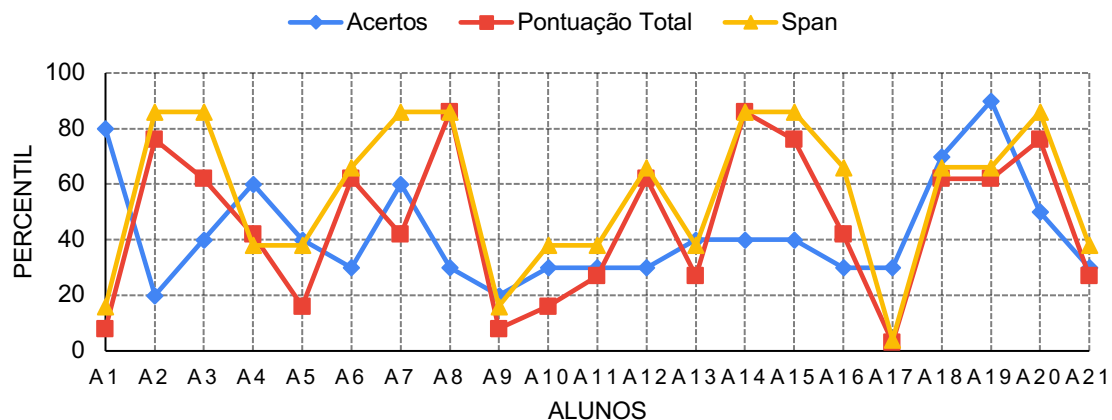
Com base na literatura que sugere uma correlação entre habilidades visuoespaciais e desempenho em matemática, optou-se por analisar casos em que os alunos tiveram um bom desempenho nas questões do ENEM, isto é, acertaram a maioria das questões. Para isso, foram selecionadas as produções dos alunos que acertaram 6 ou mais questões, comparando esses resultados com o desempenho obtido no Teste dos Cubos de Corsi.

### Análise e Resultados

Para identificar a origem dos dados, os alunos foram codificados de "A1 a A21". Apesar de ser reforçado na aplicação pelos pesquisadores, pela professora que cedeu horário na turma e na folha de questões, a maioria das questões não apresentavam os caminhos traçados pelos alunos. Algumas apresentavam apenas cálculos espalhados pelas folhas e outras não havia nada escrito, apenas a resposta.

A seguir, a Figura 2 apresenta o percentual de acertos nas questões do ENEM e o desempenho no Teste Cubos de Corsi.

Figura 2 - Comparativo do percentual de acertos nas questões do ENEM com o percentual do desempenho na ordem inversa no Teste dos Cubos de Corsi do 3ºA



Fonte: Paula (2022)

Percebe-se, na Figura 2, que os alunos A5, A9, A10, A13, A17 e A21 apresentaram baixo desempenho tanto nas questões do ENEM quanto no Teste dos Cubos de Corsi, mantendo uma correspondência direta com os resultados apontados na literatura. No entanto, o aluno A1 destacou-se por acertar 8 questões do ENEM, mas teve baixo desempenho no Teste dos Cubos de Corsi, padrão semelhante ao do aluno A4, porém em menor intensidade. O aluno A18 merece destaque por apresentar bom desempenho em ambos os testes. Por outro lado, os alunos A2, A3, A6, A7, A8, A12, A14, A15, A16 e A20 mostraram desempenho inferior no ENEM, apesar de terem tido um bom desempenho no Teste dos Cubos de Corsi.

Ao observar a Figura 2 em primeiro momento, é possível perceber uma perspectiva diferente da apresentada na literatura. De um total de 21 alunos, apenas 5 acertaram 6 ou mais questões. Os alunos com melhor desempenho nas questões do ENEM apresentaram desempenho médio ou inferior na ordem inversa do Teste dos Cubos de Corsi, conforme apresentado na Figura 3. A classificação no Teste dos Cubos de Corsi foi feita baseada no que estabelecem Strauss, Sherman e Spreen (2006).

Figura 3 - Alunos com melhor desempenho em questões do ENEM (6 ou mais questões corretas) e o desempenho no Teste dos Cubos de Corsi

Alunos com melhor desempenho nas questões do ENEM	Classificação da pontuação total nos Cubos de Corsi	Classificação do <i>span</i> nos Cubos de Corsi
A1	Limítrofe	Médio Inferior
A4	Médio	Médio
A7	Médio	Médio Superior
A18	Médio	Médio
A19	Médio	Médio

Fonte: Paula (2022)

Mesmo dentre esses alunos, poucos registros escritos foram identificados para serem analisados. Assim, para atingir o objetivo desta investigação, foram analisadas qualitativamente algumas das produções dos alunos A18 e A19, mesmo que a resposta correta não tenha sido alcançada. Dentre todas as produções, são as que apresentam mais informações e por esse motivo são utilizadas para tecer comentários pontuais sobre as resoluções e também para comentários gerais das produções.

A Figura 4 apresenta uma questão que foi escolhida pois, para sua resolução, é necessário considerar as angulações e sentidos do enunciado e localizar o caminho seguido pelo passageiro. Ou seja, é necessário imaginar o deslocamento e direções tomadas utilizando a habilidade visuoespacial.

Figura 4 - Questão 165, caderno amarelo - ENEM 2009

**Questão 165**

Rotas aéreas são como pontes que ligam cidades, estados ou países. O mapa a seguir mostra os estados brasileiros e a localização de algumas capitais identificadas pelos números. Considere que a direção seguida por um avião A1 que partiu de Brasília – DF, sem escalas, para Belém, no Pará, seja um segmento de reta com extremidades em DF e em 4.

**Mapa do Brasil e algumas Capitais**

1 Manaus	10 Rio de Janeiro
2 Boa Vista	11 São Paulo
3 Macapá	12 Curitiba
4 Belém	13 Belo Horizonte
5 São Luís	14 Goiânia
6 Teresina	15 Cuiabá
7 Fortaleza	16 Campo Grande
8 Natal	17 Porto Velho
9 Salvador	18 Rio Branco

SIQUEIRA, S. Brasil Regiões. Disponível em: [www.santagosiqueira.pro.br](http://www.santagosiqueira.pro.br). Acesso em: 28 jul. 2009 (adaptado).

Suponha que um passageiro de nome Carlos pegou um avião A11, que seguiu a direção que forma um ângulo de  $135^\circ$  graus no sentido horário com a rota Brasília – Belém e pousou em alguma das capitais brasileiras. Ao desembarcar, Carlos fez uma conexão e embarcou em um avião A111, que seguiu a direção que forma um ângulo reto, no sentido anti-horário, com a direção seguida pelo avião A11 ao partir de Brasília-DF. Considerando que a direção seguida por um avião é sempre dada pela semirreta com origem na cidade de partida e que passa pela cidade destino do avião, pela descrição dada, o passageiro Carlos fez uma conexão em

- Ⓐ Belo Horizonte, e em seguida embarcou para Curitiba.
- Ⓑ Belo Horizonte, e em seguida embarcou para Salvador.
- Ⓒ Boa Vista, e em seguida embarcou para Porto Velho.
- Ⓓ Goiânia, e em seguida embarcou para o Rio de Janeiro.
- Ⓔ Goiânia, e em seguida embarcou para Manaus.

Fonte: Enem (2009)

Figura 5 - Produção do aluno A18 na questão do ENEM 2009

primeiro segmento - se vendê vira  $135^\circ$  graus sem sentido horário, que vira na região de Belo Horizonte. formando um ângulo reto partindo da reta A11, sem sentido anti-horário, a reta passava pela região de Salvador.

1 Manaus	10 Rio de Janeiro
2 Boa Vista	11 São Paulo
3 Macapá	12 Curitiba
4 Belém	13 Belo Horizonte
5 São Luís	14 Goiânia
6 Teresina	15 Cuiabá
7 Fortaleza	16 Campo Grande
8 Natal	17 Porto Velho
9 Salvador	18 Rio Branco

Fonte: Paula (2022)

Na Figura 5 o aluno utilizou intensamente as habilidades visuoespaciais ao desenhar as retas que representam o trajeto do passageiro no mapa, considerando as angulações envolvidas. A representação visual incluiu um ângulo reto entre as retas que partem do Distrito Federal (DF) para o Rio de Janeiro e de DF para Salvador. Esse raciocínio visual sugere que o aluno imaginou o trajeto como segmentos conectados, interpretando erroneamente que o avião retornaria ao DF antes de seguir


para Salvador. Apesar dessa interpretação equivocada, a visualização espacial permitiu que o aluno chegasse à resposta correta ao manipular mentalmente as direções e as distâncias no mapa. Essa abordagem evidencia a importância da visualização espacial na compreensão de trajetórias e relações angulares.

A Figura 6 apresenta outra questão do teste e a Figura 7 a resolução de A18. A escolha dessa questão se deu pois, para sua resolução é necessário entender a representação do quadro com três partes pintadas de quatro, sendo igual a 75%. Partindo disso, imaginar uma nova representação (manipulação) na lousa que seja igual a 40% e por isso foi considerado que envolvia a habilidade visuoespacial

Figura 6 - Questão 136, caderno amarelo - ENEM 2010

**Questão 136**


Um professor dividiu a lousa da sala de aula em quatro partes iguais. Em seguida, preencheu 75% dela com conceitos e explicações, conforme a figura seguinte.




Alguns dias depois, o professor apagou a lousa por completo e, adotando um procedimento semelhante ao anterior, voltou a preenchê-la, mas, dessa vez, utilizando 40% do espaço dela.

Uma representação possível para essa segunda situação é


A




B



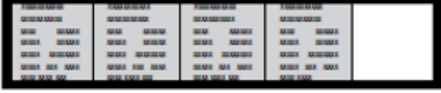
C



D




E



Fonte: ENEM, 2010

Figura 7 - Produção do aluno A18 na questão do ENEM 2010

(ENEM – 2010) Um professor dividiu a lousa da sala de aula em quatro partes iguais. Em seguida, preencheu 75% dela com conceitos e explicações, conforme a figura seguinte.



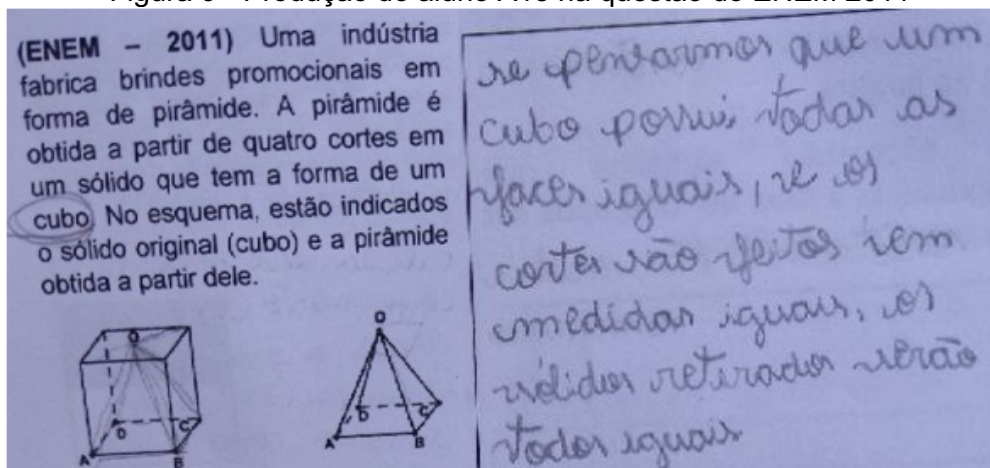
Vejo considerando a lousa completa como 100%, podemos dividi-la em 4 partes iguais de 25%, 50%, 75% e 100%. 40% seria próximo de 50%, igualando a quase metade da lousa, como represento na opção C

Fonte: Paula (2022)

Na Figura 7, o aluno utilizou as habilidades visuoespaciais para dividir mentalmente a lousa em quatro partes iguais, representando visualmente as porcentagens correspondentes a cada seção. Ao situar a posição dos 40% solicitados



Figura 9 - Produção do aluno A18 na questão do ENEM 2011



Fonte: Paula (2022)

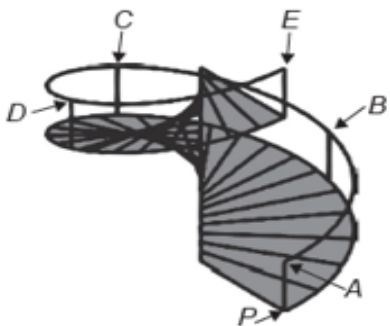
O aluno visualizou os cortes no cubo e desenhou uma pirâmide dentro dele, indicando que tentou mentalmente manipular as partes resultantes da decomposição espacial. No entanto, o raciocínio visuoespacial parece ter apresentado limitações ao não considerar que os cortes alterariam a estrutura do cubo, transformando-o em outra figura geométrica. O erro parece não ter sido na representação espacial em si, mas na continuidade tridimensional da forma. O aluno usou corretamente a visualização para decompor o cubo, mas teve dificuldade em reorganizar mentalmente as partes em uma nova figura geométrica.

A questão destacada na Figura 10 foi escolhida, pois para sua resolução é necessário imaginar a modificação do corrimão na projeção ortogonal, bem como imaginar que os pontos P, A, E estão em uma mesma reta em que se nota o uso da habilidade visuoespacial.






Figura 10 - Questão 154, caderno amarelo - ENEM 2014

**QUESTÃO 154** .....

O acesso entre os dois andares de uma casa é feito através de uma escada circular (escada caracol), representada na figura. Os cinco pontos  $A, B, C, D, E$  sobre o corrimão estão igualmente espaçados, e os pontos  $P, A$  e  $E$  estão em uma mesma reta. Nessa escada, uma pessoa caminha deslizando a mão sobre o corrimão do ponto  $A$  até o ponto  $D$ .

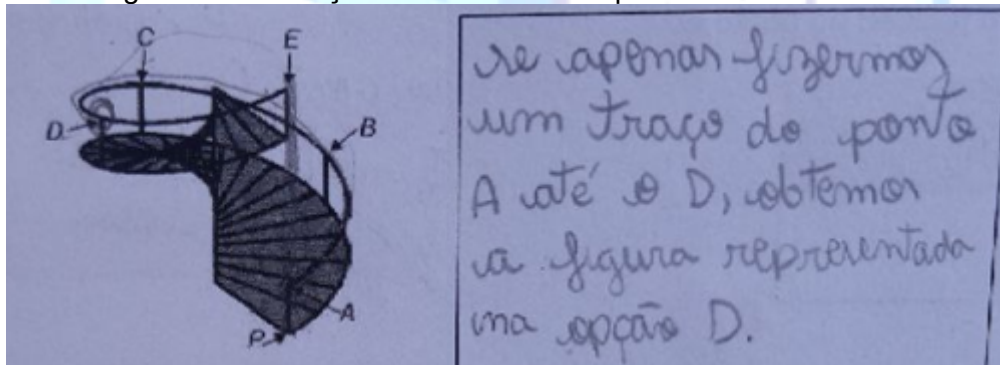


A figura que melhor representa a projeção ortogonal, sobre o piso da casa (plano), do caminho percorrido pela mão dessa pessoa é:

Fonte: ENEM (2014)

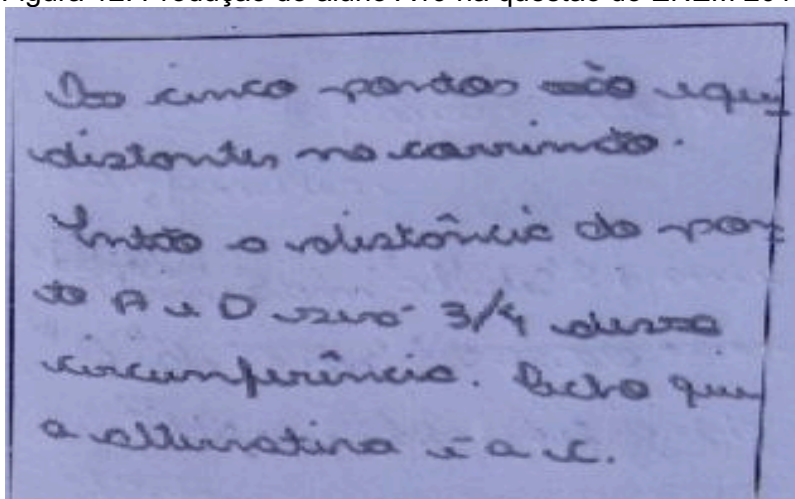
Figura 11 - Produção do aluno A18 na questão do ENEM 2014



Fonte: Paula (2022)

A Figura 11 revela que o aluno A18 tentou resolver a questão seguindo o desenho do corrimão, o que resultou em uma resposta incorreta. Isso sugere uma falha no conhecimento matemático sobre projeções ortogonais, apesar de ter utilizado corretamente a habilidade visuoespacial para seguir o padrão visual do corrimão. Em contrapartida, na Figura 12, o aluno A19 fundamentou sua justificativa na matemática, considerando pontos equidistantes e reconhecendo corretamente as partes da circunferência, demonstrando um raciocínio mais abstrato e conceitual.

Figura 12: Produção do aluno A19 na questão do ENEM 2014



Fonte: Paula (2022)

De modo geral, a análise das produções dos alunos revelou que as habilidades visuoespaciais desempenharam um papel importante na resolução das questões do ENEM, especialmente naquelas que exigiam manipulação mental de trajetórias, proporções e transformações geométricas. Os alunos utilizaram essas habilidades para imaginar deslocamentos, ajustar direções e reorganizar mentalmente figuras complexas. Contudo, observou-se que o uso exclusivo da visualização espacial levou a erros quando não houve suporte de raciocínio matemático estruturado.

Ao se comparar o desempenho no Teste Cubos de Corsi, a porcentagem de acertos no teste com questões do ENEM (Figura 2) com a análise dos registros escritos dos alunos, percebe-se que o aluno A18 demonstrou bom desempenho em ambos os testes, utilizando amplamente a habilidade visuoespacial para ancorar suas estratégias. Em contrapartida, o aluno A19 teve um desempenho médio no Teste dos Cubos de Corsi, mas obteve bons resultados no ENEM, ancorando suas justificativas em fundamentos matemáticos.

Os resultados obtidos permitem identificar diferentes tipos de relação entre a Memória de Trabalho Visuoespacial e o desempenho em questões do ENEM que mobilizam habilidades espaciais. Em alguns casos, observou-se uma correspondência direta entre baixo desempenho no Teste dos Cubos de Corsi e baixo desempenho nas questões do ENEM, sugerindo que limitações na manipulação de informações visuoespaciais podem dificultar a resolução de problemas matemáticos que exigem visualização. Entretanto, também foram identificados casos de dissociação entre os desempenhos, indicando que a Memória de Trabalho Visuoespacial não constitui um fator determinante isolado, sendo o desempenho

matemático influenciado também por conhecimentos prévios e por diferentes estratégias cognitivas de resolução.

### **Considerações Finais**

Este estudo explorou relações entre o desempenho em questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) que envolvem habilidades visuoespaciais e a Memória de Trabalho Visuoespacial, utilizando dados coletados por meio do Teste dos Cubos de Corsi e de um conjunto de questões de matemática do ENEM que exigiam habilidades visuoespaciais para serem resolvidas. Os resultados revelaram que alunos com baixo desempenho no ENEM também tiveram baixo desempenho no Teste dos Cubos de Corsi, sugerindo uma relação direta entre a Memória de Trabalho Visuoespacial e a capacidade de armazenar e manipular informações visuais para resolver problemas matemáticos. No entanto, a maioria dos alunos com bom desempenho nas questões do ENEM apresentou apenas um desempenho médio no Teste dos Cubos de Corsi, indicando que, embora pareça haver uma relação, outros fatores também podem influenciar o desempenho matemático.

A análise qualitativa revelou que a Memória de Trabalho Visuoespacial parece não ser o único fator determinante para o sucesso em questões matemáticas visuoespaciais, conforme já apontado na literatura. A comparação das produções dos alunos A18 e A19 evidenciou que o aluno A18 utilizou estratégias visuais detalhadas para justificar suas respostas, enquanto o aluno A19 acertou mais questões, apesar de justificar minimamente seu raciocínio. Esse contraste sugere que o desempenho não depende apenas da estratégia visuoespacial, mas também de conhecimentos prévios em matemática e da capacidade de integrar diferentes habilidades cognitivas. Além disso, as produções do aluno A19 indicaram que o conhecimento prévio sobre terminologias matemáticas teve um papel importante na sua performance, destacando a influência da memória de longo prazo e do conhecimento conceitual no desempenho matemático.

Conforme Resnick, Newcombe e Jordan (2019), verificou-se neste estudo que a relação entre matemática e habilidades visuoespaciais parece depender do contexto das tarefas e das estratégias cognitivas utilizadas, sugerindo que o desempenho matemático pode ser visto como um conjunto de habilidades interconectadas, influenciadas por fatores diversos ao longo do tempo. Essa perspectiva pode explicar por que alguns alunos com bom desempenho em matemática apresentaram resultados médios ou baixos em Memória de Trabalho Visuoespacial, enquanto outros

tiveram desempenho inverso, indicando uma relação não linear entre essas habilidades.

Os resultados desta investigação sugerem implicações pedagógicas importantes para a Educação Matemática. Primeiramente, destacam a necessidade de se considerar as habilidades visuoespaciais como um componente no desenvolvimento do raciocínio matemático. Estratégias pedagógicas que estimulam a visualização mental, como o uso de representações gráficas, modelagem geométrica e recursos manipulativos, podem potencializar a aprendizagem matemática ao fortalecer a capacidade de manipulação visuoespacial dos alunos. Além disso, os resultados indicam que a prática de exercícios que envolvem a Memória de Trabalho Visuoespacial, como atividades que exigem a rotação mental de objetos ou a visualização de transformações geométricas, pode auxiliar na superação de dificuldades em questões matemáticas mais complexas.

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Primeiramente, foi utilizado apenas o Teste dos Cubos de Corsi para avaliar a Memória de Trabalho Visuoespacial, o que restringe a análise a um único aspecto das habilidades visuoespaciais. Outras habilidades, como rotação mental e orientação espacial, não foram abordadas, o que poderia fornecer uma visão mais abrangente sobre a relação com o desempenho matemático. Além disso, a amostra foi limitada a um grupo específico de estudantes, o que reduz a generalização dos resultados para outros contextos educacionais. Outro ponto importante é que as questões do ENEM foram analisadas apenas quanto ao uso de habilidades visuoespaciais, sem considerar a influência de fatores emocionais, como a autoconfiança, que também podem afetar o desempenho. Recomenda-se que futuros estudos incluam múltiplos instrumentos para avaliar diferentes componentes das habilidades visuoespaciais e considerem uma amostra mais ampla e diversificada para validar as conclusões apresentadas.

## Referências

ANTUNES, Andressa Moreira, JÚLIO-COSTA, Annelise; HAASE, Vitor Geraldi. Tarefa de Cubos de Corsi. In JÚLIO-COSTA, Annelise; MOURA, Ricardo; HAASE, Vitor Geraldi (eds.) **Compêndio de testes neuropsicológicos: Atenção, funções executivas e memória**. 2017.

BORBA, Marcelo de Carvalho. A pesquisa qualitativa em Educação Matemática. **27ª reunião anual da ANPEd**, Caxambu, p. 21-24, nov. 2004.

BOGDAN, Robert C; BIKLEN, Sari Knopp. **Qualitative research for education: An introduction to theory and methods**. Allyn and Bacon. 1982

DIAMOND, Adele. Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, p. 135-168, 2013.

DREYFUS, Tommy. Advanced Mathematical thinking. In: P. Neshier e J. Kilpatrick. (Org). *Mathematics and Cognition*. Cambridge: University Press. p. 113-134. 1990.

FLORES, Cláudia Regina; WAGNER, Débora Regina; BURATTO, Ivone Catarina Freitas. Pesquisa em visualização na educação matemática: conceitos, tendências e perspectivas. *Educação Matemática Pesquisa*, v. 14, n. 1, p. 31-45, 2012.

GARCIA, Ricardo Basso; GALERA, Cesar. Habilidades visuoespaciais: conceitos e instrumentos de avaliação. *Sociedade Brasileira de Neuropsicologia*, p. 7-11, 2015.

LOWRIE, Tom; LOGAN, Tracy; RAMFUL, Ajay. Visuospatial training improves elementary students' mathematics performance. *British Journal of Educational Psychology*, p. 01-17, 2017.

MELLO, Rael de. *Avaliação das relações entre a memória de trabalho verbal e visuoespacial de adultos saudáveis*. Dissertação (Mestrado em Psicologia) - Universidade Federal do Paraná, 2016.

MIX, Kelly S. Why Are Spatial Skill and Mathematics Related?. *Society for Research in Child Development*, v. 13, n. 12, p. 121-126, 2019.

PAÍN, Sara. *Diagnóstico e tratamento dos problemas de aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed. 1985. 87p.

PAULA, Gabriel Pereira de. *Relações entre a Memória de Trabalho Visuoespacial e o desempenho em questões de matemática do ENEM que envolvem habilidades visuoespaciais*. 2022. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Licenciatura em Matemática. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2022.

RESNICK, Ilyse; NEWCOMBE, Nora S.; JORDAN, Nancy C. The Relation Between Spatial Reasoning and Mathematical Achievement in Children with Mathematical Learning Difficulties. In: FRITZ, Annemarie; HAASE, Vitor Geraldi; RÄSÄNEN, Pekka. *International Handbook of Mathematical Learning Difficulties*. 2019.

SANTANA, Yuri Eduardo Gomes de; CONCEIÇÃO, Jonatas Reis Bessada; CARIBÉ, Gustavo Luís Cerqueira; OLIVEIRA, Talia Ramos de; CORREIA, Ramile Costa Brito; ATALAIA-SILVA, Kelly Cristina; ABREU, Neander. Normas do Cubos de Corsi para população adulta. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*, v. 13, n. 2, p. 1-10, 2021.

STRAUSS, Esther; SHERMAN, Elizabeth M. S.; SPREEN, Otfried. *A Compendium of Neuropsychological Tests: Administration, Norms, and Commentary*. Nova Iorque: Oxford University Pres, 2006. 1216p.

Submetido em fevereiro de 2025.

Aceito em março de 2026.