

## Como Despertar o Potencial das Crianças para a Matemática: 5 Resultados de Pesquisa que Transformam o Aprendizado de Matemática.

Jo Boaler, Professora de Ensino de Matemática, Universidade de  
Stanford, presidente do *Youcubed*



Em quase toda aula de matemática há um elefante no meio da sala, e ele se chama “a ideia de que apenas alguns alunos vão se sair bem na matéria”.

Alunos, pais e professores acreditam nisso. O mito de que a matemática é um dom restrito a alguns alunos é uma das ideias mais prejudiciais que se disseminou na educação dos Estados Unidos, e que atrapalha o desempenho dos alunos nessa disciplina.

Este curto artigo resume cinco importantes áreas do conhecimento descobertas recentemente em estudos sobre o cérebro e o aprendizado, e que contestam esse mito de frente.

Nos últimos anos, a forma como os cientistas enxergam a habilidade e o aprendizado mudou radicalmente. O advento das tomografias cerebrais e outros avanços tecnológicos permitiram aos pesquisadores obter novas e importantes informações sobre o aprendizado e a habilidade. Os resultados que estão surgindo têm grande importância para todos os diretores e coordenadores de escolas, bem como professores ou tutores de matemática.

### **1. Todos os alunos podem se sair bem em níveis de alta complexidade.**

Três estudos têm sido particularmente importantes na mudança sobre como os cientistas entendem a "habilidade" e o potencial para o aprendizado:

- (1) Em Londres, os motoristas de táxi precisam fazer um curso de 2 a 4 anos para se tornarem aptos a dirigir um "táxi preto" em qualquer lugar do centro da cidade. Os motoristas aprendem trajetos envolvendo 20.000 ruas e 25.000 pontos de referência da região metropolitana. Hoje, os cientistas sabem que o cérebro desses motoristas cresce durante seu período de treinamento. Quando ele chega ao fim, seu hipocampo, área do cérebro especializada em adquirir e usar informações espaciais, está significativamente maior. Os cientistas também descobriram que, quando os taxistas se aposentam, o hipocampo volta ao tamanho original. (MAGUIRE *et al*, 2000)

- (2) Em 2007, uma garota foi submetida a uma cirurgia que retirou metade do seu cérebro devido a seus incontroláveis ataques epiléticos. Os médicos achavam que ela passaria muitos anos paralisada, uma vez que o cérebro controla os movimentos físicos, mas ela os chocou ao recuperar suas funções em apenas alguns meses. O cérebro reestabeleceu as conexões de que ela precisava, muito mais rapidamente do que jamais pensaram ser possível. (TODAY, 2010)
- (3) Talvez, o estudo mais relevante para os educadores seja o realizado pelo *National Institute of Mental Health* (Instituto Nacional de Saúde Mental), no qual os pesquisadores deram aos participantes *três semanas* de treinamento enquanto monitoraram tomografias cerebrais. Este curto programa mudou a estrutura do cérebro dos participantes. (KARNI *et al*, 1998)

Estes e outros estudos mostram que o cérebro dos alunos pode se adaptar e crescer em resposta a qualquer oportunidade de ensino, e que se deve, portanto, rejeitar o conceito de que alguns alunos não são capazes de aprender conteúdos de alta complexidade. Muitas pessoas pensam que alguns alunos não estão "prontos" para a álgebra. Contudo, se a estrutura do cérebro humano pode mudar em um programa de 3 semanas, imagine o que pode ser feito em um ano de aulas de matemática!

A prática do ensino no Ocidente tem se baseado, há centenas de anos, em conceitos voltados à habilidade. Escolas de todo o território norte-americano seguem critérios de habilidade para agrupar os alunos de acordo com categorias de baixo, médio e alto desempenho. Essa prática continua, apesar de décadas de pesquisa mostrando que os alunos conseguem alcançar um desempenho melhor em salas de aula heterogêneas (BOALER, 2009, p. 2013b). Quando as escolas deixam de seguir esse preceito, há uma melhora no desempenho de todos, independentemente dos níveis individuais. (BURRIS *et al*, 2006)

Hoje, os pesquisadores entendem que toda criança pode ter um alto desempenho em matemática na escola; basta que lhes sejam oferecidas oportunidades. A ideia dominante de que alguns alunos são inteligentes e conseguem se sair melhor do que outros por conta de uma habilidade herdada geneticamente, é um equívoco. Os genes exercem alguma influência sobre o aprendizado, mas ela é mínima, e pode ser suplantada pelas oportunidades de aprendizado oferecidas aos alunos.

É claro que todos conhecemos alunos que são mais rápidos que outros, ou que parecem entender matemática com facilidade. Isso se dá porque eles tiveram diversas oportunidades para fazer conexões cerebrais durante a infância. Os alunos que têm dificuldades para aprender não tem menos potencial, mas não receberam as mesmas oportunidades que os outros. Isso torna ainda mais importante que a escola ofereça oportunidades e estímulo aos alunos de baixo desempenho, permitindo-lhes, assim, avançar para uma matemática de alta complexidade - o que não significa direcioná-los a turmas de baixo desempenho, ou lhes dar trabalhos de baixa complexidade, mas

oferecer trabalhos desafiadores e, ao mesmo tempo, mensagens constantes sobre como o esforço gera o alto desempenho e como todos têm potencial para chegar lá.

## **2. O que os alunos pensam sobre suas habilidades determina as rotas de aprendizado e o desempenho em matemática.**

Em 2006, Carol Dweck publicou um livro que resumia décadas de investigação sobre "mentalidade" e, rapidamente, se tornou um best-seller do New York Times (DWECK, 2006), impactando a prática educacional mais do que qualquer outro volume de pesquisa que eu conheça. Em sua pesquisa, Dweck mostrou que todos nós temos uma "mentalidade" - uma ideia sobre a habilidade e o potencial, e que algumas pessoas têm uma "mentalidade de crescimento", enquanto outras têm uma "mentalidade fixa". Aqueles com uma mentalidade de crescimento acreditam que a inteligência aumenta com dedicação e que tudo o que aprendem os torna mais inteligentes; aqueles com uma "mentalidade fixa" acreditam que algumas pessoas são inteligentes, e outras, não.

Essas diferentes mentalidades são associadas a comportamentos, que sabemos exercer um enorme impacto sobre o aprendizado e o desempenho (BLACKWELL et al, 2007). Os alunos com uma "mentalidade de crescimento" persistem mais na resolução de problemas, apreciam desafios e aprendem com os erros, enquanto aqueles com uma "mentalidade fixa" desistem logo, evitam problemas desafiadores e odeiam cometer erros. Quando os alunos têm uma "mentalidade de crescimento", alcançam níveis mais altos, e, quando recebem a intervenção de uma mentalidade, a trajetória de seu aprendizado acelera imediatamente em direção a um desempenho cada vez mais elevado (BLACKWELL et al, 2007). A mentalidade também tem implicações significativas sobre a equidade:

- a. As meninas com alto desempenho estão entre as mais prejudicadas pela mentalidade fixa, que as faz evitar trabalhos desafiadores e cursos de alto nível. (DWECK, 2006b)
- b. As diferenças de gênero nas escolas só são identificadas entre alunos com mentalidade fixa. (DWECK, 2006b)
- c. As intervenções de mentalidade geram uma melhora mais significativa no desempenho de alunos das minorias. (COHEN et al, 2006)

Nos EUA, as pessoas são mais propensas a ter uma mentalidade fixa sobre a matemática, mais do que em relação a qualquer outra matéria ou área, e a prevalência da mentalidade fixa é um dos motivos por que o trauma da matemática e as repetências estão generalizados no país. É extremamente importante que os professores e os alunos desenvolvam uma mentalidade de crescimento; o que pode ser feito durante qualquer período da vida.

Quando recentemente perguntei a mais de 800 gestores escolares nos EUA quais práticas educacionais desenvolvem e mantêm uma mentalidade fixa, a mais mencionada foi a habilidade de agrupamento. Eu concordo; é difícil passar para os alunos uma mensagem com mais fixidez mental do que agrupá-los e dizer que eles têm uma determinada habilidade. Num estudo recente, Romero (2013) descobriu que um número significativamente maior de alunos desenvolveu mentalidades fixas quando foram colocados em grupos de alto desempenho. Os alunos que desenvolvem mentalidades de fixidez geralmente farão o possível para manter a ideia de que são "inteligentes", o que pode deixá-los vulneráveis a ter comportamentos improdutivos de aprendizado, e a evitar trabalhos desafiadores ou aulas de matemática mais avançada.

É extremamente importante que as escolas passem mensagens que incentivem a mentalidade de crescimento nos alunos, o que implica não limitar seu desempenho por meio da forma de agrupamento e outras práticas, que acabam estimulando uma mentalidade fixa. Isso é importante para a equidade, para alunos de todos os níveis, e pode ser a chave para despertar o potencial de milhões de alunos de matemática.

### **3. Erros e dificuldades são extremamente importantes para o aprendizado**

Há muito tempo, os educadores sabem que os alunos que vivenciam "conflitos cognitivos" adquirem um aprendizado mais profundo, e que trabalhar duro para assimilar uma nova ideia ou conceito é muito produtivo para o aprendizado (PIAGET, 1970). No entanto, pesquisas recentes sobre o cérebro mostram o que eu acredito ser um impressionante novo resultado. Moser e alguns colegas (2007) mostraram que, quando os alunos cometem erros em matemática, ocorrem atividades no cérebro que não estariam ali se eles tivessem acertado. Para pessoas com uma mentalidade de crescimento, cometer um erro resulta num crescimento cerebral particularmente significativo.

Isso significa que nós queremos que os alunos cometam erros de matemática, e que não devemos lhes dar atividades nas quais eles vão quase sempre acertar.

Em outra ocasião (BOALER, no prelo) argumentou que os alunos de matemática nos EUA acreditam que seu papel é o de realização – mostrar que sabem matemática e conseguem responder às questões corretamente – em vez de aprendizado. É muito difícil estar numa aula de matemática na qual, constantemente, se executam atividades fechadas e curtas, limitadas ao certo ou errado, e manter uma mentalidade de crescimento.

Quando abrimos as atividades, estimulamos a oportunidade para um aprendizado significativo e para uma percepção da matemática como uma *matéria de aprendizado*. Atividades limitadas e fechadas estimulam os alunos a crer que a matemática é uma *matéria de realização*, isto é, que eles estão na aula para mostrar que sabem. Muitos acham

que vão à aula de matemática para responder às perguntas corretamente, e não para aprender. Eu me dei conta disso recentemente, quando uma colega, Rachel Lambert, me disse que seu filho de 6 anos tinha voltado para casa dizendo que não tinha gostado da aula de matemática. Quando perguntou o porquê, ele respondeu: "A matemática dá muito tempo pra gente responder, mas pouco tempo pra gente aprender".

Se nós estamos realmente empenhados em estimular os alunos a desenvolver mentalidades de crescimento, precisamos oferecer atividades abertas que contemham espaço para o aprendizado, e não atividades curtas nas quais a função do aluno é errar ou acertar. As atividades se tornam mais abertas quando contêm ou encorajam:

- Múltiplos pontos de entrada
- Várias maneiras de enxergá-las
- Caminhos e estratégias variados para encontrar soluções

As pesquisas sobre a mentalidade, e sobre a importância dos erros, são fortes indicativos de que precisamos de ambientes matemáticos nos quais os alunos recebem atividades abertas e trabalhos desafiadores que os levem a tentar com afinco, vivenciar conflitos cognitivos e cometer erros. Os professores devem oferecer apoio, ou até recompensar os alunos por seus erros, para que se sintam à vontade para cometê-los. Para encontrar mais orientações sobre formas de ensinar matemática voltada a uma mentalidade de crescimento, acesse as aulas online, disponíveis aqui: <http://online.stanford.edu/course/how-to-learn-math>, e os vídeos em [www.youcubed.org](http://www.youcubed.org) e em Boaler (2009).

#### **4. A matemática deve ser dissociada da velocidade**

Uma mensagem importante que a neurociência está trazendo diz respeito aos danos causados pela vinculação entre o desempenho em matemática e a velocidade. Muitas aulas de matemática nos EUA incentivam a ideia de que os melhores alunos são os que trabalham rápido. Em seu recente livro de memórias, o matemático e vencedor da Medalha Fields, Laurent Schwartz, refletiu sobre sua infância, e descreveu o tempo de escola como uma época em que ele se achava burro.

"Sempre fui muito inseguro em relação à minha própria capacidade intelectual, pois me achava burro. É verdade que eu era, e ainda sou, bastante lento. Preciso de tempo para entender as coisas, porque sempre preciso compreendê-las plenamente. Perto do final do 9º ano, eu secretamente me achava um burro, e isso me foi motivo de preocupação por muito tempo.

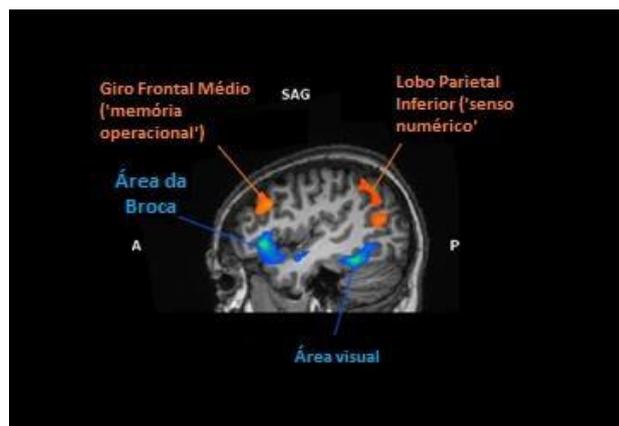
Ainda sou tão lento quanto antes. No fim do segundo ano do ensino médio, refleti sobre isso, e cheguei à conclusão que a rapidez não está diretamente relacionada à inteligência. O importante é conhecer as coisas a fundo e suas relações entre si. É aí onde mora a

inteligência. O fato de ser rápido ou lento não é, de fato, relevante". (SCHWARTZ, 2001).

Infelizmente, muitos estudantes nos EUA vêm a acreditar que os alunos rápidos tem mais potencial, o que significa que muitos alunos lentos, mas profundos pensadores, são afastados da matemática. Eu trabalho com muitos matemáticos que estão entre os mais lentos estudiosos da matéria que conheço; isso se dá porque eles pensam profundamente sobre matemática e não querem abordar as ideias de forma superficial. A marca de um raciocínio de matemática de alto nível, segundo Schwartz, é trabalhar a fundo, e não com rapidez.

Uma prática educacional comum nos EUA é a exigência de submeter crianças pequenas a testes cronometrados. Hoje, está comprovado que tais práticas causam ansiedade precoce em relação à matemática em um grande número de alunos. (BOALER, 2012)

Sian Beilock e seus colegas realizaram tomografias do cérebro e concluíram que os fatos matemáticos, tais como aqueles usados em testes cronometrados, são retidos pela memória operacional (BEILOCK, 2011). Ou seja, quanto mais memória operacional um sujeito tiver, mais propenso ele será a obter sucesso acadêmico (ENGLE, 2002). No entanto, os estudiosos descobriram que situações de estresse bloqueiam seu funcionamento, o que *impede as pessoas de acessar* fatos que conhecem bem.



Sian Beilock, 2013

Não há necessidade alguma de estimular a rapidez em aulas de matemática. Além do *stress* causado pela pressão de tempo, isso raramente incentiva os alunos a ser rápidos de fato. Em vez disso, os alunos rápidos continuam rápidos, e os lentos continuam lentos, e, sob a influência da ansiedade, tornam-se ainda mais lentos. Os testes cronometrados, assim como outros materiais relacionados à velocidade, tais como “cartões didáticos”, acabam desestimulando os alunos que pensam devagar e profundamente (GOLINKOFF et al, 2004). É importante apresentar a matemática como uma matéria que exige pensamentos profundos, e não uma memória rápida. Para obter mais informações sobre os danos causados por testes cronometrados, veja Boaler (2012).

## 5. O poderoso impacto das mensagens dos professores

O que muitos alunos pensam de seu próprio potencial advém de mensagens sutis, e não tão sutis, que recebem da escola e dos professores. Dois estudos recentes dão indicativos claros sobre o poder das palavras dos professores na formação do potencial das crianças.

(1) Em um estudo (YEAGER et al, 2013), os pesquisadores trabalharam com alunos do ensino médio que foram divididos em dois grupos. Todos os alunos escreveram uma redação em inglês e receberam devolutiva crítica de seus professores, mas metade dos alunos - e os professores não sabiam quem eles eram - receberam uma frase a mais, que dizia:

"Estou te dando esta devolutiva porque acredito no teu potencial"

Um ano depois, os alunos que receberam essa frase tiveram um desempenho melhor nas provas escolares. A frase teve um efeito particularmente significativo sobre os alunos das minorias. Esse resultado foi impressionante - uma única frase resultou em ganhos expressivos e de longo prazo. No entanto, procuro ter cautela ao compartilhar esse resultado, pois não quero que pensem que os professores devem acrescentar essa frase ao seu trabalho, pois isso pode parecer artificial. Afinal, eles têm oportunidades muito melhores e mais abundantes de passar a mensagem de que acreditam nos alunos e os valorizam. Os estudiosos mencionam que o impacto da frase foi decorrente tanto das palavras de estímulo aos alunos, quanto da devolutiva com ensinamentos críticos e úteis. Ao mesmo tempo em que comunicou aos alunos que os professores acreditavam neles, a devolutiva também lhes deu oportunidades de aprender e crescer.

(2) Dweck e seus colegas realizaram um experimento (MEULLER; DWECK, 1998) que mostrou o poder das palavras dos professores, e o quão rápido elas são capazes de causar impacto. Em um de seus experimentos, as crianças receberam uma atividade e, ao terminá-la, metade delas foi elogiada por ser "inteligente", enquanto a outra metade foi elogiada por ser esforçada. Na atividade seguinte, as crianças tinham de escolher entre

uma atividade fácil ou difícil. Noventa por cento das que foram elogiadas por serem inteligentes escolheram a atividade fácil, enquanto a maioria das que foram elogiadas por serem esforçadas escolheu a atividade difícil.

É extremamente importante que nem pais, nem professores, elogiem as crianças de formas fixas, dizendo-lhes que são "inteligentes". Quando escutam isso, elas geralmente se sentem bem, mas depois, quando se saem mal em alguma situação, e isso acontece com todo mundo, pensam: "Bem, eu nem sou tão inteligente assim". Em vez de elogiar a pessoa, elogie o que o aluno fez. Por exemplo: "Que maravilha que você aprendeu a fazer a adição dos números!", e não: "Puxa! Você consegue fazer adição, como é inteligente!". Para encontrar mais conselhos sobre formas de falar com os alunos e elogiá-los, acesse a orientação para os pais em: [www.youcubed.org](http://www.youcubed.org).

### **Discussão e Conclusão**

Certa vez, Gloria Ladson Billings chamou os professores de "guardiões de sonhos". Gosto dessa descrição porque ela expressa, a meu ver de forma precisa, as oportunidades que os professores têm para ajudar os alunos a alcançar seus sonhos. Na matemática, isso começa com acreditar que todos os alunos podem alcançar os níveis mais altos possíveis, como mostram as pesquisas do cérebro. Isso também envolve amalgamar estruturas que estimulem todos os alunos a ter um alto desempenho, e oferecer trabalhos desafiadores e interessantes para todos. Se pudermos gerar essas mudanças no ensino de matemática, um número muito maior de alunos vai apreciar a matemática, sair-se bem em atividades de alto nível, encarar aulas mais complexas e desenvolver a literacia quantitativa de que necessitam para, de fato, se tornarem cidadãos do século XXI.

## Referências:

ARONSON, J.; FRIED, C.B.; GOOD, C. Reducing the Effects of Stereotype Threat on African American College Students by Shaping Theories of Intelligence, *Journal of Experimental Social Psychology*, v. 38, p. 113-125, 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1006/jesp.2001.1491>.

BLACKWELL, L.S.; TRZESNIEWSKI, K. H.; DWECK, C.S., Implicit Theories of Intelligence Predict Achievement across an Adolescent Transition: a longitudinal study and an intervention, *Child Development*, v. 78, n. 1, p. 246-263, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.00995.x>

BEILOCK, S. *Choke: what the secrets of the brain reveal about getting it right when you have to*. Nova York: Free Press, 2011. [Edição brasileira: *Deu branco! Como evitar falhas nos momentos importantes usando a ciência cognitiva*. São Paulo: Best Seller, 2017]

BOALER, J. *What's Math Got To Do With It? How Parents and Teachers Can Help Children Learn to Love Their Least Favorite Subject*. Nova York: Penguin, 2009.

\_\_\_\_\_. Timed tests and the development of math anxiety. *Education Week*. Julho – 2012. Disponível em: <http://www.edweek.org/ew/articles/2012/07/03/36boaler.h31.html>

\_\_\_\_\_. Ability and Mathematics: The Mindset Revolution that is Reshaping Education. *FORUM*, n. 55, v. 1, p. 143-152, 2013a.

\_\_\_\_\_. Ability Grouping in Mathematics Classrooms. *International Encyclopedia of Mathematics Education*, 2013b.

\_\_\_\_\_. *Timed Testing and the Development of Math Anxiety*. Teaching Children Mathematics, NCTM, 2012. Disponível em: <http://www.edweek.org/ew/articles/2012/07/03/36boaler.h31.html>.

BURRIS, C.; HEUBERT, J.; LEVIN, H. Accelerating Mathematics Achievement Using Heterogeneous Grouping. *American Educational Research Journal*, n. 43, v. 1, p. 103-134, 2006.

COHEN, G. L.; GARCÍA, J.; APFEL, N.; MASTER, A. Reducing the Racial Achievement Gap: A Social-Psychological Intervention. *Science, New Series*, n. 313, v. 5791, p. 1307–1310.

DWECK, C.S. *Mindset: the new psychology of success*. Nova York: Ballantine Books, 2006a [Edição portuguesa: *Mindset: a attitude mental para o sucesso*. Lisboa: Vogais Portugal, 2014]

\_\_\_\_\_. Is Math a Gift? Beliefs that Put Females at Risk. In: CECI, S.J.; WILLIAMS, W. (orgs.) *Why Aren't More Women in Science? Top Researchers Debate the Evidence*. Washington: American Psychological Association, 2006b.

ENGLE, R. W. Working Memory Capacity as Executive Attention. *Current Directions in Psychological Science*, n. 11, p. 19-23.

GOLINKOFF, R. M.; HIRSH-PASEK, K.; EYER, D. *Einstein Never Used Flashcards: How Our Children Really Learn - and Why They Need to Play More and Memorize Less*. Pensilvânia: Rodale Books, 2004,

KARNI, A.; MEYER, G.; REY-HIPPOLITO, C.; JEZZARD, P.; ADAMS, M.; TURNER, R., & UNGERLEIDER, L. The acquisition of skilled motor performance: Fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* v. 95, p. 861–868, Fev. 1998. Artigo de Colóquio.

LADSON BILLINGS, G. *The Dreamkeepers, Successful Teachers of African-American Children*. Josey-Bass, 2009.

MAGUIRE E.A.; GADIAN D.G.; JOHNSRUDE I.S.; GOOD C.D.; ASHBURNER J.; FRACKOWIAK, R.S.J.; FRITH, C.D. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, n. 97, p. 4398-4403, 2002. Disponível em: <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/Maguire/Maguire2006.pdf>

MOSER, J.S.; SCHRODER, H.S.; HEETER, C.; MORAN, T.P.; LEE, Y.-H. Mind your errors: evidence for a neural mechanism linking growth mindset to adaptive post-error adjustments. *Psychological Science*, n. 22, p. 1484 – 1489, 2011

MUELLER, C.; DWECK, C. Praise for intelligence can undermine children’s motivation and performance. *Journal for Personality and Social Psychology*. n. 75, v. 1, p. 33-52, 1998.

PIAGET, J. (1970). Piaget's Theory. In P. H. Mussen (Ed.), *Carmichael's Manual of Child Psychology*. New York: Wiley, 1970.

SCHWARTZ, L. *A Mathematician Grappling with his Century*. Suíça: Birkhauser, 2001.

YEAGER, D. S., PURDIE-VAUGHNS, V.; GARCIA, J.; APFEL, N.; BRZUTOSKI, P.; MASTER, A., et al. Breaking the Cycle of Mistrust: Wise Interventions to Provide Critical Feedback Across the Racial Divide. *Journal of Experimental Psychology: General*, n. 143, v. 2, p. 804-824, ago. 2013.