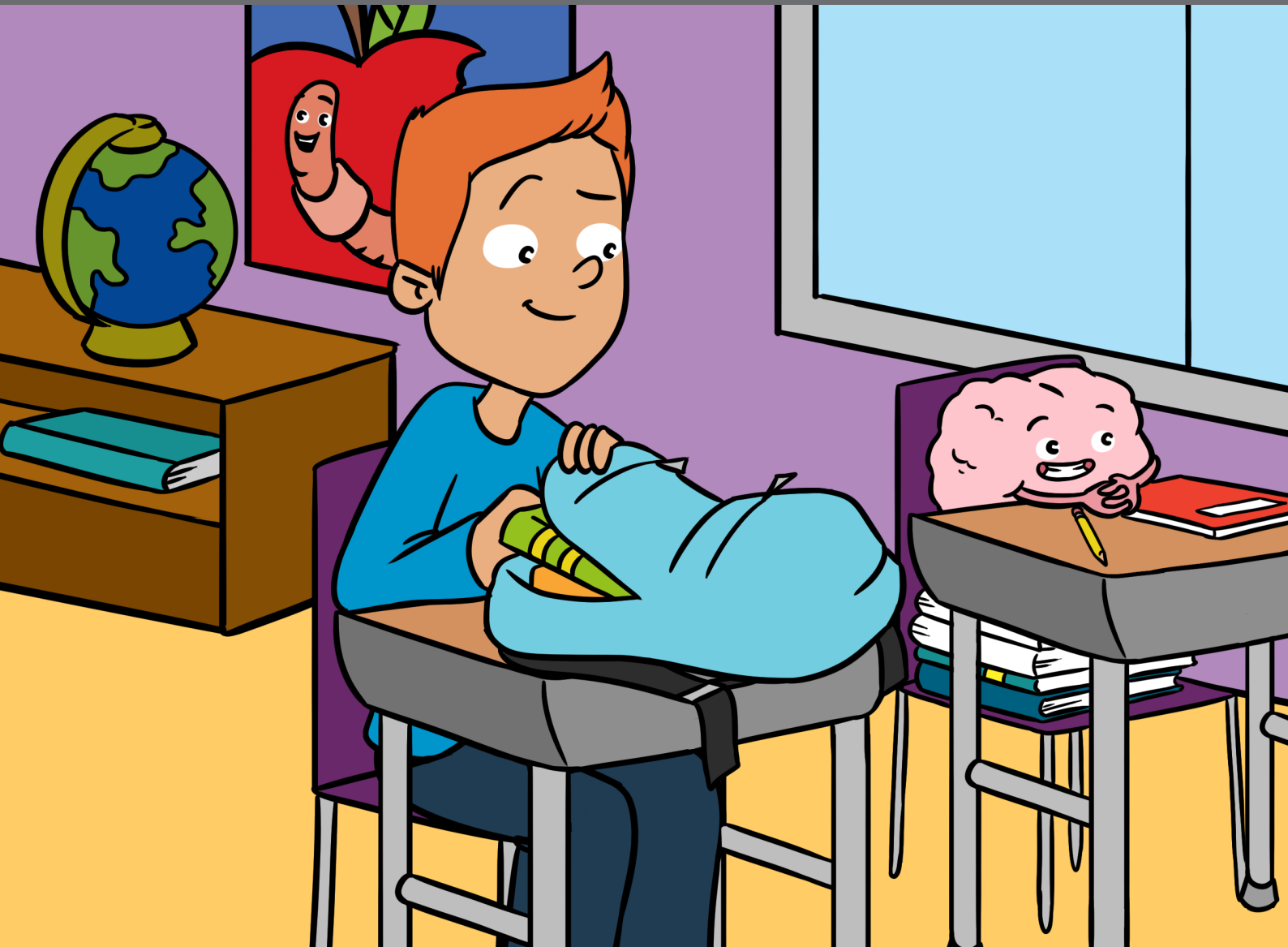


# TUDO O QUE TU E O TEU PROFESSOR PRECISAM DE SABER ACERCA DE UM CÉREBRO EM APRENDIZAGEM

EDITADO POR: Sabine Peters, Nienke van Atteveldt, Jessica Massonnié e  
Stephan E. Vogel  
PUBLICADO EM: Frontiers for Young Minds





# frontiers

## FOR YOUNG MINDS

### Declaração da Frontiers de direitos de autor do e-book

Os direitos de autor do texto de cada artigo neste e-book são propriedade dos respetivos autores ou das respetivas instituições ou entidades financiadoras.

Os direitos de autor dos gráficos e imagens de cada artigo podem estar sujeitos a direitos de autor de terceiros. Em ambos os casos, estão sujeitos a uma licença por parte da Frontiers.

A compilação de artigos que constituem este e-book são propriedade da Frontiers.

Cada artigo deste e-book, assim como o e-book, estão publicados sob a mais recente versão da licença CC-BY. A versão atualizada à data de publicação deste e-book é a CC-BY 4.0. No caso desta licença sofrer alguma alteração, a licença aqui garantida pela Frontiers será automaticamente atualizada para a nova versão.

Quando exercendo qualquer direito sob a licença CC-BY, a Frontiers deverá ser reconhecida como editora original do artigo ou e-book, consoante o caso.

Os autores têm a responsabilidade de assegurar que qualquer gráfico ou outro material que seja propriedade de terceiros pode ser incluído na licença CC-BY, tendo isto de ser verificado de antemão. Qualquer recomendação relativa aos direitos de autor destes materiais deverá ser cumprida.

Avisos que digam respeito aos direitos de autor e ao reconhecimento das fontes de informação poderão não ser removidos e deverão ser incluídos em qualquer cópia, completa ou parcial, e em trabalhos relacionados que incluam os elementos em questão.

Todos os direitos de autor, e direitos relacionados, estão protegidos pela legislação nacional e internacional. A informação acima referida compreende apenas um sumário. Para mais informação, por favor consultar a declaração relativa às condições da Frontiers para uso em Websites e direitos de autor, bem como a licença CC-BY aplicável.

ISSN 2296-6846

ISBN 978-2-8325-2944-7

DOI 10.3389/978-2-8325-2944-7

### Acerca da Frontiers

A Frontiers é mais do que uma editora open-access de artigos científicos, é uma abordagem pioneira ao mundo académico, ao melhorar radicalmente a forma como a investigação académica é gerida. A visão geral da Frontiers inclui um mundo onde todas as pessoas podem pesquisar, partilhar e gerar conhecimento. A Frontiers proporciona acesso livre online, de forma imediata e permanente, a todas as suas publicações. No entanto, isto, por si só, não é suficiente para alcançar os nossos grandes objetivos.

### Acerca da Frontiers for Young Minds

A Frontiers for Young Minds acredita que a melhor forma do público mais jovem aceder às mais recentes descobertas científicas passa por promover a colaboração entre jovens e cientistas na criação de artigos que sejam rigorosos e entusiasmantes.

É por isso que cientistas notáveis são convidados para escrever acerca da sua investigação inovadora numa linguagem acessível a leitores mais jovens, para que estes últimos possam depois, com a ajuda de um mentor, dar um parecer e explicar aos autores como melhorar os artigos antes de serem publicados.

Este processo resulta numa coleção de artigos científicos disponíveis em livre acesso, escritos por cientistas de renome e adaptados para audiências mais jovens através da contribuição de jovens.

### O que são as coleções da Frontiers for Young Minds?

Uma coleção é um conjunto de artigos em volta do mesmo tema e supervisionados por especialistas da área. Ao oferecer um resumo detalhado das perspetivas e resultados relativos a uma área de investigação importante, esperamos estar a contribuir para um nível de conhecimento mais elevado da ciência fundamental.

A coleção Frontiers for Young Minds irá oferecer à nossa comunidade internacional de jovens mentes, acesso à investigação mais recente e fundamental e, mais importante, irá empoderar as crianças para que estas desenvolvam uma opinião acerca de como alcançar os seus semelhantes e o público em geral. Todos os artigos são sujeitos a uma revisão paritária que cumpre com os princípios da Frontiers for Young Minds.

Para saber mais acerca de como orientar uma coleção na Frontiers for Young Minds, ou como contribuir com um artigo da sua autoria para uma coleção já existente, deverá contactar o Escritório Editorial da Frontiers: [kids@frontiersin.org](mailto:kids@frontiersin.org)

# TUDO O QUE TU E O TEU PROFESSOR PRECISAM DE SABER ACERCA DE UM CÉREBRO EM PRENDIZAGEM

Editores da Coleção:

**Sabine Peters**, Universidade de Leiden, Holanda

**Nienke van Atteveldt**, Universidade Livre de Amsterdão, Holanda

**Jessica Massonnié**, Colégio Universitário de Londres, Reino Unido

**Stephan E. Vogel**, Universidade de Graz, Áustria

As crianças vão para a escola para aprender, e essa aprendizagem acontece a nível do cérebro. Em idade escolar, o cérebro da criança está ainda a sofrer alterações significativas no que toca ao seu desenvolvimento. É por este motivo que a neurociência (ciência que estuda o cérebro) e a educação estão muito interligadas. Aprender é possível porque o cérebro é plástico: esta plasticidade é entendida como a capacidade que o cérebro tem de reorganizar a sua estrutura, levando a alterações de função e comportamento.

Mas o que muda exatamente no cérebro quando aprendemos algo novo? Quais são as condições ótimas para o cérebro conseguir aprender? Porque é que nos esquecemos de coisas? Que alterações no desenvolvimento ocorrem no cérebro durante a infância e adolescência, e em que é que estes processos se assemelham ou diferem dos mecanismos neuronais de aprendizagem e memória?

A investigação em Neuroimagem, ou “varredura do cérebro”, catalisou o nosso conhecimento acerca do desenvolvimento do cérebro, o processo de aprendizagem e a memória, bem como outras capacidades relacionadas com a escola, tais como a leitura e a matemática, a criatividade, metacognição e ansiedades e emoções que advêm do processo de aprendizagem. Mas o que medem realmente estas técnicas de varredura cerebral? Que tipo de questões queremos endereçar com a neuroimagem e quais as suas limitações?

Esta coleção dará uma visão geral e acessível do estado da arte relativo ao conhecimento dos mecanismos de desenvolvimento cerebral, aprendizagem e memória. A coleção irá ajudar as crianças a perceber como é que o cérebro se desenvolve e se comporta durante a aprendizagem, e como é que estes dois processos são afetados pelo meio envolvente e pelo esforço por elas aplicado. Será ainda discutida a importância de professores e outros educadores terem

conhecimento do cérebro e métodos de neurociência. Por fim, iremos explicar o que acontece se circular informação errada relativamente ao cérebro, ou se informação correta for mal interpretada. Neuromitos como “só usamos 10% do nosso cérebro” são recorrentes, mas é importante que os mesmos sejam contra-argumentados, explicando porque são falsos e o que é verdade.

**Reconhecimentos:** Os seguintes voluntários colaboraram na tradução e revisão da versão Portuguesa desta coleção: Mariana Martinho, Rita Moreira, Daniel Luz, Rui Fernandes, Ana Rodrigues, Rita Leones, Palmira Seixas, Miguel Garcia, Filipa Sousa e Mafalda Cautela.

**Citação:** Peters, S., van Atteveldt, N., Massonnié, J., Vogel, S. E., eds. (2023). Tudo O Que Tu E O Teu Professor Precisam De Saber Acerca De Um Cérebro Em Aprendizagem. Lausanne: Frontiers Media SA. doi: 10.3389/978-2-8325-2944-7

# Índice

## SECÇÃO 1

### COMO É QUE O CÉREBRO APRENDE, E PORQUE É QUE PRECISAS DE SABER ACERCA DISSO?

- 06** **COMPREENDER O TEU CÉREBRO PARA PODERES APRENDER MELHOR**  
Jérémie Blanchette Sarrasin, Lorie-Marlène Brault Foisy,  
Geneviève Allaire-Duquette and Steve Masson
- 14** **PORQUE A TUA MENTE É COMO UM TUBARÃO: TESTANDO A IDEIA DE MUTUALISMO**  
Rogier A. Kievit, Ivan L. Simpson-Kent and Delia Fuhrmann
- 22** **APRENDENDO COM OS ERROS: COMO O CÉREBRO LIDA COM ERROS?**  
Knut Overbye, Rune Bøen, Rene J. Huster and Christian K. Tamnes
- 30** **COMO USAR AS TUAS MEMÓRIAS PARA AJUDAR-TE A APRENDER COISAS NOVAS**  
Marlieke van Kesteren and Martijn Meeter
- 37** **VALERÁ A PENA? COMO O TEU CÉREBRO DECIDE FAZER UM ESFORÇO**  
Anne-Wil Kramer, Hilde M. Huizenga, Lydia Krabbendam and  
Anna C. K. van Duijvenvoorde
- 45** **APRENDIZAGEM SOCIAL E O CÉREBRO: COMO APRENDEMOS COM E SOBRE OUTRAS PESSOAS**  
Bianca Westhoff, Iris J. Koele and Ilse H. van de Groep

## SECÇÃO 2

### NEUROMITOS: NEM TUDO O QUE LÊS ACERCA DO PROCESSO DE APRENDIZAGEM E O CÉREBRO É VERDADE!

- 54** **NEUROMITOS NA SALA DE AULA**  
Victoria C. P. Knowland and Michael S. C. Thomas
- 63** **É COMPLICADO: APRENDER E ENSINAR NÃO É SOBRE “ESTILOS DE APRENDIZAGEM”**  
Breanna C. Lawrence, Burcu Yaman Ntelioglou and Todd Milford

## SECÇÃO 3

### CRESCER E FICAR MAIS ESPERTO: COMO É QUE O CÉREBRO SE DESENVOLVE?

- 70** **O TEU CÉREBRO NA PUBERDADE**  
Marjolein E. A. Barendse, Theresa W. Cheng and Jennifer H. Pfeifer
- 78** **O CÉREBRO ADOLESCENTE É LITERALMENTE INCRÍVEL**  
Kathryn L. Mills and Jeya Anandakumar

## SECÇÃO 4

### COMO PODEMOS ESTUDAR O CÉREBRO EM APRENDIZAGEM?

- 87** **MEDINDO ONDAS CEREBRAIS NA SALA DE AULA**  
Nienke van Atteveldt, Tieme W. P. Janssen and Ido Davidesco

**96 USAR A LUZ PARA ENTENDER COMO O CÉREBRO FUNCIONA NA SALA DE AULA**

Mojtaba Soltanlou and Christina Artemenko

**103 A ARTE MÁGICA DA IMAGEM DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NO ESTUDO DO CÉREBRO LEITOR**

Nora Maria Raschle, Réka Borbás, Carolyn King and Nadine Gaab

**SECÇÃO 5**

**O QUE FAZ O TEU CÉREBRO ENQUANTO ESTUDAS MATEMÁTICA E LÊS?**

**111 QUANTO É  $2 \times 4$ ? ENTENDER COMO O CÉREBRO RESOLVE PROBLEMAS ARITMÉTICOS**

Nikolaus Koren, Judith Scheucher and Stephan E. Vogel

**120 CRIAR ESPAÇO: A IMPORTÂNCIA DO RACIOCÍNIO ESPACIAL NA APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA**

Katie A. Gilligan

**128 QUARENTA E DOIS OU DOIS E QUARENTA: APRENDER MATEMÁTICA EM DIFERENTES LÍNGUAS**

Julia Bahnmueller, Hans-Christoph Nuerk and Krzysztof Cipora

**136 COMO PODEMOS APRENDER LÍNGUAS ESTRANGEIRAS MAIS FACILMENTE?**

Brian Mathias, Christian Andrä, Katja M. Mayer, Leona Sureth, Andrea Klingebiel, Gesa Hartwigsen, Manuela Macedonia and Katharina von Kriegstein

**SECÇÃO 6**

**COISAS QUE PODEM FACILITAR A APRENDIZAGEM... OU TORNÁ-LA MAIS DIFÍCIL**

**146 QUERES TREINAR O TEU CÉREBRO? LÊ ESTE ARTIGO!**

Dietsje Jolles and Linda Van Leijenhorst

**154 MÚSICA E APRENDIZAGEM: A MÚSICA TORNA-TE MAIS INTELIGENTE?**

Gabriella Musacchia and Alexander Khalil

**160 QUANDO ESCOLHER NÃO OUVIR AJUDA-TE A OUVIR E APRENDER**

Angela M. AuBuchon and Ryan W. McCreery

**168 JOGOS MENTAIS: TECNOLOGIA E O CÉREBRO ADOLESCENTE EM DESENVOLVIMENTO**

Lucía Magis-Weinberg and Estelle L. Berger

**177 CANÁBIS E O CÉREBRO APRENDIZ**

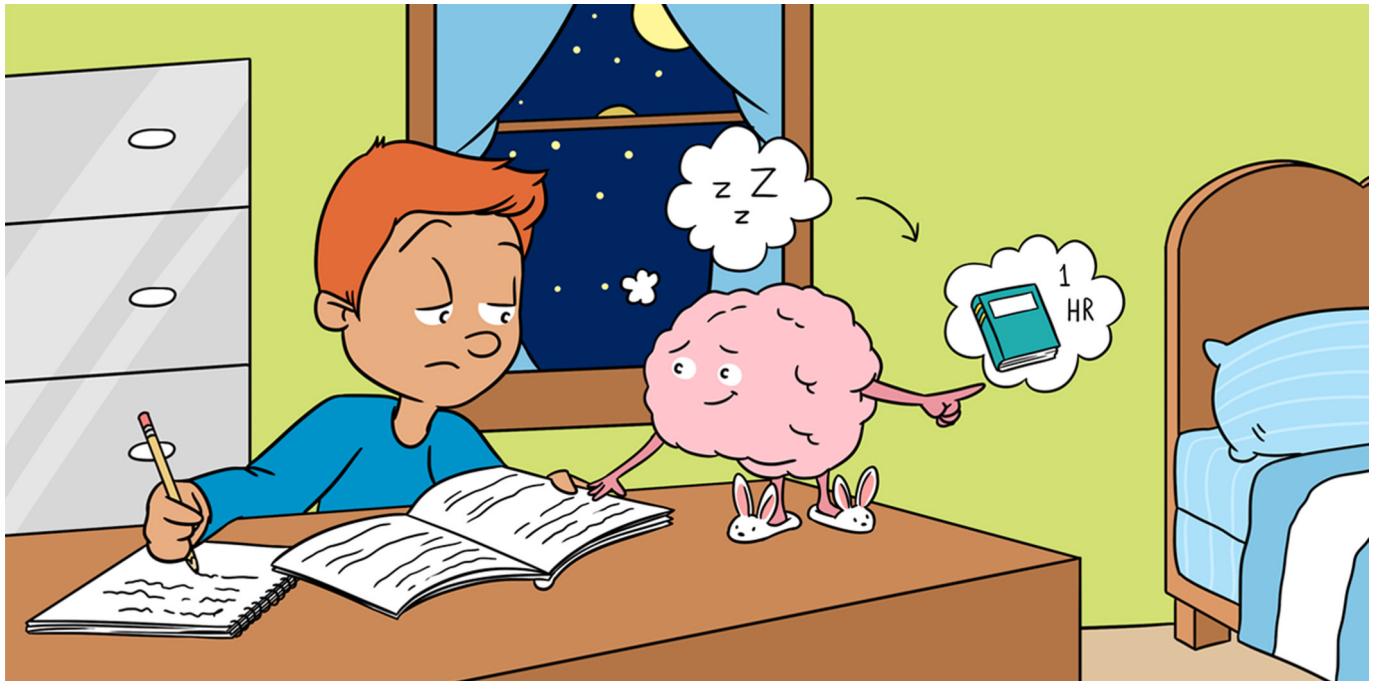
Lana Vedelago, Jillian Halladay, Catharine Munn, Katholiki Georgiades and Michael Amlung

**185 UMA BOA NOITE DE SONO: FUNDAMENTAL PARA MENTES JOVENS**

M. Elisabeth Koopman-Verhoeff and Jared M. Saletin

**194 DE ZZZS A AAAS: PORQUE DORMIR É UMA PARTE IMPORTANTE DO TEU PLANO DE ESTUDOS**

Emma James, Ann-Kathrin Joechner and Beate E. Muehlroth



## COMPREENDER O TEU CÉREBRO PARA PODERES APRENDER MELHOR

Jérémye Blanchette Sarrasin<sup>1,2\*</sup>, Lorie-Marlène Brault Foisy<sup>1,2</sup>, Geneviève Allaire-Duquette<sup>3</sup> e Steve Masson<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Didáctica, Université du Québec à Montréal, Montréal, QC, Canadá

<sup>2</sup>Laboratório de Investigação em Neuroeducação, Montreal, QC, Canadá

<sup>3</sup>Departamento de Matemática, Ciência e Educação Tecnológica, Escola de Educação Constantiner, Universidade de Telavive, Telavive, Israel

### JOVENS REVISORES:



DR. H.  
BAVINCK  
SCHOOL

IDADE: 8–12



LOCARNO  
HIGH  
SCHOOL

IDADE: 17–18

Os últimos anos foram marcados por várias descobertas sobre o modo como o nosso cérebro aprende. Estas descobertas têm o potencial de ajudar os professores na criação de ambientes em sala de aula que possam ajudar-te a aprender melhor. Embora compreender o cérebro possa ser útil para os professores, esse conhecimento também pode ser benéfico para ti como aluno. Por exemplo, pode encorajar-te a acreditar que és capaz de melhorar as tuas próprias capacidades. Essas certezas tornam mais provável que faças um esforço e um melhor uso das estratégias de apoio à aprendizagem [1]. Neste artigo, apresentamos alguns princípios básicos do cérebro aprendente e sugerimos estratégias de aprendizagem inspiradas pela neurociência que podes experimentar na escola ou em casa.

## O QUE ACONTECE AO MEU CÉREBRO QUANDO ESTOU A APREENDER?

O teu cérebro é composto essencialmente por cerca de 85 mil milhões de neurónios, que é mais do que o número de estrelas que podes ver a olho nu no céu à noite. Um neurónio é uma célula que age como um mensageiro, enviando informações sob a forma de impulsos nervosos (como sinais elétricos) para outros neurónios (ver [Figura 1](#)).

### Figura 1

Figura ilustrando dois neurónios que estão conectados.

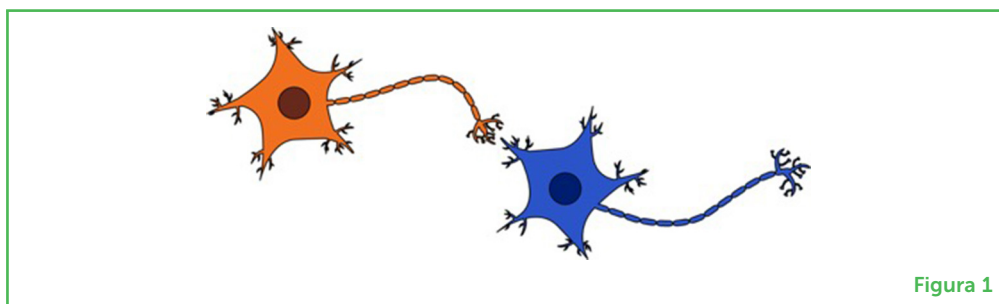


Figura 1

Por exemplo, quando estás a escrever, alguns neurónios no teu cérebro enviam a mensagem “mover os dedos” para outros neurónios e esta mensagem viaja através dos nervos (como cabos) até aos teus dedos. Os sinais elétricos que são comunicados de um neurónio ao outro permitem que faças tudo o que fazes: escrever, pensar, ver, pular, falar, calcular, e assim por diante. Cada neurónio pode ter ligações com até 10.000 outros neurónios, formando um grande número de conexões no teu cérebro [2], que parece uma teia de aranha muito densa (ver [Figura 2](#)).

### Figura 2

Figura ilustrando o grande número de conexões entre neurónios.

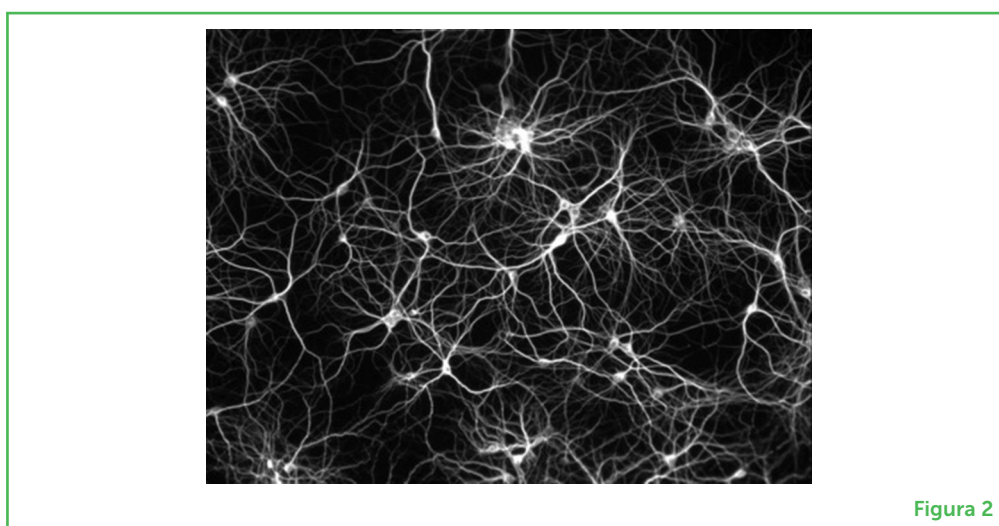


Figura 2

## NEUROPLASTICIDADE

A capacidade do teu cérebro de mudar, isto é, criar, fortalecer, enfraquecer ou dismantelar conexões entre os teus neurónios.

Quando estás a aprender, ocorrem mudanças importantes no teu cérebro, incluindo a formação de novas conexões entre os teus neurónios. Este fenómeno é chamado **neuroplasticidade**. Quanto mais praticares algo, mais forte ficam estas conexões. À medida que as tuas conexões se fortalecem, as mensagens (impulsos



nervosos) são transmitidas cada vez mais rapidamente, tornando-as mais eficientes [3]. É assim que ficas melhor em tudo o que aprendes, seja a jogar futebol, ler, desenhar, etc. Podemos comparar as conexões entre os teus neurónios como trilhos num bosque (ver Figura 3).

### Figura 3

Figura ilustrando a analogia do trilho no bosque.



Figura 3

Caminhar por um bosque sem um trilho é difícil, porque tens de afastar e empurrar a vegetação e ramos para fora do caminho para abrir passagem. Mas quanto mais usas o mesmo trilho, mais fácil e mais viável se torna. Por outro lado, quando deixas de usar o trilho, a vegetação cresce de volta, e o trilho desaparece lentamente. Isso é muito semelhante ao que acontece no teu cérebro — quando paras de praticar algo, as conexões entre os teus neurónios enfraquecem e podem, em última análise, ser desmontadas ou podadas. É por causa disto que parece tão difícil começar a ler novamente quando a escola começa se não leste durante todo o verão. No entanto, é possível que algumas redes neuronais fiquem tão fortes que os trilhos ou conexões nunca desapareçam completamente.

O facto de a aprendizagem reconectar os teus neurónios mostra o quão dinâmico (plástico) é o teu cérebro — isto é, o cérebro muda e não permanece imutável. Praticar ou ensaiar ativa repetidamente os teus neurónios e faz com que aprendas. Essas mudanças acontecem logo quando um bebé está no útero da mãe e continuam ao longo da vida. Então, a pergunta é: como podes ajudar os teus neurónios a criar e fortalecer as suas conexões? Aqui, apresentamos duas estratégias que parecem ser mais compatíveis com o funcionamento do teu cérebro e podem ajudar-te a aprender melhor.

## ATIVAR REPETIDAMENTE OS TEUS NEURÓNIOS

Praticando muito, tentando recuperar informação da tua memória, por exemplo, explicando um conceito a um amigo ou respondendo a perguntas de um questionário.

## QUE ESTRATÉGIAS DE APRENDIZAGEM SÃO MAIS COMPATÍVEIS COM O TEU CÉREBRO?

### Estratégia 1: Ativar Repetidamente Os Teus Neurónios

Porque as conexões entre os teus neurónios precisam de ser ativadas várias vezes para ficarem mais fortes e mais eficientes, uma primeira e crucial estratégia passa por ativá-las repetidamente. Isto significa que para aprender a tabuada, por exemplo, tens de praticar repetidamente, para estabelecer o “trilho” entre os neurónios. Enquanto bebé, não aprendeste a falar e andar no espaço de um dia: tiveste de praticar muito. No entanto, é importante notar que apenas ler ou olhar para a tabuada não será muito útil na conexão dos teus neurónios. Também podes achá-la bastante desinteressante e chata. Para criar as conexões entre os neurónios, precisas de recuperar a tabuada da tua memória. Por outras palavras, tens de tentar lembrar-te da resposta para ativar as tuas conexões. Não estamos a dizer que isso é fácil de fazer! No entanto, os cientistas pensam que essa “luta” melhora a aprendizagem porque o desafio é uma indicação de que estás a construir novas conexões. Lembra-te que aprender algo novo é como caminhar num bosque sem um trilho formado. Provavelmente caminharás lentamente no início, mas se continuares a caminhar, os trilhos começarão a formar-se e, eventualmente, estarás a caminhar em trilhos bem batidos. Além disso, quando tentas lembrar-te do que aprendeste e cometes um erro, isso pode ajudar-te a identificar lacunas na tua aprendizagem e dar uma indicação do trilho que ainda precisa de ser trabalhado.

Os cientistas observaram que a realização de testes ou exames pode ajudar-te a recordar melhor a informação do que quando estudas sozinho [4]. Por exemplo, se estudares a tabuada intercalada com períodos de teste, provavelmente terás um desempenho melhor no teu teste final do que se tivesses apenas estudado. Porquê? Os testes exigem que recuperes informação dos neurónios nos quais esta está armazenada, ativando assim as suas conexões e contribuindo para o seu fortalecimento. O objetivo é, portanto, praticar a recuperação de uma forma interessante. Existem diferentes estratégias que podes tentar em casa, por exemplo, responder a perguntas práticas ou usar lembretes. Estas devem melhorar a aprendizagem mais do que reler ou ouvir palestras (desde que não vires o cartão antes de lembrar a resposta!). Outras estratégias incluem a preparação de perguntas a colocar a um colega ou aos pais, bem como a repetição de testes ou exercícios. Usa a tua imaginação! O que precisas de saber é que primeiro, para que os neurónios fortaleçam as suas conexões, precisas de recuperar a informação e evitar apenas ler ou ouvir a resposta. Em segundo lugar, deves planear uma forma de receber comentários para saber se algo está correto ou incorreto. Não fiques desanimado se enfrentares desafios, esta é uma etapa natural do processo de aprendizagem que ocorre no teu cérebro!

## ESPAÇAR A ATIVAÇÃO DE NEURÓNIOS

Praticar com mais frequência, mas por um período mais curto. Por exemplo, em vez de estudar 2h seguidas, estudar durante 4 períodos de 30 minutos ao longo de alguns dias permite que o cérebro faça pausas e durma, o que ajuda a lembrar melhor a longo prazo.

## Estratégia 2: Espaçar a Ativação de Neurónios

Agora que sabes que os neurónios precisam de ser ativados repetidamente para que a aprendizagem ocorra (e que isso significa recuperar informação), provavelmente perguntas com que frequência deves praticar. Os cientistas que estudam o cérebro durante a aprendizagem observaram que as pausas e o sono entre os períodos de estudo melhoram a aprendizagem e minimizam o esquecimento [5]. Portanto, é melhor recuperar frequentemente dentro de sessões práticas espaçadas, ao contrário de uma prática contínua (praticar uma tarefa continuamente sem descanso). Por exemplo, em vez de estudares ou fazeres os trabalhos de casa durante 3 horas, após as quais provavelmente ficarias exausto de qualquer maneira, poderias separar este período de aprendizagem em três períodos de 1h ou até mesmo em seis períodos de meia hora. Em resumo, ao espaçar a tua prática de recuperação, permites que o teu cérebro torne mais eficientes as conexões que fortaleceste durante as tuas sessões práticas. Quando fazes uma pausa rápida no trabalho, digamos um intervalo de 20 minutos, permites a manutenção ou substituição dos recetores na superfície dos neurónios. Os recetores são como tomadas elétricas que recebem o impulso nervoso (sinais elétricos) de outros neurónios. Fazer uma pausa ajuda-os a trabalhar melhor: os teus neurónios podem assim transmitir mais facilmente os seus impulsos nervosos para outros neurónios. Finalmente, quando dormes bem entre as sessões práticas, na verdade beneficias de uma sessão de recuperação porque enquanto dormes, o teu cérebro reativa as conexões entre os neurónios que ativaste durante o dia. Também podes obter benefícios semelhantes com uma soneca. Da próxima vez que te sintas sonolento na escola podes dizer ao teu professor que de facto estás a fazer a prática de recuperação de informação! Em resumo, quando espaças a tua aprendizagem, e especialmente a prática de recuperação, o teu cérebro é ativado mais do que quando tentas aprender numa longa sessão de estudo.

Nesta altura, provavelmente estás a pensar como espaçar a aprendizagem no teu dia-a-dia. A boa notícia é que existem várias formas de o fazer e que podem ser facilmente adaptadas a diferentes competências, tais como a resolução de problemas matemáticos ou a memorização de definições. A mudança mais óbvia que poderás fazer é dividir as sessões de estudo em sessões menores. Também podes pedir ao teu professor para definir testes de revisão diários ou semanais e outras tarefas. Finalmente, o espaçamento pode ser feito através de práticas intercaladas. Isto consiste num conjunto de exercícios organizados de forma a que problemas consecutivos não possam ser resolvidos pela mesma estratégia. Por exemplo, podes misturar problemas matemáticos de forma a que as questões de geometria, álgebra ou problemas de igualdade sejam sequenciados aleatoriamente. O benefício adicional da intercalação é que te envolves em diferentes atividades entre duas sessões, aproveitando

bem o teu tempo. Em resumo, algo a ter em mente é que a informação que foi anteriormente aprendida exigirá menos esforço para ser reaprendida porque o espaçamento dá ao teu cérebro tempo para se consolidar, o que significa que o cérebro produz os blocos de construção necessários para as conexões entre os teus neurónios.

## CONCLUSÃO

O teu cérebro é onde a aprendizagem ocorre e, portanto, tens de manter os teus neurónios ativos para otimizar o uso do tempo de aula ou estudo. As duas estratégias de aprendizagem propostas neste artigo têm o potencial de ajudar a aprender melhor ao criar condições ideais para fortalecer e consolidar as conexões entre os teus neurónios. Agora sabes que podes melhorar usando repetidamente os “trilhos” no teu cérebro e espaçando o teu estudo. A compreensão da maneira como o teu cérebro aprende e o uso de estratégias de aprendizagem podem agora permitir-te ajudar o teu cérebro a aprender melhor!

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer de todo o coração todos os que ajudaram na tradução dos artigos desta coleção para torná-los acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por disponibilizar os fundos necessários para traduzir os artigos.

## REFERÊNCIAS

1. Blanchette Sarrasin, J., Nenciovici, L., Brault Fois, L.-M., Allaire-Duquette, G., Riopel, M., and Masson, S. 2018. Effects of inducing a growth mindset in students by teaching the concept of neuroplasticity on motivation, achievement, and brain activity: a meta-analysis. *Trends Neurosci. Educ.* 12:22–31. doi: 10.1016/j.tine.2018.07.003
2. Rossi, S., Lanoë, C., Poirel, N., Pineau, A., Houdé, O., and Lubin, A. 2015. When I met my brain: participating in a neuroimaging study influences children’s naive mind-brain conceptions. *Trends Neurosci. Educ.* 4:92–7. doi: 10.1016/j.tine.2015.07.001
3. Kania, B. F., Wronska, D., and Zieba, D. 2017. Introduction to neural plasticity mechanism. *J. Behav. Brain Sci.* 7:41–8. doi: 10.4236/jbbs.2017.72005
4. Zaromb, F. M., and Roediger, H. L. 2010. The testing effect in free recall is associated with enhanced organizational processes. *Mem. Cogn.* 38:995–1008. doi: 10.3758/MC.38.8.995
5. Callan, D. E., and Schweighofer, N. 2010. Neural correlates of the spacing effect in explicit verbal semantic encoding support the deficient-processing theory. *Hum. Brain Mapp.* 31:645–59. doi: 10.1002/hbm.20894

**EDITOR:** [Nienke Van Atteveldt](#)

**MENTOR CIENTÍFICOS:** [Serena Petrocchi](#)

**CITAÇÃO:** Blanchette Sarrasin J, Brault Foisy L-M, Allaire-Duquette G e Masson S (2022) Compreender o teu cérebro para poderes aprender melhor. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00054-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Blanchette Sarrasin J, Brault Foisy L-M, Allaire-Duquette G and Masson S (2020) Understanding Your Brain to Help You Learn Better *Front. Young Minds* 8:54. doi: 10.3389/frym.2020.00054

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Blanchette Sarrasin, Brault Foisy, Allaire-Duquette e Masson. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES

### DR. H. BAVINCK SCHOOL, IDADE: 8-12

Somos alunos com 5-6 e 7-8 anos da Bavinckschool em Haarlem, Países Baixos. Este é um grupo de 40 crianças (19 no grupo 5-6 e 21 no grupo 7-8) que estão ansiosas para aprender um pouco mais do que o programa escolar regular. Divertiram-se muito revendo para o FYM, analisaram os artigos com muita atenção e entusiasmo e fizeram uma avaliação crítica. Gostaram muito de contribuir para a ciência e ajudar!

### LOCARNO HIGH SCHOOL, IDADE: 17-18

Olá! Somos alunos de duas turmas da Locarno High School, na Suíça. Estudamos Química e Biologia. Estamos no último ano da escola secundária, e estamos a preparar-nos para os exames finais, que vão começar daqui a dois meses. Foi uma ótima experiência analisar o artigo, e agradecemos esta atividade que nos foi proporcionada, pudemos dar opiniões sobre um texto científico em inglês (que não é nossa língua materna). Sentimo-nos realmente capacitados!



## AUTORES



### JÉRÉMIE BLANCHETTE SARRASIN

Sou uma estudante de Doutorado na Université du Québec à Montréal. Estudo como o cérebro aprende e como é possível beneficiar desse conhecimento para fomentar práticas de ensino mais compatíveis com o cérebro em desenvolvimento. A minha pesquisa na verdade foca em ensinar alunos como o cérebro aprende para a ajudá-los a aprender melhor! \*[blanchette\\_sarrasin.jeremie@uqam.ca](mailto:blanchette_sarrasin.jeremie@uqam.ca)



### LORIE-MARLÈNE BRAULT FOISY

Sou professora na University of Quebec in Montreal (UQAM). Depois de me formar para ser professora primária, decidi que queria saber mais sobre a forma como as crianças aprendem. É por isso que estou a estudar educação. Acredito que é importante para entender melhor o que acontece no cérebro das crianças quando aprendem coisas diferentes (e.g., leitura, ciência). Se percebermos melhor como os seus cérebros aprendem, isso vai-nos dar pistas para ensinar melhor!



### GENEVIÈVE ALLAIRE-DUQUETTE

Sou uma bolsista de pós-Doutorado na Constantiner School of Education, Tel Aviv University. A minha pesquisa e ensino focam o estudo interdisciplinar da aprendizagem humana, desenvolvimento e ensino, ou seja, Mente, Cérebro e Educação (Mind, Brain, and Education - MBE). A minha investigação atual pretende entender melhor os mecanismos de raciocínio em ciência e matemática usando métodos de neurociência cognitiva.



### STEVE MASSON

Sou Professor na Université du Québec à Montréal. Usando uma ferramenta chamada imagem de ressonância magnética, olho para dentro do cérebro para ver o que muda quando os alunos aprendem na escola. Às vezes, até vejo se a maneira como os professores ensinam influencia o que muda no cérebro dos alunos quando eles aprendem. Muito interessante!

**Portuguese version provided by**  
Versão Portuguesa fornecida por

 **JACOBS  
FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## PORQUE A TUA MENTE É COMO UM TUBARÃO: TESTANDO A IDEIA DE MUTUALISMO

Rogier A. Kievit<sup>1\*</sup>, Ivan L. Simpson-Kent<sup>1</sup> e Delia Fuhrmann<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Unidade MRC de Cognição e Ciências do Cérebro, Universidade de Cambridge, Cambridge, Reino Unido

<sup>2</sup>Departamento de Psicologia, Instituto de Psiquiatria, Psicologia e Neurociência, King's College London, Londres, Reino Unido

### JOVENS REVISORES:



AIDAN

IDADE: 9



DANIELA

IDADE: 10



LEIMINA

IDADE: 11



LUCIE

IDADE: 11

Queremos entender como as crianças ficam muito melhores em certas capacidades cognitivas como a leitura, a escrita e a resolução de problemas à medida que crescem. Para melhor entender isso, seguimos centenas de crianças ao longo de um período de anos, para ver como capacidades de resolução de problemas e vocabulário mudaram ao longo do tempo. Descobrimos que ter à partida um bom vocabulário ajudou a capacidade das crianças de resolver problemas a desenvolver-se mais rapidamente. Também funcionou ao contrário: ser melhor na resolução de problemas significava que as crianças eram mais rápidas a aprender novas palavras. Por outras palavras, cada capacidade cognitiva pode ajudar no desenvolvimento de outras capacidades. Essa ideia chama-se mutualismo. Ficamos muito entusiasmados com esta descoberta, porque permite-nos entender como as crianças podem melhorar a coisas que nunca praticaram diretamente, e como os professores podem melhor ajudar as crianças com mais dificuldades em certas matérias escolares.

## O QUE OS ANIMAIS NOS PODEM ENSINAR SOBRE AS NOSSAS MENTES

Uma das visões mais estranhas na natureza pode ser encontrada na costa da Austrália: peixes pequenos, chamados rémoras, prendem-se aos tubarões usando uma ventosa nas suas cabeças (Figura 1 - a foto com o tubarão).

### Figura 1

Uma rémora apanhando boleia num tubarão-limão (fonte: Albert Kok, wikimedia).

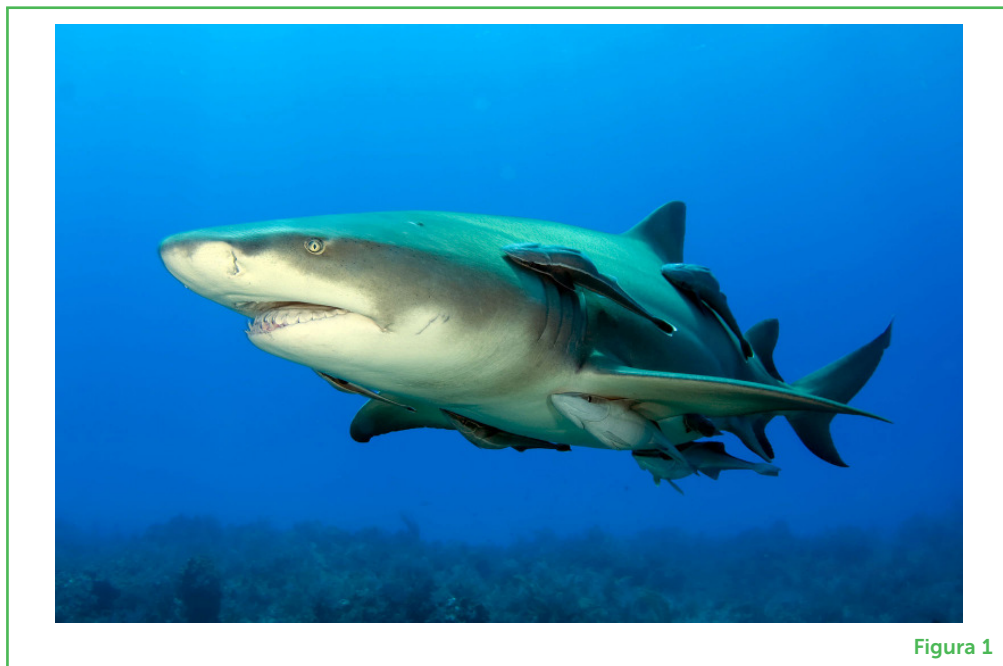


Figura 1

### MUTUALISMO

A ideia de que diferentes capacidades cognitivas (como quantas palavras conheces, e quão bem podes resolver problemas) na verdade ajudam-se a desenvolver ao longo do tempo.

### COGNITIVO

“Cognitivo” é um termo que os cientistas usam para se referir a processos mentais como pensar, raciocínio, lembrar e resolver problemas.

### VOCABULÁRIO

Significa o conjunto de palavras cujo significado conheces.

Por que é que o tubarão simplesmente não come as rémoras? Por que é que a rémora se aproxima do tubarão? Acontece que ambos os animais beneficiam desse arranjo. A rémora come os parasitas e a pele morta do tubarão, ajudando-o a manter-se limpo e saudável. Em troca, a rémora apanha uma boleia gratuita pelos oceanos, come os restos que sobraram após a refeição do tubarão e é protegido de outros predadores que não se aproximam do tubarão - todos ganham! Este fenómeno, em que ambas as espécies beneficiam, é denominado **mutualismo**. Recentemente, os cientistas usaram a ideia de mutualismo para entender algo que parece, à primeira vista, totalmente diferente: a aprendizagem humana.

### O QUE É O MUTUALISMO?

Sempre que tentas resolver um problema — na escola ou noutra lugar — usas o que os psicólogos chamam capacidades cognitivas. Capacidades **cognitivas** são coisas como a memória (o quanto podes lembrar-te das coisas do passado), **vocabulário** (quantas palavras conheces) e raciocínio (quão bom és na resolução de problemas). Muitas coisas que fazes e aprendes na escola dependem de capacidades cognitivas. O vocabulário, por exemplo, é um bloco de construção muito importante da linguagem, bem como

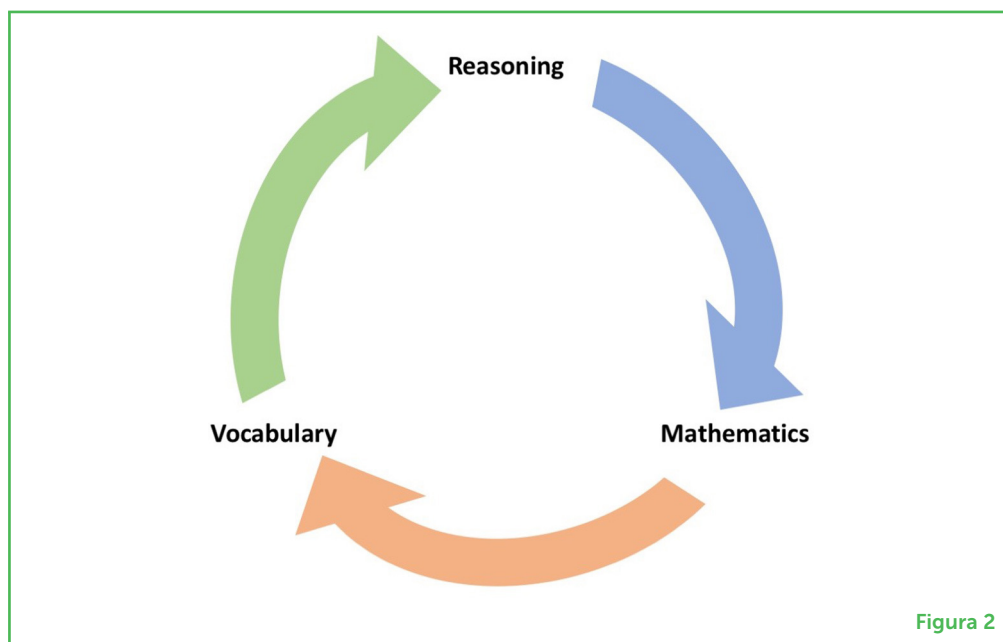


outras capacidades. Por exemplo, usas o teu vocabulário quando te candidatas a um emprego, contas uma história, ou escreves uma mensagem a um amigo.

Normalmente, os cientistas estudam diferentes capacidades cognitivas separadamente, assim como estudas muitas matérias diferentes na escola. No entanto, em alguns estudos recentes, os cientistas descobriram conexões emocionantes *entre* capacidades cognitivas. Afinal, parece que, em vez de serem habilidades totalmente separadas, as tuas capacidades cognitivas comportam-se um pouco como tubarões e rémoras - ajudam-se umas às outras a desenvolver ao longo do tempo. Como podes ver na [Figura 2](#) (vê a imagem com as setas dispostas num círculo), o teu vocabulário não é apenas útil para melhorar as habilidades linguísticas, também pode ajudar o teu raciocínio, o que por sua vez poderá ajudar-te a matemática, o que pode ajudar o teu vocabulário. Essa ideia é chamada mutualismo das capacidades cognitivas [1].

### Figura 2

A ideia de mutualismo: diferentes capacidades ajudam-se mutuamente a crescer ao longo do tempo.

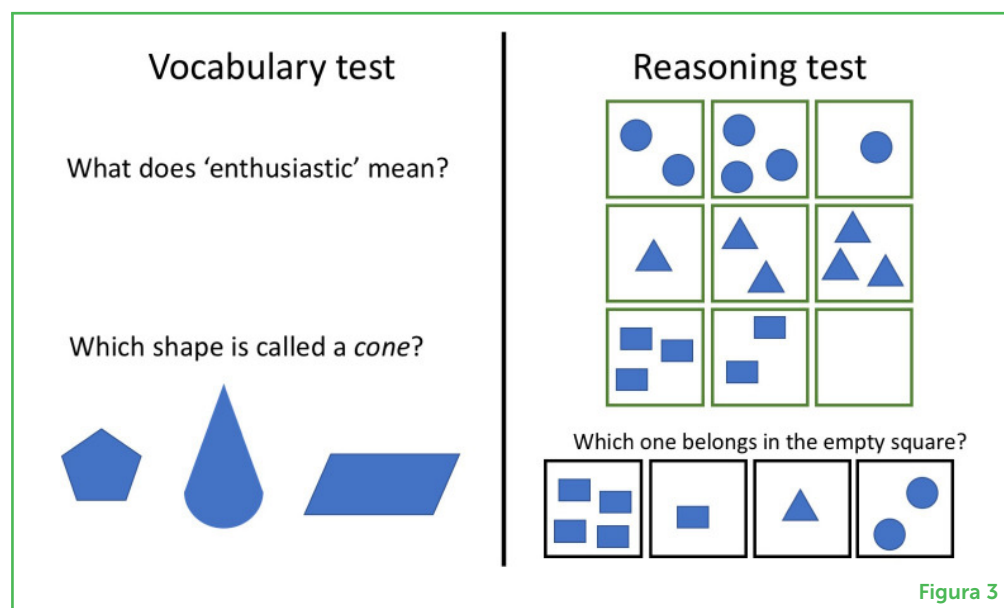


### Como podemos testar a ideia do mutualismo?

Para testar a ideia de mutualismo, seguimos 800 jovens (dos 14 aos 24 anos) ao longo do tempo e medimos o seu vocabulário e capacidades de raciocínio) [2]. Na [Figura 3](#), podes ver como eram os testes de vocabulário e raciocínio. No teste de vocabulário, perguntámos aos jovens para identificar um cone (entre outras formas), ou explicar qual o significado da palavra "entusiasmado". Para a tarefa de raciocínio, pedimos aos jovens que preenchessem a peça do quebra-cabeça que faltava (dica: conte as formas da esquerda para a direita em cada linha). No nosso estudo, as crianças e adolescentes fizeram esses testes duas vezes, separados cerca de 1 ano e meio.

### Figura 3

Um exemplo de um teste de vocabulário (esquerda) e um teste de raciocínio (à direita) usado para estudar o mutualismo das capacidades cognitivas.



Descobrimos que as crianças e adolescentes ficaram um pouco melhores em vocabulário e raciocínio ao longo do tempo — assim como ficas melhor na maioria das coisas à medida que cresces. O mais importante, porém, foi descobrir evidências de mutualismo de capacidades cognitivas. Acontece que ter um bom vocabulário à partida torna mais provável que o raciocínio melhore, e ter boas capacidades de raciocínio à partida ajudou na aprendizagem de mais palavras mais rapidamente. Como ter um bom equilíbrio ou poder correr depressa pode ajudar-te a melhorar em desportos como o futebol ou ténis, ter um bom vocabulário e raciocínio também podem ajudar-te a desenvolver outras capacidades cognitivas. Para descobrir se esta descoberta era fiável, testámos a ideia de mutualismo num outro grupo de jovens — desta vez mais jovens (6–8 anos). Mais uma vez descobrimos que as crianças com melhores capacidades de raciocínio tiveram melhorias mais rápidas no vocabulário e vice-versa [3].

## COMO PODERÁ O MUTUALISMO AJUDAR-TE NA ESCOLA?

Como é que a ideia de mutualismo cognitivo poderia ajudar-te? Bem, há várias razões. Por exemplo, pode ajudar a entender o que acontece quando aprendes na escola. Dois cientistas, Stuart Ritchie e Elliot Tucker-Drob, usaram dados de mais de 600.000 pessoas [4] e descobriram que ir à escola torna-te melhor em testes cognitivos, como testes de QI. Isso é impressionante, dado que a maioria desses testes nunca foram ensinados diretamente na escola. As suas descobertas sugerem que ir à escola realmente torna-te mais inteligente, mesmo em coisas que não aprendeste diretamente. Isso é semelhante ao mutualismo: ter bons “blocos de construção”

pode permitir que uma série de capacidades cognitivas possam desenvolver-se mais rapidamente.

Entender o mutualismo também é útil quando estás com dificuldades na escola. Imagina que tens dificuldades a matemática e não sabes como melhorar. De acordo com o mutualismo, melhorar numa capacidade cognitiva (como vocabulário) poderia ajudar-te a melhorar noutras capacidades cognitivas, incluindo aquela em que tens mais dificuldades (como a matemática), mesmo que pareçam diferentes. Portanto, não desistas já da matemática. Trabalhar noutra coisa, como a leitura, pode ajudar a aumentar as notas a matemática, o que por sua vez pode ajudar a melhorar as tuas notas a Inglês, o que pode melhorar as notas a matemática e assim por diante.

Há até um estudo novo que mostra exatamente isso: ser um pouco melhor na leitura ajudou as crianças a melhorar as suas capacidades na multiplicação ao longo do tempo [5]. Portanto, ser bom num assunto particular não só é bom em si mesmo - ser bom em qualquer assunto pode ajudar-te a desenvolver um conjunto de outras capacidades mais facilmente.

## **O QUE APRENDEMOS SOBRE AS NOSSAS MENTES?**

Os nossos estudos sobre o mutualismo mostram que a tua mente é um pouco como o tubarão e a rémora: capacidades diferentes, como vocabulário e resolução de problemas, na verdade ajudam-se um ao outro a desenvolver com o tempo. Podes pensar no mutualismo como uma regra prática para a aprendizagem, tanto dentro como fora da escola. O mutualismo revela a importância de fazer conexões. Juntamente como os teus professores, podes achar útil conectar diferentes tópicos e assuntos - quais são as ligações entre eles e como podes usar o que aprendeste na matemática para entender a biologia? Pensar e formar essas conexões entre tópicos pode ajudar-te a aproveitar ao máximo o teu tempo na escola. Talvez aprender sobre mutualismo possa até fazer-te pensar de maneira diferente sobre os assuntos aprendidos na escola. É importante não apenas estudar muito, mas também o mais amplamente possível. Nunca saberás quais os benefícios potenciais que aprender uma capacidade terá noutras!

Mutualismo é uma área de investigação muito nova e entusiasmante, e ainda há muito por descobrir. Continuamos a trabalhar intensamente para entender como ocorre em salas de aula da vida real. Por exemplo, não sabemos se outras capacidades cognitivas, como a memória, também exibem os efeitos do mutualismo, se algumas crianças mostram mutualismo mais do que outras, como o cérebro suporta o mutualismo, ou quanto tempo é preciso treinar a leitura para ver benefícios na matemática. Continuamos a trabalhar nisso, por isso mantém-te atento!

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a Callahan Collier (idade 11 anos) pela valiosa crítica de uma versão anterior deste manuscrito. Gostaríamos de agradecer àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis às crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos.

## FONTE ORIGINAL DO ARTIGO

Kievit, R. A., Hofman, A. D., and Nation, K. 2019. Mutualistic coupling between vocabulary and reasoning in young children: a replication and extension of the study by Kievit et al. (2017). *Psychol. Sci.* 30:1245–52. doi: 10.1177/0956797619841265

## REFERÊNCIAS

1. Van Der Maas, H. L., Dolan, C. V., Grasman, R. P., Wicherts, J. M., Huizenga, H. M., and Raijmakers, M. E. 2006. A dynamical model of general intelligence: the positive manifold of intelligence by mutualism. *Psychol. Rev.* 113:842–61. doi: 10.1037/0033-295X.113.4.842
2. Kievit, R. A., Lindenberger, U., Goodyer, I. M., Jones, P. B., Fonagy, P., Bullmore, E. T., et al. 2017. Mutualistic coupling between vocabulary and reasoning supports cognitive development during late adolescence and early adulthood. *Psychol. Sci.* 28:1419–31. doi: 10.1177/0956797617710785
3. Kievit, R. A., Hofman, A. D., and Nation, K. 2019. Mutualistic coupling between vocabulary and reasoning in young children: a replication and extension of the study by Kievit et al. (2017). *Psychol. Sci.* 30:1245–52. doi: 10.1177/0956797619841265
4. Ritchie, S. J., and Tucker-Drob, E. M. 2018. How much does education improve intelligence? A meta-analysis. *Psychol. Sci.* 29:1358–69. doi: 10.1177/0956797618774253
5. Rinne, L. F., Ye, A., and Jordan, N. C. 2019. Development of arithmetic fluency: a direct effect of reading fluency? *J. Educ. Psychol.* 112:110–30. doi: 10.1037/edu0000362

**EDITOR:** Sabine Peters

**MENTOR CIENTÍFICOS:** Gert-Jan Pepping

**CITAÇÃO:** Kievit RA, Simpson-Kent IL e Fuhrmann D (2022) Porque a tua mente é como um tubarão: testando a ideia de mutualismo. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00060-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Kievit RA, Simpson-Kent IL and Fuhrmann D (2020) Why Your Mind Is Like a Shark: Testing the Idea of Mutualism *Front. Young Minds* 8:60. doi: 10.3389/frym.2020.00060

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Kievit, Simpson-Kent e Fuhrmann. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES

### AIDAN, IDADE: 9

Aidan tem 9 anos, gosta de programação e ciência. Também gosta de ler muito. Ele gosta de ler séries de livros como "Wings of Fire," "Como Treinares o Teu Dragão," "The Three Doors Trilogy," "Deltora Quest," "His Dark Materials Trilogy," "Mr. Gum," "Harry Potter," and "Weir Do."



### DANIELA, IDADE: 10

Olá, meu nome é Daniela. Tenho 10 anos. Eu moro na Austrália. O meu passatempo favorito é jogar ténis e a minha matéria favorita é ciência. Quando crescer gostaria de estudar ciência e ser médica.



### LEIMINA, IDADE: 11

Olá, adoro desportos, especialmente netball, mas também gosto de outros desportos. Diria que sou uma artista bastante boa. Adoro ler e aprender coisas novas.



### LUCIE, IDADE: 11

Lucie adora ciências e matemática. Ela está muito interessada em biologia e química. No seu tempo livre, a Lucie gosta de ler. Seus géneros de livros favoritos são não-ficção, ação, fantasia e romance.



## AUTORES

### ROGIER A. KIEVIT

Rogier é um psicólogo que quer entender por que as crianças aprendem habilidades tão rapidamente e por que as pessoas mais velhas tendem a piorar um pouco quando ficam (realmente) velhas. Ele analisa grandes grupos de crianças e adultos para descobrir como os seus cérebros mudam ao longo do tempo e o que essas mudanças afetam a maneira como pensam, raciocinam e se recordam. Adora tubarões e ficou muito feliz por poder usar uma foto de um neste artigo. \*[rogier.kievit@mrc-cbu.cam.ac.u](mailto:rogier.kievit@mrc-cbu.cam.ac.u); [www.rogierkievit.com](http://www.rogierkievit.com)



**IVAN L. SIMPSON-KENT**

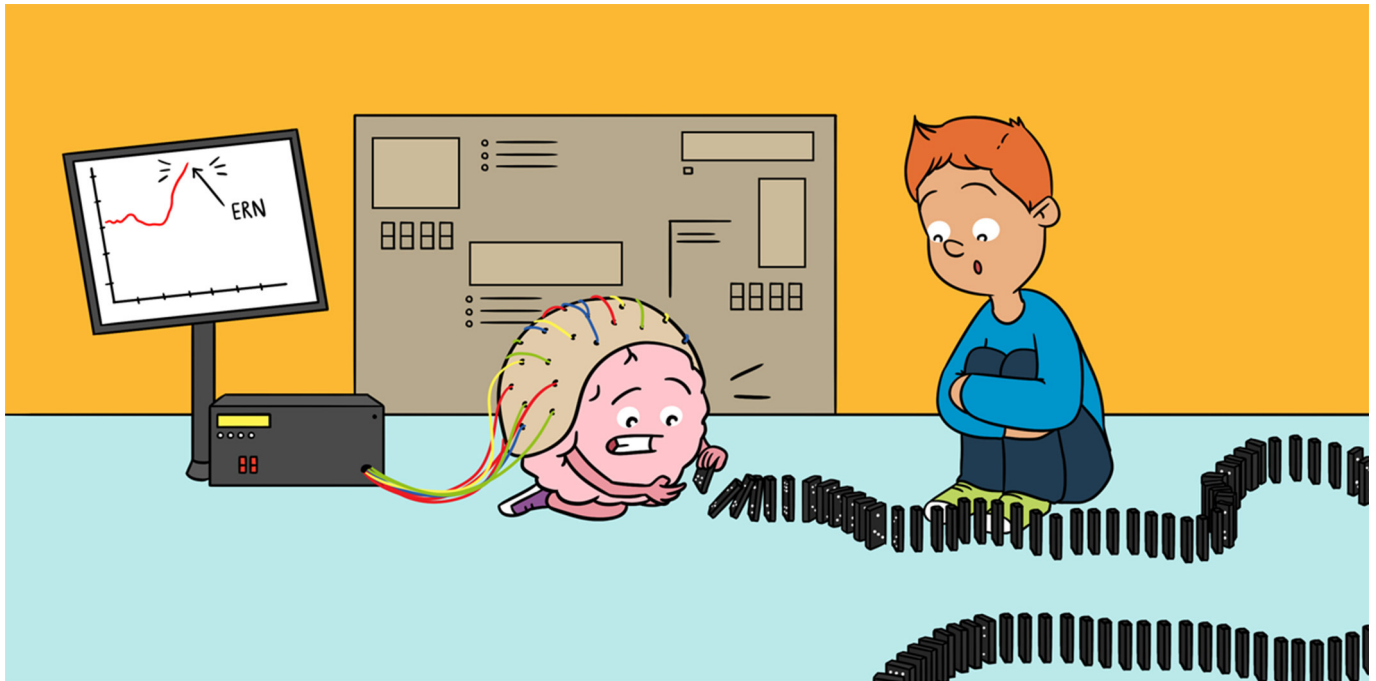
Ivan é estudante de Doutorado da MRC Cognition and Brain Sciences Unit da University of Cambridge. A sua pesquisa tenta entender como o cérebro e o comportamento interagem entre si durante a infância e a adolescência para produzir inteligência. Ele espera aplicar as informações da sua pesquisa para ajudar a orientar a política educacional, especialmente para jovens carentes que têm dificuldades de aprendizagem.

**DELIA FUHRMANN**

Delia é uma psicóloga que fica fascinada com a maneira como a mente e o cérebro se desenvolvem. Ela trabalha na University of Cambridge e no King's College London. Ela quer entender como o meio ambiente nos impacta em diferentes idades. Fora do laboratório, ela gosta de brincar com os filhos, ler livros e dançar.

**Portuguese version provided by**  
Versão Portuguesa fornecida por

 **JACOBS**  
**FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## APRENDENDO COM OS ERROS: COMO O CÉREBRO LIDA COM ERROS?

**Knut Overbye<sup>1</sup>, Rune Bøen<sup>2</sup>, Rene J. Huster<sup>3</sup> e Christian K. Tamnes<sup>2,4,5\*</sup>**

<sup>1</sup>Center for Lifespan Changes in Brain and Cognition, Departamento de Psicologia, Universidade de Oslo, Oslo, Noruega

<sup>2</sup>PROMENTA Research Center, Departamento de Psicologia, Universidade de Oslo, Oslo, Noruega

<sup>3</sup>Multimodal Imaging and Cognitive Control Lab, Departamento de Psicologia, Universidade de Oslo, Oslo, Noruega

<sup>4</sup>NORMENT, Institute of Clinical Medicine, Universidade de Oslo, Oslo, Noruega

<sup>5</sup>Department of Psychiatric Research, Diakonhjemmet Hospital, Oslo, Noruega

### JOVENS REVISORES:



**ASHLEY**

IDADE: 12



**JULIA**

IDADE: 14



**SAMANTHA**

IDADE: 15

Todos cometemos erros - e quando o fazemos, o cérebro tem uma oportunidade de ajustar o que está a fazer e aprender. Para estudar como o cérebro deteta e lida com erros, os cientistas usam toucas equipadas com sensores que conseguem medir a atividade cerebral. Algo que os cientistas descobriram ao usar este método é que o cérebro cria um tipo específico de atividade cerebral quando uma pessoa comete um erro. Essa atividade, chamada de negatividade relacionada com o erro ou ERN, ocorre quase ao mesmo tempo que o erro é cometido. É como se o cérebro soubesse que estamos a cometer um erro em frações de segundo, ainda antes que nos percebermos. De que sítio do cérebro vem esse ERN? Como nos pode ajudar a aprender? E como muda à medida que nos desenvolvemos e crescemos?

## COMETER ERROS

Cometer um erro é angustiante. Aquela sensação irritante quando o dardo falha o alvo ou a sensação de desilusão quando tens uma negativa num teste. Esses sentimentos podem ser irritantes ou dolorosos, mas fazem parte de um mecanismo que o teu cérebro usa para que tenhas sucesso no futuro.

Para os nossos antepassados distantes que viviam da natureza, a caçar e a evitar predadores, cometer um erro poderia levar a ferimentos, ou até mesmo à morte. O cérebro dos nossos ancestrais teve de ajudá-los a aprender com os seus erros, para que a raça humana pudesse sobreviver. Uma função importante do cérebro é tentar prever o futuro, nomeadamente como podemos mudar as nossas ações no futuro, para evitar cometer os mesmos erros. Compreender como o cérebro deteta e lida com os erros é, portanto, importante para entender como o cérebro funciona e como aprendemos.

Um erro pode ser visto da seguinte forma: comesças com uma meta que desejas alcançar. Talvez estejas a jogar futebol e prestes a marcar um livre. O teu objetivo é marcar um golo. Avalias a situação e escolhes um plano de ação. Digamos que a equipa adversária montou uma barreira, então decides curvar a bola à volta dos jogadores e fazê-la entrar na baliza. Mas colocas muito pouca rotação na bola, ela atinge a trave e é desviada.

Neste exemplo, o erro foi causado por uma previsão incorreta. Previste que a maneira como chutaste a bola resultaria num golo, mas, para tua surpresa, acertou na trave! Por outras palavras, o que pensaste que iria acontecer, na verdade não aconteceu. Embora possas ficar desapontado por não marcar um golo, este evento diz-te algo muito importante: as tuas ideias sobre como o mundo funciona e como podes afetá-lo não são completamente corretas. Agora sabes que, da próxima vez, irás precisar de chutar a bola com mais rotação. Graças a essas experiências de aprendizagem, ajustarás os pontapés até que finalmente consigas marcar golos.

## COMO LIDA O CÉREBRO COM ERROS?

As células cerebrais comunicam entre si usando eletricidade. Parte dessa atividade elétrica viaja para longe das células e até ao exterior da cabeça. Ela passa através do tecido cerebral, do crânio, e da pele. Ao usar toucas com sensores especiais, chamados eléctrodos, podemos registrar essa atividade; este método designa-se **eletroencefalografia (EEG)**. O EEG permite estudar a atividade cerebral enquanto as pessoas realizam diferentes tarefas. O cérebro nunca pára de funcionar, nem mesmo quando dormes, estando constantemente a produzir essa atividade elétrica. A observação dos padrões nessas "ondas cerebrais" elétricas permite estudar o que está a acontecer no cérebro. Podemos

### ELETROENCEFALOGRAFIA (EEG)

Um método para registrar a atividade elétrica do cérebro.



## NEGATIVIDADE RELACIONADO COM O ERRO (ERN)

A atividade elétrica carregada negativamente, que ocorre rapidamente após um erro e que sinaliza a detecção e processamento do erro.

### Figura 1

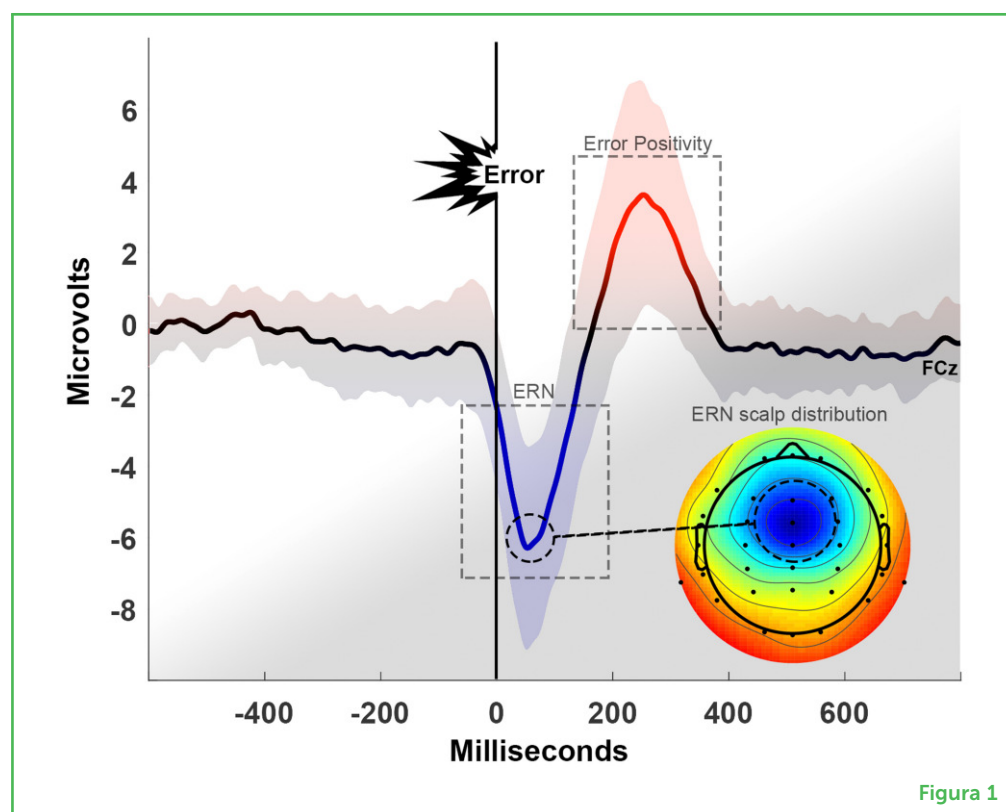
A negatividade relacionada com o erro (ERN) e a positividade de erro. Um padrão específico de atividade cerebral pode ser observado quando cometemos um erro. No gráfico, a linha ondulada mostra a atividade cerebral ao longo do tempo. A linha vertical representa o tempo em que o erro foi feito. Podes ver que o ERN (azul), ocorre quase imediatamente após o erro ser cometido e é mais forte na parte superior da cabeça, enquanto a positividade de erro (vermelho), aparece um pouco mais tarde.

## GIRO DO CÍNGULO

Um feixe de nervos contendo uma coleção de fibras, que liga muitas partes diferentes do cérebro.

ver se as pessoas estão acordadas ou a dormir, se estão relaxados ou focadas, ou se cometeram um erro.

No laboratório, estudamos a atividade cerebral relacionada com erros dando a alguém uma tarefa muito difícil, que a obrigue a cometer muitos erros. Por exemplo, a pessoa pode ser solicitada a pressionar rapidamente uma determinada tecla num teclado, quando uma seta esquerda ou direita é mostrada no centro do ecrã, mas a seta é cercada por muitas setas que apontam para outra direção, distraindo a pessoa. Quando a pessoa comete um erro, surge um padrão especial de atividade cerebral: uma atividade elétrica aguda e negativa que é mais forte no topo da cabeça. Uma vez que esta atividade elétrica é carregada negativamente e associada a erros, ela é chamada **negatividade relacionada com o erro**, ou ERN [1] (Figura 1).



Pensa-se que o ERN é originado na zona interior da parte frontal do cérebro, chamada córtex cingulado [2] (Figura 2). O ERN é, provavelmente, o resultado da deteção de um erro pelo córtex cingulado, que depois envia um sinal de alerta para outras partes do cérebro, por meio de conexões chamadas de **giro do cíngulo**, focando a atenção da pessoa e diminuindo a probabilidade de cometer novos erros.

Uma coisa curiosa sobre o ERN é a rapidez com que ocorre, depois de cometer um erro. É tão rápido, que na realidade, ocorre antes de

## Figura 2

O córtex cingulado e o giro do cingulo. Esquerda: O córtex cingulado, em verde, é uma região no meio do cérebro, e é a fonte do ERN. Direita: O giro do cingulo, as conexões de feixe que ficam sob o córtex cingulado, conecta diferentes regiões cerebrais (ilustração de Sila Genc).

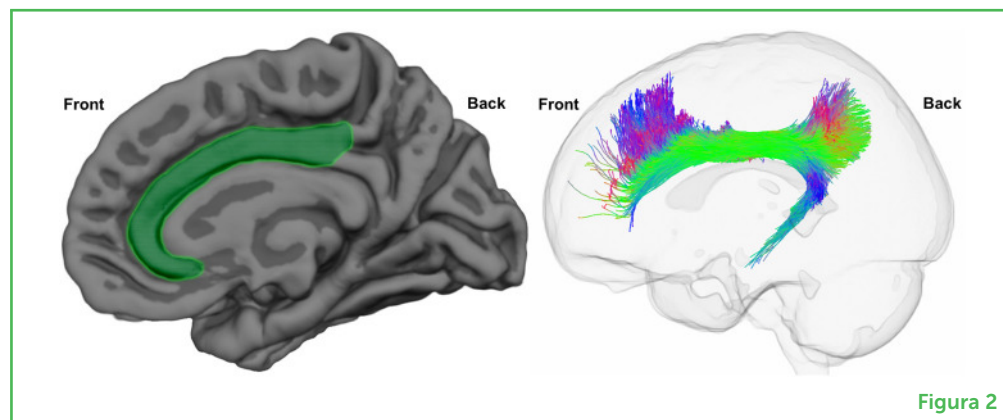


Figura 2

te aperceberes do teu erro. O ERN geralmente ocorre, no máximo, 100 ms (1 / 1000 de segundo) depois de um erro ser cometido.

O ERN pode ocorrer quase ao mesmo tempo que o próprio erro. Por outro lado, não tens a sensação de estar a cometer um erro até pelo menos 200 ms depois. É como se o teu cérebro soubesse que ias cometer um erro antes de “ti”! E, de fato, os cientistas pensam que é exatamente isso que acontece. O **córtex cingulado** compara as nossas ações reais com o que gostaríamos de fazer ou deveríamos alcançar, e o ERN então sinaliza para o nosso eu consciente que a ação real e o resultado que esperamos não correspondem. O ERN, chama então à nossa atenção para esse erro ou incompatibilidade. A consciencialização de que se está a cometer um erro ocorre ao mesmo tempo de um sinal cerebral posterior, chamado de positividade do erro, que é um sinal elétrico que os cientistas acreditam estar envolvido na nossa consciência de cometer um erro.

## COMO É QUE OS ERROS NOS AJUDAM A AJUSTAR O NOSSO COMPORTAMENTO E APRENDER?

Muitos estudos científicos descobriram que, depois de cometer um erro, respondemos mais lentamente na vez seguinte. Isto pode ser porque o cérebro está a tentar dar a si próprio mais tempo, para evitar cometer o mesmo erro novamente. Quanto mais forte o ERN for após um erro, mais lenta a resposta na próxima vez [3].

Algumas pessoas apresentam um ERN maior do que outras. Será que isto significa que essas pessoas são mais sensíveis a cometer erros e aprendem mais com eles? Alguns estudos parecem sustentar essa ideia. Por exemplo, Hirsh e Inzlicht [4] descobriram que um ERN mais forte estava associado a um melhor desempenho escolar. No seu estudo, mediram a atividade cerebral de estudantes universitários e descobriram que os alunos que tinham um ERN maior também tendiam a ter notas melhores.

### CÓRTEX CINGULADO

Uma parte do cérebro situada no meio do cérebro.

### POSITIVIDADE DE ERRO (PE)

Atividade cerebral elétrica carregada positivamente que ocorre a partir de 200 ms após um erro e está associada à nossa consciência de cometer um erro.

No entanto, nem sempre ter um ERN forte é necessariamente uma coisa boa. Pessoas mais ansiosas tendem a ter ERNs mais fortes [5], e respostas cerebrais muito fortes a erros estão associadas ao aumento da distração, em vez duma melhoria na concentração. Se o ERN mostra o cérebro a reagir e a responder a erros, então um ERN muito forte pode indicar uma resposta exagerada, ficando mais chateado e alarmado por cometer um erro do que seria necessário.

## COMO MUDAM OS SINAIS DE ERRO À MEDIDA QUE CRESCEMOS?

Na infância e adolescência, o corpo passa por múltiplas mudanças físicas, mas também há muitas mudanças na forma como nos sentimos, comportamos e pensamos, e nas nossas motivações. Essas mudanças, juntamente com as responsabilidades e expectativas cada vez maiores que enfrentamos na vida, exigem repetidas tentativas e erros para que aprendamos as capacidades sociais e académicas que precisamos para prosperar como adultos.

Estudos mostram que o ERN muda com a idade, com adultos e adolescentes mais velhos a mostrar sinais de ERN mais fortes do que aqueles detetados em crianças [3]. O fato do ERN aumentar em intensidade durante a infância e a adolescência provavelmente está relacionado com o modo como o cérebro se desenvolve. Diferentes partes do cérebro desenvolvem-se a velocidades diferentes. Algumas regiões do cérebro estão totalmente maduras no final da infância, enquanto outras continuam a desenvolver-se na idade adulta [6]. O córtex cingulado, que produz o ERN, não pára de se desenvolver até ao final dos 20 anos. Por outras palavras, uma parte do cérebro que é importante para aprender com os nossos erros leva muito tempo para se desenvolver, quando comparado com muitas outras partes do cérebro.

## CONCLUSÃO

Por vezes, cometer erros pode ser irritante e frustrante. No entanto, também é muito importante para aprendermos com os nossos erros, para podermos corrigir as nossas respostas e atuar de forma diferente da próxima vez que nos encontrarmos na mesma situação. O cérebro é muito sensível a erros e produz um tipo específico de atividade elétrica quando cometemos erros, chamado ERN. Este sinal de erro: (1) ocorre antes de estarmos cientes do nosso erro; (2) torna-se mais forte à medida que envelhecemos; e (3) pode prever o desempenho na escola ou universidade. Ainda há muito que não sabemos sobre a maneira como o cérebro reage a erros. Estudos adicionais sobre o ERN podem ajudar-nos a resolver alguns destes mistérios.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer, do fundo do coração, àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos. A TC foi apoiada pelo Research Council of Norway (#230345, #288083, #223273) e pela South-Eastern Norway Regional Health Authority (#2019069).

## REFERÊNCIAS

1. Tamnes, C. K., Walhovd, K. B., Torstveit, M., Sells, V. T., and Fjell, A. M. 2013. Performance monitoring in children and adolescents: a review of developmental changes in the error-related negativity and brain maturation. *Dev. Cogn. Neurosci.* 6:1–13. doi: 10.1016/j.dcn.2013.05.001
2. Cavanagh, J. F., and Frank, M. J. 2014. Frontal theta as a mechanism for cognitive control. *Trends Cogn. Sci.* 18:414–21. doi: 10.1016/j.tics.2014.04.012
3. Overbye, K., Walhovd, K. B., Paus, T., Fjell, A. M., Huster, R. J., and Tamnes, C. K. 2019. Error processing in the adolescent brain: Age-related differences in electrophysiology, behavioral adaptation, and brain morphology. *Dev. Cogn. Neurosci.* 38:100665. doi: 10.1016/j.dcn.2019.100665
4. Hirsh, J. B., and Inzlicht, M. 2010. Error-related negativity predicts academic performance. *Psychophysiology* 47:192–6. doi: 10.1111/j.1469-8986.2009.00877.x
5. Hajcak, G. 2012. What we've learned from mistakes: insights from error-related brain activity. *Curr. Direct. Psychol. Sci.* 21:101–6. doi: 10.1177/0963721412436809
6. Amlien, I. K., Fjell, A. M., Tamnes, C. K., Grydeland, H., Krogsrud, S. K., Chaplin, T. A., et al. 2016. Organizing principles of human cortical development—thickness and area from 4 to 30 years: insights from comparative primate neuroanatomy. *Cereb. Cortex* 26:257–67. doi: 10.1093/cercor/bhu214

**EDITOR:** [Nienke Van Atteveldt](#)

**MENTORES CIENTÍFICOS:** [Jessie Claire Newville](#) e [Iryna Omelchenko](#)

**CITAÇÃO:** Overbye K, Bøen R, Huster RJ e Tamnes CK (2022) Aprendendo com os erros: como o cérebro lida com erros? *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00080-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Overbye K, Bøen R, Huster RJ and Tamnes CK (2020) Learning From Mistakes: How Does the Brain Handle Errors? *Front. Young Minds* 8:80. doi: 10.3389/frym.2020.00080

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Overbye, Bøen, Huster e Tamnes. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática acadêmica aceita. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES



### ASHLEY, IDADE: 12

Olá, chamo-me Ashley! Gosto de dançar flamenco todos os dias porque é divertido e é uma ótima atividade física. Flamenco e aulas de teatro são as minhas aulas favoritas este ano. Frequento uma escola que se concentra, não apenas em aulas normais, mas em artes cênicas também. Nas minhas horas vagas gosto de fazer piadas e jogar às cartas com a minha família.



### JULIA, IDADE: 14

O meu nome é Julia e sou aluna do nono ano em Berlim. Tenho muito interesse em matemática, química e ciências, especialmente neurociências e ciências espaciais ou mecânica quântica, mas também gosto de aprender línguas. Em casa, falo com os meus pais em Ucrainiano, porque originalmente viemos da Ucrânia e, além disso, estou a estudar alemão, inglês e francês na escola. Nos meus tempos livres, gosto muito de tocar piano, dançar e ler livros.



### SAMANTHA, IDADE: 15

Olá, o meu nome é Samantha! Gosto de ler e escrever, e neste momento estou a escrever uma longa história. As minhas aulas favoritas são Química e Inglês. Nos meus tempos livres gosto de contemplar os mistérios do Universo, olhar para o espaço e escrever histórias.

## AUTORES



### KNUT OVERBYE

Knut é psicólogo e neurocientista cognitivo. Estudou como os cérebros dos adolescentes reagem a erros e surpresas. Atualmente, está a estudar como o cérebro muda fisicamente quando praticamos algo durante muito tempo. Tanto no trabalho como em casa, Knut gosta de programar e encontrar novos usos para a realidade virtual.



### RUNE BØEN

Rune é assistente de investigação e ajuda outros investigadores a realizar experiências. Interessa-se pelo cérebro e como funciona, e quer tornar-se um neurocientista cognitivo no futuro. Gosta de ciência e aprender coisas novas. Quando não está a trabalhar, Rune gosta de ler livros, ouvir *podcasts* e assistir a jogos de futebol.

**RENE J. HUSTER**

René é um neurocientista cognitivo que estuda como o cérebro nos ajuda a adaptar a alterações no nosso ambiente e como funcionamos sob condições desafiantes: por exemplo, como podes dizer não a comer um bolo agora, quando podes ter mais três se esperares mais 30 min? Quando não está a trabalhar, gosta de praticar Jiu Jitsu ou tocar baixo.

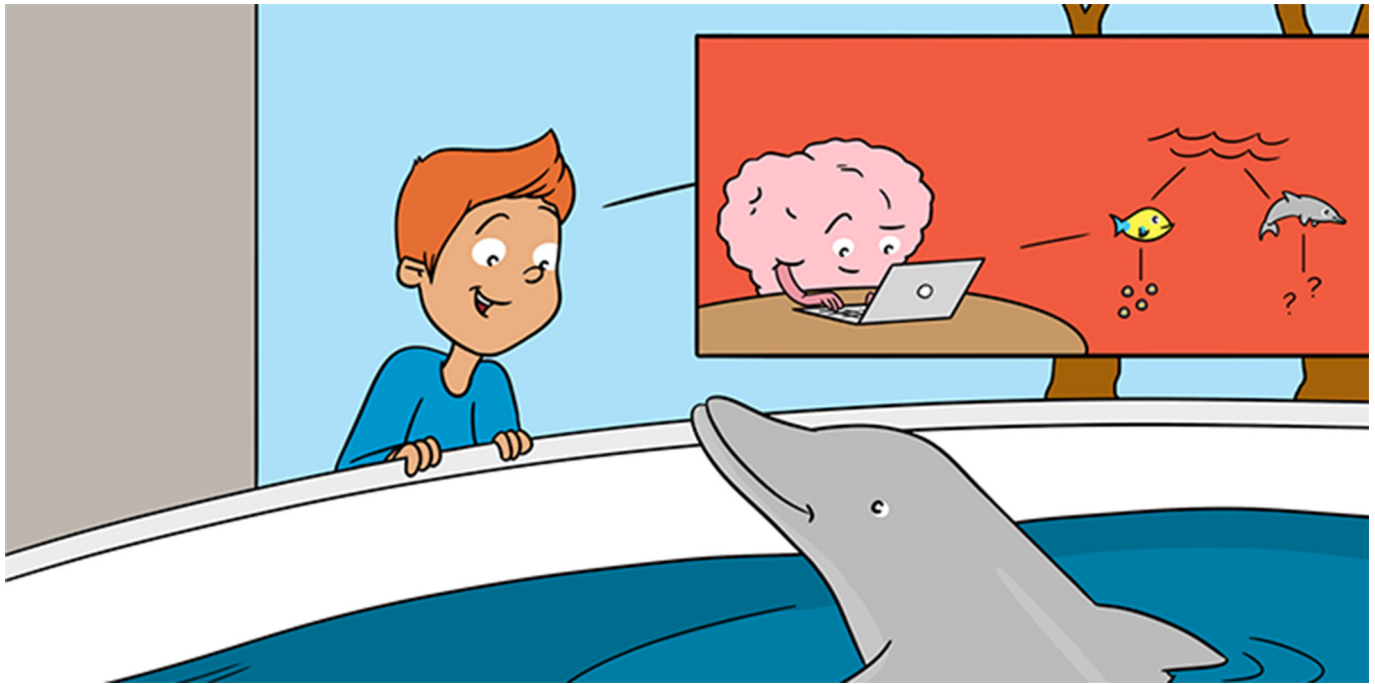
**CHRISTIAN K. TAMNES**

Christian é psicólogo e neurocientista do desenvolvimento cognitivo. Ele investiga como o cérebro se desenvolve durante a infância e a adolescência. Também se interessa em saber como o desenvolvimento do cérebro nos torna quem somos. Nos seus estudos, ele tenta descobrir se a forma e a função do cérebro em desenvolvimento podem justificar por que é que algumas pessoas são muito extrovertidas ou inteligentes, ou mesmo por que é que algumas pessoas desenvolvem doenças mentais. Nos seus tempos livres, passa tempo com seus dois filhos. \*[c.k.tamnes@psykologi.uio.no](mailto:c.k.tamnes@psykologi.uio.no)

**Portuguese version provided by**

Versão Portuguesa fornecida por





## COMO USAR AS TUAS MEMÓRIAS PARA AJUDAR-TE A APRENDER COISAS NOVAS

**Marlieke van Kesteren\* e Martijn Meeter**

Departamento de Ciências da Educação, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdão, Países Baixos

### JOVENS REVISORES:



DR. H.  
BAVINCK  
SCHOOL

IDADE: 8–12



ELIZA  
IDADE: 10



MALLETS  
BAY  
SCHOOL

IDADE: 9–10

Lembrar é uma função essencial do cérebro. Pensa nisso — o que iria acontecer se não te lembrasses de nada? Não serias capaz de te lembrar as coisas que aprendes na escola. Na verdade, nem saberias que tinhas que ir para a escola, ou onde é a tua escola! Muitas pessoas pensam que a memória pode ser comparada a um armário onde podes colocar algo e mais tarde recuperá-lo da mesma forma como o puseste lá dentro. Mas não é assim que funciona. Na verdade, a memória funciona mais como sítios de notícias na internet, que mudam de conteúdo dependendo do que acontece no mundo. Um bom sítio também que inclui conexões para outros sítios onde podes procurar informações relacionadas. Para te lembrares bem de algo depende de muitas coisas que acontecem no teu cérebro durante e depois de aprender. Um fator que é muito importante na aprendizagem é o conhecimento que já está guardado no teu cérebro. Quando já sabes muito, é mais fácil adicionar novas informações. Também mostraremos como podes usar esse conhecimento sobre como as memórias são formadas para ajudar-te a lembrar de coisas novas aprendidas na escola.

## ESQUEMA

Conhecimento prévio no teu cérebro.

## HIPOCAMPO

Uma região cerebral que ajuda-te a lembrar ligando diferentes partes de uma memória.

### Figura 1

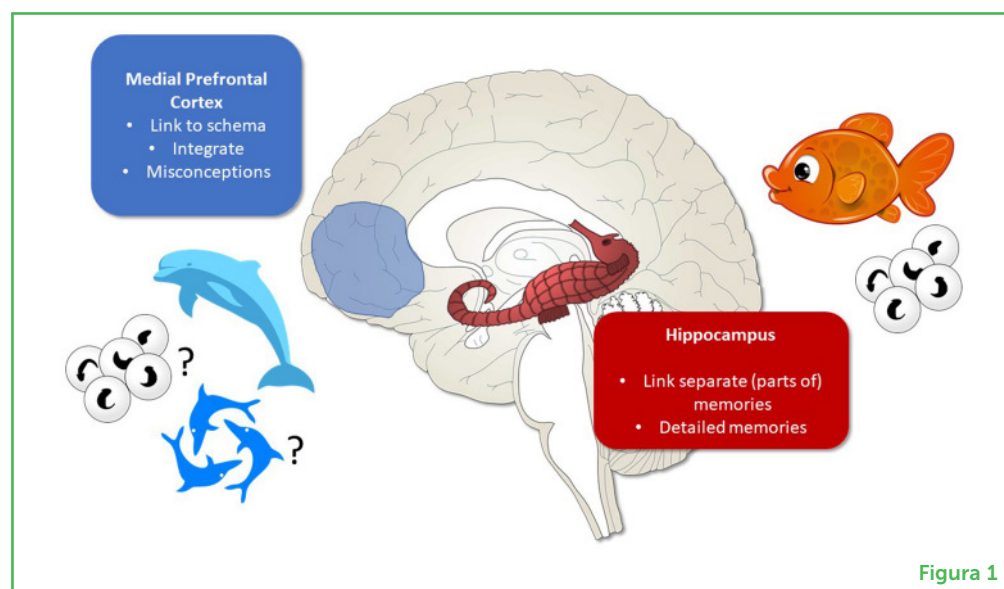
Esta é uma ilustração do teu cérebro cortado ao meio. Podes ver o hipocampo, em vermelho, e o córtex pré-frontal medial, em azul. O hipocampo liga partes separadas de uma memória, certificando-se de que as memórias permanecem detalhadas e vivas, como quando te lembras daquela altura em que teu peixinho dourado colocou ovos. O córtex pré-frontal medial também pode ajudar-te a relembrar informação, mas pensa-se que o faz integrando novos conhecimentos com o conhecimento de esquemas existentes, de modo que as memórias se tornam menos detalhadas e mais generalizadas. Esse processo também pode levar a equívocos, como quando pensas erradamente que um golfinho, porque se assemelha a um peixe, também põe ovos enquanto na verdade dá à luz golfinhos vivos. Adaptado De: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Frog-spawn-Rana-temporaria-11d.svg> and <http://www.clker.com/clipart-brain-3.html>.

## OS TEUS CONHECIMENTOS ANTERIORES FACILITAM A APRENDIZAGEM

Pensa num instante em tudo que já sabes. Pensa nos acontecimentos da vida, as pessoas que conheces, livros que leste, jogos que jogaste, coisas que aprendeste na escola, etc... É muito, não é? Bem, é muito útil ter todo esse conhecimento guardado no teu cérebro. Este conhecimento ajuda-te a entender o mundo à tua volta, mas também facilita a aprendizagem de coisas novas, já que podes associar as novas informações com o que já sabes. Por exemplo, quando já sabes algumas coisas sobre o cérebro porque já leste artigos da *Frontiers Young Minds Neuroscience* antes, provavelmente será mais fácil lembrares-te do o que estamos prestes a dizer-te. O conhecimento de neurociência no teu cérebro torna mais fácil "fixar" novas memórias. Chamamos esta estrutura de conhecimento de **esquema** [1].

## COMO A MEMÓRIA FUNCIONA NO TEU CÉREBRO

Há muitas regiões no cérebro que ajudam a guardar memórias. A mais importante é chamada **hipocampo** (que significa cavalo marinho, porque tem a forma de um cavalo marinho). Sem o teu hipocampo não poderias aprender novas informações [2]. Os cientistas acham que o hipocampo liga diferentes partes de uma memória. Por exemplo, quando aprendes que os peixes colocam ovos, o hipocampo faz uma conexão entre "peixe" e "ovos" (ver **Figura 1**).



Isso significa que a memória em si não está no hipocampo, mas sem a ajuda do hipocampo, não poderias ligar as diferentes partes da memória. Isto ocorre quando esquecemos alguma coisa: as diferentes partes da memória ainda estão lá, mas já não se podem ligar.



## CÓRTEX PRÉ-FRONTAL MEDIAL

Uma região do cérebro que ajuda-te a integrar novas memórias com o teu esquema de conhecimento.

Outra região do cérebro, chamada **córtex pré-frontal medial**, também pode ajudar-te a lembrar informação, mas os cientistas pensam que essa região aprende de forma diferente que o hipocampo [3]. Com base no teu esquema de conhecimento, o córtex pré-frontal medial descobre onde melhor colocar novas informações e, em seguida, conecta-as ao teu esquema. Isso significa que quando aprendes um novo tipo de peixe, como um peixinho dourado, o teu córtex pré-frontal medial vai imediatamente conectar isso com “colocar ovos”, porque é isso que lembraste antes. Este processo é chamado integração, o que significa combinar num só. O processo de integração ajuda-te a descobrir conexões entre conhecimentos novos e antigos. Por exemplo, se sabes que um peixe põe ovos e que um peixinho dourado é um peixe, podes descobrir que peixinhos dourados colocam ovos [4]. Este é um fato novo que o teu córtex pré-frontal medial ajudou a descobrir. Assim, podes ver que pode ser útil usar este processo de integração ao aprender informações novas.

## ESQUEMAS NA ESCOLA

Pode ser muito útil usar ativamente o teu esquema de conhecimento quando aprendes novas informações, especialmente na escola [5]. Podes fazer isso de maneiras diferentes. Antes de começar uma lição, podes visitar o que aprendeste antes sobre um determinado tópico (por exemplo, que os peixes põem ovos). Ou, enquanto estudas podes fazer uma pausa várias vezes e pensar sobre o que acabaste de aprender e como o novo conhecimento se liga ao que já sabes. Isso te ajudará a usar o teu córtex pré-frontal medial para integrar novas informações e lembrar melhor nos testes. Além disso, esta integração ajuda-te a construir esquemas melhores para que possas lembrar-te ainda melhor destas informações novas e relacionadas.

Por vezes, podemos usar “truques” de memória para ligar novos conhecimentos ao nosso esquema de conhecimento. Por exemplo, ao aprender uma lista de palavras, podes ligar essas palavras a lugares no teu quarto ou noutra ambiente familiar. Isto chama-se método de loci (loci significa “lugares” em latim [6]). É usado por muitas pessoas para se lembrarem de informações diversas que são difíceis de conectar ao esquema de conhecimento, como uma lista extensa de compras de supermercado. Enquanto olhas para a lista de compras, podes imaginar cada item em algum lugar da tua sala de estar (por exemplo, um gelado no sofá), e quando estás no supermercado, só tens que pensar no sofá para lembrar o que querias comprar. Com um pouco de treino, este método vai funcionar para ti também!

## TER ATENÇÃO A MEMÓRIAS INCORRETAS

Infelizmente, nem tudo são boas notícias. Depender demasiado do esquema de conhecimento também pode levar a memórias incorretas. Por exemplo, considera o exemplo do “peixes põem ovos” que demos anteriormente. O que acontecerá quando aprenderes sobre golfinhos? Como os golfinhos parecem peixes, e já sabes muito sobre eles, podes pensar que eles põem ovos.

No entanto, isso não é verdade. Os golfinhos são mamíferos, nascem bebês golfinhos, como humanos. Chamamos a estas memórias falsos equívocos. Estes equívocos podem surgir quando o teu esquema de conhecimento sobre algo (neste caso como os peixes fazem bebês) é muito forte. O equívoco vai torná-lo muito difícil lembrar quando aprendes algo que não faz sentido (que o golfinho não põe ovos). Neste caso, o teu córtex pré-frontal medial não deve integrar o golfinho com o teu esquema de peixe. Em vez disso, o teu hipocampo deve criar uma memória separada. Como é que isso acontece?

## DICAS

Aqui estão algumas dicas para ajudar-te a usar o teu esquema de conhecimento para aprender coisas novas na escola. Estas dicas também devem ajudar-te a evitar ou eliminar equívocos:

**Reativar:** Quando aprendes novas informações, reativa o conhecimento relacionado ao esquema. Fecha os olhos durante um momento para te lembrares do que aprendeste sobre este tema antes e como ele se liga às novas informações que queres aprender.

**Elaborar:** Tenta ligar novas informações a diferentes tipos de esquemas de conhecimento. Por exemplo, quando precisas aprender em biologia que os golfinhos são mamíferos, agora podes ligar isso às tuas memórias sobre esquemas e ao exemplo de peixes que leste aqui. Quanto mais ligações fizeres, melhor poderás integrar novas informações e lembrá-las bem. Criar ligações fortes e detalhadas também pode evitar a formação de equívocos.

**Espaçar, repetir e alternar:** Podes criar e entender esquemas da melhor maneira, aprendendo e repetindo novas informações em pequenas partes ao longo do tempo: horas, dias e até semanas. Alternar temas diferentes, para que nem sempre estudes a mesma coisa, também pode ajudar a tua memória.

**Relembrar e fazer perguntas:** Depois de aprender algo, afasta o teu livro ou computador e tenta lembrar-te do que acabaste de aprender, apenas usando o cérebro. Ou então podes colocar perguntas sobre o que aprendeste. Isto vai ajudar-te a integrar informações e mais tarde podes usar as perguntas para questionar-te e aos teus

colegas. Para evitar equívocos, certifica-te sempre que a tua memória está correta!

**Ensinar os outros:** Uma maneira muito boa de organizar os teus esquemas é ensinar aos teus colegas. Alterna: Lê algo, liga-o ao teu esquema de conhecimento, deixa que solidifique, e depois tenta explica-lo a alguém. Novamente, verifica sempre se cometeste erros e discute coisas que realmente não entendes.

**Dormir:** Talvez seja estranho porque não ocorre na escola, mas dormir ajuda a construir esquemas fortes, e ajuda-te a esquecer informações menos importantes. Pensa nisso quando os teus pais te disserem que é hora de dormir!

**Identifica equívocos:** Está sempre atento quando a informação contradiz o teu esquema de conhecimento ou quando reparas que formaste um equívoco no processo. Tenta criar uma memória nova e muito viva. Para o exemplo do golfinho, pensa num golfinho engraçado com uma barriga muito grande que está a saltar fora da água e guinchando alto. Imagina como ficarás molhado e como irás acariciar o golfinho e alimentá-lo com um peixe. Quanto mais detalhes e sentidos usares para essa memória, melhor!

## APROVEITA

Tenta usar estas dicas quando estás a aprender coisas novas na escola ou em casa, e vais notar que te lembras muito melhor. Esperamos que este artigo vá ajudar-te a gostar de aprender!

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer, de todo o coração, a todos os que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por fornecer os fundos necessários para traduzir os artigos. Este projeto recebeu financiamento do programa de pesquisa e inovação Horizon 2020 da União Europeia, ao abrigo do acordo de subvenção Marie Skłodowska-Curie n.º 704506.

## REFERÊNCIAS

1. Bartlett, F. C. 1932. *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*. Cambridge: University Press.
2. Squire, L. R. 1992. Memory and the hippocampus: a synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychol. Rev.* 99:195–231.

3. van Kesteren, M. T. R., Ruiters, D. J., Fernandez, G., and Henson, R. N. 2012. How schema and novelty augment memory formation. *Trends Neurosci.* 35:211–9. doi: 10.1016/j.tins.2012.02.001
4. Schlichting, M. L., and Preston, A. R. 2015. Memory integration: neural mechanisms and implications for behavior. *Curr. Opin. Behav. Sci.* 1:1–8. doi: 10.1016/j.cobeha.2014.07.005
5. van Kesteren, M. T. R., Krabbenendam, L., and Meeter, M. 2018. Integrating educational knowledge: reactivation of prior knowledge during educational learning enhances memory integration. *NPJ Sci. Learn.* 3:11. doi: 10.1038/s41539-018-0027-8
6. Available online at: [https://en.wikipedia.org/wiki/Method\\_of\\_loci](https://en.wikipedia.org/wiki/Method_of_loci) (accessed on 8 February 2020).

**EDITOR:** Nienke Van Atteveldt

**MENTORES CIENTÍFICOS:** Gabrielle Edgerton e Marina Shpaner

**CITAÇÃO:** van Kesteren M e Meeter M (2022) Como usar as tuas memórias para ajudar-te a aprender coisas novas. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00047-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** van Kesteren M and Meeter M (2020) How to Use Your Memories to Help Yourself Learn New Things *Front. Young Minds* 8:47. doi: 10.3389/frym.2020.00047

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 van Kesteren e Meeter. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES

### DR. H. BAVINCK SCHOOL, IDADE: 8-12

Somos alunos de 5–6 e 7–8 anos da Bavinck School em Haarlem, Holanda. Este é um grupo de 40 crianças (19 no grupo 5–6 e 21 no grupo 7–8) que anseiam aprender um pouco mais do que o programa escolar habitual. Divertiram-se muito revendo para o FYM, analisaram os artigos com muita atenção e entusiasmo e fizeram uma avaliação crítica. Gostaram muito de contribuir para a ciência e ajudar!



**ELIZA, IDADE: 10**

Olá! O meu nome é Eliza. Adoro ler e fazer *muffins*. Tenho dois cães, chamados Arnie e Benji. Também gosto de fazer contas com meu pai. A minha mãe tem um Doutorado em neurociências, que acho realmente interessante.

**MALLETS BAY SCHOOL, IDADE: 9-10**

Estes alunos da quarta classe adoram o campo do seu belo Estado, onde os invernos são longos, os verões curtos e a temporada de lama está sempre à espreita. Também gostam de jogar futebol americano, hotwheels, fortnite e hóquei.

**AUTORES****MARLIEKE VAN KESTEREN**

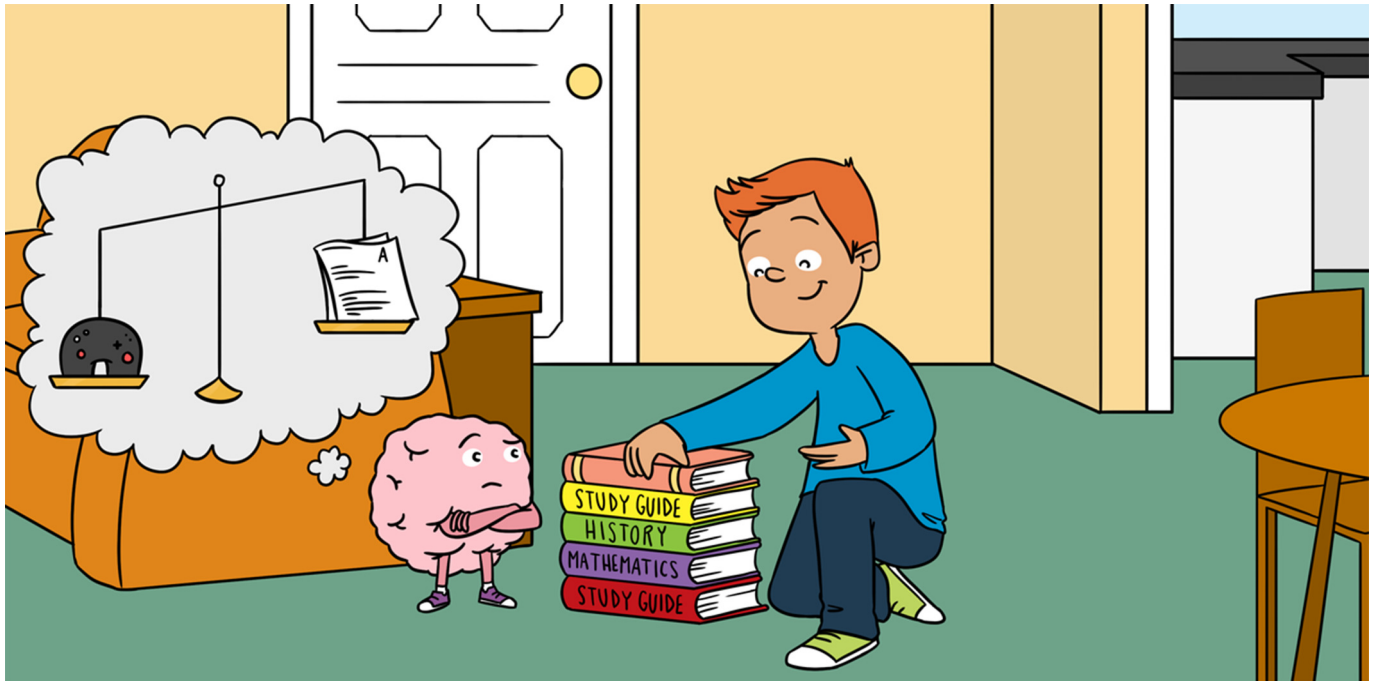
Marlieke Van Rio Kesteren é pesquisadora pós-doutorada em Neurociência Educacional na VU University Amsterdam. Ela investiga como podemos melhor usar o nosso conhecimento anterior para aprender novas informações. Para tal, ela coloca estudantes num aparelho de ressonância magnética enquanto estão a aprender. \*[marlieke.van.kesteren@vu.nl](mailto:marlieke.van.kesteren@vu.nl)

**MARTIJN MEETER**

Martijn Meeter é professor de ciências da educação, a ciência que mostra como a educação funciona. O seu laboratório fica numa universidade em Amsterdão, Países Baixos ([www.vu.nl](http://www.vu.nl)). Estuda aprendizagem e educação com variadas técnicas e desenvolveu muitos modelos de computador do cérebro: programas que simulam o funcionamento do nosso cérebro num computador. Também é diretor de um programa de formação de professores, escola que transforma alunos em professores do ensino secundário.

**Portuguese version provided by**  
Versão Portuguesa fornecida por

**JACOB'S**  
**FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## VALERÁ A PENA? COMO O TEU CÉREBRO DECIDE FAZER UM ESFORÇO

Anne-Wil Kramer<sup>1\*</sup>, Hilde M. Huizenga<sup>1,2,3</sup>, Lydia Krabbendam<sup>4</sup> e Anna C. K. van Duijvenvoorde<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Psicologia do Desenvolvimento, Universidade de Amsterdão, Amsterdão, Países Baixos

<sup>2</sup>Centro do Cérebro e Cognição de Amsterdão, Amsterdão, Países Baixos

<sup>3</sup>Área Prioritária de Investigação Yield, Amsterdão, Países Baixos

<sup>4</sup>Departamento de Psicologia do Desenvolvimento Clínico, Universidade VU, Amsterdão, Países Baixos

<sup>5</sup>Departamento de Psicologia do Desenvolvimento, Instituto de Psicologia, Universidade de Leiden, Leiden, Países Baixos

<sup>6</sup>Instituto Leiden para o Cérebro e Cognição, Universidade de Leiden, Leiden, Países Baixos

### JOVENS REVISORES:



SEAWELL  
ELEMENTARY

IDADE: 10

Tudo o que fazes requer algum esforço. Por exemplo, coisas básicas como andar ou pedalar exigem esforço físico e tem a ver com usar o teu corpo. Outro tipo de esforço é o esforço cognitivo, que tem a ver com pensar e usar o cérebro. Por exemplo, pensa em tentar dominar um cubo de Rubik. Gostarias de te esforçar nesta tarefa? O prazer de encontrar uma solução pode superar o esforço de pensar muito. Ou podes decidir que a procura da solução não vale a pena o teu esforço. Porquê e quando decidirias pensar muito? Neste artigo, explicaremos como decides exercer um esforço cognitivo e o que acontece no teu cérebro enquanto tomas essa decisão.

## INTRODUÇÃO

Na escola, os teus professores podem dizer que se te tivesses esforçado um pouco mais, terias passado numa prova ou teste, ou que, com um pouco mais de esforço, terias tirado uma nota mais elevada. Embora possas pensar que colocar mais esforço pode levar a melhores resultados, na verdade nem sempre é claro o que é exatamente esse esforço.

Ações de esforço podem ser vistas como o oposto de ações automáticas [1]. Por exemplo, não precisas fazer nada de especial para que o teu cérebro veja cores: é um processo automático. Em contrapartida, outras ações envolvem processos não automáticos e requerem algum esforço. Ações de esforço estão por todo o lado. Pensa no esforço necessário para caminhar ou pedalar até à escola. Tais ações corporais requerem esforço físico. Por outro lado, ações que requerem **esforço cognitivo** têm a ver com o teu pensamento. Esforço cognitivo é o esforço de pensamento que usas para realizar uma tarefa complicada. Por exemplo, exerces um esforço cognitivo ao estudar, resolver um quebra-cabeça complicado, ou tentar resolver um enigma.

Muitas pessoas dizem que comportamentos de esforço que são úteis a longo prazo, como estudar para um teste, são desagradáveis na altura [2]. Porque é que exercer esforço cognitivo seria desagradável? E talvez mais interessante, porque é que parece divertido algumas vezes? Neste artigo, explicaremos porquê e quando podes decidir aplicar um esforço cognitivo e o que acontece no teu cérebro quando tomas essa decisão.

## CUSTOS E BENEFÍCIOS

Imagina que tens um teste amanhã e que precisas estudar. Quanto esforço cognitivo vais colocar? Investigadores descobriram que o teu comportamento pode ser previsto pelo cálculo dos custos e benefícios de estudar [1]. Quais poderão ser estes custos e benefícios?

Para manter a conversa simples, podemos dizer que o benefício de estudar é obter uma boa nota. Obter uma boa nota é melhor para a tua média final, e podes apenas gostar de obter boas notas. Um custo importante tem a ver com o nível de esforço cognitivo que deves exercer - para obter uma boa nota, por vezes terás que pensar mais.

Os investigadores descrevem a tua decisão de usar o esforço cognitivo em função dos benefícios e custos potenciais. Podes pensar nisso como uma equação matemática: a soma de custos e benefícios

### ESFORÇO COGNITIVO

O esforço de pensar que colocas na realização de uma tarefa complicada.

## DESCONTO DE ESFORÇO

O fenómeno em que algo perde o seu valor se for necessário um esforço maior para obtê-lo.

### Figura 1

A linha azul representa o valor de uma boa nota em função de quanto tens que estudar para obtê-la. Como podes ver, o valor de uma boa nota diminuirá se precisares exercer mais esforço cognitivo (estudar mais). Os cientistas chamam isto desconto de esforço: gostas menos de algo por causa do esforço que requer. A linha azul é, portanto, chamada de curva de desconto de esforço.

resulta num determinado valor. Quanto mais valorizas algo, mais provável é que coloques um esforço cognitivo nele.

Na [Figura 1](#), podes ver que se tens que estudar muito para obter uma boa nota, o valor na obtenção dessa nota diminui. Significa que o esforço cognitivo provavelmente também diminui ou desconta o valor de uma boa nota. Os cientistas chamam a isto o **desconto de esforço**.

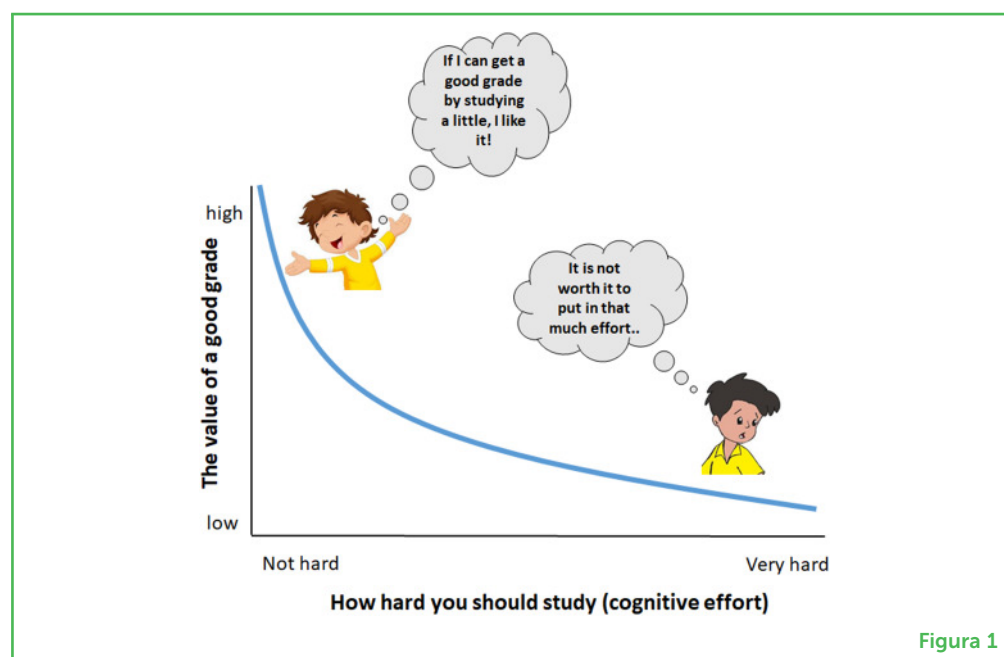


Figura 1

## RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL (RMF)

Uma técnica de imagem cerebral usada para visualizar quais as áreas cerebrais que estão ativas num dado momento.

### ESTRIADO VENTRAL

Uma área cerebral envolvida na sinalização de benefícios provenientes do esforço cognitivo.

### CÓRTEX CINGULADO ANTERIOR

Uma área cerebral envolvida na sinalização de custos provenientes do esforço cognitivo.

## MAS... O QUE ACONTECE NO CÉREBRO QUANDO DECIDIMOS EXERCER UM ESFORÇO COGNITIVO?

Para medir o que acontece no teu cérebro ao decidir exercer um esforço cognitivo, os investigadores usam uma técnica chamada **ressonância magnética funcional (RMf)** (para uma explicação sobre a RMf, consulta a [Caixa 1](#)). Com a RMf, podemos descobrir quais as áreas cerebrais que estão ativas, ou seja, aquelas que estás a usar naquele exato momento. A partir de estudos de RMf, aprendemos que o teu cérebro calcula constantemente os valores das tuas ações futuras, levando em conta os custos e benefícios dessas ações. Uma região específica do cérebro que é importante na sinalização de potenciais benefícios chama-se **estriado ventral**. Essa região localiza-se bem no interior do teu cérebro e está envolvida na sinalização de todos os tipos de benefícios [4], por exemplo, dinheiro, comida saborosa, ou obter uma boa nota. Mas e quanto aos custos? Os cientistas observaram que o custo do esforço cognitivo é sinalizado maioritariamente por uma região cerebral diferente, que é chamada **córtex cingulado anterior** [5].



### Caixa 1 | Como é que os neurocientistas medem a atividade cerebral?

A ressonância magnética funcional (RMf) é uma técnica de imagem cerebral usada pelos cientistas para visualizar o que o cérebro faz em diferentes circunstâncias. O cérebro contém cerca de 100 mil milhões de células chamadas neurónios. Estes neurónios comunicam uns com os outros através de sinais químicos e elétricos. Se os neurónios enviam mais sinais uns aos outros, precisam de mais oxigénio. Este oxigénio é fornecido através do sangue, e se o sangue contém mais oxigénio, é mais magnético. Assim, com técnicas de RMf, medimos quanto oxigénio gastam as diferentes regiões do cérebro medindo o seu sinal magnético. Isso diz-nos indiretamente o quão ativa é uma determinada região do cérebro. Para obter mais informações sobre como as máquinas de ressonância magnética funcionam, consulta outro artigo da Frontiers for [Young Minds](#) [3].

### CÓRTEX PRÉ-FRONTAL VENTROMEDIAL

Uma área cerebral onde os custos e benefícios são ponderados.

#### Figura 2

O cérebro visto de frente (esquerda) e de lado (direita) da tua cabeça. À esquerda, podes ver o estriado ventral ("região de benefício"). À direita, podes ver o córtex cingulado anterior ("região de custo") e o córtex pré-frontal ventromedial ("região da soma de custos e benefícios").

Depois do cérebro ter em conta os custos e benefícios, o estriado ventral e o córtex cingulado anterior vão trabalhar juntos para trocar informações. Assim, no nosso exemplo, o teu cérebro pesa todos os custos (esforço cognitivo) e benefícios (boa nota) do estudo, e em seguida, calcula o quanto valorizas a obtenção de uma boa nota e, como consequência, se vale a pena estudar. Os cientistas pensam que essa troca de informações ocorre numa região na parte da frente do teu cérebro, chamada **córtex pré-frontal ventromedial** (Figura 2).

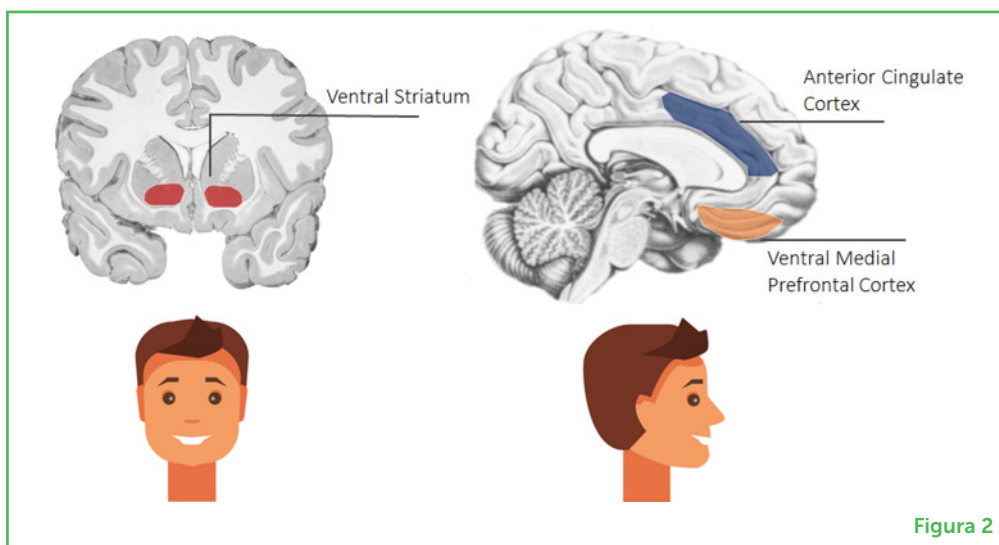


Figura 2

## QUANDO QUERES EXERCER UM ESFORÇO COGNITIVO?

Agora que sabemos o que é esforço cognitivo e o que acontece no cérebro ao decidir quanto esforço cognitivo colocar, podemos voltar à pergunta com a qual começamos: quando queres investir esforço cognitivo?

Já deves ter percebido que o cérebro considera o esforço cognitivo como algo caro. Portanto, um esforço elevado normalmente é desagradável. Podes pensar que o teu cérebro te torna preguiçoso, mas não é necessariamente o caso. O teu cérebro está a tentar ponderar se vale a pena fazer um esforço cognitivo.

No entanto, a tua disposição para exercer um esforço cognitivo nem sempre é a mesma. Podes reconhecer que por vezes tens vontade de fazer um esforço cognitivo e às vezes realmente não gostas de pensar muito. A vontade de exercer um esforço cognitivo nem sempre é a mesma - é mutável (pode ser mudada)! O quanto sentes vontade de pensar pode depender da hora do dia (manhã ou noite), como te sentes (cansado ou descansado) e se gostas ou não da atividade que exige o esforço [6].

## DICAS PARA EXERCER MAIS ESFORÇO

Se a tua vontade de exercer um esforço cognitivo é mutável, então uma pergunta muito importante é: podes aumentar a tua vontade de exercer um esforço cognitivo para o teste amanhã? Bem, a resposta é... Sim! Com base no conhecimento que agora tens, podes experimentar três dicas simples.

Primeiro, reduz todos os outros custos do teu cérebro pensante [1]. Portanto, retira distrações, tal como o teu telemóvel, para te ajudar a focar. Para ver o que pode acontecer, vê a [Figura 3](#). Remover distrações faz com que o esforço cognitivo pareça menos dispendioso.

Segundo, aumenta os benefícios. Por exemplo, podes recompensar-te com uma prenda depois de estudar bastante durante 1h. Ou podes dizer a ti próprio que se conseguires uma boa nota, vais comprar algo que queres.

Terceiro, tenta aumentar a tua satisfação com a tarefa em si. Por exemplo, se não gostas de matemática, usa um jogo de matemática para torná-lo mais apetecível. Desta forma, podes até mesmo vir a desfrutar dos esforços que exerces em aprender matemática.

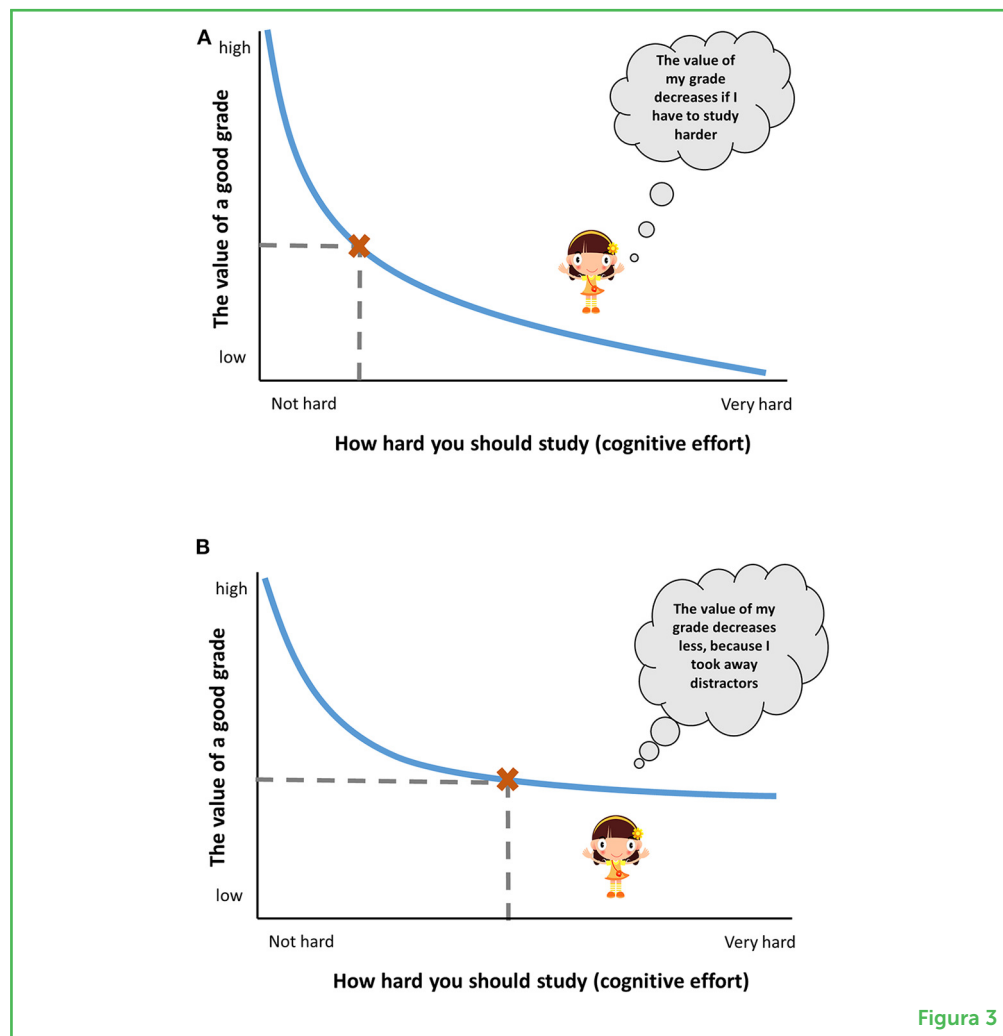
Com estes truques, certamente farás os teus trabalhos de casa com mais facilidade. Boa sorte!

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

A-WK e AD escreveram o manuscrito em conjunto. HH e LK fizeram uma revisão crítica.

### Figura 3

(A) Uma curva padrão de desconto de esforço: o valor de uma boa nota diminui com o aumento do esforço cognitivo. A cruz vermelha em ambas as imagens indica um ponto onde o valor de uma boa nota é médio, e a linha pontilhada cinzenta mostra a quantidade de estudo necessário para chegar a essa nota média. (B) Se tirares as distrações, como o telemóvel ou a televisão, exerceres mais um esforço agora diminui o valor de uma boa nota menos rapidamente. Isso vai levar-te a estudar mais, porque o esforço cognitivo parece menos dispendioso.



## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Fundação Jacobs por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos. Este trabalho foi apoiado pela bolsa Start Impulse ao NeuroLabNL da Agenda Nacional Holandesa da Ciência (NWA).

## REFERÊNCIAS

1. Kurzban, R., Duckworth, A., Kable, J. W., and Myers, J. 2013. An opportunity cost model of subjective effort and task performance. *Behav. Brain Sci.* 36:661–726. doi: 10.1017/S0140525X12003196
2. Shenhav, A., Musslick, S., Lieder, F., Kool, W., Griffiths, T. L., Cohen, J. D., et al. 2017. Toward a rational and mechanistic account of mental effort. *Annu. Rev. Neurosci.* 40:99–124. doi: 10.1146/annurev-neuro-072116-031526
3. Parker, A. J. 2018. Fakes and forgeries in the brain scanner. *Front. Young Minds* 6:39. doi: 10.3389/frym.2018.00039

4. Sescousse, G., Caldú, X., Segura, B., and Dreher, J. C. 2013. Processing of primary and secondary rewards: a quantitative meta-analysis and review of human functional neuroimaging studies. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 37:681–96. doi: 10.1016/j.neubiorev.2013.02.002
5. Westbrook, A., Lamichhane, B., and Braver, T. 2019. The subjective value of cognitive effort is encoded by a domain-general valuation network. *J. Neurosci.* 39:3934–47. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3071-18.2019
6. Kool, W., and Botvinick, M. 2018. Mental labour. *Nat. Hum. Behav.* 2:899–908. doi: 10.1038/s41562-018-0401-9

**EDITOR:** [Jessica Massonnie](#)

**MENTOR CIENTÍFICOS:** [Scott Huettel](#)

**CITAÇÃO:** Kramer A-W, Huizenga HM, Krabbendam L e van Duijvenvoorde ACK (2022) Valerá a pena? como o teu cérebro decide fazer um esforço. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00073-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Kramer A-W, Huizenga HM, Krabbendam L and van Duijvenvoorde ACK (2020) Is It worth It? How your Brain Decides To Make An Effort. *Front. Young Minds* 8:73. doi: 10.3389/frym.2020.00073

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Kramer, Huizenga, Krabbendam e van Duijvenvoorde. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES

### SEAWELL ELEMENTARY, IDADE: 10

A nossa sala de aula espetacular na Carolina do Norte está cheia de mentes estimulantes e que aprendem. Adoramos ajudar-nos uns aos outros. Pensamos, resolvemos e aprendemos! Fazemos projetos que expandem o nosso cérebro e, por vezes, quando trabalhamos juntos, as nossas ideias podem ficar confusas, mas os resultados são sempre divertidos. Uma das maneiras em que adoramos ser incríveis? Abraçando o nosso editor interno! Adoramos ler e editar, e ficamos muito animados com a oportunidade de trabalhar com a *Frontiers for Young Minds*!



## AUTORES



### ANNE-WIL KRAMER

Sou estudante de Doutorado na Universidade de Amsterdão. Preencho o meu tempo com uma variedade de esforços. Eu gosto de fazer esforço físico pedalando por Amsterdão e nadando (não nos canais). Também gosto de exercer esforço cognitivo, por exemplo, jogando ou pensando sobre como as coisas funcionam. Por vezes olho para meu gato, e pergunto porque que é ele pode ficar bem sem fazer nenhum esforço o dia todo! Mas, honestamente, às vezes também me sinto assim. Por causa disso, penso como tudo isso funciona? Para estudar o esforço, desenvolvemos pesquisas nas quais permitimos que as pessoas tomem decisões sobre quanto esforço desejam gastar. \*[a.kramer@uva.nl](mailto:a.kramer@uva.nl)



### HILDE M. HUIZENGA

Sou professora de Psicologia do Desenvolvimento na Universidade de Amsterdão. Uso bastante a matemática para estudar como as crianças se tornam adultos e como os adultos envelhecem. Por vezes penso mais quando estou em pé na minha secretária, por vezes também faço isso quando estou a correr, ou quando converso com as nossas filhas adolescentes, ou pedalando por Amsterdão. Pensei nas figuras deste artigo enquanto andava de bicicleta. Espero que gostes delas.



### LYDIA KRABBENDAM

Sou professora de Neuropsicologia do Desenvolvimento na Universidade Livre de Amsterdão. Sei tudo sobre o esforço cognitivo na educação, pois também tenho três filhos em idade escolar! Também investigo as interações sociais em salas de aula e como isso se relaciona com a relação entre as interações sociais e o cérebro e o desenvolvimento cognitivo. Acho este um assunto interessante, porque se trabalhas ou estudas com pessoas de quem gostas, isso também pode fazer com que o esforço seja muito mais divertido.

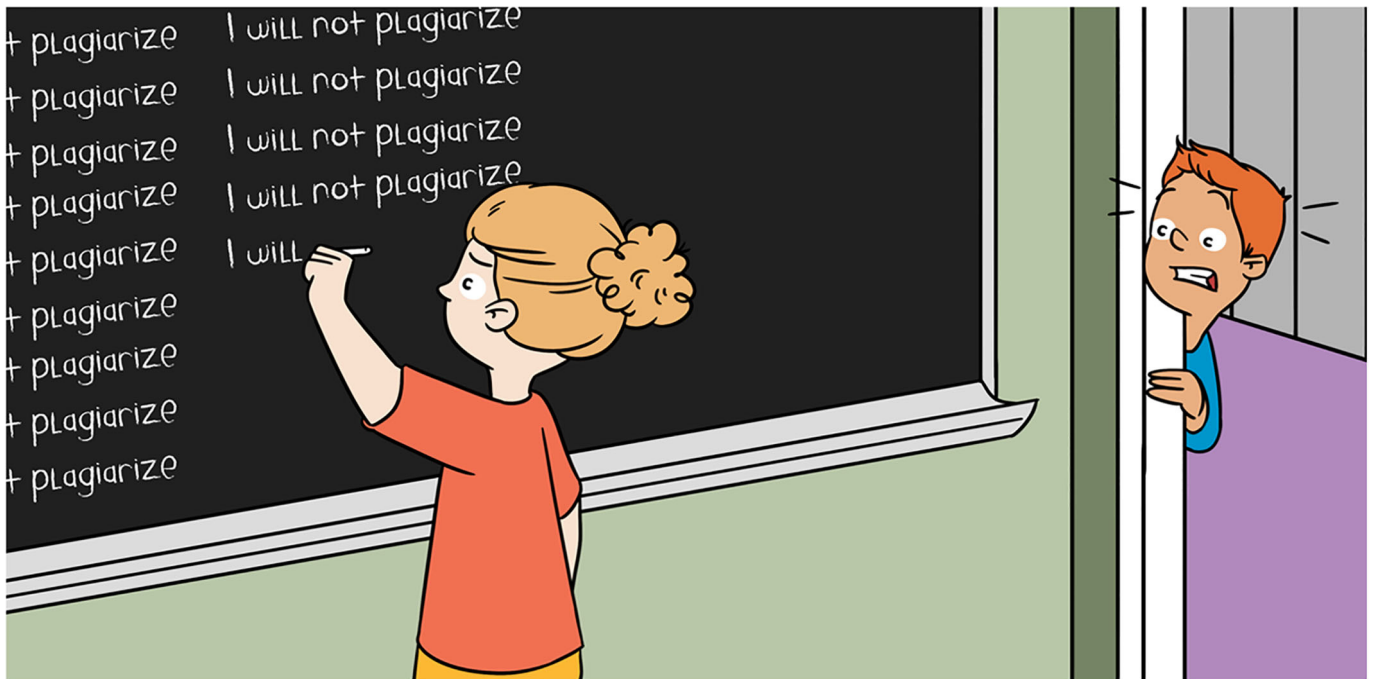


### ANNA C. K. VAN DUIJVENVOORDE

Sou professora associada em Psicologia do Desenvolvimento e desenvolvimento cerebral na Universidade de Leiden. Quero saber tudo sobre motivação, aprendizagem e como o cérebro funciona. Não é interessante que a tua motivação muda à medida que envelheces? Será que está relacionado com o desenvolvimento do teu cérebro? Nem sempre fui motivada na escola, mas quando pude escolher os meus próprios estudos de neuropsicologia, achei fascinante. Trabalhar tanto já não era tão difícil! Com o meu trabalho, espero ser capaz de construir experiências motivacionais e ajudar as crianças a aprender.

Portuguese version provided by  
Versão Portuguesa fornecida por

 **JACOBS  
FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## APRENDIZAGEM SOCIAL E O CÉREBRO: COMO APRENDEMOS COM E SOBRE OUTRAS PESSOAS

**Bianca Westhoff<sup>1,2\*</sup>, Iris J. Koele<sup>1,2</sup> e Ilse H. van de Groep<sup>2,3,4</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Psicologia do Desenvolvimento, Instituto de Psicologia, Universidade de Leiden, Leiden, Países Baixos

<sup>2</sup>Instituto Leiden para o Cérebro e Cognição, Leiden, Países Baixos

<sup>3</sup>Departamento de Psiquiatria da Criança e do Adolescente, Centro Médico da Universidade de Amsterdão, Amsterdão, Países Baixos

<sup>4</sup>Escola Erasmus de Ciências Sociais e Comportamentais, Universidade Erasmus de Roterdão, Roterdão, Países Baixos

### JOVENS REVISORES:



**ANISHA**

IDADE: 13



**ELI**

IDADE: 13



**HENRI**

IDADE: 13



**SARAH**

IDADE: 14



**SPANDANA**

IDADE: 12

Quando pensas sobre aprendizagem provavelmente pensas em coisas que são ensinadas na escola. Mas já deste conta que também usas um tipo diferente de aprendizagem no dia-a-dia? Este tipo de aprendizagem é chamado aprendizagem social, e tem a ver com as pessoas à tua volta. Ou seja, aprendes com e sobre os outros assistindo e interagindo com eles. Por exemplo, ver os erros de outra pessoa pode ensinar-te a evitar cair na mesma armadilha. Embora a aprendizagem social ocorra frequentemente, podes ainda não saber muito sobre isso. No entanto, a aprendizagem social é muito importante porque ajuda-nos a aprender com mais eficiência e a determinar a melhor maneira de nos comportarmos perto dos outros. Neste artigo, apresentamos dois tipos diferentes de aprendizagem social e explicamos como o teu cérebro desempenha um papel importante.

## APRENDIZAGEM SOCIAL

Aprender novas informações num contexto social, com outras pessoas sendo a fonte dessas informações. Exemplos são aprender com ou sobre outras pessoas.

## O QUE É A APRENDIZAGEM SOCIAL E PORQUE É IMPORTANTE?

Quando pensas na coisa mais recente que aprendeste, a primeira coisa que te vem à cabeça é provavelmente algo que aprendeste na escola. Por exemplo, o vocabulário de francês que precisas saber para o próximo teste. Aprender estas coisas pode ser útil no futuro: se fores a França de férias, saberás pedir direções, por exemplo.

Claramente, a aquisição de conhecimentos (como o vocabulário francês) pode ser muito importante. No entanto, além de aprender com os livros, também podes aprender com e sobre as pessoas à tua volta. A isto chamamos de **aprendizagem social** porque, para esse tipo de aprendizagem, as pessoas são a fonte. Na maior parte do tempo, estás rodeado por outras pessoas, incluindo a tua família, professores e amigos. Portanto, provavelmente aprendes com outras pessoas todos os dias, talvez até mesmo sem perceberes!

Sendo os humanos seres sociais, a aprendizagem social é uma capacidade importante. A aprendizagem social é uma forma muito eficiente de aprender coisas. Por exemplo, não tens que descobrir tudo sozinho, porque aprendes com os erros e sucessos de outras pessoas. Além disso, a aprendizagem social pode permitir que conheças melhor os outros e, portanto, percebas melhor como te comportar perto deles. Essas capacidades de aprendizagem social ajudam-te a ter bons relacionamentos com outras pessoas, o que é bom para o teu bem-estar.

Neste artigo, apresentamos dois tipos de aprendizagem social: aprender com outras pessoas e aprender sobre outras pessoas. Para mostrar que já usas estes tipos de aprendizagem social com frequência, apresentaremos exemplos que podes encontrar na escola. Finalmente, como o teu cérebro desempenha um papel fundamental na aprendizagem, explicaremos como a aprendizagem social funciona no cérebro.

## COMO APRENDEMOS COM OS OUTROS?

Um tipo importante de aprendizagem social é aprender com outras pessoas, vendo o que fazem. A ideia é que os erros e sucessos das outras pessoas podem ensinar-te se deves comportar-te da mesma maneira, ou de forma diferente [1].

Por exemplo, imagina que estás a fazer um teste na escola, mas não sabes o suficiente sobre as respostas para obter uma boa nota. A tua amiga está sentada ao teu lado e consegues ver as respostas dela. Podes ficar tentado a espreitar... mas então, de repente, um dos teus colegas é apanhado a copiar e é castigado. Agora provavelmente vais

pensar duas vezes antes de copiar, porque viste que isso pode resultar numa punição! Por outras palavras, aprendeste com o erro de outras pessoas que é melhor não copiar durante um teste.

Quando aprendes observando as outras pessoas, estás a aprender sobre as escolhas que fazem (como copiar), e os resultados dessas escolhas (como o castigo). Se os resultados são positivos é provável que faças a mesma escolha. No entanto, se os resultados são negativos, provavelmente farás uma escolha diferente.

Os cientistas descobriram que as pessoas são boas a aprender sobre as melhores escolhas a fazer. Contudo, aprendemos ainda melhor se também pudermos observar outras pessoas a aprender a mesma coisa [1]. Quando observamos as escolhas dos outros, sejam os resultados bons ou maus, temos informações extra sobre a melhor escolha. Usamos essas informações extra para melhorar as nossas próprias escolhas. Portanto, beneficiamos ao aprender com os outros, pois isso ajuda-nos a tomar melhores decisões. Isto torna a aprendizagem com os erros e sucessos de outras pessoas mais eficiente do que descobrir as coisas por conta própria.

## COMO APRENDEMOS SOBRE AS OUTRAS PESSOAS?

Acabamos de explicar que as pessoas aprendem de forma eficiente com outras pessoas, observando-as. Outro tipo comum de aprendizagem social é aprender sobre outras pessoas, interagindo com elas. Quando aprendes sobre outras pessoas, aprendes como elas são e como se comportam. Para este tipo de aprendizagem, precisas de prestar atenção ao comportamento de outras pessoas para que possas usar essas informações em decisões futuras.

Por exemplo, imagina que dizes a uma das tuas colegas que gostas do menino sentado a duas mesas de distância. No entanto, acontece que a tua colega não é de confiança: o teu segredo acaba por ficar conhecido pela turma inteira e ficas muito chateada! Nesse caso, podes ter aprendido que é melhor não lhe contar os teus segredos no futuro.

Embora haja muitas coisas que possas aprender sobre outras pessoas, muitos cientistas estudam como aprendemos sobre a fiabilidade de outras pessoas. Aprender em quem podes confiar é muito importante, porque te ajuda a decidir se podes acreditar naquilo que uma pessoa diz.

Os cientistas descobriram que, durante a adolescência, ficamos melhores e mais rápidos a aprender em quem podemos confiar e quem não merece a nossa confiança [2]. Portanto, ao crescer, ficamos melhores a aprender sobre os outros. Logo, este tipo de aprendizagem



social ajuda a decidir como nos devemos comportar perto dos outros, o que é necessário para construir bons relacionamentos.

## COMO FUNCIONA A APRENDIZAGEM SOCIAL?

Agora que apresentamos estes dois tipos de aprendizagem social, explicaremos como funciona a aprendizagem social. Quando aprendes algo, estás a atualizar os conhecimentos que tens com as novas informações. O teu cérebro está envolvido nesta atualização: funciona como uma calculadora. Ou seja, o teu cérebro está constantemente a calcular a diferença entre o que esperas que aconteça, e o que verdadeiramente acontece. Se algo inesperado acontecer, isso pode surpreender-te. Esta surpresa é chamada **erro de previsão**—cometes um erro na tua previsão. O teu cérebro observa este erro de previsão e faz com que aprendas com ele, atualizando o que já sabes com as novas informações.

No caso da aprendizagem social, pensa no exemplo que discutimos anteriormente, quando disseste à tua colega sobre a tua paixoneta (Figura 1). Estavas à espera que ficasse calada, mas não aconteceu. Então, o que aconteceu foi bastante surpreendente porque foi diferente do que esperavas. O teu cérebro nota o erro de previsão e usa essa nova informação para atualizar o que sabes sobre a tua colega. Ou seja, aprendeste sobre a tua colega e não lhe confiarás novamente com os teus segredos<sup>1</sup>.

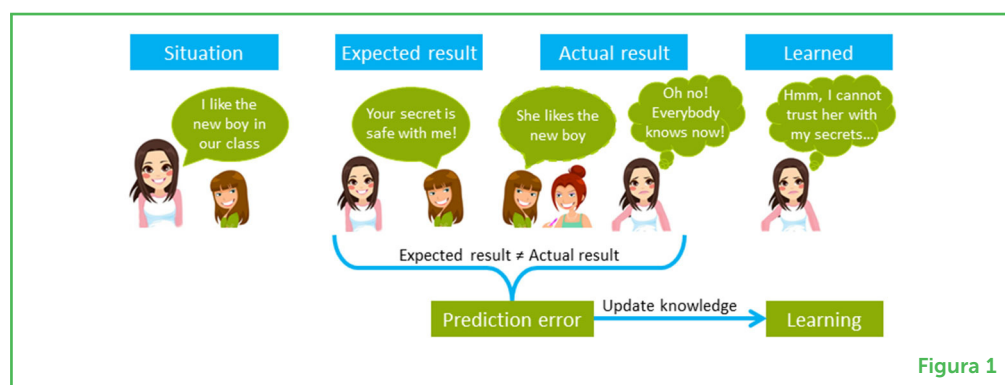


Figura 1

### ERRO DE PREVISÃO

A “surpresa” quando há uma diferença entre o que esperas que aconteça, e o que realmente acontece.

<sup>1</sup> Queres saber mais sobre os cálculos que o teu cérebro faz quando está a aprender alguma coisa? Por que não lês [3]?

### Figura 1

Erros de previsão resultam em aprendizagem. Se há uma diferença entre o que esperas que aconteça (resultado esperado), e o que realmente acontece (resultado real), há um erro de previsão. Este erro de previsão é então usado para atualizar o teu conhecimento: aprendeste algo novo.

### ESTRIADO VENTRAL

Área cerebral que está envolvida, entre outras, na aprendizagem (social) porque calcula erros de previsão.

### CÓRTEX MEDIAL PRÉ-FRONTAL (MPFC)

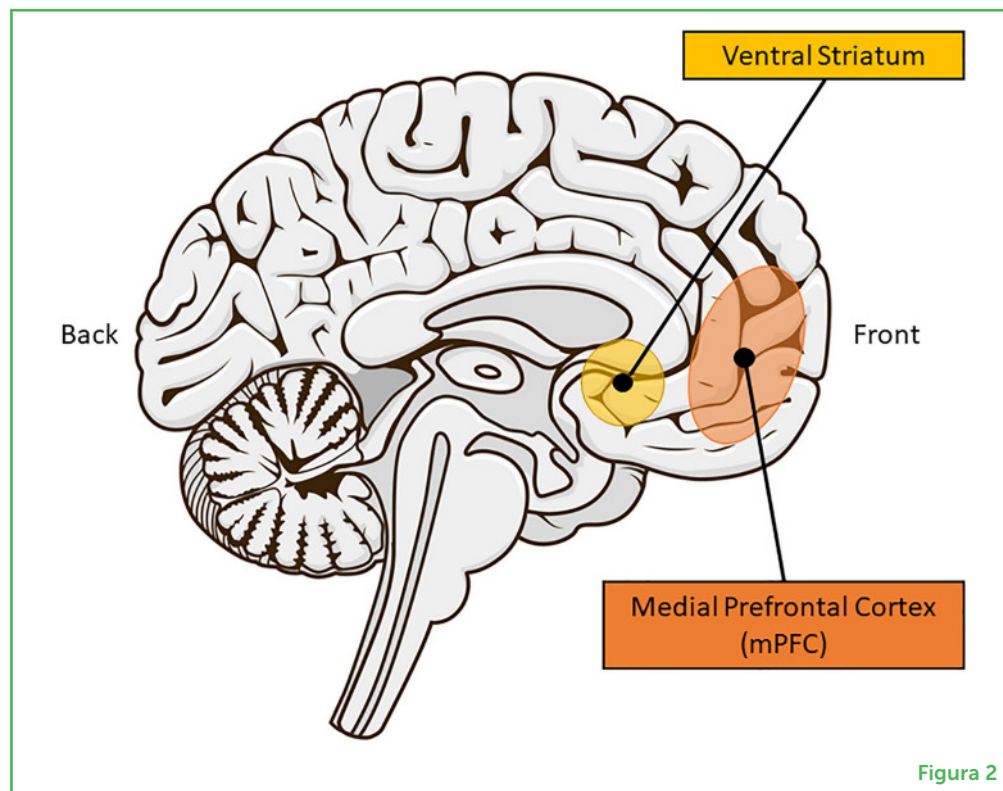
Área cerebral envolvida, entre outros, na aprendizagem social, porque quando há um erro de previsão, o mPFC atualiza as tuas expectativas incorretas no cérebro com a nova informação que aprendeste.

## QUE PARTES DO CÉREBRO ESTÃO ENVOLVIDAS?

Várias áreas do cérebro são usadas para efetuar todos os cálculos necessários para a aprendizagem social [4]. Os cientistas descobriram pelo menos duas áreas do cérebro que são importantes para a aprendizagem social, o **estriado ventral** e o **córtex pré-frontal medial (mPFC)** (Figura 2). Fizem essas descobertas usando um aparelho de ressonância magnética para varrer o cérebro das pessoas. Podes ler mais sobre o funcionamento de um aparelho de ressonância magnética na [Caixa 1](#).

## Figura 2

Áreas cerebrais envolvidas na aprendizagem social. O estriado ventral (no meio do cérebro) calcula erros de previsão, e essas expectativas recém-aprendidas são atualizadas no córtex medial pré-frontal (mPFCEm, na frente do cérebro). Essas duas áreas cerebrais são, portanto, importantes na aprendizagem social.



### Caixa 1 | Estudar o cérebro: como sabemos o que está a acontecer?

Para entender como funciona a aprendizagem social, muitos cientistas estudam o cérebro usando um aparelho de imagem de ressonância magnética (Figura 3). Este aparelho é um ímã enorme que pode tirar fotos do cérebro pelo crânio. Os cientistas podem usar a ressonância magnética para tirar fotos do cérebro de alguém enquanto essa pessoa está a jogar um jogo de computador que envolve aprender com ou sobre outras pessoas. Assim, os cientistas podem descobrir que partes do cérebro estão envolvidas durante a aprendizagem social. Para saber mais sobre o funcionamento dos aparelhos de ressonância magnética e como são usados para estudar o cérebro, consulta [5].

O estriado ventral é uma área no meio do cérebro que usas quando tomas decisões, quando gostas de algo e quando algo é recompensador. Além disso, o estriado ventral é importante para calcular os erros de predição [4]. É, portanto, uma área importante do cérebro para a aprendizagem regular e social.

O mPFC é uma área na frente do cérebro (atrás da testa), que parece particularmente importante para pensar sobre o que os outros estão a pensar, e para tomar decisões que envolvem outras pessoas. O mPFC também está envolvido na aprendizagem: após o cálculo dos erros de previsão pelo estriado ventral, o teu mPFC atualiza as expectativas que tinhas com as novas informações [4]. O mPFC é, portanto, outra área cerebral importante para a aprendizagem social.

Assim, o estriado ventral e o mPFC desempenham ambos um papel na aprendizagem social. Porém, é importante perceber que essas

### Figura 3

Investigadores usam aparelhos de ressonância magnética para estudar o cérebro das pessoas. Um cenário de pesquisa em que um investigador posiciona um participante numa cama que deslizará para o aparelho de ressonância magnética. Outros dois investigadores estão atrás de um ecrã de computador, onde irão ver imagens do cérebro do participante depois de ativar o aparelho de ressonância magnética.

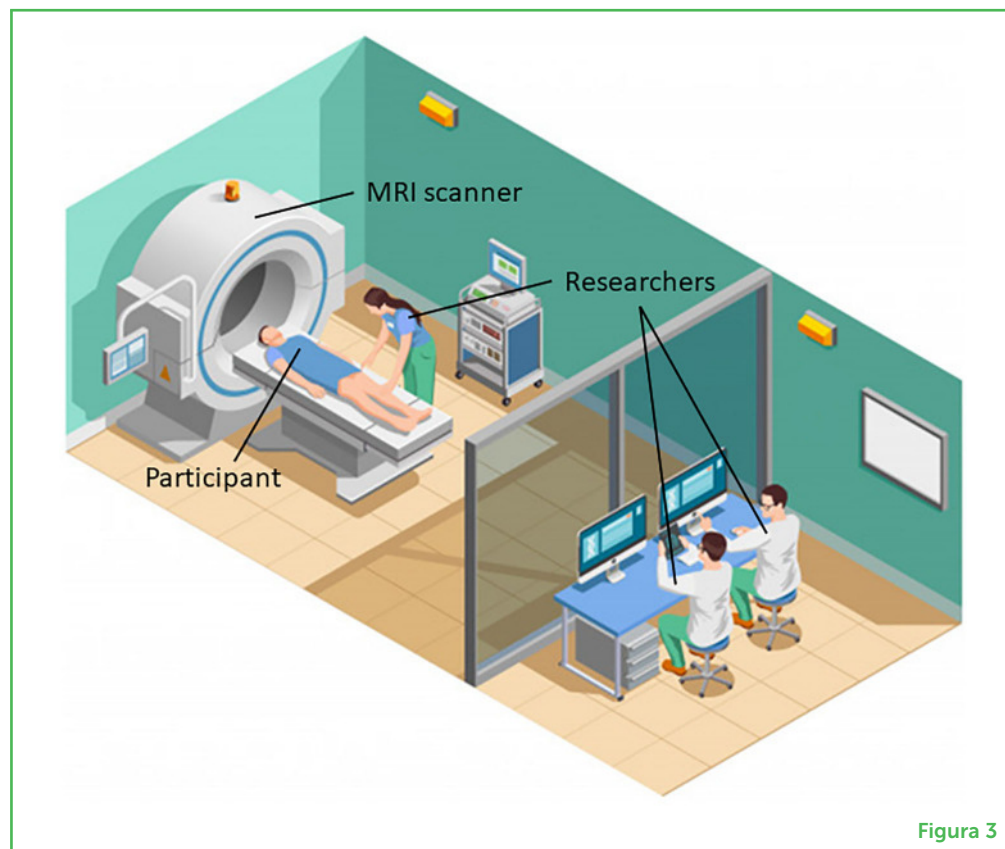


Figura 3

áreas cerebrais estão envolvidas em outros comportamentos, além da aprendizagem social. Além disso, o estriado ventral e o mPFC não são as únicas partes do cérebro usadas durante a aprendizagem social - muitas áreas do cérebro estão envolvidas. Todas essas áreas cerebrais trabalham juntas e comunicam umas com as outras enquanto aprendes em situações sociais complexas.

## RECAPITULAR: O QUE APRENDESTES SOBRE A APRENDIZAGEM SOCIAL

Neste artigo, explicamos os dois tipos de aprendizagem social e por que a aprendizagem social é uma capacidade importante. Primeiro, aprender com o comportamento de outras pessoas e os seus erros e sucessos é mais eficaz do que pensar apenas por ti próprio. Segundo, a aprendizagem sobre outras pessoas ao interagir com elas pode ajudar-te a aprender em quem podes confiar e ajuda-te a construir boas relações. Quando o que acontece na verdade não corresponde à tua previsão, erros de previsão são calculados no cérebro, e esses erros de previsão resultam em aprendizagem. Os erros de previsão são calculados no estriado ventral, que o mPFC usa para atualizar as informações já armazenadas no cérebro.

Agora que sabes mais sobre a aprendizagem social, talvez possas pensar nos teus próprios exemplos quando aprendeste com outras

peças ou sobre elas. Talvez possas pensar em maneiras pelas quais a aprendizagem social te ajudou a aprender com mais eficiência ou a decidir a melhor maneira de te comportares perto dos outros. Na próxima vez que observares ou conheceres outras pessoas, pensa nos cálculos incríveis que estão a acontecer no teu cérebro!

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos. Gostaríamos também de agradecer à Anna van Duijvenvoorde e Marieke Bos pelos comentários sobre uma versão anterior deste artigo. A BW foi apoiada por uma bolsa Open Research Area (ORA) grant (464-15-176) financiada pela Organização dos Países Baixos Para a Investigação Científica (NWO), atribuída à Dra. Anna C. K. Van Duijvenvoorde. IK foi apoiada por uma bolsa NWO Westerdijk Grant (014.041.030), atribuída à Prof. Berna Güroglu. IG foi apoiada por um prémio Ammodo Science Award 2017 para as Ciências Sociais atribuído à Prof. Eveline Crone.

## REFERÊNCIAS

1. Bandura, A. 1977. *Social Learning Theory*. New York, NY: General Learning Press.
2. Van den Bos, W., van Dijk, E., and Crone, E. A. 2012. Learning whom to trust in repeated social interactions: a developmental perspective. *Group Process. Intergroup Relat.* 15:243–56. doi: 10.1177/1368430211418698
3. Nussenbaum, K., and Cohen, A. 2018. Equation invasion! How math can explain how the brain learns. *Front. Young Minds* 6:65. doi: 10.3389/frym.2018.00065
4. Joiner, J., Piva, M., Turrin, C., and Chang, S. W. 2017. Social learning through prediction error in the brain. *NPJ Sci. Learn.* 2:8. doi: 10.1038/s41539-017-0009-2
5. Hoyos, P. M., Kim, N. Y., and Kastner, S. 2019. How is magnetic resonance imaging used to learn about the brain? *Front. Young Minds* 7:86. doi: 10.3389/frym.2019.00086

**EDITOR:** [Jessica Massonnie](#)

**MENTORES CIENTÍFICOS:** [Elizabeth Lorenc](#) e [Elizabeth Toomarian](#)

**CITAÇÃO:** Westhoff B, Koele IJ e van de Groep IH (2022) Aprendizagem Social e o cérebro: como aprendemos com e sobre outras pessoas. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00095-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Westhoff B, Koele IJ and van de Groep IH (2020) Social Learning and the Brain: How Do We Learn From and About Other People? Front. Young Minds 8:95. doi: 10.3389/frym.2020.00095

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

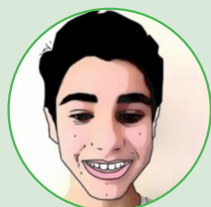
**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Westhoff, Koele e van de Groep. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES



### ANISHA, IDADE: 13

Sou aluna do sétimo ano na Synapse School. Sou apaixonada por neurociência, física quântica, matemática e canto!



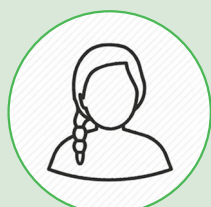
### ELI, IDADE: 13

Estou no sétimo ano na Synapse School. Gosto de cozinhar, fazer bolos e ler.



### HENRI, IDADE: 13

Eu estou no oitavo ano na Synapse School. Gosto de ler os artigos da Frontiers.



### SARAH, IDADE: 14

Sou uma aluna do oitavo ano na Synapse School e adoro tudo relacionado com matemática, ciências ou atividades ao ar livre, desde testar reações químicas na cozinha até descobrir a distância que percorri e a minha velocidade média enquanto esquiava montanha abaixo. Embora adore correr e explorar coisas novas, também gosto das partes mais simples do meu dia, quando posso sentar-me com o meu gato e ler. Equilibrar essas atividades mantêm-me envolvida com a vida, mas também calma.

**SPANDANA, IDADE: 12**

Meu nome é Spandana. A minha disciplina favorita na escola é ciências. O meu melhor amigo é a imaginação e adoro escrever histórias. Alguns dos meus passatempos são conversar, ver TV, jogar vôlei e desenhar. Adoro animais e os meus favoritos são cães. Gosto de fazer perguntas. As minhas cores favoritas são verde-azul e roxo.

**AUTORES****BIANCA WESTHOFF**

Sou investigadora da Leiden University, nos Países Baixos. Estou interessada em saber como aprendemos sobre as pessoas à nossa volta. Além disso, estudo o cérebro e como ele se desenvolve durante a adolescência. Interesso-me em particular pela forma como o desenvolvimento do cérebro afeta a maneira como nos comportamos e aprendemos sobre os outros. \*[b.westhoff@fsw.leidenuniv.nl](mailto:b.westhoff@fsw.leidenuniv.nl)

**IRIS J. KOELE**

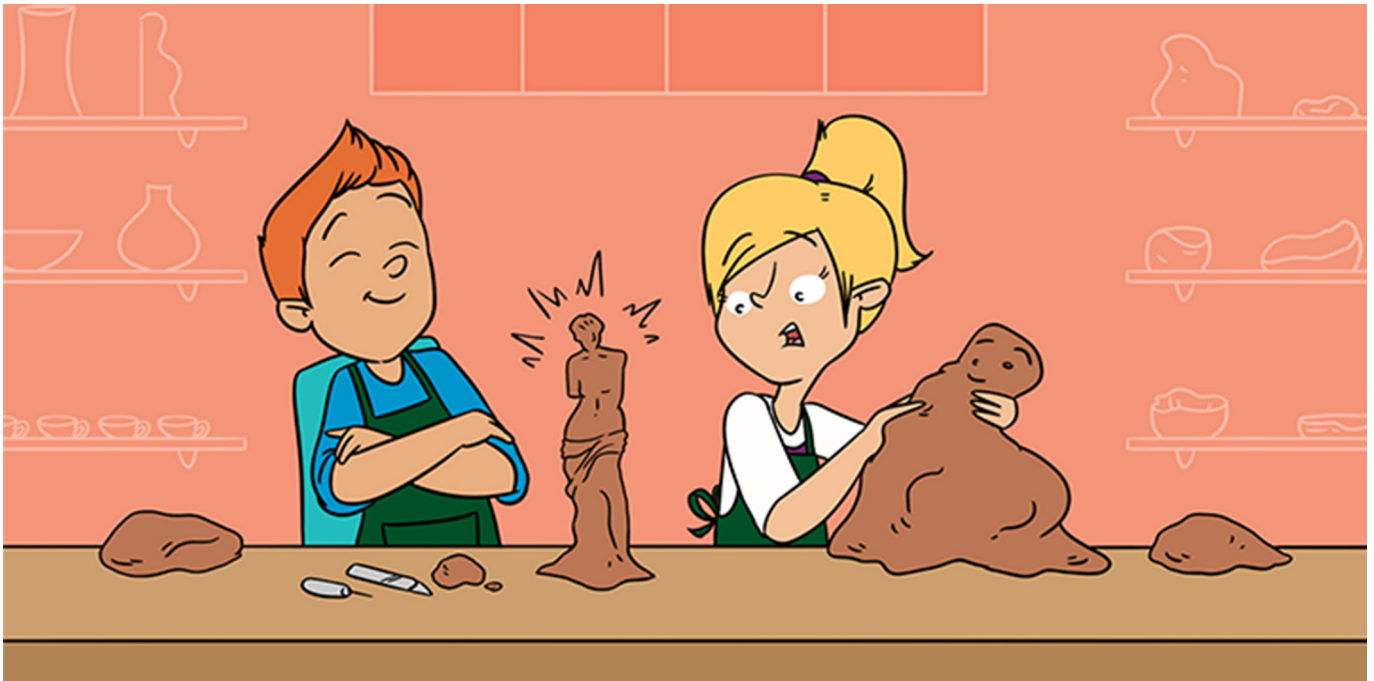
Sou investigadora da Leiden University, nos Países Baixos. Sou particularmente fascinada com a forma como os adolescentes aprendem com seus amigos e outros colegas, como essas relações sociais mudam com o tempo e o que acontece no cérebro durante esse tipo de aprendizagem. Além disso, interesso-me pelo que ocorre no cérebro quando jovens com défice de atenção e transtorno de hiperatividade ganham recompensas para si e para os seus amigos.

**ILSE H. VAN DE GROEP**

Sou investigadora na Erasmus University Rotterdam e na Amsterdam UMC em Amsterdão, nos Países Baixos. Estou interessada em entender por que algumas pessoas mostram comportamento antissocial persistente (como agressividade) ao longo da vida, enquanto outras não. Para conseguir entender essas diferenças, examino o cérebro e o comportamento de jovens adultos que foram presos por um crime quando eram crianças. Entre outras coisas, estou curiosa em descobrir se a aprendizagem social e a tomada de decisões funcionam de maneira diferente nesses indivíduos.

**Portuguese version provided by**  
Versão Portuguesa fornecida por

**JACOBS**  
**FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## NEUROMITOS NA SALA DE AULA

Victoria C. P. Knowland<sup>1,2\*</sup> e Michael S. C. Thomas<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Sono, Linguagem e Memória, Departamento de Psicologia, Universidade de York, York, Reino Unido

<sup>2</sup>Centro para as Neurociências Educativas, Londres, Reino Unido

<sup>3</sup>Laboratório de Neurocognição do Desenvolvimento, Departamento de Ciências Psicológicas, Universidade de Birkbeck de Londres, Londres, Reino Unido

### JOVENS REVISORES:



ANYA

IDADE: 7



DR. H.

BAVINCK  
SCHOOL

IDADE: 8–12



LIAM

IDADE: 8



MONICA

IDADE: 6



OLIVER

IDADE: 10

Já ouviste dizer que usamos apenas 10% do nosso cérebro? Poder explorar o poder cerebral oculto é uma ideia interessante — mas será realmente que a maior parte do nosso cérebro não faz nada o dia todo? Não! Cada pedaço do teu cérebro está ocupado 24 horas por dia. Há muitos desses chamados neuromitos a circular por aí: ideias sobre o cérebro que parecem verdade, mas não são. Geralmente há uma boa razão pela qual um neuromito começou: talvez haja um fundo de verdade nisso, ou talvez as pessoas gostariam que fosse verdade. Neste artigo exploramos três neuromitos amplamente disseminados sobre o crescimento do cérebro, e explicamos por que é importante distinguir a verdade do que não é. Iremos explorar se podes mudar o quão inteligente és, se meninas e meninos pensam de forma diferente uns dos outros, e se algumas crianças têm o lado esquerdo ou direito do cérebro predominantes.



PALOMA

IDADE: 8

## INTELIGÊNCIA

Inteligência é uma palavra frequentemente usada para descrever o quão inteligente alguém é. Por exemplo, o quão bem as pessoas se dão em testes para medir coisas como resolução de problemas. Mas pergunta a um grupo de cientistas o que é a inteligência e cada um deles provavelmente dará uma resposta diferente!

## GENÉTICA

Algo que é passado a partir de pais para filhos em DNA, de modo que a cor do seu cabelo é determinada pela genética, mas o comprimento do seu cabelo não é;

## O QUE É UM NEUROMITOS?

Um mito é algo que muitas pessoas pensam ser verdade, mas não é (por exemplo, que o Rei Artur foi um rei verdadeiro em Inglaterra) e “neuro” diz-nos que estamos a falar do cérebro. Portanto, um neuromitos é uma afirmação sobre o cérebro que muitas vezes é considerada verdadeira, mas não é. Existem muitos neuromitos, como o de que usamos apenas 10% do nosso cérebro, ou que o nosso cérebro não está ativo enquanto dormimos. Podes ter-te cruzado com essas ideias e, quer te dê conta ou não, elas podem fazer a diferença na maneira como pensas sobre o teu próprio cérebro e na forma como aprendes na escola. É importante ressaltar que os neuromitos também são coisas em que pais e professores podem acreditar e que podem afetar a maneira como pensam sobre a mente em crescimento. Neuromitos podem influenciar a maneira como os professores ensinam e como os pais educam os seus filhos. Neste artigo, iremos passar algum tempo a explorar três neuromitos e, em seguida, refletiremos por que é importante saber como identificar um mito.

## MITO #1: A INTELIGÊNCIA É FIXA

Aqui a ideia é de que o teu desempenho em coisas como exames escolares ou testes de **inteligência** depende da tua **genética**. Genética significa algo que corre na família — coisas como a cor dos olhos e a altura geralmente dependem fortemente da genética. Se a tua inteligência fosse fixada pela genética, então o teu desempenho nos exames escolares dependeria do desempenho dos teus pais em testes de inteligência, ou do seu desempenho nos exames escolares. A proveniência desta ideia é clara, porque as crianças podem de facto ser muito semelhantes aos seus pais. Na verdade, podemos medir o quanto as crianças e seus pais são semelhantes. Se escolheres um grupo de gémeos, alguns idênticos e outros não, e escolheres um comportamento — digamos, malabarismo — podes descobrir o quanto as diferenças nesse comportamento são influenciadas pela genética e o quanto as diferenças são devidas ao ambiente em que as crianças foram criadas. Isso porque gémeos idênticos compartilham 100% da sua composição genética, enquanto gémeos não idênticos compartilham apenas 50%, mas ambos os tipos de gémeos compartilham ambientes muito semelhantes (vivem na mesma casa, têm o mesmo número de aulas de malabarismo, etc.). Se a capacidade de malabarismo é mais semelhante entre gémeos idênticos do que gémeos não idênticos, isso significa que a maior semelhança genética de gémeos idênticos produz mais semelhanças no malabarismo — logo esse comportamento deve ser influenciado pela genética. Chamamos esta influência genética “herdabilidade”. Herdabilidade zero significa que as diferenças são



totalmente devidas ao ambiente, enquanto 100% de herdabilidade significa que todas as diferenças no comportamento são devidas às diferenças nos genes.

A técnica de usar gêmeos permite ver o quanto a genética tem a ver com uma pessoa ter melhores notas num teste escolar. Acontece que pouco mais de metade (60–65%) da diferença entre crianças no seu desempenho na escola é devido à genética (Oliver et al. [1] demonstram isto para as ciências e a matemática). É claro que a genética não explica tudo, longe disso. Afinal, ninguém saberia muito sobre algo se não fosse ensinado!

Várias coisas podem influenciar a tua aprendizagem na sala de aula que não tem nada a ver com os teus pais: como acreditar que o teu desempenho pode mudar com a aprendizagem ou ter um professor excelente. Cada professor sabe que pode fazer uma diferença positiva numa criança. Um estudo demonstrou isso graciosamente: descobriram que a capacidade de leitura era mais influenciada pela genética em aulas com melhores professores [2]. Eis por que isso é elegante: se tens um professor mau, isso afeta toda a gente, não importa quão bons sejam os seus genes de leitura. Se tens um professor perfeito, as diferenças na capacidade de leitura devem-se mais ao diferente potencial genético de cada pessoa. Pensemos nas crianças como plantas. As plantas devem alcançar alturas diferentes, dependendo das suas plantas-mãe. No entanto, se as plantinhas não receberem água suficiente, não importa a altura das suas plantas-mãe, elas não crescerão em todo o seu potencial. Só quando têm água suficiente (um grande professor) uma planta pode ser crescer tão alta quanto a sua genética permite (fazer o melhor que pode na escola). Estudos como o estudo da leitura mostram que, embora haja verdade na ideia de que a inteligência é transmitida pelos pais, não é verdade que ela seja fixa. A maneira como a tua inteligência é revelada depende de ti e do mundo ao teu redor.

## MITO #2: MENINAS E MENINOS PENSAM DE MANEIRA DIFERENTE

A ideia aqui é que as meninas nascem melhores em algumas atividades na sala de aula e os meninos nascem melhores noutras atividades. Geralmente, acredita-se que as meninas destacam-se em coisas mais criativas, como o inglês, enquanto se pensa que os meninos são melhores em coisas técnicas, como a matemática. Muitos estudos científicos foram publicados que indicam diferenças entre homens e mulheres; por exemplo, os homens são melhores a manipular imagens de objetos nas suas mentes. Nem todos acreditam que os homens e as mulheres sejam assim tão diferentes. Uma cientista **analisou dados** de um conjunto de estudos, incluindo cerca de sete milhões de pessoas no total, olhando para diferenças nos géneros numa variedade de atividades, desde falar a arremessar [3]. Ela descobriu

### ANALISAR

Decidir o que um conjunto de dados pode nos dizer

### DADOS

Um conjunto de informações.

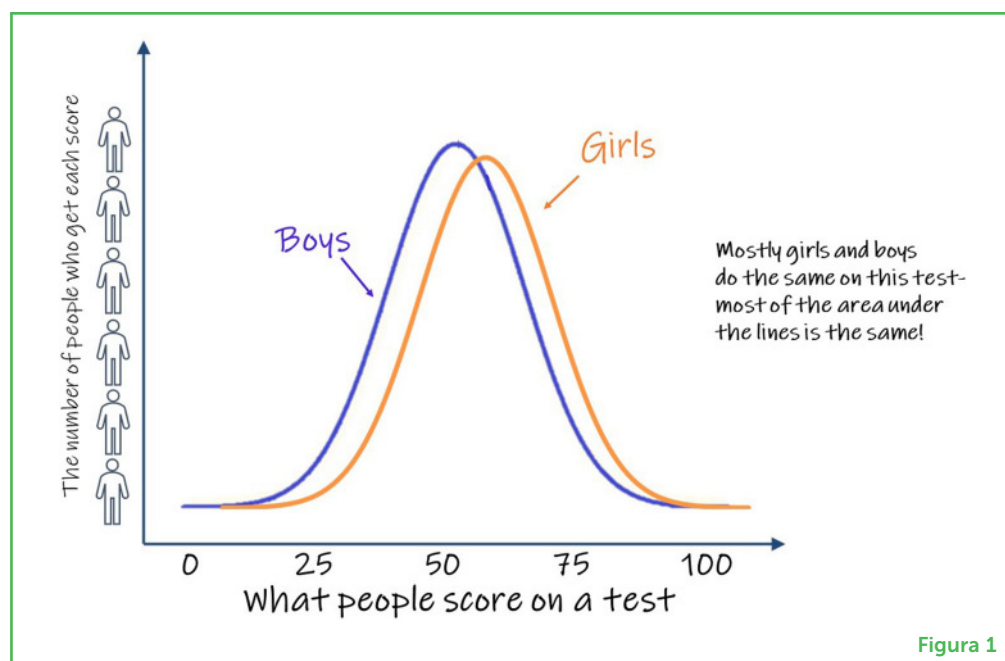
<sup>1</sup> Usamos "gênero" para indicar diferenças biológicas entre machos e fêmeas, mais do que indicar como as pessoas se veem.

que mais de três quartos dos estudos indicaram diferenças pequenas ou quase nulas entre os gêneros<sup>1</sup>. Isso verificou-se mesmo em áreas onde as pessoas pensavam que existiam grandes diferenças, como capacidades matemáticas.

Outra coisa importante é que os estudos de diferenças de grupo avaliam exatamente isso: grupos. Se pegares num grupo de meninos, alguns deles serão ótimos a matemática, a maioria será boa a matemática e alguns serão maus a matemática. O mesmo é verdade para as meninas. Mesmo que, como grupo, os meninos sejam um pouco melhores num determinado teste, isso nada diz sobre um indivíduo em específico (como se vê na [Figura 1](#)). Os dois grupos sobreporão-se consideravelmente. Qualquer menino provavelmente será melhor do que muitas meninas, e qualquer menina provavelmente será melhor do que muitos meninos.

### Figura 1

Este é um exemplo de um gráfico que mostra como um grupo de meninas e um grupo de meninos se saíram num teste de fingimento. Vê como mesmo que as meninas sejam um pouco melhores como um grupo (a curva "meninas" fica ligeiramente à direita dos "meninos", mostrando que eles têm pontuações ligeiramente mais altas), a maior parte do tempo os dois grupos se sobrepõem.



Assim, embora possam existir algumas diferenças entre a maneira como meninas e meninos pensam, essas diferenças são pequenas, e as diferenças de grupo realmente não dizem nada sobre nenhum indivíduo, de qualquer maneira.

### MITO #3: ALGUMAS CRIANÇAS TÊM PREDOMINÂNCIA DO LADO ESQUERDO DO CÉREBRO E OUTRAS DO LADO DIREITO

Na verdade, existem duas ideias aqui: (1) o cérebro é dividido numa metade esquerda lógica e prolixa e uma metade direita criativa e emocional; e (2) as pessoas têm um lado mais ativo do que o outro,

de modo que são melhores em atividades associadas com o lado esquerdo ou direito.

Como vimos com os outros neuromitos, existe alguma verdade nisto. Olhando para o cérebro, uma das coisas mais marcantes é que existem duas metades muito distintas (chamadas hemisférios) que, em grande parte, são imagens espelhadas uma da outra (como ilustrado na Figura 2).

### Figura 2

Este é um desenho das duas metades do cérebro.

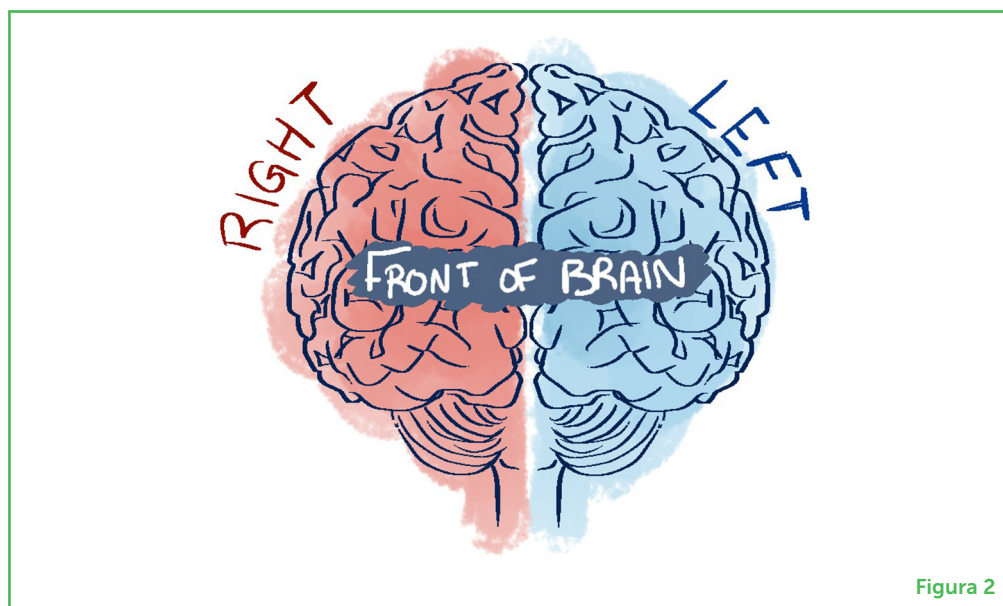


Figura 2

Também é verdade que diferentes áreas do cérebro especializam-se em diferentes tarefas, como mover as mãos ou ter medo de aranhas. Por vezes, essa especialização pode ser vista completamente (ou principalmente) num lado do cérebro: isso designa-se por “lateralização”. O exemplo clássico é que a linguagem (falar e ouvir os outros falar) depende da metade esquerda do cérebro na maioria das pessoas. No entanto, mesmo a linguagem não é exclusiva do cérebro esquerdo: o cérebro direito é importante em muitos aspetos da linguagem. Por exemplo, o hemisfério direito é essencial para entender porque é que as piadas são engraçadas depois do hemisfério esquerdo entender a frase [4]. As duas metades do cérebro quase sempre trabalham juntas desta maneira.

Embora muitas vezes usemos lados diferentes do cérebro para executar tarefas diferentes, isso não significa que as pessoas tenham um lado mais predominante do que o outro. Um estudo com mais de 1000 indivíduos mostrou que, em geral, as pessoas não têm uma metade do cérebro mais ativa do que a outra metade [5]. Na verdade, a atividade no cérebro depende do que estás a fazer. Também depende de quão bom és a executá-lo. Por exemplo, os músicos têm mais massa encefálica em algumas partes do hemisfério esquerdo em comparação com não-músicos [6]; mas essas diferenças são vistas em áreas específicas e pequenas do cérebro, geralmente não num

hemisfério ou outro. Assim, embora algumas tarefas possam estar mais associadas com o lado direito ou esquerdo do cérebro, as pessoas não estão.

## **PORQUE É QUE OS NEUROMITOS IMPORTAM?**

Neuromitos importam porque afetam os pensamentos e comportamentos das pessoas: podem mudar a forma como nos vemos e como vemos os outros. Vamos tomar o exemplo do género novamente. Dos 8 aos 9 anos, não há diferença no desempenho de meninas e meninos a matemática, embora meninas (e os seus pais) achem que a sua capacidade matemática é menor do que a dos meninos [7]. Isso sugere que o que as pessoas acreditam (neste caso, que as meninas não são tão fortes a matemática) pode ter um impacto real na forma como as crianças se veem, o que pode afetar o seu desempenho real. Num estudo, quando um teste de matemática foi apresentado a um grupo de estudantes universitários, os homens tiveram melhor desempenho quando lhes foi dito que o teste geralmente mostra diferenças de género, mas quando foram informados de que era um teste com paridade de género, as mulheres tiveram o mesmo desempenho que os homens [8]. Isto é importante porque, no final da formação, as diferenças que antes eram pequenas tornam-se enormes: 94% dos professores de matemática no Reino Unido são homens [9]. Este é um bom exemplo porque devemos ter cuidado com neuromitos — o que acreditamos sobre o teu cérebro e os cérebros dos outros pode-se tornar realidade. Então, começa a acreditar que podes ser bom a matemática!

## **CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES**

Escrito por VK e editado por MT.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de agradecer do fundo do coração a todos os que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa e à Fundação Jacobs por fornecer os fundos necessários para traduzir os artigos.

## **REFERÊNCIAS**

1. Oliver, B., Harlaar, N., Hayiou-Thomas, M. E., Kovas, Y., Walker, S. O., Petrill, S. A., et al. 2004. A twin study of teacher-reported mathematics performance and low performance in 7-year-olds. *J. Educ. Psychol.* 96:504–17. doi: 10.1037/0022-0663.96.3.504

2. Taylor, J., Roehrig, A. D., Soden-Hensler, B., Connor, C. M., and Schatschneider, C. 2010. Teacher quality moderates the genetic effects on early reading. *Science* 328:512–4. doi: 10.1126/Science.1186149
3. Shibley-Hyde, J. 2005. The gender similarities hypothesis. *Am. Psychol.* 60:581–92. doi: 10.1037/0003-066X.60.6.581
4. Marinkovic, K., Baldwin, S., Courtney, M. G., Witzel, T., Dale, A. M., and Halgren, E. 2011. Right hemisphere has the last laugh: neural dynamics of joke appreciation. *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 11:113–30. doi: 10.3758/s13415-010-0017-7
5. Nielsen, J. A., Zielinski, B. A., Ferguson M. A., Lainhart, J. E., and Anderson, J. S. 2013. An evaluation of the left-brain vs. right-brain hypothesis with resting state functional connectivity magnetic resonance imaging. *PLoS ONE* 8:e71275. doi: 10.1371/journal.pone.0071275
6. Gaser, C., and Schlaug, G. 2003. Brain structures differ between musicians and non-musicians. *J. Neurosci.* 23:9240–5. doi: 10.1523/JNEUROSCI.23-27-09240.2003
7. Herbert, J., and Stipek, D. 2005. The emergence of gender differences in children's perceptions of their academic competence. *J. Appl. Dev. Psychol.* 26:276–95. doi: 10.1016/j.appdev.2005.02.007
8. Spencer, S. J., Steele, C. M., and Quinn, D. M. 1999. Stereotype threat and women's math performance. *J. Exp. Soc. Psychol.* 35:4–28.
9. London Mathematical Society. 2013. *Advancing Women in Mathematics: Good Practice in UK University Departments*. London: London Mathematical Society.

**EDITOR:** [Nienke Van Atteveldt](#)

**MENTORES CIENTÍFICOS:** [Naomi Chaytor](#) e [Silvia Riva](#)

**CITAÇÃO:** Knowland VCP e Thomas MSC (2022) Neuromitos na sala de aula. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00049-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Knowland VCP and Thomas MSC (2020) Neuro-Myths in the Classroom. *Front. Young Minds* 8:49. doi: 10.3389/frym.2020.00049

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Knowland e Thomas. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES



### ANYA, IDADE: 7

Gosto de ser ativa e praticar muitos desportos com muito entusiasmo e da melhor maneira possível. Os meus desportos favoritos são natação e ginástica. Também gosto de ouvir novas histórias em livros, narração de histórias e filmes, e gosto de criar as minhas próprias histórias quando brinco. Mas também gosto de matemática, que é minha disciplina favorita na escola. Gosto de cantar e de tudo que é musical, e sempre que posso faço os meus próprios *muffins* ao pequeno-almoço.



### DR. H. BAVINCKESCHOOL, IDADE: 8–12

Somos alunos de 5–6 e 7–8 anos da Bavinckschool em Haarlem, Países Baixos. Este é um grupo de 40 crianças (19 no grupo 5–6 e 21 no grupo 7–8) que estão ansiosas para aprender um pouco mais do que o programa escolar habitual. Divertiram-se muito revendo para a FYM, analisaram os artigos com muita atenção e entusiasmo e fizeram uma avaliação crítica. Gostaram muito de contribuir para a ciência e ajudar!!



### LIAM, IDADE: 8

Estou na terceira classe e adoro peluches e a minha mãe. Sou um artista e adoro esquiar. Quando crescer, quero viajar por todo o mundo e no espaço.



### MONICA, IDADE: 6

Gosto de desenhar... porque quero exprimir o que sinto. Gosto de conhecer novas cidades e países. Sou extremamente criativa e adoro cozinhar. Também gosto de ler e aprender coisas de crianças de todo o mundo. Gosto de desportos como natação e patinagem.



### OLIVER, IDADE: 10

Estou no quinto ano e adoro robótica, matemática e ciências. Comecei há pouco a aprender a tocar trompete. Mal posso esperar pelo início da temporada de esqui. Quando crescer, quero ser astronauta e visitar Marte!



### PALOMA, IDADE: 8

Olá, o meu nome é Paloma, os meus interesses são a escola e viajar porque eu gosto de aprender coisas novas. A minha disciplina favorita é ciências porque é muito interessante e eu tenho um ótimo professor. Também gosto muito de ler histórias em quadrinhos porque são divertidas! Também estou muito preocupada com a poluição e a conservação da água e espero um dia encontrar soluções para esses problemas.

## AUTORES



### VICTORIA C. P. KNOWLAND

Vic é investigadora na Universidade de York. O seu trabalho é tentar compreender como o sono na infância pode ser importante para a aprendizagem de línguas. Ela interessa-se em perceber como é que as habilidades linguísticas das crianças são diferentes de umas para as outras, por exemplo, porque é que algumas crianças conhecem mais palavras do que outras. Ela também gosta de apoiar crianças que têm dificuldade de comunicação. Em conjunto com Michael, Vic escreveu uma série de artigos curtos sobre neuromitos que são relevantes para a aprendizagem nas salas de aula. \*[victoria.knowland@york.ac.uk](mailto:victoria.knowland@york.ac.uk)



### MICHAEL S. C. THOMAS

Michael é professor de neurociência cognitiva na Birkbeck, Universidade de Londres. É Diretor do Centro de Neurociências Educativas da Universidade de Londres (<http://www.educationalneuroscience.org.uk/>). Usa métodos diferentes para perceber como o cérebro funciona e como as pessoas diferem na forma de pensar, incluindo aquelas com dificuldades de desenvolvimento como o autismo. Dentro da neurociência educacional, o seu trabalho inclui a compreensão de como as crianças aprendem as ciências e a matemática, e a investigação de como o uso de telemóveis pode alterar os cérebros dos adolescentes.

**Portuguese version provided by**  
Versão Portuguesa fornecida por





## É COMPLICADO: APRENDER E ENSINAR NÃO É SOBRE “ESTILOS DE APRENDIZAGEM”

Breanna C. Lawrence<sup>1\*</sup>, Burcu Yaman Ntelioglou<sup>2</sup> e Todd Milford<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Psicologia Educacional e Serviços de Estudantes, Faculdade de Educação, Universidade de Brandon, Brandon, Manitoba, Canadá

<sup>2</sup>Departamento de Currículos e Pedagogia, Faculdade de Educação, Universidade de Brandon, Manitoba, Canadá

<sup>3</sup>Departamento de Currículo e Instrução, Faculdade de Educação, Universidade de Vitória, Colúmbia Britânica, Canadá

### JOVENS REVISORES:



EMILY

IDADE: 11



MIHAJLO

IDADE: 16

A existência de estilos de aprendizagem é talvez um dos mitos mais difundidos e acreditados na educação. A ideia é baseada no argumento de que todos os alunos podem ser categorizados de acordo com o seu estilo particular de aprendizagem, e que aprendem melhor quando os professores adaptam a instrução ao estilo preferencial do aluno. Esta teoria popular tem sido comprovada como falsa por muitos cientistas de aprendizagem. A teoria de estilos de aprendizagem reduz processos sofisticados e complexos, como o ensino e a aprendizagem, a categorias excessivamente simples e classifica os alunos de maneiras que podem limitar o seu potencial. Estudos realizados por cientistas que estudam o cérebro e a educação descobriram que aprender e ensinar são muito mais complicados do que simplesmente combinar o ensino a um estilo de aprendizagem do aluno.



## NEUROCIENTISTAS

Cientistas que estudam o cérebro e como afeta o pensamento e o comportamento.

## ESTILOS DE APRENDIZAGEM

Uma teoria que classifica as pessoas de acordo com uma forma preferida de aprendizagem, como visual, auditiva ou cinestésica e que defende que a instrução funciona melhor quando é compatível com a sua maneira preferida de aprendizagem.

## NEUROMITO

Uma convicção falsa mas vulgarmente aceite, sobre a forma como o cérebro funciona.

## NEUROCIÊNCIA

O estudo científico da estrutura e funcionamento do cérebro e do sistema nervoso.

<sup>1</sup> Ver [danielwillingham.com](http://danielwillingham.com)

Talvez tenhas ouvido alguns professores a dizer que os alunos têm estilos diferentes de aprendizagem. Por exemplo, talvez tivessem dito que algumas pessoas são “aprendizes visuais” que preferem aprender ao ver, ou que outros alunos são “aprendizes auditivos” que aprendem melhor a ouvir, ou “aprendizes cinestésicos” que aprendem melhor fazendo. Podes até ter feito um teste para descobrir o teu próprio estilo de aprendizagem. Muitas pessoas acreditam que todos os alunos podem ser classificados de acordo com os seus estilos de aprendizagem preferidos e que os alunos aprendem melhor quando os professores combinam a maneira como ensinam com o estilo de aprendizagem preferido do aluno. Embora a teoria dos estilos de aprendizagem seja muito popular, muitos **neurocientistas** já provaram que ela é falsa. Apesar das evidências sugerirem que os estilos de aprendizagem não são verdadeiros, muitos educadores ainda acreditam nisso [1]. A ideia de **estilos de aprendizagem** é um exemplo de um **neuromito**, que é uma convicção falsa habitualmente sustentada sobre como o cérebro funciona. Neste artigo, descreveremos por que a alegação de estilos de aprendizagem é um neuromito e discutiremos por que pode ser prejudicial acreditar nesse mito. Também explicaremos como a **neurociência**, que é a ciência que estuda o cérebro, nos ajuda a compreender as complexidades do ensino e da aprendizagem.

## PORQUE É QUE A IDEIA DE ESTILOS DE APRENDIZAGEM É UM NEUROMITO?

A teoria dos estilos de aprendizagem carece de evidências científicas que a sustentem. No entanto, muitos professores, e grande parte da população em geral, acreditam que existem estilos de aprendizagem. O estilo de aprendizagem é talvez um dos neuromitos mais amplamente aceites [2]. Um grupo de investigação [3] descobriu que mais de 90% dos professores acreditam em estilos de aprendizagem, ao passo que outro [4] mostrou que mais de 60% dos professores pensam que ensinar de acordo com os estilos de aprendizagem dos alunos os ajuda a aprender.

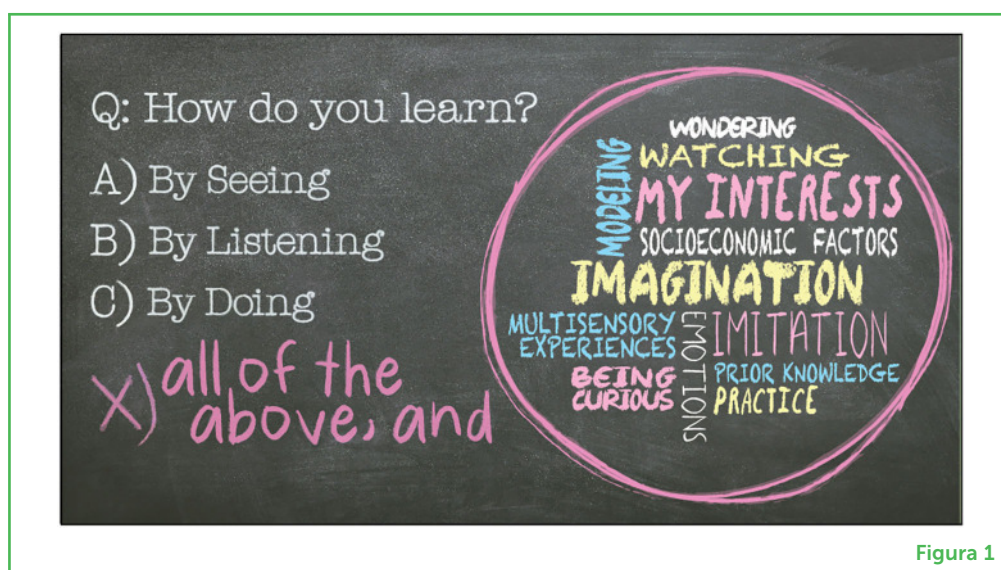
Aparentemente, muitas pessoas são facilmente convencidas a acreditar em afirmações não comprovadas se essas afirmações parecerem incluir pormenores da neurociência. Os estilos de aprendizagem são um exemplo de uma ferramenta educacional que parece tão certa porque tem partes que são verdadeiras<sup>1</sup>. Por exemplo, as pessoas têm preferências na forma como aprendem ou como sentem que aprendem melhor. Apresentar informações de várias maneiras diferentes é uma prática educacional importante que os professores aprendem nas escolas de ensino. No entanto, isso não significa que combinar o ensino com a forma preferida de aprendizagem de um aluno vai melhorar a sua compreensão, porque o cérebro não funciona dessa forma.

## POR QUE RAZÃO O NEUROMITO DOS ESTILOS DE APRENDIZAGEM É PREJUDICIAL?

A convicção nos estilos de aprendizagem pode ser prejudicial porque a teoria dos estilos de aprendizagem reduz processos complicados, como o ensino e a aprendizagem, a categorias excessivamente simples e classifica os estudantes de uma forma que limita o seu potencial (ver Figura 1). A ideia de que os alunos poderiam aprender mais facilmente se a instrução fosse simplesmente alterada para combinar os seus estilos individuais de aprendizagem é apelativa, mas a maneira como o cérebro processa a informação é muito mais complicada do que isso.

**Figura 1**

Infográfico da aprendizagem. O infográfico ilustra como aprender não é facilmente reduzido ou categorizado. Criado por Brendon Ehinger (<http://ehinger.ca/>).



**Figura 1**

Imagina o seguinte: descobres que és um aprendiz visual, o que significa que preferes instruções que são apresentadas visualmente. Na aula de francês, estás a desenvolver as tuas capacidades de conversação e sotaque. Lês e vês muitos exemplos escritos de conversas e há até ortografias fonéticas apresentadas (as palavras são escritas da maneira que soam), mas na verdade a tua preferência por informações visuais não está a ajudar-te a falar melhor francês. Tens dificuldade em pronunciar muitas palavras e entender o que um falante de francês está a dizer. O teu estilo de aprendizagem, “aprendiz visual”, não parece ajudar-te a aprender melhor nesta situação! Aprender uma língua e a prática dessa língua requer o uso coordenado de ver, ouvir e fazer. Além dessas três capacidades, memória, emoção, motivação, pensamento e imaginação também são partes importantes do processo de aprendizagem [5]. É muitas vezes impossível que os professores tentem limitar os seus ensinamentos a estilos de aprendizagem especiais, e isso pode ser potencialmente prejudicial para aprender, se tentarem fazê-lo — isso pode criar muita frustração! Pedimos que os professores sejam extremamente cautelosos com o neuromito dos estilos de aprendizagem, porque não

há evidências científicas de que ensinar com estilos de aprendizagem específicos leva realmente a uma melhor aprendizagem.

Na verdade, a aprendizagem ocorre de forma interconectada. Quando te lembrás de qualquer informação, processas essa informação usando múltiplos sentidos, combinando com aquilo que ouviste, disseste, lembraste, viste, sentiste, cheiraste, etc. Portanto, se os professores acreditassem na ideia dos estilos de aprendizagem e tentassem limitar os estudantes a um estilo particular de aprendizagem, isso poderia limitar significativamente os sentidos e processos que são usados na aprendizagem, o que poderia prejudicar a capacidade de alguns alunos de aprender novas informações.

## A NEUROCIÊNCIA AJUDA-NOS A ENTENDER A COMPLEXIDADE DO ENSINO E DA APRENDIZAGEM

A neurociência ajuda-nos a entender o processo complexo de crescimento e mudança do cérebro quando aprendemos. Os professores deviam saber que a neurociência indica que a aprendizagem é baseada na experiência, e não em estilos de aprendizagem. Portanto, aprender neurociência ajuda os professores a ensinar melhor nas salas de aula. Na formação de professores, aprendemos como os nossos cérebros têm **plasticidade**, ou seja, como têm a capacidade de se adaptarem às nossas experiências. Desta forma, os professores devem expor os alunos a muitas experiências, de muitas maneiras diferentes, e também levar em consideração o conhecimento prévio, as habilidades e os interesses dos alunos. Os eventos diários das nossas vidas e as lições que aprendemos nas salas de aula criam redes neurais que nos ajudam a lembrar e a usar o que aprendemos. Uma **rede neural** consiste em muitas células cerebrais interconectadas, chamadas neurónios. À nascença, um humano tem apenas uma pequena percentagem da rede neuronal, sendo que a vasta maioria da rede é criada através das experiências de vida<sup>2</sup>.

Explorações cognitivas significativas e práticas fortalecem as redes neurais e também ajudam os alunos a sentirem-se mais confiantes, capazes e conectados com o que estão a aprender. Em resposta às experiências, os **neurónios** formam-se e, eventualmente, redes inteiras de conexões podem tornar-se especializadas em funções como falar um idioma novo. Assim, à medida que aprendemos coisas novas, o nosso cérebro adapta-se, criando novas conexões entre os neurónios e mudando a rede neural. Aprender requer tempo e prática, e tal como quando queres aprender um idioma novo, quanto mais praticas e quanto mais és exposto ao idioma, mais eficiente serás no processamento e desempenho de habilidades como falar e compreender.

### PLASTICIDADE

A capacidade do cérebro de formar conexões novas, ser flexível, e capacidade de ser modificado pela experiência.

### REDE NEURAL

Consiste em muitos neurónios interconectados.

<sup>2</sup> See <https://human-memory.net/brain-neurons-synapses/>

### NEURÓNIO

Uma célula nos sistemas nervosos que envia informações para outras células (outras células nervosas, músculos ou células glandulares). As células nervosas são consideradas as unidades básicas do cérebro.

**MULTIFACETADA**

Inclui muitas partes.

**APRENDER É COMPLEXO**

O neuromito dos estilos de aprendizagem pode ser muito problemático, pois reduz o processo de aprendizagem e ensino a processos excessivamente simples que não ajudam os alunos a aprender com mais eficiência. Mesmo que essa teoria tenha sido provada falsa, muitas pessoas ainda acreditam nela! Os estilos de aprendizagem são um dos neuromitos mais populares entre os professores. O que é importante lembrar é que a aprendizagem realmente envolve processos de pensamento subjacentes e depende das nossas experiências. Sabemos que o conhecimento, as capacidades e os interesses dos alunos são fundamentais para a aprendizagem, não os estilos de aprendizagem. O processo de aprendizagem e as formas como os nossos corpos e cérebros estão interconectados é **multifacetado**, e os cientistas que estudam a aprendizagem ainda estão a descobrir e entender como esses processos funcionam. Os alunos precisam de ser expostos a uma variedade de tarefas e ter a informação apresentada de diversas maneiras. A maneira como a informação é apresentada deve ter significado, não só relativamente ao que é ensinado (como um idioma novo), mas também ao aluno. Esperamos que possas ver que ensinar é muito mais complicado do que simplesmente combinar um aluno com um estilo de aprendizagem!

**AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de agradecer àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos.

**REFERÊNCIAS**

1. Riener, C., and Willingham, D. 2010. The myth of learning styles. *Change* 42:32-35. doi: 10.1080/00091383.2010.503139
2. Newton, P. M. 2015. The learning styles myth is thriving in higher education. *Educ. Psychol.* 6:1908. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01908
3. Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P., and Jolles, J. 2012. Neuromyths in education: prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Front. Psychol.* 3:429. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00429
4. Dandy, L., and Bendersky, K. 2014. Student and faculty beliefs about learning in higher education: implications for teaching. *Int. J. Teach. Learn. High. Educ.* 26:358–80. Available online at: <http://www.isetl.org/ijtlhe/>
5. Geake, J. 2008. Neuromythologies in education. *Educ. Res.* 50:123–33. doi: 10.1080/00131880802082518

**EDITOR:** Nienke Van Atteveldt

**MENTORES CIENTÍFICOS:** Tijana Bojić e Vladimir Litvak

**CITAÇÃO:** Lawrence BC, Yaman Ntelioglou B e Milford T (2022) É complicado: aprender e ensinar não é sobre “estilos de aprendizagem”. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00110-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Lawrence BC, Yaman Ntelioglou B and Milford T (2020) It Is Complicated: Learning and Teaching Is Not About “Learning Styles”. *Front. Young Minds* 8:110. doi: 10.3389/frym.2020.00110

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Lawrence, Yaman Ntelioglou e Milford. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES

### EMILY, IDADE: 11

O meu nome é Emily, tenho 11 anos e sou uma aspirante a advogada e astronauta. Moro em Londres, Inglaterra e vou entrar na escola secundária este ano. A minha disciplina favorita é literatura inglesa. No meu tempo livre, gosto de nadar, dançar dança Irlandesa e ler Harry Potter.



### MIHAJLO, IDADE: 16

Olá. Chamo-me Mihajlo e atualmente estou no segundo ano no Liceu Terceiro de Belgrado. A minha parte favorita na ciência é que nunca sabes o que vai acontecer no final. O que me atrai na neurociência é o fato de sabermos tão pouco sobre o cérebro e o sistema nervoso e haver muitas coisas por descobrir por nós, cientistas apaixonados. Gosto de aprender coisas novas e é por isso que faço muitas pesquisas científicas com o meu mentor científico.



## AUTORES

### BREANNA C. LAWRENCE

Breanna é professora de psicologia educacional (o estudo do ensino e da aprendizagem) e conselheira de educação. Ela ensina aos alunos que gostariam de ser professores no tópico do desenvolvimento infantil e adolescente e teorias de aprendizagem e também aos professores a serem conselheiros escolares. Breanna investiga questões relacionadas com a resiliência de crianças e jovens, o que foi moldada pela sua experiência profissional em ambientes educacionais e clínicos de saúde mental com famílias, na última década. Ela adora ver o pôr-do-sol no campo e aventuras ao ar livre com o marido e os dois filhos. \*[lawrenceb@brandonu.ca](mailto:lawrenceb@brandonu.ca)



**BURCU YAMAN NTELIOGLOU**

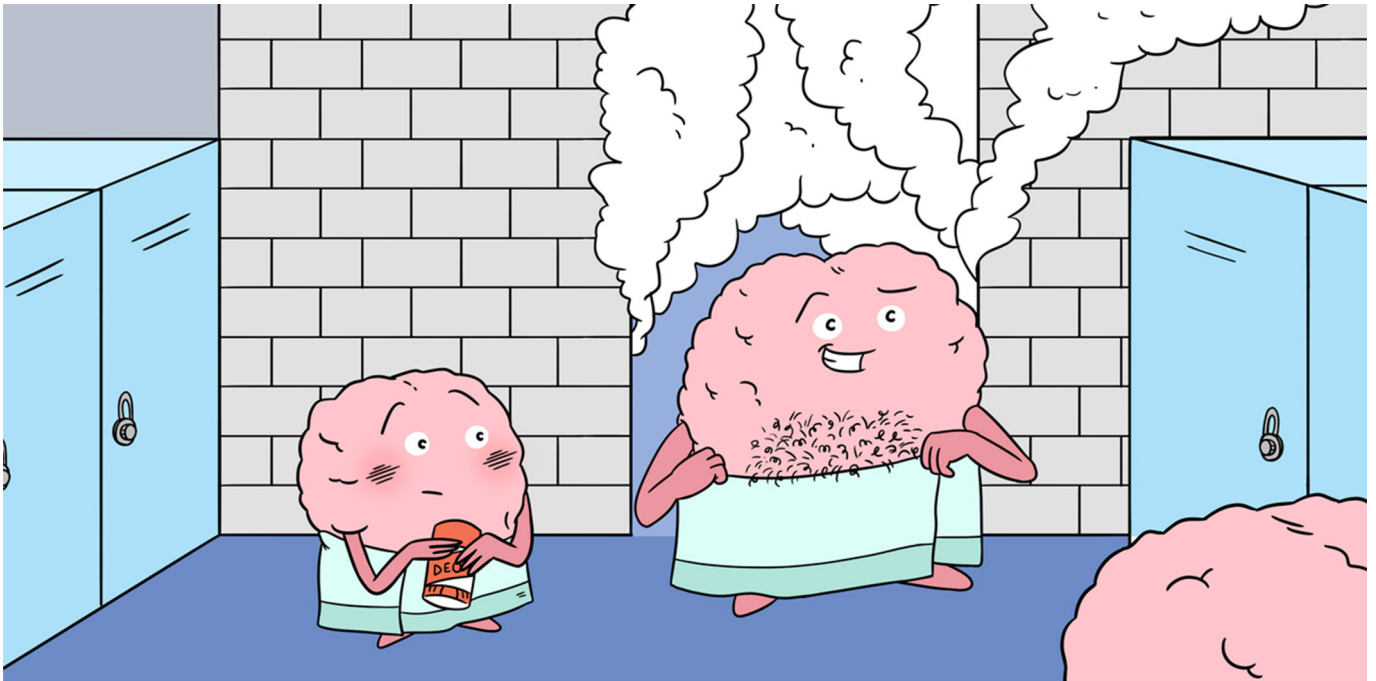
Burcu é professora de educação na Brandon University, no Canadá. Ela ensina alunos que gostariam de ser professores, e administra cursos de pós-graduação para professores e diretores que gostariam de melhorar o seu ensino. Defende a diversidade e igualdade na educação, e está interessada em saber como os alunos desenvolvem as suas línguas e literacias num mundo cada vez mais global. Sendo a orgulhosa mãe de dois meninos, Deniz (16) e Derin (10), ambos jogadores de hóquei, Burcu pode assistir a muitos jogos de hóquei no gelo no seu tempo livre.

**TODD MILFORD**

Todd M. Milford é professor associado em educação científica na University of Victoria e presidente do Departamento de Currículo e Instrução. Anteriormente era professor no Grupo de Arte, Direito e Educação em Griffith University em Brisbane, Austrália. Ele gosta de andar de bicicleta e jogar basquete na rua à frente da sua casa.

**Portuguese version provided by**  
Versão Portuguesa fornecida por

**JACOB'S**  
**FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## O TEU CÉREBRO NA PUBERDADE

**Marjolein E. A. Barendse\*, Theresa W. Cheng e Jennifer H. Pfeifer**

Laboratório de Neurociência Social do Desenvolvimento, Departamento de Psicologia, Universidade de Oregon, Eugene, OR, Estados Unidos

### JOVEM REVISOR:



**BENJAMIN**

IDADE: 11

A puberdade é uma parte normal do desenvolvimento, mas é diferente para cada pessoa. Para alguns adolescentes, a puberdade aparece mais cedo do que para outros, e para alguns desaparece mais depressa do que para outros. Por causa disso, crianças da mesma idade podem parecer muito diferentes umas das outras — os seus corpos crescem em ritmos diferentes. No entanto, os cientistas descobriram que a puberdade não só muda o corpo, mas também o cérebro. Isto porque a puberdade envolve mudanças nas hormonas que também se ligam às células do cérebro e mudam a forma como este aprende e se desenvolve. Essas mudanças são úteis porque ajudam a moldar o cérebro para novas formas de aprendizagem. Também podem originar alguns “solavancos” — por exemplo, podes correr alguns riscos que não dão muito certo. Neste artigo explicamos o que a puberdade faz com o cérebro, e por que essas alterações cerebrais são importantes para te preparar para a idade adulta.

## RECETOR

Uma estrutura dentro ou sobre uma célula à qual uma hormona ou outro mensageiro pode ligar-se.

## Figura 1

Uma célula cerebral e todos os seus componentes. A caixa é uma amplificação, mostrando como as hormonas se podem ligar aos recetores dentro ou na célula. A azul está a mielina, uma bainha protetora que envolve o axónio e permite que os sinais viajem mais depressa pelos neurónios.

## HORMONAS

Pequenos mensageiros que viajam na corrente sanguínea para várias partes do corpo. A testosterona e o estradiol são duas hormonas que são importantes para a puberdade.

## O QUE É A PUBERDADE E O QUE SÃO HORMONAS?

A puberdade é uma parte normal do desenvolvimento que ocorre no início da adolescência. Quando pensas na puberdade, poderás pensar em borbulhas, odor corporal e crescimento de pelos - entre muitas outras mudanças corporais, por vezes incómodas - mas sabes o que acontece no teu corpo para causar estas mudanças? O cérebro envia sinais ao corpo sob a forma de hormonas, para iniciar a puberdade. Hormonas são pequenas moléculas feitas pelo teu corpo, que viajam na corrente sanguínea para várias partes do corpo, incluindo o cérebro. As hormonas são importantes para passar mensagens a longas distâncias no teu corpo, para que diferentes órgãos possam comunicar entre si. Quando uma hormona chega ao seu destino, liga-se ao chamado **recetor**, que pode estar dentro ou fora de uma célula (ver [Figura 1](#)). Isso desencadeia uma resposta na célula que pode influenciar o seu comportamento e até mesmo a sua sobrevivência. A forma como a célula responde depende do tipo de célula e do tipo de hormona.

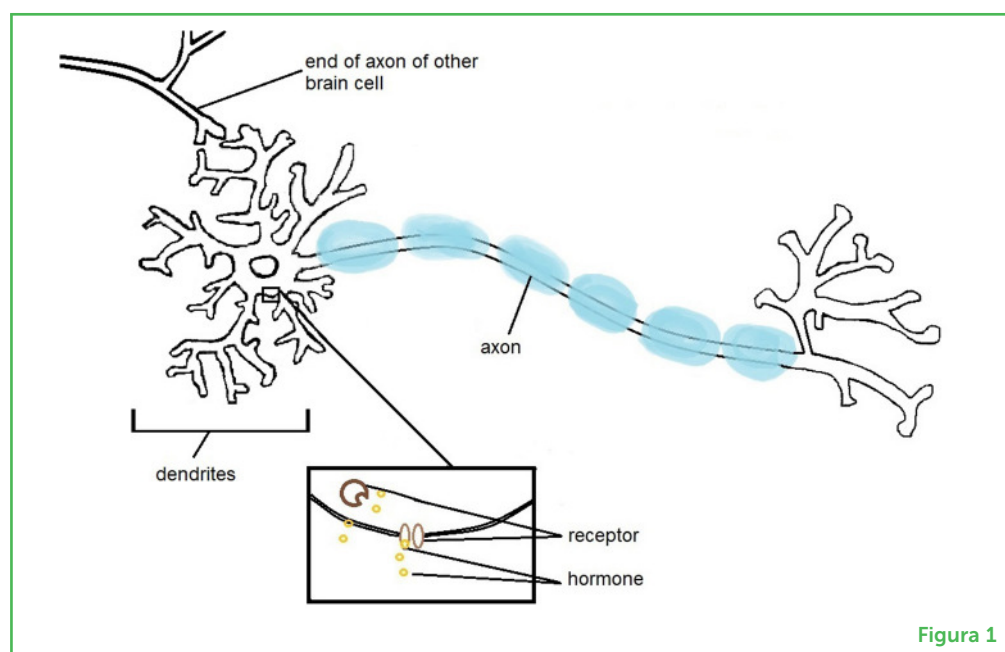


Figura 1

As **hormonas** são especialmente importantes para iniciar o processo da puberdade. Isto acontece porque a puberdade começa quando o cérebro dá sinal ao corpo para aumentar a produção de certas hormonas. A [Figura 2](#) explica como isso funciona.

A testosterona e o estradiol são duas hormonas importantes que causam muitas das mudanças corporais que as pessoas associam à puberdade. Os níveis de testosterona aumentam muito mais em rapazes, enquanto que o estradiol aumenta mais nas raparigas. A testosterona pode, por exemplo, viajar para as células dos pelos, levando a cabelos mais escuros e grossos, e crescimento de pelos nas axilas ou rosto. O estradiol é importante para o desenvolvimento



### Figura 2

Esta figura mostra como um sinal do cérebro leva ao aumento das hormonas da puberdade. Começa numa região cerebral chamada hipotálamo. Esta fabrica uma hormona chamada GnRH, que viaja para a glândula pituitária, um pequeno órgão na parte inferior do cérebro. Na glândula pituitária, outras hormonas são produzidas (LH e FSH). Estas viajam para os teus órgãos sexuais (estes são os testículos em corpos masculinos e ovários em corpos femininos), que fabricam testosterona e estradiol.

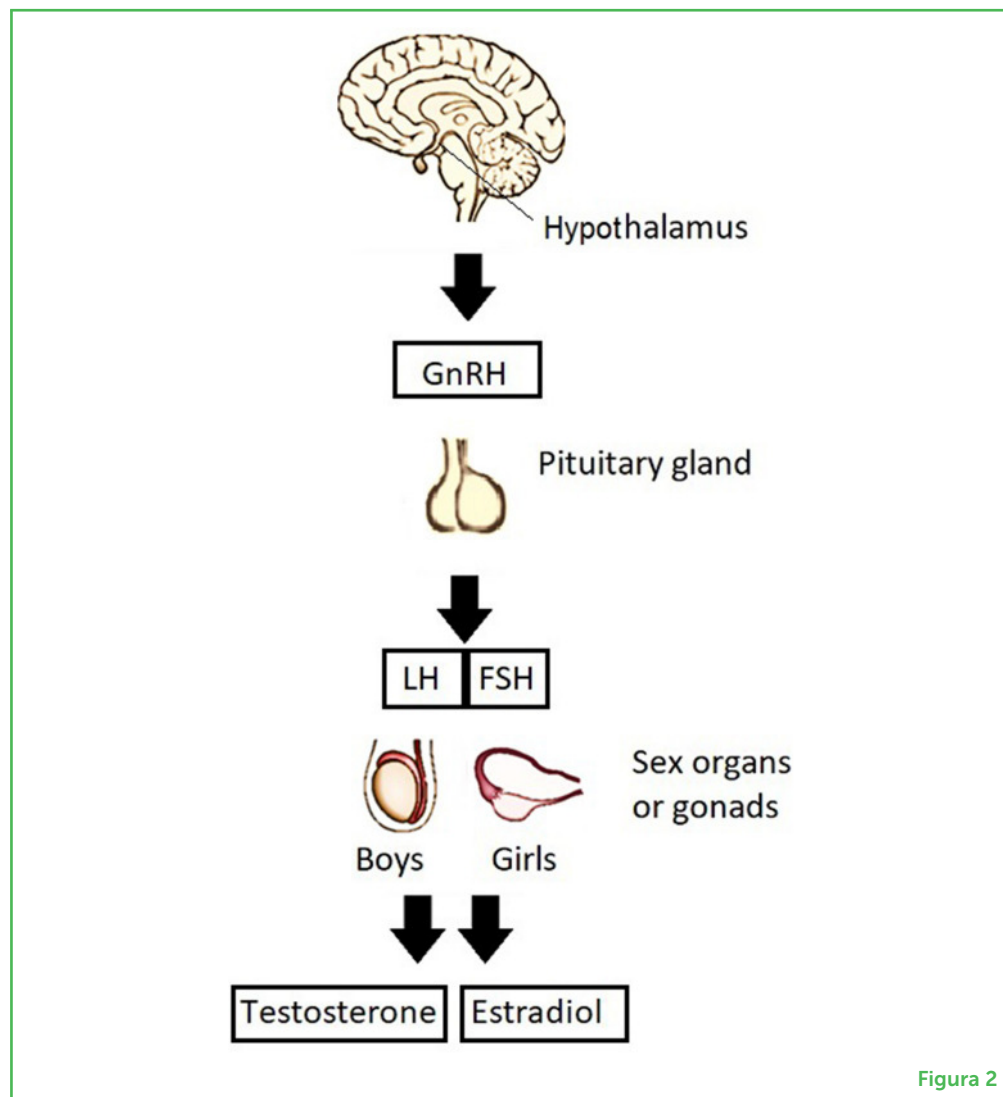


Figura 2

mamário das raparigas. Tanto a testosterona quanto o estradiol são importantes para a fertilidade, possibilitando que as pessoas tenham filhos.

A idade em que todo este processo ocorre varia muito de pessoa para pessoa. Em média, as raparigas tendem a começar a puberdade por volta dos 10 anos, enquanto os rapazes começam um ano mais tarde. Parte das diferenças individuais são baseadas em genes, mas também estão parcialmente relacionadas com experiências passadas durante a infância. Por exemplo, crianças que tenham passado por muitos momentos de stress no início da vida tendem a atravessar a puberdade numa idade mais precoce.

## AS HORMONAS PODEM ALTERAR A ORGANIZAÇÃO DO CÉREBRO

Hormonas como a testosterona e o estradiol podem ligar-se às células cerebrais. Uma célula cerebral parece diferente das células de outras partes do corpo: tem um corpo celular, mas também tem partes que

## DENDRITO

A parte da célula cerebral que recebe sinais de outras células.

## AXÓNIO

A parte da célula cerebral que envia sinais para outras células.

## AMÍGDALA

Uma pequena região localizada perto da parte inferior do cérebro que é importante para processar emoções como o medo.

parecem projeções (ver [Figura 1](#)). Uma célula cerebral geralmente tem muitas “projeções” mais curtas, chamados **dendritos**, que recebem sinais de outras células. Essas células também têm um “fio” mais longo chamado **axónio**, que envia sinais para outras células.

Há duas formas principais de as hormonas poderem influenciar as células do teu cérebro [1].

Em primeiro lugar, as hormonas podem influenciar a forma como o cérebro está organizado, e estas são mudanças que levam algum tempo a ocorrer. As mudanças na organização do cérebro podem incluir alterações no número de células, ou mudanças no tamanho e forma dos dendritos ou axónios. A testosterona, por exemplo, influencia o desenvolvimento de novas células numa região do cérebro chamada **amígdala** medial. Como os rapazes produzem mais testosterona durante a puberdade, essa região fica maior do que nas raparigas [2]. Isto foi descoberto na investigação animal, mas estudos em humanos, que analisaram os níveis de hormonas e o tamanho da amígdala, sugerem que funciona da mesma forma em humanos.

Em segundo lugar, uma hormona pode influenciar a forma como as células cerebrais são ativadas em resposta a uma situação ou ambiente. As hormonas podem ajudar ou impedir que uma célula troque sinais com outras células. Isto também pode levar a alterações a longo prazo nas células cerebrais. Por exemplo, os níveis de testosterona em ratinhos (e humanos) aumentam durante uma competição ou luta. Um estudo mostrou que os ratinhos que ganham uma luta desenvolvem mais recetores para a testosterona em regiões cerebrais que são importantes para recompensa e comportamento social [3]. Esses novos recetores também podem mudar o comportamento do ratinho na próxima luta. Isto revela um processo no qual experiências (como ganhar uma luta), e hormonas trabalham em conjunto para moldar o desenvolvimento cerebral. Este processo é especialmente importante durante a puberdade, quando os níveis hormonais são mais elevados do que durante a infância e o cérebro ainda está em desenvolvimento.

Ainda há muita coisa que não sabemos sobre a maneira como as hormonas influenciam a organização e as ações das células cerebrais em humanos. Sabemos que esses efeitos são diferentes em alguns aspetos entre rapazes e raparigas e entre regiões do cérebro. Os investigadores estão apenas a começar a descobrir como as mudanças relacionadas com as hormonas no cérebro são importantes para o comportamento e aprendizagem, pelo que há ainda muitas perguntas sem resposta.

## A PUBERDADE PODE DIFICULTAR A APRENDIZAGEM DE ALGUMAS COISAS, MAS PODE FACILITAR A DE OUTRAS

As crianças conseguem aprender certas coisas melhor do que os adolescentes ou os adultos. Por exemplo, crianças pequenas são particularmente boas a aprender novas línguas. Torna-se muito mais difícil aprender uma segunda língua depois dos 9–11 anos. Isto é provavelmente devido a mudanças na forma como o cérebro processa a fala e outras informações de linguagem. Um estudo analisou o papel da puberdade nessas mudanças. Os investigadores colocaram crianças a ouvir uma linguagem “estranha” falsa e estudaram como o cérebro tentou dar sentido a isso [4]. A atividade em várias regiões cerebrais importantes para a linguagem mudou à medida que a idade das crianças aumentava. A atividade em algumas dessas regiões cerebrais relacionadas com a linguagem também foi menor em crianças que já estavam mais avançadas na puberdade. Isso sugere que a puberdade pode desempenhar um papel na mudança das respostas do cérebro à linguagem.

No entanto, a puberdade pode abrir oportunidades para outros tipos de aprendizagem. Pode trazer oportunidades para aprender sobre si mesmo e desenvolver competências sociais e emocionais que preparam os adolescentes para a idade adulta. O cérebro pode mudar durante a adolescência, de forma a apoiar tal aprendizagem. Por exemplo, uma parte importante da aprendizagem de novas competências é responder aos comentários— feedback, ou seja, como o teu cérebro usa a informação que te diz se conseguiste ou não a resposta certa. Um estudo com mais de 200 crianças, adolescentes e adultos analisou como o cérebro responde ao aprender com feedback. A facilidade em aprender com feedback encontra-se relacionada com a ativação de diferentes partes do **corpo estriado**, uma região crítica para a aprendizagem. Algumas partes do corpo estriado encontravam-se mais ativas em adolescentes do que em crianças ou adultos, sugerindo que as pessoas diferem na aprendizagem resultante de feedback durante os seus anos de adolescência [5].

Outra parte importante da aprendizagem de novas competências está relacionada com explorar e correr riscos, como partilhar informação sobre ti mesmo, experimentar um passatempo novo no qual podes não ser bom, ou tentar falar com alguém por quem tens uma paixoneta. Decidir correr um risco pode ser mais provável quando achas que tens algo a ganhar — como uma recompensa. Os cientistas viram que parte do corpo estriado também é ativada quando uma pessoa recebe recompensas, incluindo comida e dinheiro. Um estudo com pessoas com idades compreendidas entre os 8 e os 27 anos centrou-se nesta região cerebral. Os investigadores descobriram que as pessoas que estavam mais avançadas na puberdade e as pessoas que tinham mais testosterona nos seus corpos, mostraram uma maior ativação nesta parte do corpo estriado ao ganharem uma recompensa.

### CORPO ESTRIADO

Uma área no meio do cérebro que processa recompensas e feedback. É chamada corpo estriado porque os tipos alternados de tecidos que contém dão-lhe um aspeto estriado.

Isso sugere que as hormonas podem ser importantes para tornar o teu cérebro mais sensível à recompensa durante a puberdade [6].

Estes estudos mostram que a forma como o cérebro responde ao feedback e recompensa muda durante a puberdade. Isto pode encorajar os adolescentes a aprender mais sobre si próprios e os outros, apoiando a autodescoberta e o crescimento pessoal. No entanto, essas alterações cerebrais também podem estar relacionadas com a realidade de que certos problemas de saúde mental e dependência de drogas tendem a desenvolver-se durante a adolescência. Por exemplo, se os adolescentes são mais sensíveis a recompensas, também podem ser mais sensíveis ao sentimento gratificante de consumir álcool ou drogas. Além disso, as crianças que chegam à puberdade mais cedo ou mais depressa do que os seus colegas podem ter mais problemas de saúde mental, o que investigadores acreditam que pode ser em parte devido ao facto de as hormonas terem um impacto diferente nos seus cérebros – no entanto, são necessários mais estudos para verificar se isso é verdade. A maioria das crianças passa pela puberdade sem nenhum problema de saúde mental, e os investigadores estão a estudar maneiras de gerar resultados positivos para ainda mais crianças.

## CONCLUSÃO

A puberdade é um momento de grandes mudanças, que podem ser às vezes estranhas, confusas ou avassaladoras. Algumas dessas mudanças ocorrem por ação de hormonas nas células de todo o corpo, incluindo o cérebro. As hormonas podem influenciar o teu cérebro a longo prazo, alterando diretamente a forma como está organizado ou a forma como responde a certas situações. Essas mudanças podem ser importantes para abrir novas oportunidades de aprendizagem que preparam os adolescentes para a vida adulta, embora também possam fechar as janelas para outros tipos de aprendizagem que ocorrem no início da infância. As escolas podem aproveitar essas mudanças cerebrais nos seus alunos, para, por exemplo, criar oportunidades de explorar e correr riscos de forma positiva. Aprender é mais do que matemática e leitura - tomar decisões que nos ajudam a compreender melhor a nós próprios e aos outros é outro tipo importante de aprendizagem a que o cérebro pode ser especialmente sensível durante a puberdade.

## AGRADECIMENTOS

TC teve o apoio do National Center for Advancing Translational Sciences, da National Institutes of Health, com a referência nº TL1TR002371. O conteúdo é da responsabilidade exclusiva dos autores e não representa necessariamente a opinião oficial do National Institutes of Health. Os autores gostariam de agradecer

àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta coleção para torná-los acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por disponibilizar os fundos necessários para traduzir os artigos.

## REFERÊNCIAS

1. Schulz, K. M., Molenda-Figueira, H. A., and Sisk, C. L. 2009. Back to the future: the organizational-activational hypothesis adapted to puberty and adolescence. *Horm. Behav.* 55:597–604. doi: 10.1016/j.yhbeh.2009.03.010
2. Ahmed, E. I., Zehr, J. L., Schulz, K. M., Lorenz, B. H., DonCarlos, L. L., and Sisk, C. L. 2008. Pubertal hormones modulate the addition of new cells to sexually dimorphic brain regions. *Nat. Neurosci.* 11:995–7. doi: 10.1038/nn.2178
3. Fuxjager, M. J., Forbes-Lorman, R. M., Coss, D. J., Auger, C. J., Auger, A. P., and Marler, C. A. 2010. Winning territorial disputes selectively enhances androgen sensitivity in neural pathways related to motivation and social aggression. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 107:12393–8. doi: 10.1073/pnas.1001394107
4. McNealy, K., Mazziotta, J. C., and Dapretto, M. 2011. Age and experience shape developmental changes in the neural basis of language-related learning. *Dev. Sci.* 14:1261–82. doi: 10.1111/j.1467-7687.2011.01075.x
5. Peters, S., and Crone, E. A. 2017. Increased striatal activity in adolescence benefits learning. *Nat. Commun.* 8:1983. doi: 10.1038/s41467-017-02174-z
6. Braams, B. R., van Duijvenvoorde, A. C. K., Peper, J. S., and Crone, E. A. 2015. Longitudinal changes in adolescent risk-taking: a comprehensive study of neural responses to rewards, pubertal development, and risk-taking behavior. *J. Neurosci.* 35:7226–38. doi: 10.1523/JNEUROSCI.4764-14.2015

**EDITOR:** [Jessica Massonnie](#)

**MENTOR CIENTÍFICOS:** [Zoltan Sarnyai](#)

**CITAÇÃO:** Barendse MEA, Cheng TW e Pfeifer JH (2022) O teu cérebro na puberdade. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00053-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Barendse MEA, Cheng TW and Pfeifer JH (2020) Your Brain on Puberty *Front. Young Minds* 8:53. doi: 10.3389/frym.2020.00053

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Barendse, Cheng e Pfeifer. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVEM REVISOR



### **BENJAMIN, IDADE: 11**

As minhas disciplinas preferidas na escola são matemática e inglês porque gosto de aprender novas informações e adoro ser desafiado. A atividade extracurricular que mais gosto é o polo aquático porque adoro trabalhar em equipa e fiz muitos novos amigos. Desde que vi a atividade elétrica de uma célula cerebral viva a disparar em Oxford, trabalho com o objetivo de ser médico. Faço isso lendo muitos artigos e ouvindo palestras, e adoro cães.

## AUTORES



### **MARJOLEIN E. A. BARENDSE**

Sou uma investigadora pós-Doutorada em Neurociência Social do Desenvolvimento na University of Oregon. Antes de começar a trabalhar em Oregon, estudei na Holanda e na Austrália. Fico fascinada com a forma como o cérebro funciona e como funciona a puberdade, e com todas as coisas que influenciam o desenvolvimento do cérebro em crianças e adolescentes. No meu tempo livre, gosto de fazer escalada e viajar a lugares onde nunca estive antes. \*[barendse@uoregon.edu](mailto:barendse@uoregon.edu)



### **THERESA W. CHENG**

Estudo psicologia e neurociência no belo estado de Oregon. No meu trabalho, tento avaliar como a puberdade, o stress e as experiências sociais mudam o cérebro adolescente. Antes, era professora de ciências do ensino secundário, e um dos melhores aspetos do meu trabalho era falar com as pessoas sobre ciência. Quando não estou a investigar, gosto de cozinhar, dançar e caminhar. No meu projeto de ciências do oitavo ano, tentei mostrar que a nossa comida no refeitório escolar era ilegal – por outras palavras, não nutritiva o suficiente de acordo com as regras federais!

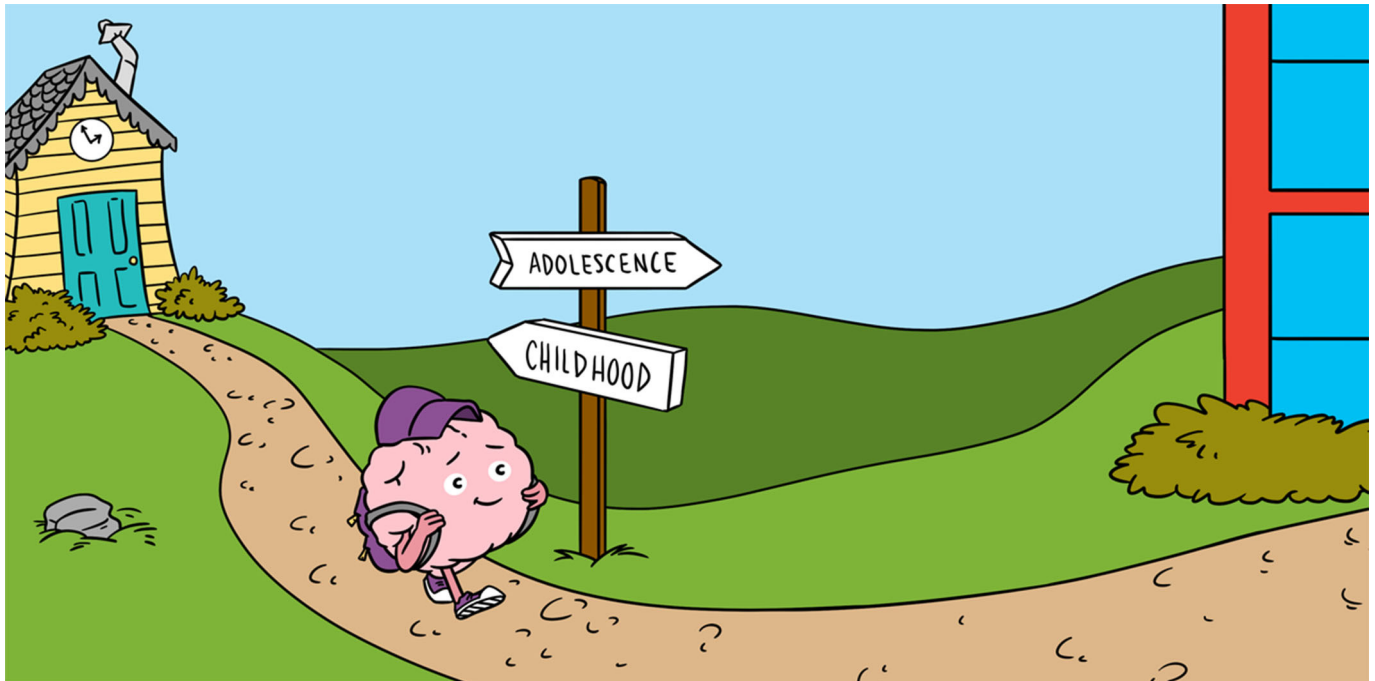


### **JENNIFER H. PFEIFER**

Estudo como as principais mudanças que os adolescentes experienciam nos seus cérebros, corpos e mundos sociais estão relacionadas com o seu bem-estar. Concentro-me nos momentos em que muitas mudanças ocorrem ao mesmo tempo - como quando começa a puberdade e vais para o ensino secundário, ou quando termina o ensino secundário e comesas a faculdade ou a trabalhar. Essas transições importantes podem ser difíceis, mas são ótimas oportunidades para colocar os jovens em caminhos positivos. Gosto de tocar piano e procurar joias na praia.

**Portuguese version provided by**  
Versão Portuguesa fornecida por

**JACOB'S**  
**FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## O CÉREBRO ADOLESCENTE É LITERALMENTE INCRÍVEL

**Kathryn L. Mills<sup>1,2\*</sup> e Jeya Anandakumar<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Developing Brains in Context Lab, Departamento de Psicologia, Centro de Neurociência Translacional, Universidade de Oregon, Eugene, OR, Estados Unidos

<sup>2</sup>Centro de Investigação PROMENTA, Departamento de Psicologia, Universidade de Oslo, Oslo, Noruega

<sup>3</sup>Universidade do Estado de Portland, Portland, OR, Estados Unidos

### JOVENS REVISORES:



**ALINE**

IDADE: 13



**ISABELLA**

IDADE: 13



**MARÍLIA**

IDADE: 13

O cérebro humano passa por um longo período de desenvolvimento. Enquanto o cérebro muda drasticamente na infância, ocorrem também mudanças durante a segunda década de vida que tornam esse período, conhecido como adolescência, incrível. Os adolescentes têm cérebros mais maleáveis do que os adultos e, ao contrário das crianças, têm uma maior capacidade de realmente moldar o desenvolvimento do cérebro. O aumento da capacidade de processamento de informação e da sensibilidade social durante a adolescência possibilitam a navegação no nosso complexo mundo social. Este artigo discute como a investigação atual sobre o desenvolvimento cerebral pode ser usada para capacitar adolescentes como aprendizes no mundo à sua volta. Fazemos recomendações sobre como as configurações educacionais podem nutrir o desenvolvimento cerebral e otimizar o ambiente de aprendizagem durante a adolescência.

## INCRÍVEL

Algo que inspira grande admiração, apreensão, ou medo.

## IMAGEM DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Uma forma de tirar fotos do interior do corpo.

## CÉREBRO

A parte da frente do cérebro, que está envolvida com pensamento, decisão, emoção, e caráter.

### Figura 1

(A) Um aparelho de ressonância magnética (RM) parece (B) um donut.

## NEURÓNIO

Uma célula nervosa.

## CÓRTEX

A camada externa do telencéfalo, composto por matéria cinzenta dobrada.

## INTRODUÇÃO

O cérebro adolescente é **Incrível**, e aqui explicamos porquê. A adolescência é o período da vida que muitas vezes começa com mudanças no corpo relacionadas com a puberdade. Mas o cérebro também está em mudança durante este período e continua a mudar mesmo depois de terminar a puberdade – até aos vinte e poucos anos [1]! As alterações no cérebro refletem-se nas mudanças de comportamento que frequentemente podemos ver durante a adolescência, como o desejo de explorar, formar novas relações e navegar no nosso mundo social em contínua mudança.

## A ESTRUTURA DO CÉREBRO MUDA DURANTE A ADOLESCÊNCIA

Os investigadores usam uma técnica chamada **ressonância magnética (RM)**, que usa ímanes e ondas de rádio, para tirar fotos do **cérebro** enquanto uma pessoa está deitada dentro do que parece ser um donut gigante (Figura 1). Os estudos de RM mostram-nos como o cérebro humano muda na sua estrutura (anatomia) e organização (como está ligado) ao longo da adolescência.

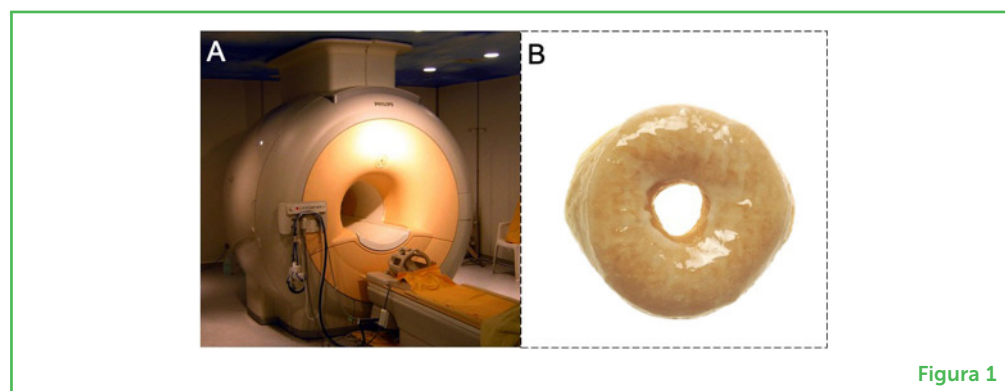


Figura 1

O cérebro é composto por muitas regiões, mas aqui concentramo-nos nos tecidos do telencéfalo, que é a parte maior do cérebro (Figura 2A). O cérebro é constituído por dois tipos de tecido, chamados matéria cinzenta e matéria branca. A matéria cinzenta, que é composta por células cerebrais chamadas **neurónios** e as suas conexões, pode ser encontrada na parte externa do cérebro (chamada **córtex**), bem como no interior do cérebro. A massa cinzenta contém a maioria dos corpos celulares neuronais e constitui regiões do cérebro que são essenciais para o controlo muscular, perceção sensorial, tomada de decisões e autocontrolo. A massa cinzenta diminui durante a adolescência, em cerca de 1,5% por ano ([1]; Figura 2B). No entanto, essa diminuição não é má! Acredita-se que essa diminuição esteja relacionada com a afinação das ligações entre as células cerebrais e também com o aumento de outro tecido no cérebro: a matéria branca.



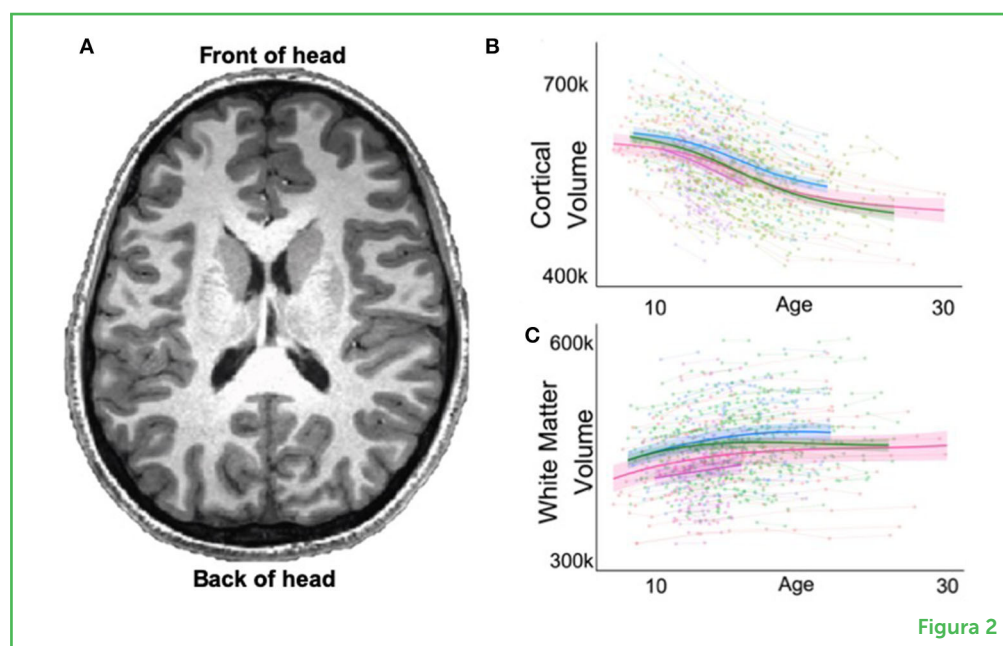
## AXÔNIO

Uma porção longa e fina de um neurônio que envia o sinal de uma extremidade do neurônio para a outra extremidade.

### Figura 2

(A) Uma imagem de uma secção do telencéfalo de um humano, obtida usando RM. A vista é como se estivesse a olhar do topo da cabeça para baixo no cérebro. As dobras cinzentas que se curvam em redor das áreas brancas são a matéria cinzenta do córtex, e as áreas brancas são a matéria branca. (B) A quantidade de matéria cinzenta no córtex diminui durante a adolescência. (C) A quantidade de matéria branca no telencéfalo aumenta durante a adolescência. Tanto em B e C, cada ponto no gráfico representa a medida cerebral de um indivíduo de uma só vez, adquirido com RM. Os pontos estão conectados para mostrar as medidas recolhidas. Os dados foram recolhidos em quatro laboratórios de investigação diferentes, e a média dos dados em cada local é indicada com as quatro linhas a cheio (figura adaptada a partir de Tamnes et al. [2] e Mills et al. [1]).

A matéria branca do telencéfalo está sob o córtex, e é constituída por longas fibras de neurónios chamado **axónios**, que enviam sinais que ligam diferentes partes do cérebro. A matéria branca aumenta no início da adolescência, mas parece estabilizar no meio desta fase (Figura 2C). Pensa-se que o aumento da matéria branca está relacionado com um aumento na velocidade dos sinais enviados entre as células cerebrais. Ilustrações anatómicas da matéria cinzenta e branca são apresentadas na Figura 3.



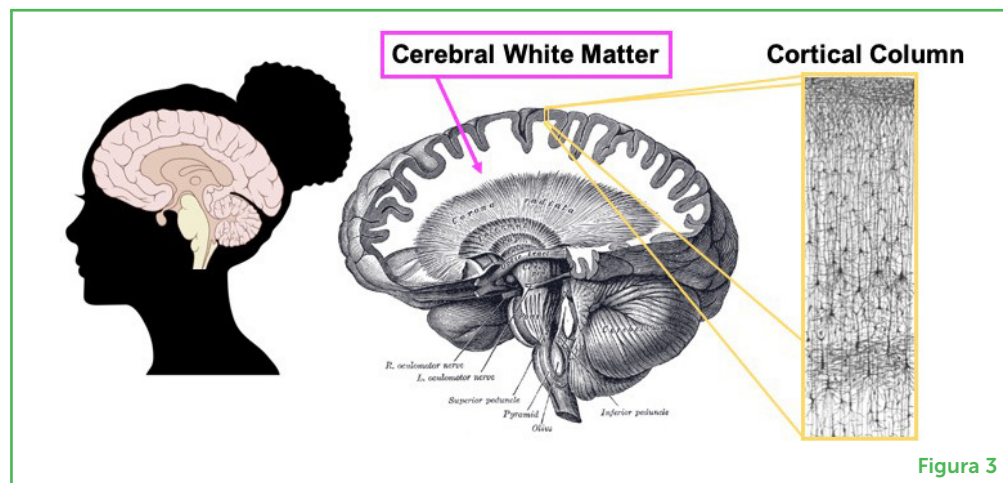
## COMO É QUE MUDA A ORGANIZAÇÃO CEREBRAL DURANTE A ADOLESCÊNCIA?

Os investigadores também podem usar a RM para ver como o cérebro está organizado e assim ver como as suas diferentes partes estão ligadas.

Uma vez que o cérebro muda tanto na adolescência, a sua organização pode ser influenciada pelo que fazemos, pelas nossas experiências e ambientes em que vivemos. O cérebro é uma grande rede — diferentes regiões do cérebro comunicam umas com as outras ao mesmo tempo que uma pessoa desempenha funções ou comportamentos diferentes, como pensar noutras pessoas ou deslocar-se pelo mundo. Estes padrões de comunicação cerebral podem ser estudados usando uma técnica ligeiramente diferente, chamada ressonância magnética funcional (fMRI). Esta técnica examina a quantidade de oxigénio no sangue que flui por todo o cérebro como medida da atividade cerebral. Quando diferentes regiões do cérebro mostram padrões semelhantes de atividade cerebral, diz-se que estão ligadas funcionalmente.

### Figura 3

Uma silhueta de uma rapariga com uma imagem do cérebro humano sobreposta para ilustrar outra visão do cérebro. No meio está um desenho de uma secção transversal do cérebro humano, mostrando a matéria branca sob o córtex. Os tratos de matéria branca compõem a matéria branca, com um conjunto de tratos de matéria branca (chamado corona radiata) ilustrado. A caixa amarela ilustra o desenho da coluna cortical de um humano. Este desenho mostra como os neurónios estão organizados no córtex, mas a massa de matéria cinzenta cortical também inclui muitos componentes celulares que não são vistos aqui, incluindo células gliais e vasos sanguíneos. Estes desenhos foram obtidos a partir de dois repositórios de imagens de uso livre: Wikimedia Commons e Pixabay.



Os comportamentos típicos que vemos durante a adolescência, como pensar noutras pessoas e tomar decisões, estão relacionados com certos padrões de atividade cerebral entre regiões do cérebro ligadas funcionalmente. Nem todos os adolescentes têm a mesma organização cerebral, e nem todos se envolvem em comportamentos tipicamente adolescentes. A forma como os indivíduos diferem nos seus padrões de atividade cerebral pode estar relacionada com diferenças no seu comportamento.

Um exemplo de um comportamento que muda durante a adolescência é a chamada preferência de desconto temporal. Este comportamento tem que ver com o tempo que estamos dispostos a esperar por uma recompensa, particularmente se um indivíduo escolherá uma recompensa menor que está disponível imediatamente, ou uma recompensa maior pela qual deve esperar. Estudámos como essa preferência muda na transição para a adolescência, e descobrimos padrões de atividade cerebral que ligam regiões do cérebro - envolvidas no controlo do nosso comportamento - a regiões envolvidas na valorização das coisas relacionadas com a preferência de desconto temporal [3]. Embora possa existir o estereótipo de que os adolescentes, em geral, não têm paciência para esperar por uma recompensa maior quando uma recompensa de menor valor está disponível imediatamente, o nosso estudo descobriu que as pessoas diferem no seu comportamento, e essa diferença está relacionada com a sua organização cerebral.

Estudos de imagiologia cerebral mostram que o cérebro se reorganiza na adolescência. Como o nosso cérebro está a mudar, as nossas experiências na adolescência podem ajudar a moldar a sua organização. Ao escolher certos padrões de comportamento, estamos a fortalecer certos padrões de atividade cerebral. Isto possibilita saltos no desenvolvimento intelectual e emocional durante a adolescência.

## **PORQUE É QUE O CÉREBRO ADOLESCENTE EM MUDANÇA REPRESENTA UMA OPORTUNIDADE ÚNICA**

As alterações na estrutura e na organização do cérebro durante a adolescência são maiores do que aquilo que vemos na idade adulta, mas menos do que vemos durante a infância. No entanto, ao contrário da infância, a adolescência é uma época em que temos uma capacidade maior de realmente moldar o desenvolvimento do nosso cérebro. Isto porque podemos compreender-nos melhor a nós próprios e ao mundo, estamos mais motivados e empenhados, e temos uma maior capacidade de fazer escolhas que podem impactar o cérebro. É isto que torna o cérebro adolescente incrível.

Algumas capacidades do cérebro que aumentam durante a adolescência são o pensamento abstrato, ter em conta múltiplos pontos de vista e ser capaz de refletir sobre o processo do pensamento. Alguns estudos sugerem que os adolescentes têm até uma maior capacidade do que os adultos e as crianças para resolver problemas de formas novas e criativas devido à sua capacidade de pensar em diferentes conceitos ao mesmo tempo [4]. As capacidades do cérebro que já estão presentes durante a adolescência podem ser usadas para incentivar um crescimento cerebral ainda mais saudável, mas isso requer dar aos adolescentes a liberdade de fazer as suas próprias escolhas. Por exemplo, encorajar os adolescentes a estabelecer seus próprios objetivos incentivará a atividade cerebral envolvida na formação da sua identidade própria e ter em conta consequências a longo prazo. Os adolescentes ficam muitas vezes preocupados com a forma como são vistos pelos seus pares. Embora este aspeto da sensibilidade social seja frequentemente visto como um aspeto negativo do comportamento adolescente, pode na realidade ser positivo quando o ambiente social é saudável [5]. Outro exemplo de sensibilidade social que aumenta durante a adolescência é a preocupação com estruturas sociais maiores e eventos mundiais [6]. Os adultos, que muitas vezes têm uma maior capacidade de mudar o ambiente social do que adolescentes, devem trabalhar no sentido de lhes dar mais oportunidades para ter um crescimento cerebral positivo.

## **O QUE PODEM FAZER OS PROFESSORES PARA OTIMIZAR O AMBIENTE DE APRENDIZAGEM DE ESTUDANTES ADOLESCENTES?**

Uma vez que o cérebro pode ser tão facilmente moldado durante a adolescência, é importante que professores e pais alimentem o cérebro em desenvolvimento. A otimização do ambiente de aprendizagem escolar é uma das formas mais eficazes de ajudar os adolescentes. O que sabemos sobre o cérebro em desenvolvimento é que, em comparação com crianças mais jovens, os adolescentes têm uma maior capacidade de entender temas mais complexos.

Entender o que está a acontecer no seu próprio cérebro pode ajudar os adolescentes a influenciar o seu próprio desenvolvimento. Uma forma de o fazer é através da integração no currículo escolar de temas de desenvolvimento, como a tomada de decisões, dependência de drogas, resolução de conflitos e planeamento educacional. Aqui estão algumas maneiras de otimizar o ambiente escolar. Pensa em partilhá-las com os teus professores!

## **TORNAR A APRENDIZAGEM COLABORATIVA E DIVERSIFICADA**

Em vez de ignorar a motivação para socializar durante a adolescência, os professores podem utilizar essa motivação social encorajando discussões em grupo e o envolvimento entre os estudantes. Pedir conselhos e feedback aos estudantes sobre as atividades da sala de aula, pode ajudá-los a sentirem-se interessados e mais envolvidos no ambiente de aprendizagem. A inclusão de alunos de anos diferentes pode ajudá-los a aprender capacidades novas e ver um projeto através de perspetivas diferentes, uma vez que estudantes de faixas etárias diferentes contribuem com diferentes capacidades e habilidades.

## **MUDAR O AMBIENTE DA SALA DE AULA**

Pensa na tua sala de aula. Como estão dispostas as mesas e cadeiras? Estão em longas filas ou em pequenos círculos? Sentares-te em longas filas e só seres capaz de ver os teus colegas de trás ou de lado pode parecer que gera isolamento social. Este tipo de disposição das mesas e/ou cadeiras pode ser alterado para fomentar a colaboração e a aprendizagem. Pergunta ao teu professor se está disposto a experimentar uma nova disposição, em pequenos círculos, por exemplo. Além de respeitar a motivação social inerente à adolescência, a reorganização da sala de aula pode ajudar na ansiedade social, porque pode ser mais fácil alcançar e falar com outros alunos do grupo.

## **ENCORAJA A INDEPENDÊNCIA**

Os professores podem promover a independência na sala de aula, permitindo que os alunos tenham iniciativa. Isto poderia incluir permitir que os estudantes apresentem uma parte do programa de estudos ou as diretrizes para um projeto. Permitir que os alunos explorem aquilo em que estão interessados impulsionará a sua aprendizagem. Quando os alunos são capazes de criar as suas próprias diretrizes e superar dificuldades através do trabalho e da colaboração, estarão mais preparados para assumir novos desafios e prosperar em situações difíceis.

## INTERAGIR COM A COMUNIDADE

O ambiente típico de uma sala de aula pode ser muito artificial e estruturado. Os alunos devem ser incentivados a colaborar com o mundo exterior. Visitas de estudo à comunidade podem ajudar os estudantes a aplicar no mundo real as coisas que aprenderam nas aulas. Isto complementa a crescente sensibilidade ao próprio mundo social que ocorre durante a adolescência.

## QUAL O SIGNIFICADO DISTO PARA TI?

A adolescência é um período de rápido crescimento, desenvolvimento e aprendizagem. Isto apresenta uma oportunidade única para os adolescentes terem uma capacidade maior para de facto moldar o desenvolvimento do seu cérebro. Podemos fortalecer certos padrões da nossa atividade cerebral, ao adotar certos tipos de comportamentos. Uma das maneiras de te envolveres no teu próprio desenvolvimento é através da aprendizagem e compreensão do que está a acontecer no teu próprio cérebro. Incrível, não é?

## CONTRIBUIÇÃO DO AUTOR

KM delineou o artigo. KM e JA escreveram o artigo.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer aos revisores e editores deste artigo pelos seus comentários e sugestões úteis. KM gostaria de agradecer ao Celilo Mitchell e Jerome Mitchell pela inspiração. Os autores gostariam de agradecer àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta coleção para torná-los acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por disponibilizar os fundos necessários para traduzir os artigos.

## REFERÊNCIAS

1. Mills, K. L., Goddings, A. L., Herting, M. M., Meuwese, R., Blakemore, S. J., Crone, E. A., et al. 2016. Structural brain development between childhood and adulthood: convergence across four longitudinal samples. *Neuroimage* 141:273–81. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.07.044
2. Tamnes, C. K., Herting, M. M., Goddings, A. L., Meuwese, R., Blakemore, S. J., Dahl, R. E., et al. 2017. Development of the cerebral cortex across adolescence: a multisample study of inter-related longitudinal changes in cortical volume, surface area, and thickness. *J. Neurosci.* 37, 3402–12.
3. Anandakumar, J., Mills, K. L., Earl, E. A., Irwin, L., Miranda-Dominguez, O., Demeter, D. V., et al. 2018. Individual differences in functional brain connectivity

- predict temporal discounting preference in the transition to adolescence. *Dev. Cogn. Neurosci.* 34:101–13. doi: 10.1016/j.dcn.2018.07.003
4. Stevenson, C. E., Kleibeuker, S. W., de Dreu, C. K. W., and Crone, E. A. 2014. Training creative cognition: adolescence as a flexible period for improving creativity. *Front. Hum. Neurosci.* 8:827. doi: 10.3389/fnhum.2014.00827
  5. Telzer, E. H. 2016. Dopaminergic reward sensitivity can promote adolescent health: a new perspective on the mechanism of ventral striatum activation. *Dev. Cogn. Neurosci.* 17:57–67. doi: 10.1016/j.dcn.2015.10.010
  6. Sherrod, L. 2007. "Civic engagement as an expression of positive youth development," in *Approaches to Positive Youth Development*, eds R. K. Silbereisen and R. M. Lerner (London: SAGE Publications Ltd), 59–74. doi: 10.4135/9781446213803

**EDITOR:** Sabine Peters

**MENTORES CIENTÍFICOS:** Aikaterini Dounavi e Carmen Flores Nakandakare

**CITAÇÃO:** Mills KL e Anandakumar J (2022) O cérebro adolescente é literalmente incrível. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00075-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Mills KL and Anandakumar J (2020) The Adolescent Brain Is Literally Awesome *Front. Young Minds* 8:75. doi: 10.3389/frym.2020.00075

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Mills e Anandakumar. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES

### ALINE, IDADE: 13

O meu nome é Aline e tenho 13 anos. Os meus passatempos favoritos incluem teatro, tocar clarinete, desenho e leitura. Fico fascinada com a mitologia grega; os meus livros favoritos incluem as coleções de Harry Potter e Percy Jackson. Na escola gosto mesmo é de matemática e ciências.

### ISABELLA, IDADE: 13

O meu nome é Isabella e tenho 13 anos. Nasci em Nova Iorque e moro na Suíça. Adoro arte, ler livros, cantar, dançar e tocar piano. O meu desporto favorito é natação. Também tenho grande interesse em matemática, natureza e ciências, especialmente tudo sobre espaço, tempo e matéria. No futuro, gostaria de ser



engenheira aeronáutica ou arquiteta. Estou sempre muito curiosa para aprender mais sobre o mundo que nos rodeia.

**MARÍLIA, IDADE: 13**

Olá! O meu nome é Marília. Tenho 13 anos, gosto de patinagem artística, ginástica rítmica, e jogar futebol. Tenho um cachorrinho que adoro! Um dia gostaria de viajar para a Austrália e ver coalas. Gosto de estar com meus amigos e ir nadar ou assistir a um filme com eles.

**AUTORES****KATHRYN L. MILLS**

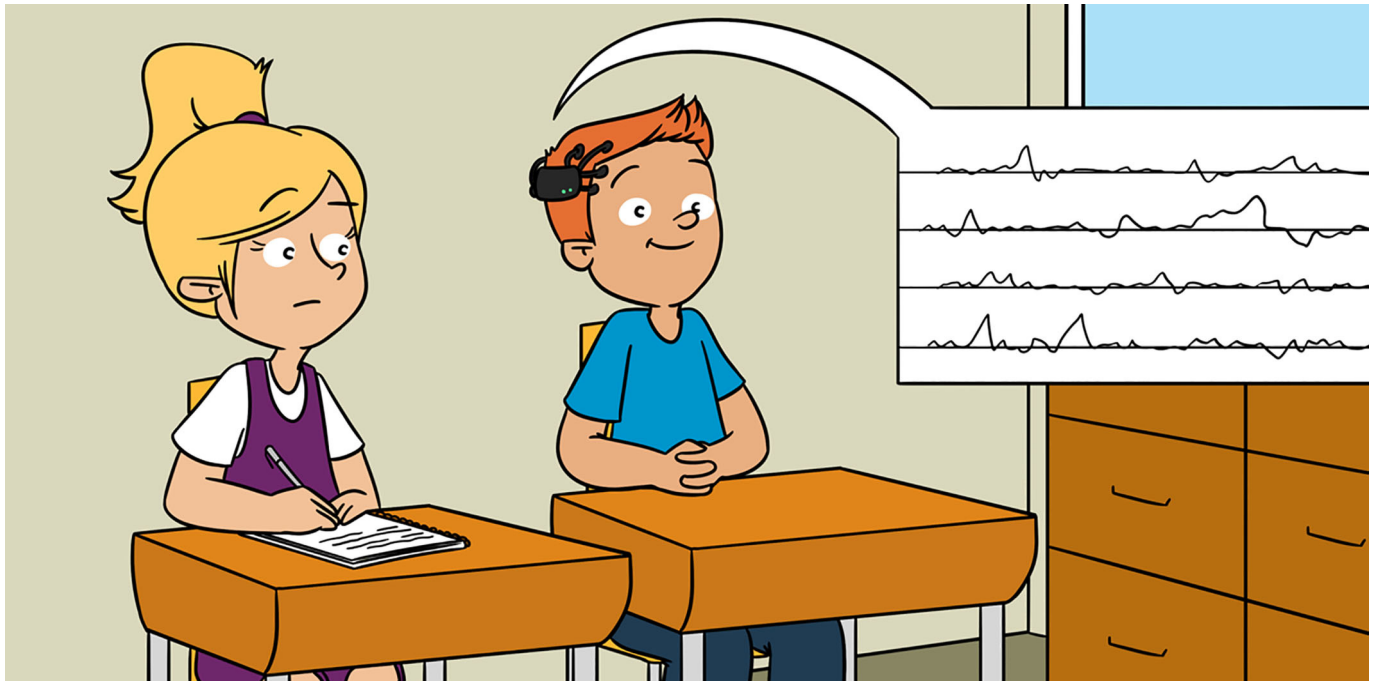
Kate Mills é Professora Auxiliar no Departamento de Psicologia da University of Oregon, e investiga como o cérebro muda desde a infância até à idade adulta e como desenvolvemos estratégias para prosperar no nosso ambiente específico. Passa todo o seu tempo livre com a família, explorando e aproveitando os lugares bonitos à volta da sua casa em Eugene, Oregon \*[klmills@uoregon.edu](mailto:klmills@uoregon.edu)

**JEYA ANANDAKUMAR**

Jeya Anandakumar é estudante de licenciatura na Portland State University, em Portland, Oregon. Está a formar-se em biologia com especialização em química e foco em neurociência. Os seus interesses de investigação incluem a neurociência do desenvolvimento e neurogenética. Anteriormente, foi uma jovem revisora do *Frontiers for Young Minds*. Nos seus tempos livres, gosta de tocar flauta e ter aulas de dança.

**Portuguese version provided by**  
Versão Portuguesa fornecida por

**JACOB'S**  
**FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## MEDINDO ONDAS CEREBRAIS NA SALA DE AULA

Nienke van Atteveldt<sup>1\*</sup>, Tieme W. P. Janssen<sup>1</sup> e Ido Davidesco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Ciências do Comportamento e do Movimento, Secção de Psicologia do Desenvolvimento Clínico e Instituto Aprender!, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdão, Países Baixos

<sup>2</sup>Departamento de Psicologia da Educação, Universidade de Connecticut, Storrs, CT, Estados Unidos

### JOVENS REVISORES:

A ESCOLA  
DE  
CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA  
EM  
VANDERBILT  
IDADE: 14–15



### ONDAS CEREBRAIS

Ciclos de correntes elétricas geradas por grupos de neurónios que estão ativos na mesma altura.

Os investigadores que estudam o cérebro costumavam estudar o funcionamento do cérebro apenas em laboratórios especiais nas universidades ou hospitais. Recentemente, começaram a usar dispositivos portáteis que as pessoas podem colocar nas suas cabeças fora do laboratório. Por exemplo, esses dispositivos permitem que os investigadores meçam a atividade cerebral dos alunos em salas de aula, durante o seu dia-a-dia na escola. Parece futurista e talvez um pouco alarmante. Neste artigo, explicaremos o que tais dispositivos medem e o que não medem — por exemplo, não podem ler a tua mente! Também explicaremos como esse tipo de estudos pode ser útil para ti e para os teus colegas.

Já ouviste falar de **ondas cerebrais** e talvez tenhas perguntado o que são? Neste artigo, explicaremos o que são as ondas cerebrais, como podem ser medidas no laboratório e na sala de aula, e porque é interessante medi-las.



## NEURÓNIOS

As células do teu cérebro que comunicam umas com as outras, transmitindo sinais elétricos.

## EEG

Eletroencefalografia, uma técnica na qual pequenos detetores, chamados **elétrodos**, são colocados na cabeça através de uma touca ou capacete. A EEG mede a atividade elétrica de grupos de neurónios que transmitem sinais elétricos semelhantes ao mesmo tempo.

## ELÉTRODO

Um detetor colocado na cabeça, usado na EEG para registrar as correntes elétricas geradas por neurónios no cérebro.

## FREQUÊNCIA

Velocidade de uma onda cerebral; número de vezes que uma onda cerebral sobe e desce em 1 segundo. A unidade de frequência em Hertz (Hz); 1 Hz significa um ciclo por segundo.

## BANDA DE FREQUÊNCIA

Uma gama de frequências de ondas cerebrais que estão associadas a um certo estado mental. Por exemplo, frequências na faixa de 1-4 Hz são chamadas banda delta, que está associada ao sono profundo.

## EEG: MEDIR A ATIVIDADE ELÉTRICA DO CÉREBRO

As células do teu cérebro são chamadas **neurónios**, e o cérebro tem cerca de 86 mil milhões delas. Esses neurónios são muito ativos, como os alunos numa sala de aula. Em vez de usarem palavras, os neurónios comunicam por meio de minúsculos sinais elétricos que geram. Esses sinais aumentam e diminuem de intensidade, assemelhando-se a ondas: são as ondas cerebrais. Podemos medir as ondas cerebrais usando uma técnica conhecida como **eletroencefalografia (EEG)**, na qual pequenos detetores, chamados **elétrodos**, são colocados na cabeça de uma pessoa [1]. Normalmente, todos esses elétrodos (até 256!) são mantidos no lugar por uma touca, embora dispositivos portáteis tenham sido desenvolvidos recentemente e esses usam menos elétrodos, com toucas de aparência mais sofisticada. A EEG não pode medir a atividade elétrica de células cerebrais individuais, porque as correntes elétricas geradas por qualquer neurónio são muito pequenas. Essas correntes só podem ser medidas quando muitos neurónios transmitem sinais elétricos semelhantes ao mesmo tempo. Imagina um festival de música com milhares de pessoas. Quando apenas uma pessoa bate palmas, a banda no palco não vai ouvir, mas quando todo o público bate palmas ao mesmo tempo, ouve com certeza.

## ONDAS CEREBRAIS: LENTAS E RÁPIDAS

As ondas cerebrais variam em velocidade. Podes pensar em ondas cerebrais lentas como ondas grandes no oceano, movendo um navio para cima e para baixo, e ondas cerebrais rápidas como pequenas ondulações na superfície da água. Quando usamos a EEG, temos uma mistura de ondas cerebrais rápidas e lentas a ocorrer ao mesmo tempo.

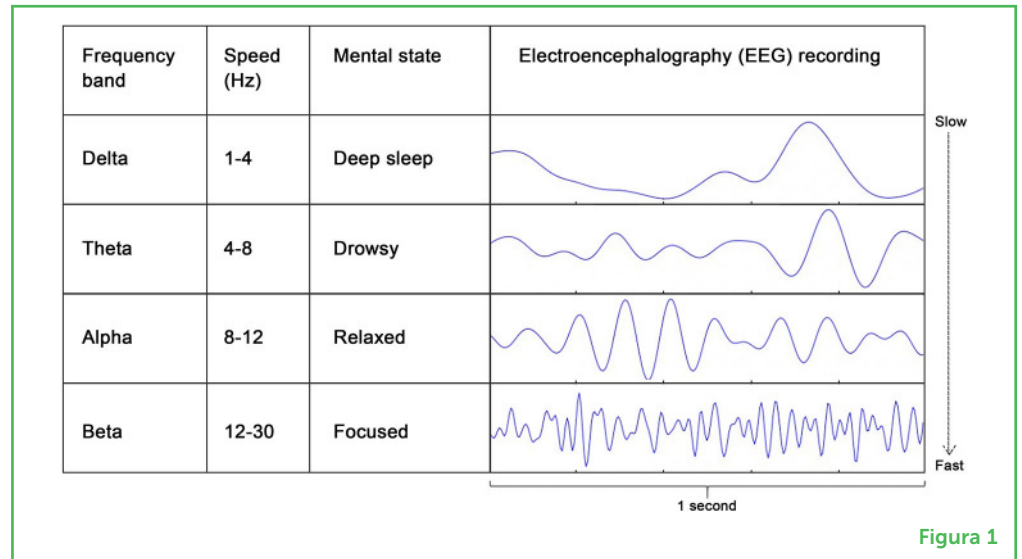
Então por que são interessantes? Imagina-te no início da manhã, não muito acordado e ainda a sonhar. Se medíssemos as tuas ondas cerebrais com EEG naquele exato momento, veríamos ondas cerebrais relativamente lentas. Agora imagina que estás na escola fazendo um exame, focando intensamente. Nesta situação, podemos detetar ondas cerebrais mais rápidas. Estes exemplos mostram que a velocidade das ondas cerebrais está relacionada com o estado em que estás. A velocidade das ondas cerebrais é chamada **frequência**. Podemos identificar diferentes faixas de frequência usando EEG. Por exemplo, a gama Delta corresponde a ondas cerebrais relativamente lentas que vão para cima e para baixo 1-4 vezes num segundo, ou 1-4 Hertz (Hz), que é a unidade de frequência. A **Figura 1** mostra uma visão geral de intervalos de frequência (também designados **bandas de frequência**) e como se relacionam com o teu estado mental.

### Figura 1

Bandas de frequência EEG de lentas a rápidas e como se relacionam com o estado mental. A frequência de ondas cerebrais é medida em Hertz (Hz), que é o número de ondas por segundo.

### ERP

Potencial relacionado a eventos, medido por meio de EEG. ERPs são as respostas elétricas do cérebro a eventos específicos, como ouvir um som ou ler uma palavra. No método ERP, os participantes realizam uma tarefa informatizada na qual o evento específico de interesse é repetido frequentemente. A média das partes do sinal EEG causadas por esses eventos são calculadas. Essa média faz com que a atividade cerebral aleatória seja rateada e a parte relevante da EEG permanece; isto é o ERP.



## PARA ALÉM DE LENTO E RÁPIDO: POTENCIAIS RELACIONADOS A EVENTOS

Embora as bandas de frequência EEG sejam muito interessantes, nem todas as perguntas podem ser respondidas ao examiná-las. Por exemplo, se quiseres saber como o cérebro entende as palavras que ouves ou como ele controla impulsos, como não bater na tua irmã mais nova quando ela te deixa louco? Para responder a essas questões, os investigadores analisam as ondas cerebrais de outra maneira: calculando o **potencial relacionado ao evento, ou ERP**. ERPs são as respostas elétricas do cérebro a eventos específicos, como ler uma palavra ou controlar um impulso. No método ERP, as partes do sinal EEG causadas por esses eventos específicos são examinadas. Para usar este método, a EEG é registada enquanto o participante executa uma tarefa computadorizada que é especificamente projetada para estudar uma determinada função do cérebro, por exemplo, controlo de impulsos.

Aqui segue uma descrição dessa tarefa, chamada "Go/No-Go" (Pressione/Não Pressione) (Figura 2). Letras diferentes aparecem no ecrã, uma por uma. Um "X" significa "pressione o botão" (Go!), e um "O" significa "NÃO pressione o botão" (No Go!). O "X" nesta tarefa é apresentado com muito mais frequência do que o "O", então os participantes preparam-se automaticamente para responder sempre que uma letra aparece na tela - até mesmo um "O". Os participantes precisam de controlar o impulso de pressionar o botão no caso de um "O". Quando a tarefa terminar, os investigadores examinam a EEG registada durante as apresentações dos X e O na tela. Consegues adivinhar em que letra estão mais interessados?

Os investigadores estão mais interessados na resposta do EEG aos "O" porque é quando o participante precisa de controlar o impulso

### Figura 2

A tarefa Go/No-Go. As letras X e O aparecem no ecrã de cada vez. Os participantes são solicitados a pressionar o botão o mais rápido possível quando virem um X, e não pressionar o botão quando veem um O. O X aparece com muita frequência e o O apenas ocasionalmente. Isso torna difícil inibir o impulso de pressionar o botão quando um O aparece no ecrã.

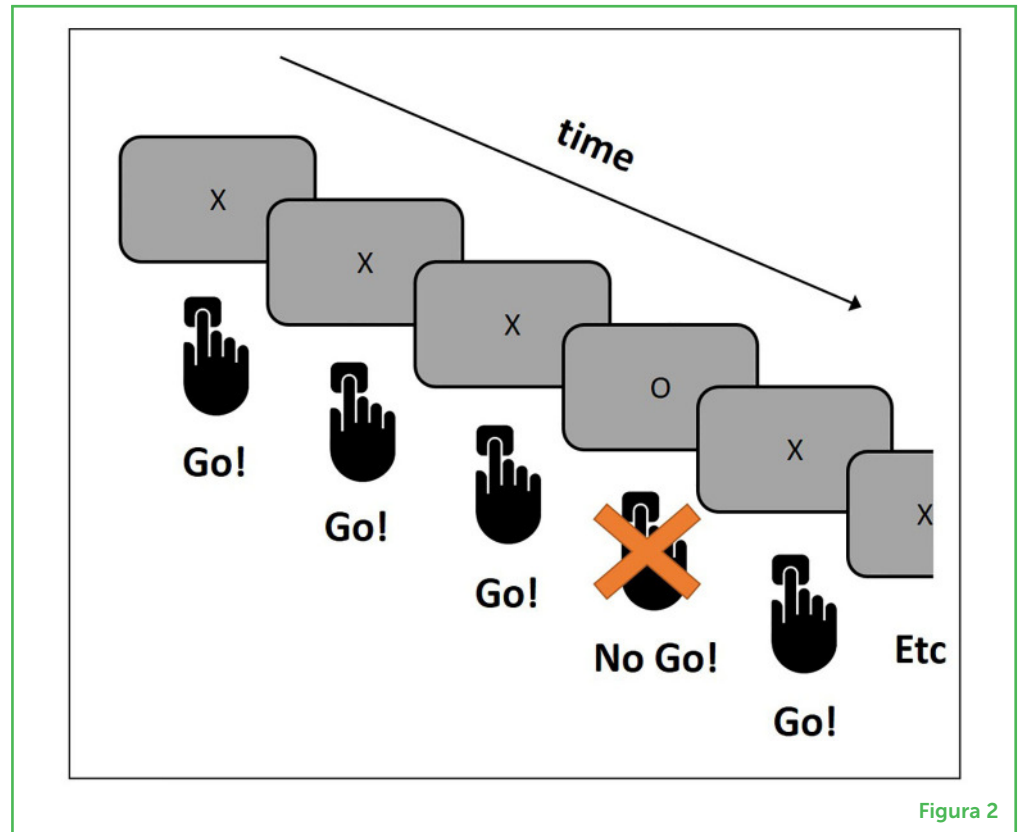


Figura 2

de pressionar o botão. Para examinar a resposta do cérebro aos "O", o investigador isola a resposta EEG a cada apresentação de um "O" e calcula a média de todas essas respostas juntas. A resposta média do EEG para este evento específico é o ERP, e reflete a tentativa do cérebro de controlar um impulso. Podes pensar no processo de cálculo do ERP como uma peneira, que filtra as partes do sinal EEG que não são de interesse, deixando apenas os sinais nos quais os investigadores estão mais interessados.

## AS LIMITAÇÕES DAS EXPERIÊNCIAS LABORATORIAIS

Os cientistas aprenderam muito sobre o funcionamento do cérebro com experiências com EEG e ERP em laboratórios. Quando fazemos tais experiências, geralmente medimos a atividade cerebral quando as pessoas executam tarefas computadorizadas. Tais tarefas são projetadas para medir uma certa função cerebral, por exemplo ler palavras, resolver problemas ou controlar impulsos. Geralmente, estas tarefas laboratoriais são muito diferentes das coisas que fazemos no nosso dia-a-dia.

Por exemplo, pensa na tarefa com os "X" frequentes e os "O" raros usada para estudar o controlo de impulsos. É o mesmo que controlar os teus impulsos para andares ou conversares com outro aluno enquanto o teu professor está a dar instruções? No laboratório EEG,

estarias sentado sozinho, numa sala tranquila, executando uma tarefa como pressionar botões e ocasionalmente tentando não pressionar um botão. Esta experiência laboratorial pode dizer-nos algo sobre a maneira como o cérebro controla os impulsos, mas o que nos diz sobre a maneira como as crianças lidam com seus impulsos na escola? Esta é uma limitação de experiências em laboratório: medem a atividade cerebral em situações que não são naturais [2].

## USANDO EEG PORTÁTIL NA SALA DE AULA

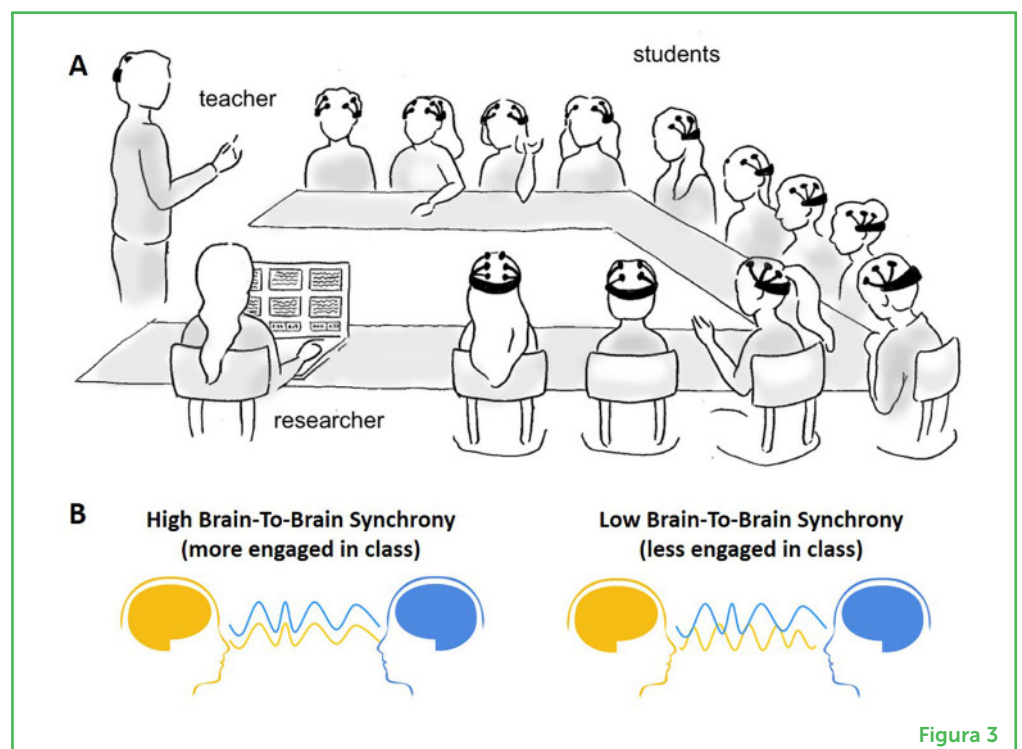
Outro aspeto do comportamento humano que é difícil estudar em laboratório é avaliar como as pessoas interagem umas com as outras, por exemplo, a maneira como interagem com outras na escola. As experiências laboratoriais são extremamente limitadas a responder a esta pergunta, mas desenvolvimentos recentes em EEG portáteis permitem agora aos cientistas realizar estudos cerebrais fora do laboratório.

Foi exatamente isso o que uma equipa de cientistas da Universidade de Nova Iorque fez recentemente [3]. Fizeram uma parceria com uma escola secundária local e mediram a atividade cerebral de um professor e um grupo de alunos durante 11 aulas de biologia (Figura 3A). Em cada aula, os alunos participaram em diferentes atividades de aprendizagem, como palestras, vídeos instrutivos e discussões em grupo. Os cientistas descobriram que, durante essas atividades na sala de aula, as ondas cerebrais dos alunos estavam em

### Figura 3

(A). EEG pode ser usado para medir as ondas cerebrais dos alunos numa sala de aula do ensino secundário (de: Dikker et al. [3]).

(B). As ondas cerebrais dos alunos podem mostrar alta sincronia com outros alunos, o que foi encontrado para alunos que estavam mais envolvidos na aula (esquerda). Uma baixa sincronização com outros alunos (à direita) foi encontrada nos que estavam menos envolvidos.



## SINCRONIA

Quando as ondas cerebrais sobem e descem juntas. Isso pode acontecer dentro de um cérebro (por exemplo, ondas cerebrais de diferentes partes do cérebro) ou entre cérebros. Este último exemplo é chamado sincronia cérebro-cérebro.

**sincronia.** Por outras palavras, as suas ondas cerebrais aumentavam e diminuía juntas, em sincronia. Ainda mais interessante, os alunos que relataram estar mais envolvidos nas aulas estavam ainda mais em sincronia com os outros alunos (Figura 3B).

Dispositivos EEG portáteis são impressionantes porque podem ser usados não apenas para pesquisa, mas também para fins educativos. Em "BrainWaves", um programa de neurociência que foi desenvolvido na Universidade de Nova Iorque, estudantes usam EEG para aprender sobre o seu próprio cérebro e sobre neurociência. Os estudantes trabalham com um cientista para desenvolver os seus próprios projetos de investigação. Por exemplo, podem usar EEG para explorar como o cérebro responde a imagens de rostos famosos e não famosos, ou como ouvir música afeta a nossa capacidade de concentração.

A EEG portátil não foi inventada para substituir a investigação de EEG no laboratório. Em vez disso, complementa a investigação em laboratório produzindo uma visão dos processos em situações do dia-a-dia. Mas a vantagem de estudar o cérebro num ambiente mais natural vem com algumas limitações. A qualidade dos dados reunidos pela EEG portátil não é tão elevada como os dados reunidos no laboratório, porque os dispositivos portáteis têm muito menos elétrodos e os participantes movem-se mais. Além disso, o ambiente fora do laboratório não é controlado pelo investigador, então os resultados experimentais podem ser mais difíceis de interpretar.

## PARECE FICÇÃO CIENTÍFICA?

Então, depois de ler isto tudo, o que pensas? Estarias interessado em usar um dispositivo de EEG na tua sala de aula ou achas este pensamento um pouco assustador? Bem, para te tranquilizar, até agora a EEG portátil fornece apenas uma medida geral da atividade cerebral. A EEG certamente não pode ler a tua mente. Portanto, não precisas de ficar preocupado se os investigadores ou o teu professor podem ler os teus pensamentos se usares um destes dispositivos de EEG na escola. Queremos assegurar-te que ler mentes ainda é ficção científica!

Algumas empresas comerciais que fabricam e vendem dispositivos de EEG afirmam que o EEG pode ser usado para monitorizar os alunos, lendo a força de diferentes ondas cerebrais e descodificando isso em "concentrado" ou "distráido". Esta não é uma ideia muito boa, por vários motivos. Primeiro, precisamos de efetuar muitos mais estudos antes de entendermos o suficiente sobre o que os sinais EEG significam em termos de funções cerebrais. Em segundo lugar, os alunos não precisam de necessariamente estar concentrados o tempo todo. Sabemos que o cérebro também precisa de algum tempo para descansar e que divagar pode ser útil para a aprendizagem [4].

## CONCLUSÃO

Dispositivos EEG portáteis oferecem algumas oportunidades, como a capacidade de estudar como o cérebro funciona em ambientes naturais, como salas de aula. O estudo do cérebro em situações naturais pode beneficiar especialmente a nossa compreensão das interações sociais, já que a EEG portátil pode ser usada para medir a atividade cerebral de várias pessoas ao mesmo tempo, enquanto interagem uns com os outros. Além disso a EEG portátil também ajuda os alunos a entender melhor como o cérebro funciona. No entanto, a ciência avança em pequenos passos, então vamos deixar a leitura da mente para filmes de ficção científica, e entretanto vamos discutir se queremos que isso alguma vez seja uma realidade [5].

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Fundação Jacobs por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos.

A ilustração na [Figura 2](#) foi reimpressa de Dikker et al. [3], Copyright (2017), com permissão da Elsevier.

Gostaríamos de agradecer aos membros e financiadores do Grupo de Campo Emergente de Tecnologias Cerebrais Portáteis em Investigação em Neurociências Educativas, financiada pela EARLI e pela Fundação Jacobs. NA e TJ são apoiados por uma Bolsa Iniciadora do Conselho Europeu de Investigação (#716736).

O programa BrainWaves foi desenvolvido com o apoio do programa Parceria para a Educação Científica dos Institutos Nacionais de Ciências Médicas Gerais dos EUA.

## REFERÊNCIAS

1. Biasiucci, A., Franceschiello, B., and Murray, M. M. 2019. Electroencephalography. *Curr. Biol.* 29:R80–5. doi: 10.1016/j.cub.2018.11.052
2. van Atteveldt, N., van Kesteren, M. T. R., Braams, B., and Krabbendam, L. 2018. Neuroimaging of learning and development: improving ecological validity. *Frontline Learn. Res.* 6:186–203. doi: 10.14786/flr.v6i3.366
3. Dikker, S., Wan, L., Davidesco, I., Kaggen, L., Oostrik, M., McClintock, J., et al. 2017. Brain-to-brain synchrony tracks real-world dynamic group interactions in the classroom. *Curr. Biol.* 27:1375–80. doi: 10.1016/j.cub.2017.04.002
4. Immordino-Yang, M. H., Christodoulou, J. A., and Singh, V. 2012. Rest is not idleness: implications of the brain's default mode for human development and education. *Perspect. Psychol. Sci.* 7:352–64. doi: 10.1177/1745691612447308

5. Williamson, B. 2018. Brain data: scanning, scraping and sculpting the plastic learning brain through neurotechnology. *Postdigit. Sci. Educ.* 1:65. doi: 10.1007/s42438-018-0008-5

**EDITOR:** [Stephan Vogel](#)

**MENTOR CIENTÍFICOS:** [Menton Deweese](#)

**CITAÇÃO:** van Atteveldt N, Janssen TWP e Davidesco I (2022) Medindo ondas cerebrais na sala de aula. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00096-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** van Atteveldt N, Janssen TWP and Davidesco I (2020) Measuring Brainwaves In The Classroom. *Front. Young Minds* 8:96. doi: 10.3389/frym.2020.00096

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 van Atteveldt, Janssen e Davidesco. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES

### A ESCOLA DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA EM VANDERBILT, IDADE: 14-15

Somos uma turma de alunos vindos de todas as partes de Nashville, que se reúnem uma vez por semana em Vanderbilt para aprender mais sobre ciência, tecnologia, engenharia e matemática. Conduzimos experiências na nossa sala de aula e em laboratórios no campus!



## AUTORES

### NIENKE VAN ATTEVELDT

Nienke é neurocientista e combina diferentes métodos para estudar diferenças individuais na aprendizagem e motivação. Está decidida a encontrar maneiras pelas quais a pesquisa em neurociência, sobre aprendizagem e desenvolvimento, pode tornar-se relevante para alunos e professores. O seu objetivo final como investigadora é contribuir com conhecimentos e ferramentas a serem usados na educação para que mais crianças gostem de aprender. Nienke lidera o Laboratório de Aprendizagem da Vrije Universiteit em Amsterdão, vê [www.laboflearning.com](http://www.laboflearning.com) \*[n.m.van.atteveldt@vu.nl](mailto:n.m.van.atteveldt@vu.nl).



**TIEME W. P. JANSSEN**

Tieme é neurocientista e costuma trabalhar com eletroencefalografia (EEG). Está decidido a entender como o cérebro funciona e como o cérebro funciona de maneira diferente, por exemplo, em crianças com TDAH. Uma das suas linhas de pesquisa envolve a aplicação da neurociência às necessidades da sociedade. Por exemplo, ele usa o neurofeedback de EEG para treinar a atenção no TDAH ou para mostrar às crianças que elas controlam os seus próprios cérebros. Tieme transporta a pesquisa neurocientífica do laboratório para salas de aula e outros ambientes da vida real, usando tecnologia portátil de EEG.

**IDO DAVIDESCO**

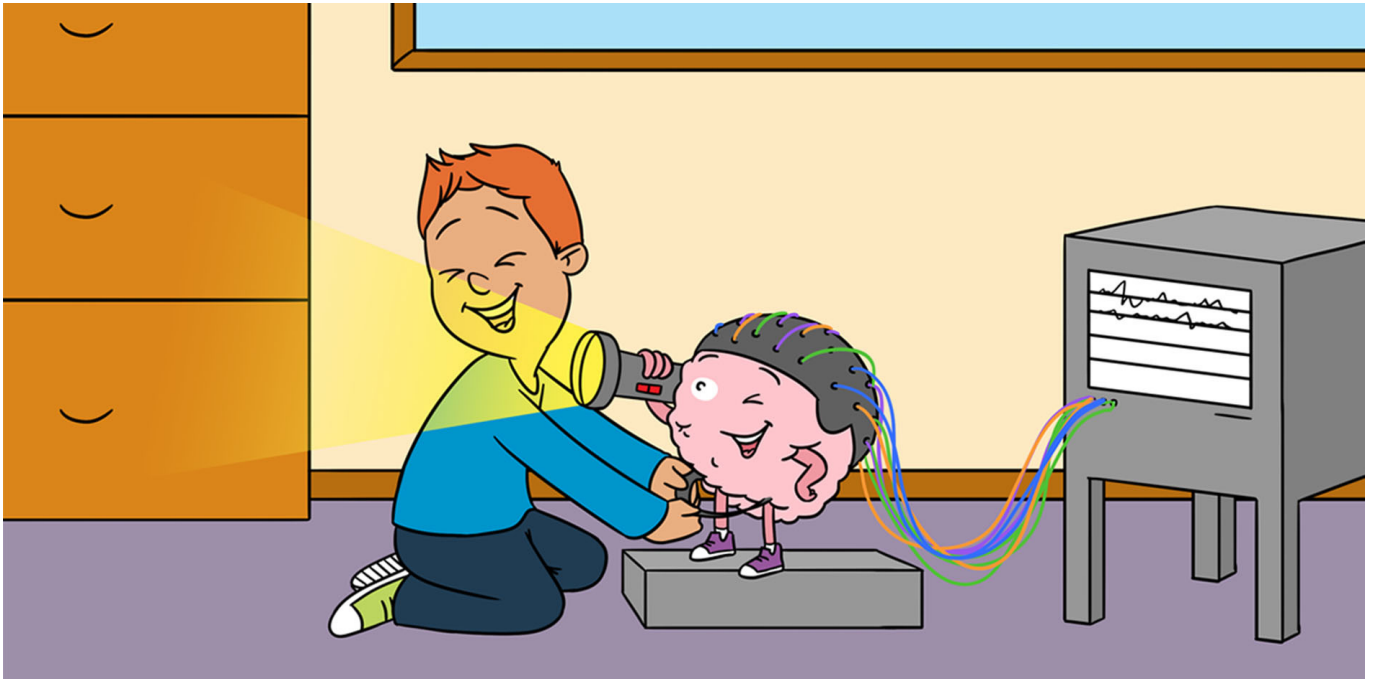
Ido é um neurocientista que está interessado em ligar a ciência cerebral à educação. Realiza pesquisas em salas de aula usando dispositivos portáteis que permitem medir a atividade cerebral dos alunos e professores. Também está interessado em desenvolver maneiras dos alunos interagirem com cientistas e se envolverem em pesquisas do mundo real relacionadas com o cérebro e o comportamento.

**Portuguese version provided by**

Versão Portuguesa fornecida por







## USAR A LUZ PARA ENTENDER COMO O CÉREBRO FUNCIONA NA SALA DE AULA

**Mojtaba Soltanlou**<sup>1,2,3,4\*</sup> e **Christina Artemenko**<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Psicologia, Universidade de Tübingen, Tübingen, Alemanha

<sup>2</sup>LEAD Escola de Pós-Graduação e Rede de Investigação, Universidade de Tübingen, Tübingen, Alemanha

<sup>3</sup>Instituto do Cérebro e da Mente, Universidade de Western Ontario, London, ON, Canadá

<sup>4</sup>Departamento de Psicologia, Universidade de Western Ontario, London, ON, Canadá

### JOVENS REVISORES:



ISTITUTO  
EUROPEO  
LEOPARDI

IDADE: 11–12

Sabias que podemos estudar o cérebro na sala de aula? Muita gente pensa que estudar o cérebro só é possível em laboratórios complexos com aparelhos enormes e complicados. A espectroscopia funcional de infravermelho próximo (fNIRS) é uma nova técnica que usa a luz para monitorizar a atividade do cérebro. A fNIRS tem várias vantagens que a tornam particularmente boa para observar o cérebro de bebês e crianças. Além disso, é uma das melhores técnicas para estudar a função cerebral no cotidiano e em situações reais, como na sala de aula ou durante uma conversa. No entanto, como todas as outras técnicas de medição cerebral, não pode ser usada para tudo, o que significa que tem limitações. Neste artigo, discutimos como funciona a fNIRS e como pode ser usada, as suas vantagens e limitações. Concluimos que, quando usada no campo da Neurociência Educacional, a fNIRS pode ajudar os cientistas a entender como as crianças aprendem.

## ESPECTROSCOPIA FUNCIONAL DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO (FNIRS)

Uma nova técnica que permite aos cientistas monitorizar facilmente como o cérebro funciona usando um tipo especial de luz chamado luz infravermelho próximo.

### Figura 1

(A) fNIRS usa luz para avaliar o funcionamento do cérebro. (B) Fontes (a vermelho) e detetores (a azul) de luz em fNIRS. A luz que atravessa o cérebro é apresentada com a forma de bananas amarelas. (C) Uma touca de fNIRS na cabeça de um bebé.

## LUZ INFRAVERMELHO PRÓXIMO

Um tipo especial de luz que pode atravessar a pele, osso e cérebro e ser usada para medir o que está a acontecer no cérebro.

## O QUE É A ESPECTROSCOPIA FUNCIONAL DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO (FNIRS)?

A **espectroscopia funcional de infravermelho próximo (fNIRS)** é uma nova técnica que permite aos investigadores monitorizar facilmente o funcionamento do cérebro. A fNIRS usa um tipo especial de luz chamada luz infravermelha próxima (Figura 1A). A luz infravermelha é especial porque pode atravessar a pele, os ossos e o cérebro. A luz é enviada para o cérebro a partir de uma fonte de luz (vermelha na Figura 1B) e, em seguida, recebida por um detetor quando volta (azul na Figura 1B). A diferença na quantidade de luz enviada e na quantidade de luz recebida indica a atividade do cérebro. Mas por que há uma diferença entre a luz enviada e a luz recebida? Parte da luz é perdida quando atravessa o cérebro?

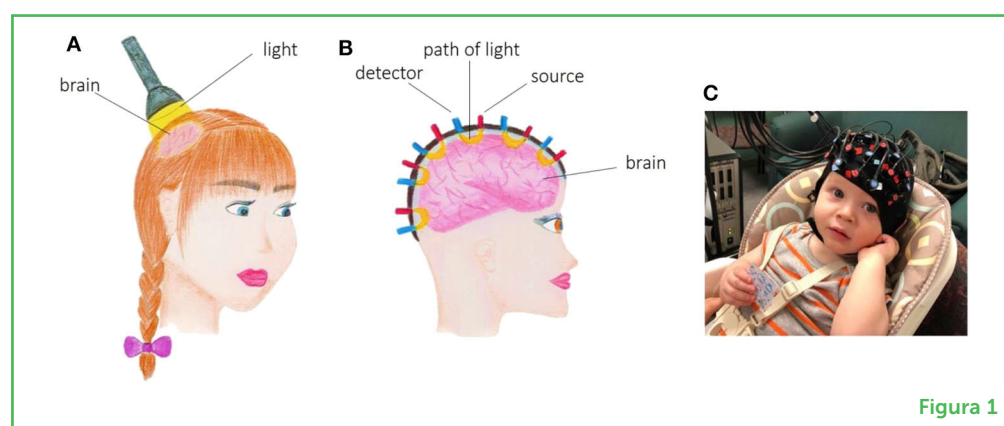


Figura 1

Para responder a essas perguntas, precisamos de compreender como o cérebro funciona. O cérebro funciona usando oxigénio. O oxigénio é levado ao cérebro pelo sangue. Quando o cérebro está ativo, há um maior fluxo sanguíneo e isso significa que há mais oxigénio no cérebro. O sangue absorve **luz infravermelha próxima**, então quando enviamos essa luz para o cérebro ativo, há menos luz que volta, porque parte foi absorvida pelo sangue. Portanto: quanto mais luz absorvida, menos luz regressa, e maior é a atividade cerebral.

## QUAIS SÃO AS VANTAGENS, USOS, E LIMITAÇÕES DA FNIRS?

A fNIRS tem várias vantagens, entre elas:

- permite a testagem enquanto os participantes estão sentados ou em pé
- é fácil de transportar e pode ser usada em quase qualquer lugar
- é fácil e leva apenas minutos para configurar
- é barata
- mede a função cerebral várias vezes por segundo

- não magoa nem faz barulho
- pode ser usada juntamente com outras técnicas de medição de atividade cerebral
- tolera movimentos do corpo, como falar, escrever, ou andar.

Estas vantagens tornam a fNIRS boa para vários fins (Figura 2). Por um lado, podemos estudar o cérebro num ambiente natural e em situações da vida quotidiana, em vez de apenas em laboratórios. Isso é possível porque alguns aparelhos fNIRS são suficientemente pequenos para que possam ser transportados para onde o estudo será realizado. Além disso, durante as medições, os participantes não precisam de estar deitados. Podem estar a uma secretária e fazer trabalhos de casa ou trabalhar no computador. A fNIRS pode ser usada para estudar tarefas mentais mais complicadas do que outras técnicas de medição da atividade cerebral, e não apenas tarefas de escolha múltipla. Além disso, a fNIRS é bastante confortável para o participante. Isto significa que podemos estudar o cérebro mesmo em bebés e crianças (Figura 1C). Geralmente é difícil estudar o cérebro nessas populações jovens porque se movem muito, tornando impossível o uso de outras técnicas de medição da atividade cerebral. Além disso, é possível medir a função cerebral por um período mais longo (até 1 h), e em muitos participantes ao mesmo tempo. A maioria destas vantagens torna a fNIRS uma técnica única para estudar o cérebro em situações e pessoas que geralmente são difíceis ou às vezes impossíveis de avaliar com outras técnicas.

### Figura 2

A fNIRS pode ser usada em muitas situações diferentes no quotidiano, como durante a alimentação, conversação, dança e tocando música. Pode ser usada para ver o que acontece no cérebro de uma mãe e do seu bebé quando comunicam um com o outro.

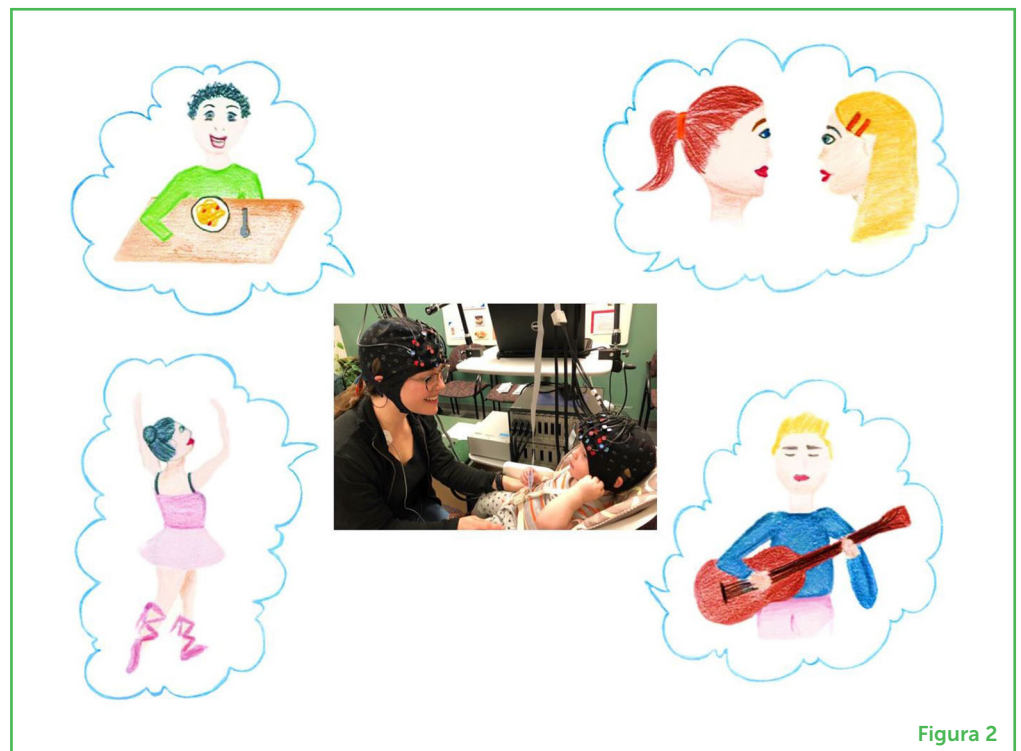


Figura 2

No entanto, estas vantagens e utilizações, têm um preço. Temos de estar cientes das limitações da fNIRS. Em primeiro lugar, a fNIRS mede cerca de 3 cm do cérebro de cada vez. Quando falamos sobre o cérebro, esta é uma área enorme, porque as diferentes partes do cérebro são muito pequenas. Portanto, uma medição de fNIRS pode incluir partes do cérebro com funções diferentes e, portanto, não será tão precisa quanto as medições feitas com algumas outras técnicas [1]. Além disso, a fNIRS só pode medir a ativação de áreas em torno de 1,5–2 cm de profundidade no cérebro. Portanto, não é adequada para medir funções que estão localizadas no interior do cérebro. Em seguida, a fNIRS fornece informações apenas sobre funções e não estruturas [1]. Isso significa que podemos entender como o cérebro funciona, mas não o aspeto do cérebro. Além disso, uma vez que mede o fluxo de sangue, a fNIRS é sensível aos batimentos cardíacos, à pressão arterial e às veias na pele. Portanto, algumas alterações não cerebrais podem ser confundidas com as medições da função cerebral. Finalmente, como a fNIRS é uma técnica nova, nem todos usam o mesmo método de análise de dados. A análise de dados é um procedimento para combinar e transformar os dados cerebrais obtidos em diferentes pessoas e apresentá-los de uma forma que todos entendam. Em resumo, quando os cientistas desejam medir a função cerebral com fNIRS, precisam estar cientes das suas vantagens e limitações.

## COMO É REALIZADA A FNIRS E COMO SÃO USADOS OS SEUS DADOS?

Dependendo da questão em estudo, os participantes podem ser avaliados individualmente ou em grupo. Para realizar a fNIRS, precisamos de seguir alguns passos. Primeiro, medimos a cabeça do participante para identificar alguns pontos importantes, como o centro da cabeça. Usando esses pontos, podemos estimar que parte do cérebro é avaliada por cada sensor. Segundo, fixamos as fontes de luz e os detetores na cabeça, usando uma touca elástica. Em terceiro lugar, pedimos ao participante para realizar uma tarefa enquanto a sua função cerebral é medida pela fNIRS (Figura 3). A tarefa pode ser qualquer coisa, por exemplo, resolver problemas matemáticos. Em quarto lugar, após o participante acabar a tarefa, desligamos a máquina fNIRS e retiramos a touca da sua cabeça, e a experiência é finalizada.

Geralmente repetimos a mesma experiência com muitos participantes (cerca de 40 crianças). Depois podemos analisar os dados de todos. Mas o que significa isso? Imaginemos que a nossa pergunta de estudo é “Que partes do cérebro estão ativas durante o cálculo?” Para responder a essa pergunta, medimos a função cerebral em duas situações: quando os participantes estão a resolver problemas matemáticos e quando estão apenas em descanso. Utilizando ferramentas informáticas, podemos ler e combinar os dados de todos

### Figura 3

Enquanto uma criança resolve um problema matemático, a sua função cerebral é medida por fNIRS.



Figura 3

os participantes. Em seguida, calculamos os níveis da função cerebral durante o cálculo e durante o repouso para todos os participantes. Depois comparamos esses níveis de função cerebral. Observamos uma enorme diferença entre os níveis de função cerebral durante o cálculo e o repouso em algumas partes do cérebro, mas não em outras. Portanto, podemos concluir que apenas as partes do cérebro que mostraram uma enorme diferença entre cálculo e repouso são importantes para o cálculo.

## CONCLUSÃO

fNIRS é uma técnica que permite a medição da função cerebral, mesmo em grupos especiais, tais como bebês e crianças [2], e em situações da vida real, tais como a sala de aula [3]. Esta capacidade torna a fNIRS uma técnica muito boa para estudos de **Neurociência Educacional** [4]. A Neurociência Educacional utiliza técnicas, tais como fNIRS, para estudar o cérebro e usa os resultados de estudos cerebrais para melhorar a educação nas escolas. Embora a maioria das técnicas cerebrais atualmente utilizadas sejam ótimas para estudos em adultos, estas apresentam várias limitações quando usadas em crianças, razão pela qual não sabemos muito sobre as mudanças do cérebro à medida que crescemos. Felizmente, a fNIRS permite-nos monitorizar as alterações cerebrais e a aprendizagem nas crianças [5, 6]. Acreditamos que a utilização de fNIRS em Neurociência Educacional irá eventualmente ajudar-nos a compreender como as crianças aprendem a ler, escrever e calcular.

### NEUROCIÊNCIA EDUCACIONAL

Um campo de estudo do cérebro que visa melhorar a educação nas escolas.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a Bahar Rad, um artista de 16 anos, pela ilustração das figuras, à Merle Bode pela edição das figuras e à Zoë Kirste pela revisão linguística. Agradecemos igualmente a Megan e ao Warren pela sua permissão para utilizar as suas fotografias de participação num estudo fNIRS. Os autores também gostariam de agradecer àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por disponibilizar os fundos necessários para traduzir os artigos.

## REFERÊNCIAS

1. Hoyos, P., Kim, N., and Kastner, S. 2019. How is magnetic resonance imaging used to learn about the brain? *Front. Young Minds* 7:86. doi: 10.3389/frm.2019.00086
2. Edwards, L. A., Wagner, J. B., Simon, C. E., and Hyde, D. C. 2016. Functional brain organization for number processing in pre-verbal infants. *Dev. Sci.* 19:757–69. doi: 10.1111/desc.12333
3. Obersteiner, A., Dresler, T., Reiss, K., Vogel, A. C. M., Pekrun, R., and Fallgatter, A. J. 2010. Bringing brain imaging to the school to assess arithmetic problem solving: chances and limitations in combining educational and neuroscientific research. *ZDM* 42:541–54. doi: 10.1007/s11858-010-0256-7
4. Soltanlou, M., Sitnikova, M. A., Nuerk, H.-C., and Dresler, T. 2018. Applications of functional near-Infrared spectroscopy (fNIRS) in studying cognitive development: the case of mathematics and language. *Front. Psychol.* 9:277. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00277
5. Artemenko, C., Soltanlou, M., Ehlis, A.-C., Nuerk, H.-C., and Dresler, T. 2018. The neural correlates of mental arithmetic in adolescents: a longitudinal fNIRS study. *Behav. Brain Funct.* 14:5. doi: 10.1186/s12993-018-0137-8
6. Soltanlou, M., Artemenko, C., Ehlis, A.-C., Huber, S., Fallgatter, A. J., Dresler, T., et al. 2018. Reduction but no shift in brain activation after arithmetic learning in children: a simultaneous fNIRS-EEG study. *Sci. Rep.* 8:1707. doi: 10.1038/s41598-018-20007-x

**EDITOR:** Stephan Vogel

**MENTOR CIENTÍFICOS:** Ruggero Bettinardi

**CITAÇÃO:** Soltanlou M e Artemenko C (2022) Usar a luz para entender como o cérebro funciona na sala de aula. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frm.2020.00088-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Soltanlou M and Artemenko C (2020) Using Light to Understand How the Brain Works in the Classroom *Front. Young Minds* 8:88. doi: 10.3389/frm.2020.00088

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Soltanlou e Artemenko. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES



### ISTITUTO EUROPEO LEOPARDI, IDADE: 11–12

Somos um grupo de alunos do Istituto Europeo Leopardi e estamos no 1º ano do ensino secundário. Somos a Lucrezia, Sofia, Benedetta, Eleonora, Francesco, Matteo, Marco, Emma, Greta e Lidia. Vivemos em Milão (Itália) e temos entre 11 e 12 anos. Somos uma turma divertida, simpática, criativa e gostamos de Ciências e Desporto. Tchau do 1º A!

## AUTORES



### MOJTABA SOLTANLOU

Sou investigador na University of Western Ontario, no Canadá. Antes de ser investigador, trabalhava como terapeuta, ajudando crianças com vários distúrbios. Nos meus estudos, gostaria de entender o que acontece no cérebro quando uma criança aprende algo como matemática e por que algumas crianças têm dificuldades na aprendizagem. Nos meus tempos livres, gosto de praticar desporto, tocar Tar e ler sobre História. \*[mojtaba.soltanlou@gmail.com](mailto:mojtaba.soltanlou@gmail.com)



### CHRISTINA ARTEMENKO

Sou investigadora na University of Tuebingen, na Alemanha. A minha investigação foca-se na matemática e cálculo. Quero saber o que está a acontecer no cérebro quando alguém está a fazer cálculos e uso fNIRS para estudar o cérebro. Quero entender o que torna o cálculo difícil e por que algumas pessoas têm problemas com a matemática. Além de pesquisar, também gosto de tocar flauta, bailado e vólei.

Portuguese version provided by  
Versão Portuguesa fornecida por

 **JACOBS  
FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## A ARTE MÁGICA DA IMAGEM DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NO ESTUDO DO CÉREBRO LEITOR

Nora Maria Raschle<sup>1\*</sup>, Réka Borbás<sup>1</sup>, Carolyn King<sup>2</sup> e Nadine Gaab<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Jacobs Center for Productive Youth Development, Universidade de Zurique, Zurique, Suíça

<sup>2</sup>Laboratories of Cognitive Neuroscience, Hospital Pediátrico de Boston, Escola Médica de Harvard, Boston, Massachusetts, Estados Unidos da América

<sup>3</sup>Escola de Graduação em Educação de Harvard, Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos da América

### JOVENS REVISORES:



CASCADIA  
ELEMENTARY

IDADE: 8-9

Na série de livros do Harry Potter, o feitiço legilimência foi usado para aceder e ler a mente de outras pessoas. No entanto, a magia traz uma grande responsabilidade e deve ser usada com cautela. Da mesma forma, a imagem por ressonância magnética (ou RM) é uma ferramenta poderosa que nos permite obter imagens detalhadas de diferentes partes do corpo, incluindo o cérebro. Mas a RM também deve ser usada e interpretada com cautela. A RM dá a oportunidade de olhar para diferentes partes do corpo do lado de fora. Alguns “muggles” (não-mágicos) usam a RM para estudar os segredos do cérebro humano. Embora não possa ser usada para ler a mente, pode dizer-nos como um cérebro é, funciona, cresce e aprende. Por exemplo, a RM pode ajudar-nos a entender como o cérebro aprende a ler e o que diferencia crianças que têm dificuldades de leitura.

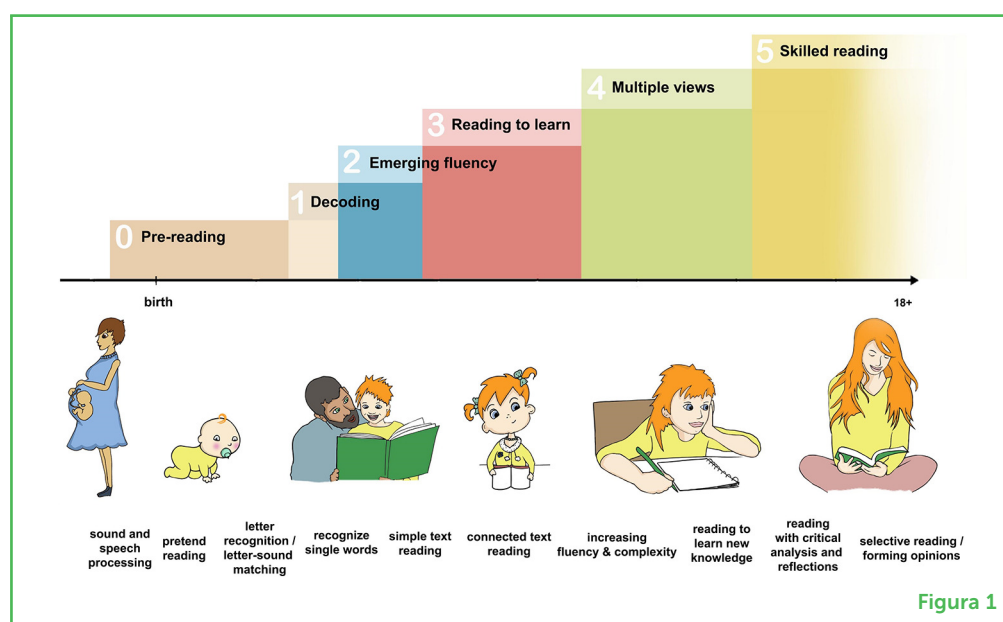


Gostas de ler? Já leste os livros do Harry Potter? Ler é uma capacidade que é aprendida através da instrução (por exemplo, um professor ou um parente que te ensina) e precisa de muita prática em casa ou na escola. Muitas coisas diferentes ajudam-nos a ser grandes leitores. À medida que crescemos, temos muitas experiências, e os nossos corpos, pensamentos, sentimentos e o ambiente que nos rodeia estão sempre a mudar. Cedo na vida, aprendemos as habilidades mais fáceis, como entender o significado de certos sons, reconhecer caras ou andar. Na verdade, a aprendizagem começa ainda antes de nascermos! À medida que crescemos, aprendemos habilidades mais complexas, como dizer palavras e frases, ler e interagir com outras pessoas. A aprendizagem de novas habilidades anda de mãos dadas com o desenvolvimento do cérebro. Mas muitas coisas podem afetar o modo como nos desenvolvemos, incluindo mudanças nos nossos ambientes, experiências de aprendizagem ou mesmo o nosso ADN, que é a informação biológica que os nossos pais nos transmitem.

Isto também é verdade para a leitura. Ler é uma habilidade que praticamos durante longas horas antes de ler bem. Mas esta prática começa muito antes de termos o nosso primeiro livro ou irmos para a escola. Ainda antes de nascermos, começamos a ouvir sons e partes básicas da língua. Estas experiências moldam áreas do cérebro que mais tarde nos ajudarão a desenvolver capacidades de leitura. Em 1983, uma professora chamada Jeanne Chall [1] afirmou que aprender a ler ocorre em várias etapas (Figura 1). Hoje sabemos que muitos fatores diferentes podem afetar essas etapas de leitura e que aprender a ler pode ser individualmente diferente entre crianças de todo o mundo. Tais diferenças existem porque muitas coisas podem afetar o desenvolvimento de leitura, tais como o sítio onde crescemos, a língua que falamos, o vocabulário da nossa língua, a nossa capacidade

**Figura 1**

Aprendemos a ler passo a passo. Existem várias etapas que podemos seguir para nos tornarmos leitores fluentes. Aprender a ler começa a partir do momento em que um bebé começa a crescer e continua durante toda a escolaridade e até à idade adulta (Ilustrações: N.M. Raschle; a parte superior desta imagem foi adaptada de Chall [1]).



**Figura 1**

de brincar com sons de fala (por exemplo, dizer “banana” sem emitir o som /b/), e quão bons somos a entender histórias [2].

## COMO O CÉREBRO APRENDE A LER

Técnicas de imagem cerebral, como a ressonância magnética (**RM**) tornam possível estudar como o cérebro aprende. A ressonância magnética é como uma grande máquina fotográfica que pode captar imagens de diferentes partes do corpo — por exemplo, o cérebro. A ressonância magnética funciona medindo sinais vindos de moléculas de água no corpo. Cada parte do corpo é um pouco diferente, e por causa disso, o sinal de ressonância magnética vindo de cada parte também difere um pouco. Usando computadores, os cientistas podem criar imagens detalhadas a partir desses sinais (se estiveres interessado em ler mais sobre a física da ressonância magnética, podes ler “A física da ressonância magnética e como a usamos para revelar os mistérios da mente”, escritos para crianças, por Kathryn Broadhouse [3]). A RM permite estudar tanto a forma como o cérebro funciona enquanto estamos a fazer ou sentimos algo (a função do cérebro), como a maneira como o cérebro é construído (a sua estrutura).

Quando o cérebro cresce e aprende, são criadas conexões entre diferentes partes do mesmo. Com o tempo, essas conexões constroem redes. Redes são diferentes partes do cérebro que trabalham juntas. Funcionando como um grupo musical bem treinado, as redes cerebrais ajudam-nos a aprender habilidades como a leitura. Enquanto aprendemos, as células do cérebro (chamadas **neurónios**) conectam-se umas com as outras, estendendo os seus braços minúsculos (chamados **axónios**) ou mesmo crescendo novos braços. Com o tempo, muitos axónios conectam-se uns aos outros e constroem longas autoestradas, chamadas de **matéria branca**. Essas autoestradas permitem que a informação viaje de uma parte do cérebro para outra. Usando ressonância magnética, os cientistas aprenderam que podemos ler porque diferentes partes do cérebro ficam mais ativas e comunicam entre si à medida que aprendemos. Essas áreas cerebrais têm nomes engraçados: giro fusiforme, ou a “caixa de letras” do cérebro (onde processamos letras e palavras); região temporoparietal (permite brincar com os sons da nossa língua, como perceber que “banana” sem o som /b/ é “anana”); e a região frontal inferior (o “capitão” que nos dirige). Quando as áreas cerebrais conversam entre si com frequência, as autoestradas podem ficar mais fortes.

Uma autoestrada importante para a leitura é um conjunto de axónios que chamamos de fascículo arqueado, por terem a forma de um arco. Dentro da rede de áreas cerebrais que nos ajudam a ler, caminhos como o fascículo arqueado permitem o transporte de informações de uma área para outra. Em crianças que têm dificuldades de leitura, a rede de leitura do cérebro é por vezes construída de maneira um

### RM

Significa ressonância magnética. A ressonância magnética permite que os cientistas captem imagens de todas as partes do corpo humano. Funciona com imanes fortes e ondas de rádio.

### NEURÓNIO

Células nervosas dentro do cérebro ou medula espinhal.

### AXÓNIO

Uma parte da célula nervosa que se pode conectar com outras células e, desta forma, transportar informações de uma célula para outra.

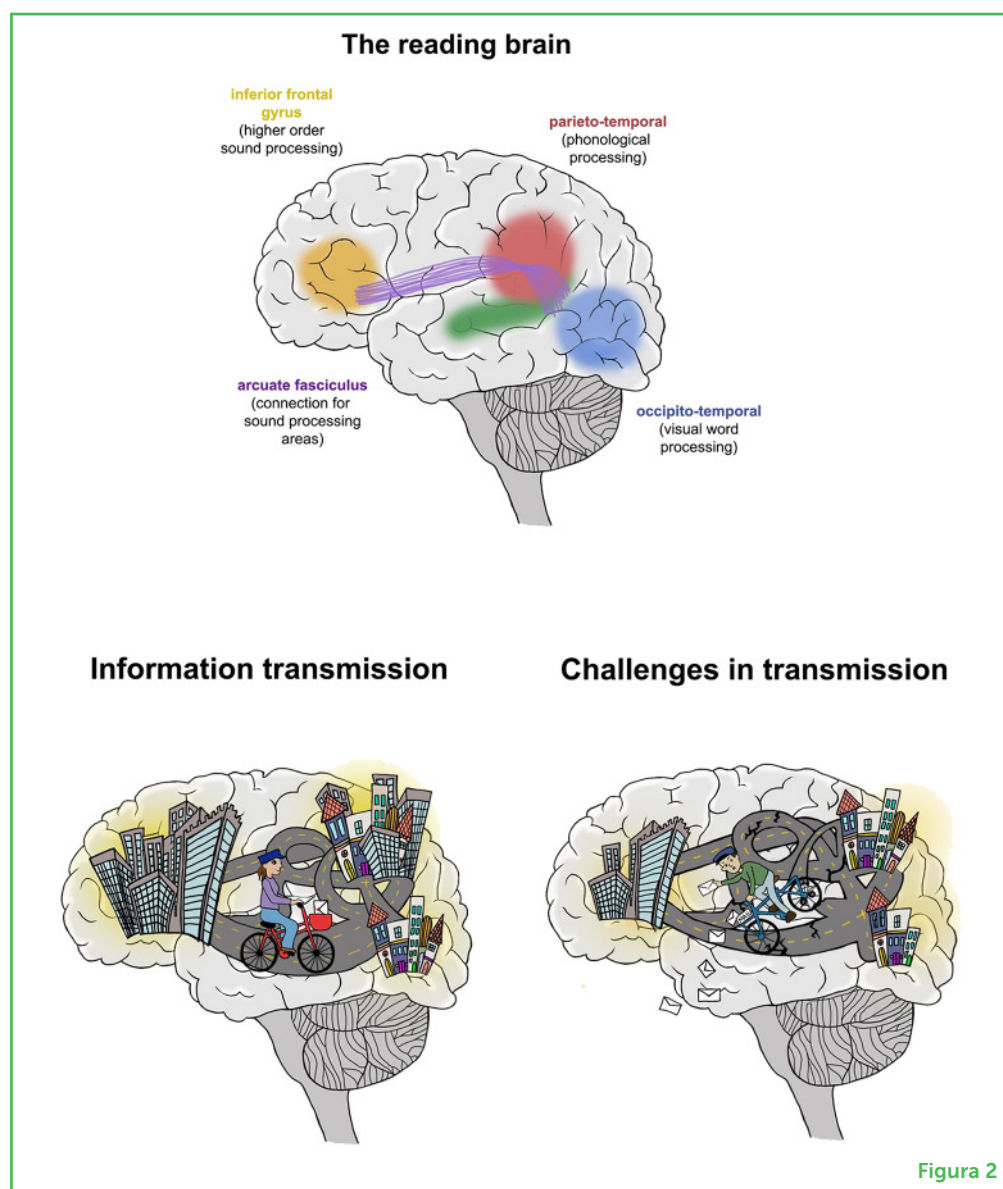
### MATÉRIA BRANCA

Uma coleção de muitos axónios conectando diferentes áreas cerebrais entre si.

pouco diferente ou as informações seguem outros percursos. Em alguns cérebros, as autoestradas que transportam as informações entre as áreas de leitura podem ser estreitas, o que seria o equivalente a ter apenas uma faixa de tráfego em vez de duas. Ou as estradas podem ser menos suaves, como uma estrada com uma superfície esburacada ou muitos semáforos. Essas diferenças tornam a comunicação entre as regiões cerebrais difícil e, em algumas crianças, a leitura é uma tarefa difícil (Figura 2).

### Figura 2

O cérebro durante a leitura. No topo, tu podes ver os nomes e funções das regiões cerebrais que são usadas para a leitura. Juntas, essas regiões cerebrais formam a rede de leitura. Durante a leitura, essas áreas ficam mais ativas e conversam entre si. Às vezes, a transmissão de informações nesta rede ocorre suavemente (inferior esquerdo), mas por vezes pode ser mais difícil (inferior direita) (Ilustrações: N.M. Raschle).



## DISLEXIA DO DESENVOLVIMENTO E O PARADOXO DA DISLEXIA

O desenvolvimento do cérebro humano é complexo, e não é surpreendente que alguns cérebros se desenvolvam de maneira diferente de outros. Essas diferenças podem, por vezes, ter

consequências que só são descobertas muito mais tarde na vida. Numa aula normal, cerca de uma ou duas em cada 20 crianças têm dificuldades de aprendizagem. Muitos investigadores gostariam de conseguir prever, tão cedo quanto possível, quais as crianças que podem ter dificuldades de leitura. É muito mais fácil ajudar uma criança quando os problemas começam, do que esperar e tentar ajudá-la anos depois. Quando somos mais novos, os nossos cérebros são muito mais flexíveis em coisas como a linguagem, e isso torna mais fácil aprender coisas novas e resolver problemas. Além disso, se a ajuda chegar muito tarde, algumas crianças com dificuldades podem ficar tristes, frustradas ou sofrer bullying e podem até querer parar de aprender. Alguns pais podem ficar impacientes e pensar que os seus filhos não estão a esforçar-se o suficiente. Estas são razões importantes pelas quais os cientistas querem ajudar a identificar estas crianças o mais cedo possível.

Algumas crianças que têm dificuldades de leitura podem ser diagnosticadas com **dislexia** do desenvolvimento, que é um tipo de deficiência de leitura. Normalmente, esse diagnóstico é feito algum tempo depois de tentar aprender a ler (como na segunda ou terceira classe). A dificuldade em ler não tem nada a ver com falta de prática, preguiça ou falta de tentativas. No entanto, nesta altura, as crianças precisam de recuperar um pouco para ter um bom desempenho escolar, o que é um grande desafio. Como referido, estudos têm mostrado que a melhor altura para ajudar as crianças a ler é no jardim-de-infância ou na primeira classe, quando o cérebro é muito mais moldável. A diferença no momento em que identificamos crianças com dificuldade de leitura e o momento elas poderiam beneficiar mais de ajuda é chamada paradoxo da dislexia, por ser algo que se contradiz (Figura 3).

## DISLEXIA

Um transtorno de aprendizagem que envolve dificuldade de leitura resultante de problemas em identificar sons de fala e aprender como se relacionam com letras e palavras.

### Figura 3

O paradoxo da dislexia. Na maioria das crianças, problemas de leitura não são descobertos até à segunda ou terceira classe (área verde). No entanto, a janela melhor e mais eficaz para as ajudar ocorre muito mais cedo (área rosa).

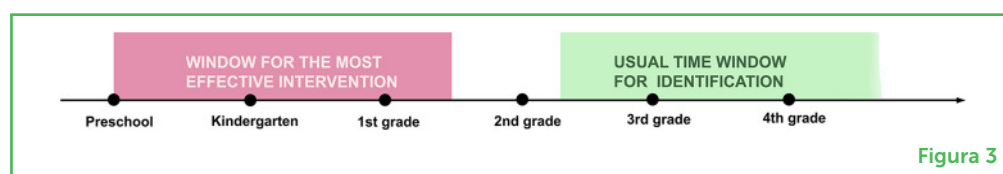


Figura 3

Os cientistas mostraram que podemos detetar sinais precoces de dificuldades de leitura através de testes falados, escritos ou de computador. Tínhamos curiosidade em saber se a RM também poderia ser usada para detetar diferenças precoces no cérebro de crianças que viriam a ter dificuldades de leitura. Descobrimos que crianças pequenas, que mais tarde têm dificuldades na leitura, parecem ter uma rede de leitura diferente [4–6]. Mas, com apoio e o ensino certo, isso pode ser alterado.

## A MAGIA DE AJUDAR OS OUTROS

Ao contrário dos feiticeiros de Harry Potter, os cientistas não podem ler a mente das pessoas ou usar outras formas de magia. No entanto, criamos vários métodos e tecnologias para estudar o cérebro aprendiz, um dos quais é a RM. A RM permitiu que os cientistas estudassem as partes do cérebro que nos permitem ler e revelou o que pode estar a acontecer no cérebro de crianças que têm dificuldades na leitura. Em cada estudo, os cientistas aprendem mais sobre como aprendemos e por que é mais difícil para algumas pessoas do que para outras. Eventualmente, essas informações podem ajudar-nos a apoiar cada criança a atingir os seus objetivos. E ser capaz de fazer isso é a verdadeira magia.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis às crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos. Gostaríamos de agradecer e dedicar este artigo a todas as crianças que têm ou tinham dificuldades na leitura, bem como aos educadores, pais e profissionais que as ajudam.

## REFERÊNCIAS

1. Chall, J. S. 1983. *Stages of Reading Development*. New York, NY: McGraw-Hill Book Company.
2. Castles, A., Rastle, K., and Nation, K. 2018. Ending the reading wars: Reading acquisition from novice to expert. *Psychol. Sci. Public Interest*. 19:5–51. doi: 10.1177/1529100618772271
3. Broadhouse, K. 2019. The physics of MRI and how we use it to reveal the mysteries of the mind. *Front. Young Minds* 7:23. doi: 10.3389/frym.2019.00023
4. Raschle, N. M., Zuk, J., and Gaab, N. 2012. Functional characteristics of developmental dyslexia in left-hemispheric posterior brain regions predate reading onset. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109:2156–61. doi: 10.1073/pnas.1107721109
5. Raschle, N. M., Chang, M., and Gaab, N. 2011. Structural brain alterations associated with dyslexia predate reading onset. *Neuroimage* 57:742–9. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.09.055
6. Langer, N., Peysakhovich, B., Zuk, J., Drottar, M., Sliva, D., Smith, S., et al. 2017. White matter alterations in infants at risk for developmental dyslexia. *Cereb. Cortex* 27:1027–36. doi: 10.1093/cercor/bhv281

**EDITOR:** [Stephan Vogel](#)

**MENTOR CIENTÍFICOS:** [Carol Thompson](#)

**CITAÇÃO:** Raschle NM, Borbás R, King C e Gaab N (2022) A arte mágica da imagem de ressonância magnética no estudo do cérebro leitor. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00072-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Raschle NM, Borbás R, King C and Gaab N (2020) The Magical Art Of Magnetic Resonance Imaging To Study The Reading Brain *Front. Young Minds* 8:72. doi: 10.3389/frym.2020.00072

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Raschle, Borbás, King e Gaab. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES



### CASCADIA ELEMENTARY, IDADE: 8-9

Nós somos as Focas! Somos um grupo de crianças da terceira classe que adora ler e gosta de matemática. Temos 9 meninas e 14 meninos na nossa turma. Somos um grupo energético que adora discutir ideias em conjunto e aprender coisas novas. Este ano temo-nos focado muito na colaboração, no falar e no ouvir uns dos outros, e estamos animados em fazer parte da comunidade da Frontiers!

## AUTORES



### NORA MARIA RASCHLE

Nora é Professora Auxiliar de Psicologia no Jacobs Center for Productive Youth Development, na Universidade de Zurique, na Suíça. A sua equipa no laboratório, NMR Kids, interessa-se por saber mais sobre a maneira como o cérebro humano cresce, muda, e aprende. Nora também adora desenhar banda desenhada científica e acredita que o conhecimento pode ser ensinado duma forma divertida e compreensível para todos. Ela gosta de experimentar coisas novas com as suas três crianças, como fazer um bolo gigante, cantar karaoke mesmo sendo uma cantora horrível, construir coisas (como robôs) ou visitar lugares emocionantes. \*[nora.raschle@jacobscenter.uzh.ch](mailto:nora.raschle@jacobscenter.uzh.ch)



### RÉKA BORBÁS

Réka é estudante de Doutoramento em Neuropsicologia Jacobs Center for Productive Youth Development, Universidade de Zurique, na Suíça. Ela trabalha com famílias e está muito interessada em como as crianças e os cérebros dos seus pais funcionam. Para isso, ela prepara famílias para entrarem num aparelho de RM, para dar uma espreitadela nos seus cérebros. No laboratório NMR Kids, ela tenta

tornar a investigação divertida para todos e está a desenvolver jogos emocionantes para brincar no aparelho de RM. Nos seus tempos livres, ela gosta de jogar jogos de tabuleiro, aninhar-se com seu gato peludo e cozinhar para os seus amigos e familiares.



### **CAROLYN KING**

Carolyn é Assistente de Investigação nos Laboratories of Cognitive Neuroscience, Hospital Pediátrico de Boston e Escola Médica de Harvard. Ela trabalha com crianças todos os dias para perceber como algumas crianças aprendem a ler e resolver problemas matemáticos de forma diferente das outras. Ela passa muito tempo a jogar jogos de raciocínio com crianças na idade pré-escolar e do jardim-de-infância, e também tem a oportunidade de viajar pelos Estados Unidos a testar novos jogos. Carolyn adora escalar as montanhas mais altas que ela consiga encontrar e brincar com alpacas, coelhos e gatos na fazenda de alpacas da sua avó. Uma das alpacas até escalou uma montanha, e Carolyn tem esperança de um dia fazer caminhadas com ela!



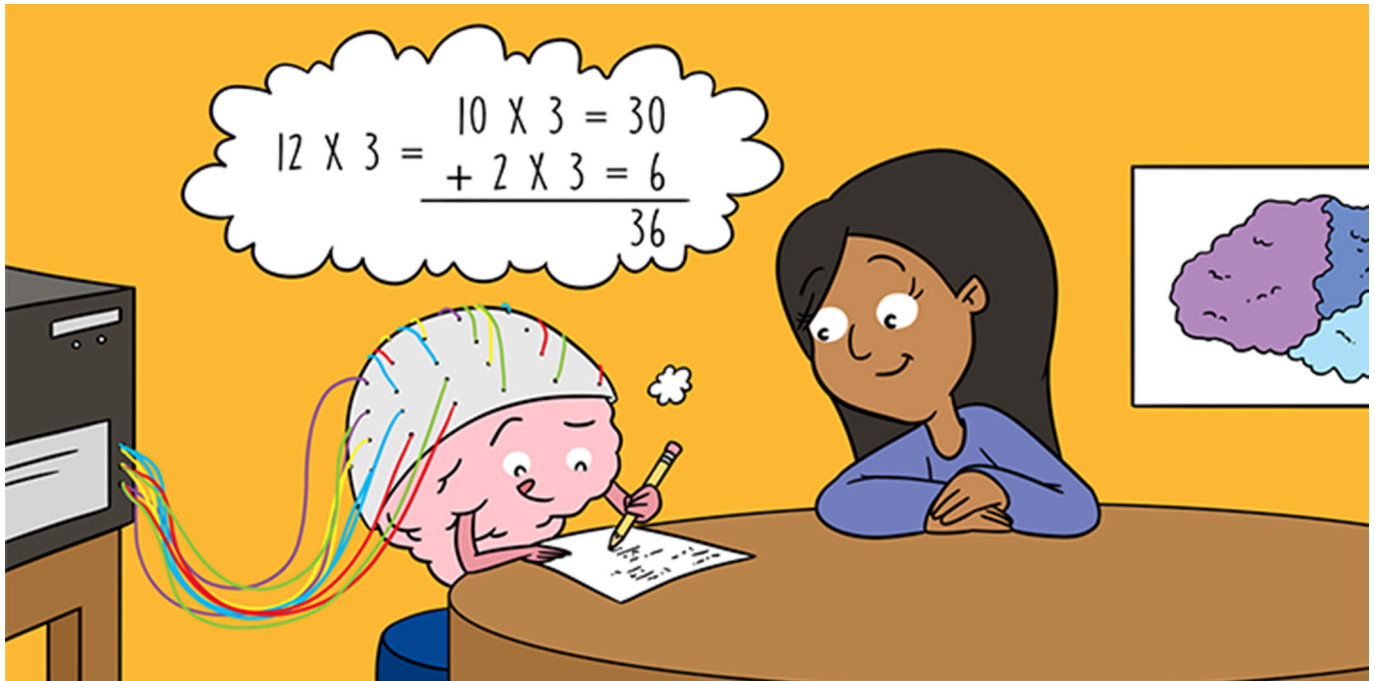
### **NADINE GAAB**

Nadine é professora no Suíça. A sua semana de trabalho normal inclui analisar os cérebros das crianças, conversar com os seus alunos, dar aulas, participar em reuniões chatas ou brincar com as crianças que vêm ao laboratório. Ela também viaja para outros sítios (na maioria bonitos) e fala com as pessoas sobre a dislexia, o desenvolvimento da leitura e o cérebro. Nos seus tempos livres, ela gosta de jogar jogos de tabuleiro com os seus três filhos e gosta de ver a sua filha jogar futebol e o seu filho jogar basebol. Ela adora frutos do mar e gelado de chocolate. Quando crescer, gostava de ser chefe de cozinha.

**Portuguese version provided by**

Versão Portuguesa fornecida por

 **JACOBS  
FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## QUANTO É $2 \times 4$ ? ENTENDER COMO O CÉREBRO RESOLVE PROBLEMAS ARITMÉTICOS

Nikolaus Koren<sup>†</sup>, Judith Scheucher<sup>†</sup> e Stephan E. Vogel<sup>\*</sup>

Secção de Neurociência Educativa, Instituto de Psicologia, Universidade de Graz, Graz, Áustria

### JOVENS REVISORES:



DR. H.  
BAVINCK  
SCHOOL

IDADE: 8–12



LIJIA  
IDADE: 12

Quanto é  $2 \times 4$ ? Parece um problema fácil, mas já pensaste como é que resolves este problema? Neste artigo aprenderás duas estratégias diferentes que usamos para resolver problemas aritméticos. Também conhecerás as diferentes áreas do cérebro – como o sulco intraparietal (IPS) - que funcionam em conjunto quando usas estas estratégias diferentes. A estratégia e as regiões do cérebro que usas mudam à medida que ficas familiarizado com a aritmética. Essa transição é especialmente visível na maneira como as áreas do cérebro funcionam e comunicam umas com as outras - algumas áreas tornam-se mais ativas, enquanto outras tornam-se menos ativas. Depois de leres este artigo, saberás mais sobre as técnicas que usamos para resolver problemas aritméticos e as áreas do cérebro necessárias para encontrar as respostas para o teu trabalho de casa de matemática.



## DISCALCULIA DO DESENVOLVIMENTO

É uma dificuldade em aprender ou compreender a aritmética. Para uma visão geral veja o artigo Young Minds; Quando o teu cérebro não consegue resolver  $2 + 2$ : um caso de discalculia de desenvolvimento [1].

### Figura 1

Exemplo de uma configuração para um estudo que investiga a resolução de problemas aritméticos. Os participantes são apresentados com um problema aritmético no computador. Depois da resposta ser dada, um novo problema aparece. Para cada problema, os investigadores registam o tempo que levou para resolver o problema (velocidade) e se a resposta foi correta (precisão).

## INTRODUÇÃO

Sendo a matemática uma das competências mais importantes a dominar, entender como os problemas aritméticos são resolvidos pode ter um grande impacto. Não só precisas da matemática todos os dias na escola, mas também na idade adulta. Se queres ser programador, engenheiro ou cientista, vais lidar com números diariamente. Como a matemática é importante em quase todos os empregos, as pessoas que não são boas a matemática por vezes têm dificuldade em encontrar um emprego. Algumas podem até sofrer de algo chamado **discalculia do desenvolvimento**. Portanto, entender o que acontece no cérebro quando executamos cálculos pode ser muito útil para crianças que têm dificuldade com a matemática. A compreensão da razão destas dificuldades permite que os professores possam estruturar as suas aulas de uma forma que permita às crianças aprender mais facilmente. E claro, apenas estar curioso sobre a maneira como as coisas funcionam é sempre razão suficiente para fazer uma experiência!

## HAVERÁ MANEIRAS DIFERENTES DE RESOLVER UM PROBLEMA ARITMÉTICO?

Para estudar aritmética, geralmente é pedido às crianças e adultos para resolver problemas aritméticos da forma mais rápida e precisa possível. Os problemas geralmente são apresentados num computador, um após o outro (ver [Figura 1](#)).

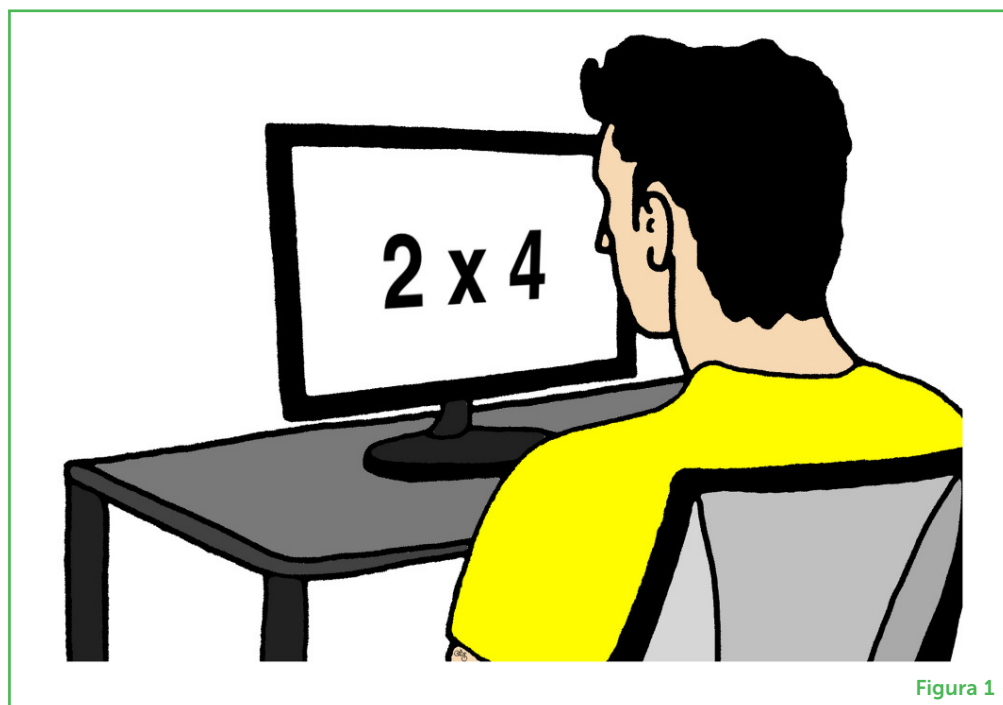


Figura 1

Assim que o participante der uma resposta, o próximo problema aparece. Os cientistas geralmente usam uma mistura de diferentes operações aritméticas com vários graus de dificuldade para estudar as diferentes estratégias que usamos na aritmética.

Usando estes métodos, os cientistas observaram que os problemas aritméticos podem ser divididos em duas categorias: problemas simples e complexos. Problemas simples são resolvidos muito rapidamente, e os participantes cometem menos erros ao resolver estes problemas. Um bom exemplo seria “ $2 \times 4$ .”

Os problemas complexos geralmente são um pouco mais difíceis de resolver. Os participantes demoram mais a resolver estes problemas e também cometem mais erros. Um bom exemplo seria “ $12 \times 3$ .” Os cientistas por vezes discordam como diferenciar problemas simples dos complexos. Quão difícil é resolver um problema depende da tua idade e capacidade. No entanto, as diferenças em velocidade e erros entre problemas simples e complexos sugerem que usamos duas estratégias principais para resolvê-los [2].

A primeira estratégia, calculando a resposta, é frequentemente usada em problemas complexos. É designada estratégia processual porque a solução do problema envolve vários passos — ou vários procedimentos. Por exemplo, para resolver “ $12 \times 3$ ” podes dividir o problema em dois passos mais fáceis, como “ $10 \times 3 = 30$ ” e “ $2 \times 3 = 6$ ”. Depois podes somar os resultados para obter a resposta “36”. Só que adicionar passos tem as suas desvantagens. Demora mais tempo e cada passo também aumenta a probabilidade de cometer erros. No entanto não usas a mesma estratégia para resolver o mesmo problema para sempre. Depois de resolver o problema várias vezes, um dia a resposta correta irá aparecer na tua cabeça. Isso mostra que a maneira como resolves este problema mudou.

Agora estás a usar a segunda estratégia: saber a resposta de cor — muitas vezes chamada de recuperação de factos. Ao resolver o mesmo problema várias vezes, guardas a resposta na tua memória de longo prazo. A mudança no uso de estratégias processuais para a recuperação de factos é um passo importante durante o desenvolvimento das capacidades aritméticas [3]. Em vez de calcular a resposta, agora és capaz de te lembrar dela. Além disso, ao ficares melhor na resolução de problemas mais fáceis, também estás a tornar-te melhor na resolução de problemas mais difíceis. Para entender melhor essas mudanças, precisamos de ver dentro do nosso cérebro enquanto ele resolve problemas aritméticos. Para fazê-lo, os cientistas usam diferentes ferramentas, como a **eletroencefalografia (EEG)** e a **ressonância magnética funcional (fMRI)**, ver Figura 2).

### ELETROENCEFALOGRAFIA (EEG)

Uma ferramenta neurocientífica para medir os sinais elétricos que um cérebro produz. Este método pode nos dizer com alta precisão quando áreas específicas do cérebro estão a realizar uma tarefa específica

### IMAGEM DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL (fMRI)

Uma ferramenta para medir as diferenças de oxigênio no cérebro. Uma vez que as áreas ativas precisam mais oxigênio durante uma tarefa, podemos dizer com elevada precisão quais as áreas que estão a realizar a tarefa.

## Figura 2

Crianças que participam num dos nossos estudos funcionais de Ressonância Magnética (fMRI, à esquerda) e Eletroencefalografia (EEG, à direita). Estas duas ferramentas permitem que os cientistas estudem o cérebro enquanto ele está a trabalhar.



Figura 2

## ÁREAS CEREBRAIS

O cérebro pode ser dividido em quatro áreas principais: o córtex frontal, o córtex parietal, o córtex temporal e o córtex occipital. Cada córtex contém áreas cerebrais com função únicas.

## Figura 3

Nesta figura podes ver várias áreas cerebrais e uma conexão que são importantes para a aritmética. Duas delas estão no córtex frontal (vermelho) e duas estão no córtex parietal (amarelo). Como elas trabalham juntas, o cálculo depende da tua idade e das tuas capacidades. Outra área cerebral importante, o hipocampo, está no centro do teu cérebro e, portanto, escondido da vista.

## QUAIS SÃO AS ÁREAS CEREBRAIS ENVOLVIDAS NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS ARITMÉTICOS?

Por vezes entender como o cérebro funciona pode parecer como resolver um quebra-cabeças complicado. Da mesma maneira que um quebra-cabeças é constituído por peças diferentes, o teu cérebro é constituído por diferentes **áreas cerebrais** (ver Figura 3). Entender a função de cada área cerebral dará uma imagem mais clara de como ela se encaixa no quebra-cabeças.

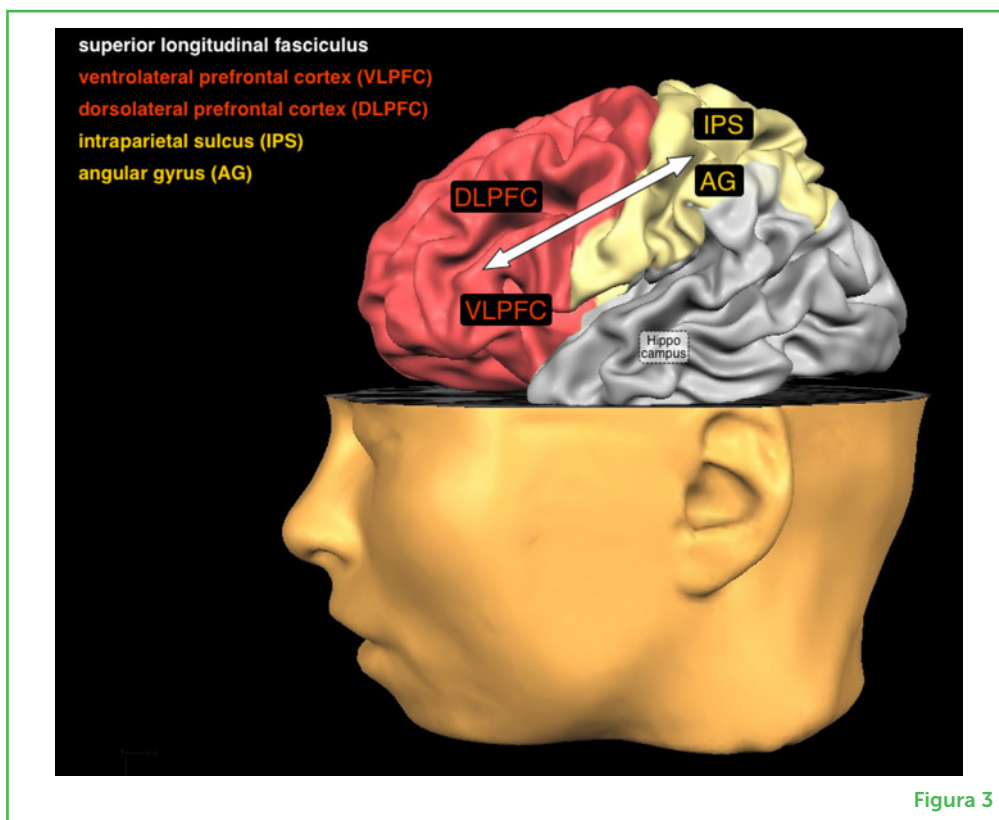


Figura 3

A primeira peça do quebra-cabeças é o sulco intraparietal. Este está localizado no córtex parietal e é responsável pela compreensão do significado dos números [4]. O primeiro passo na resolução de um problema aritmético é entender a dimensão de um número. Por exemplo precisas saber que “4 cães” são mais que “2 cães”. Também precisas entender a ordem dos números (ou seja, “1” vem antes de “2”, que “2” vem antes de “3”, e assim por diante). Ao calcular, usas a tua compreensão da dimensão e ordem para encontrar a solução correta.

As próximas peças do quebra-cabeças envolvem três áreas cerebrais no córtex frontal. O córtex pré-frontal ventrolateral trabalha com regiões no córtex parietal para eliminar distrações, como sonhar acordado com o teu próximo passeio de bicicleta com os amigos. O córtex pré-frontal dorsolateral é necessário para manipular números, como dividir um problema complexo em etapas mais fáceis. O giro frontal inferior desempenha um papel importante em ignorar respostas semelhantes, mas incorretas [5].

As últimas peças do nosso quebra-cabeças são o hipocampo e o giro angular. O hipocampo está localizado profundamente no cérebro. Desempenha um papel importante no armazenamento de factos aritméticos [6]. O hipocampo é a tecla “guardar” do teu cérebro. Quando se trata de matemática, ele trabalha com o córtex frontal para ajudar-te a guardar as respostas de problemas aritméticos como factos aritméticos na tua memória de longo prazo. Desta forma, o giro angular está envolvido na descoberta desses factos quando resolves problemas aritméticos.

## COMO RESOLVER PROBLEMAS ARITMÉTICOS MUDA À MEDIDA QUE ENVELHECES?

Tu e os teus amigos já trabalharam juntos num quebra-cabeças desafiante? Nesse caso, provavelmente trabalharam juntos para resolvê-lo. O teu cérebro funciona de maneira semelhante. Regiões cerebrais diferentes trabalham juntas na resolução de um problema. A última peça no nosso quebra-cabeças é entender como essas áreas do cérebro trabalham juntas quando fazes cálculos. Como agora já sabes, a maneira como resolves problemas aritméticos muda à medida que envelheces. Em vez de usares mais estratégias processuais para resolver problemas aritméticos, comesças a usar a recuperação de factos com mais frequência. Mas isso não é a única coisa que muda. Os cientistas descobriram que durante esse processo a forma como as diferentes áreas cerebrais trabalham juntas também muda. Por exemplo, quando és jovem, o córtex frontal tem um papel muito importante. Ele organiza a tua **memória de trabalho** e atenção, porque a maneira como resolves problemas aritméticos envolve vários passos (estratégias processuais). À medida que envelheces e comesças a usar a recuperação de factos, o papel do córtex frontal

### MEMÓRIA DE TRABALHO

Uma função crucial do teu cérebro. À semelhança da memória de trabalho de um computador, armazena informações na tua mente, a fim de trabalhar com elas quando precisas.

muda. Quando se olha para o córtex frontal usando fMRI ou EEG, podes ver que este se torna menos ativo à medida que envelheces. Continua envolvido na procura da resposta certa, mas não precisa de trabalhar tanto como antigamente. Talvez tenhas experienciado algo semelhante ao cooperar com os teus amigos. No início, alguém podes ter que ficar de olho no progresso de todos e dar instruções sobre o que fazer a seguir (semelhante ao córtex frontal). Depois de resolverem alguns quebra-cabeças juntos, poderão trabalhar juntos sem precisarem de supervisão de alguém para verificar o progresso. O papel do hipocampo também muda. A coleta de dados mostrou que ele encontra-se mais ativo em crianças pequenas do que em adultos [7]. Isso ocorre porque, quando és jovem, o hipocampo ainda trabalha muito para guardar as respostas dos problemas aritméticos na tua memória de longo prazo. À medida que envelheces, o teu hipocampo tem que trabalhar cada vez menos, porque encontras menos respostas novas que precisam ser guardadas.

Todas as áreas do cérebro trabalham juntas comunicando umas com as outras. Essa comunicação ocorre através de uma ampla rede de caminhos (chamados matéria branca) que conectam todas as áreas cerebrais. Essas redes são semelhante às estradas que ligam cidades diferentes. Uma dessas estradas no cérebro é designada fascículo longitudinal superior. Esta estrada conecta o córtex pré-frontal com o córtex parietal (onde está localizado o IPS) [8].

Uma vez que diferentes regiões do cérebro estão envolvidas no processo de resolução de problemas aritméticos em determinados momentos da tua vida, as conexões entre essas regiões também mudam. Os cientistas ainda estão a tentar compreender como e por que estas conexões mudam à medida que envelheces. Isso significa que, embora já saibamos muito sobre como resolves problemas aritméticos, ainda precisamos efetuar mais estudos para completar o quebra-cabeça do cérebro calculador.

## RESUMO

Mesmo que inicialmente pareça um processo simples, resolver um problema aritmético envolve, na verdade, muitas etapas. Para além disso, à medida que envelheces usas estratégias diferentes para resolvê-los. Quase todas as partes envolvidas no teu cérebro mudam. Inicialmente, muitas áreas do cérebro trabalham juntas para resolver um problema aritmético. Algumas partes mantêm-te focado na tarefa, outras acompanham e memorizam os resultados dos teus cálculos. O hipocampo guarda o resultado correto na tua memória de longo prazo. À medida que envelheces só precisas de algumas áreas cerebrais especializadas para resolver o mesmo problema. O teu cérebro agora funciona muito eficientemente. Da próxima vez que fizeres os teus trabalhos de casa de matemática, pensa em todas as diferentes áreas cerebrais que estão envolvidas!

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer de todo o coração àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos.

## REFERÊNCIAS

1. Bugden, S., and Ansari, D. 2014. When your brain cannot do  $2 + 2$ : a case of developmental dyscalculia. *Front. Young Minds* 2:8. doi: 10.3389/frym.2014.00008
2. Siegler, R. S. 1996. *Emerging Minds: The Process of Change in Children's Thinking*. New York, NY: Oxford University Press. doi: 10.5860/choice.34-5984
3. De Smedt, B. 2016. Individual differences in arithmetic fact retrieval, in *Mathematical Cognition and Learning*, eds D. B. Berch, D. C. Geary, and K. M. Koepke (San Diego, CA: Academic Press). p.219–43. doi: 10.1016/B978-0-12-801871-2.00009-5
4. Vogel, S. E., Goffin, C., and Ansari, D. 2015. Developmental specialization of the left parietal cortex for the semantic representation of Arabic numerals: an fMR-adaptation study. *Dev. Cogn. Neurosci.* 12, 61–73. doi: 10.1016/j.dcn.2014.12.001
5. De Visscher, A., Vogel, S. E., Reishofer, G., Hassler, E., Koschutnig, K., De Smedt, B., et al. 2018. Interference and problem size effect in multiplication fact solving: individual differences in brain activations and arithmetic performance. *Neuroimage* 15:718–27. doi: 10.1016/j.neuroimage.2018.01.060
6. Qin, S., Cho, S., Chen, T., Rosenberg-Lee, M., Geary, D. C., and Menon, V. 2014. Hippocampal-neocortical functional reorganization underlies children's cognitive development. *Nat. Neurosci.* 17:1263–9. doi: 10.1038/nn.3788
7. Cho, S., Metcalfe, A. W. S., Young, C. B., Ryali, S., Geary, D. C., and Menon, V. 2012. Hippocampal-prefrontal engagement and dynamic causal interactions in the maturation of children's fact retrieval. *J. Cogn. Neurosci.* 24:1849–66. doi: 10.1162/jocn\_a\_00246
8. Matejko, A. A., and Ansari, D. 2015. Drawing connections between white matter and numerical and mathematical cognition: a literature review. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 1:35–52. doi: 10.1016/j.neubiorev.2014.11.006

**EDITOR:** Sabine Peters

**MENTOR CIENTÍFICOS:** Sok King Ong

**CITAÇÃO:** Koren N, Scheucher J e Vogel SE (2022) Quanto é  $2 \times 4$ ? entender como o cérebro resolve problemas aritméticos. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00048-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Koren N, Scheucher J and Vogel SE (2020) How Much Is  $2 \times 4$ ? Understanding How the Brain Solves Arithmetic Problems. *Front. Young Minds* 8:48. doi: 10.3389/frym.2020.00048

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Koren, Scheucher e Vogel. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES

### DR. H. BAVINCKSCHOOL, IDADE: 8-12

Somos alunos de 5–6 e 7–8 anos da escola Bavinckschool em Haarlem, Países Baixos. Este é um grupo de 40 crianças (19 no grupo 5–6 e 21 no grupo 7–8) que estão ansiosas para aprender um pouco mais do que o programa escolar regular. Divertiram-se muito revendo para o FYM, analisaram os artigos com muita atenção e entusiasmo e fizeram uma avaliação crítica. Gostaram muito de contribuir para a ciência e ajudar!!

### LIJIA, IDADE: 12

A LiJia é uma leitora ávida desde pequena, que lia sozinha a maioria dos livros que encontrava na biblioteca ou em casa, incluindo romances com muitas páginas. Ela tem curiosidade sobre a vida e como os seres humanos funcionam. Ela está atualmente a frequentar o 8º ano numa escola internacional no sudeste da Ásia.

## AUTORES

### NIKOLAUS KOREN

Sou um estudante de pós-graduação na University of Graz, Áustria, onde estou a terminar meu mestrado em Psicologia com um foco em Neurociência Cognitiva. A minha tese de mestrado incide em correlações eletrofisiológicas da resolução de problemas aritméticos em crianças. Acredito que é importante comunicar as descobertas científicas fora do nosso estreito campo de pesquisa. Se não estou no laboratório, provavelmente estou a explorar ao ar livre com amigos a pé ou de bicicleta.

### JUDITH SCHEUCHER

Sou uma estudante de pós-graduação na University of Graz, Áustria, onde estudo psicologia com especialização em neurociências cognitivas. Para a minha tese de mestrado, estou a usar a eletroencefalografia (EEG) para investigar a resolução de problemas aritméticos em crianças. No futuro, pretendo obter um doutoramento na área de Neurociências e continuar a trabalhar nesta área fascinante. Meu tempo livre é passado principalmente a tocar numa banda de concertos, a



aprender a tocar novos instrumentos musicais e a ler toneladas de romances policiais Nórdicos.



### **STEPHAN E. VOGEL**

Sou Professor Assistente no Instituto de Psicologia da University of Graz. A minha pesquisa é focada no desenvolvimento do cérebro humano. Interesso-me especialmente por entender melhor como as redes do cérebro e suas funções mudam à medida que envelhecemos. Para estudar esses processos, uso diferentes ferramentas neurocientíficas, como a eletroencefalografia (EEG) e a imagem de ressonância magnética funcional (fMRI). Também trabalho e interajo com professores, de forma a ajudá-los a entender melhor como o cérebro da criança aprende. Durante meu tempo livre, gosto de fazer alpinismo e esqui nas belas montanhas da Áustria. \*[stephan.vogel@uni-graz.at](mailto:stephan.vogel@uni-graz.at)

†Estes autores contribuíram igualmente para este trabalho

**Portuguese version provided by**

Versão Portuguesa fornecida por







## CRIAR ESPAÇO: A IMPORTÂNCIA DO RACIOCÍNIO ESPACIAL NA APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA

**Katie A. Gilligan\***

*Escola de Psicologia, Universidade de Surrey, Guildford, Reino Unido*

### JOVEM REVISOR:



GONI

IDADE: 11

O raciocínio espacial permite que entendas a localização e a dimensão dos objetos e como objetos diferentes estão relacionados. Permite também que visualizes e manipules objetos e formas na tua cabeça. Não só o raciocínio espacial é muito importante para as tarefas quotidianas, mas estudos recentes indicam que é essencial para a aprendizagem de matemática. Crianças e adolescentes que são bons em tarefas espaciais também são bons a matemática. Também sabemos que algumas das mesmas partes do cérebro que são usadas para o raciocínio espacial também são ativadas quando resolvemos problemas matemáticos. A boa notícia é que muitos estudos mostraram que podes melhorar o teu raciocínio espacial através do “treino”. Isso significa que praticar jogos espaciais e executar atividades espaciais pode melhorar o teu desempenho espacial. Neste artigo discutimos maneiras de melhorar o teu raciocínio espacial e olhamos para as evidências que sugerem que o treino espacial também pode melhorar o teu desempenho a matemática.

## RACIOCÍNIO ESPACIAL

Como o cérebro processa a posição e a forma de diferentes objetos.

## MATEMÁTICA

Uma disciplina relacionada com números e quantidades.

## INTRODUÇÃO

Como é que sabes organizar objetos, como fazer uma mala ou colocar os teus livros na mochila? Como é que sabes calçar os sapatos e como abotoar a camisa corretamente? Como é que te orientas num centro comercial e como é que sabes o que fazer se saíres do autocarro na paragem errada? Todas estas tarefas dependem de habilidades espaciais. As pessoas dependem das suas capacidades de **raciocínio espacial** centenas de vezes ao dia, sem se aperceberem. Mesmo para além das atividades quotidianas, a maioria das pessoas, incluindo professores, não percebe que o raciocínio espacial pode influenciar o teu desempenho na escola, especialmente nas aulas de **matemática**. Logo, o que é raciocínio espacial? Será possível tornares-te um especialista em raciocínio espacial?

## RACIOCÍNIO ESPACIAL: COMO O PODEMOS MEDIR?

Usamos o raciocínio espacial para entender a localização (posição) e dimensões (como comprimento e tamanho) dos objetos, e como diferentes objetos estão relacionados uns com os outros. É importante entender que o raciocínio espacial não é apenas uma capacidade mas um conjunto de capacidades diferentes. Algumas das capacidades espaciais mais importantes e os testes usados pelos cientistas para as medir são descritos abaixo.

### Rotação Mental

A rotação mental permite-nos transformar (manipular) imagens nas nossas cabeças. Podes experimentar se fechares os olhos e imaginares um objeto como um carro. Agora, podes imaginar como o carro pareceria se fosse virado de cabeça para baixo? Para fazer isso tens que usar a rotação mental. Na **Figura 1**, podes ver um teste de rotação mental. Consegues escolher que imagem na parte inferior é a mesma na parte superior? Para resolver isso, deves virar as vacas na tua cabeça. Assim poderás dizer que a vaca à esquerda é a mesma que

### Figura 1

Exemplo de uma tarefa de rotação mental.

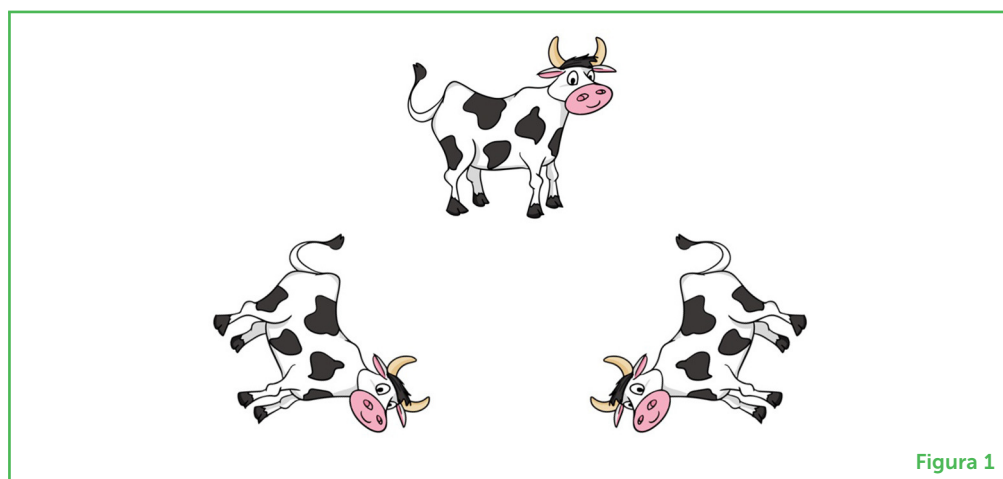


Figura 1

a vaca acima dela. Não importa quantas vezes viras a vaca do lado direito, ela sempre estará virada na direção errada. Completar este teste requer rotação mental. Não só é possível virar objetos na tua cabeça, como também consegues imaginar como um objeto seria se fosse partido ao meio, dobrado ou torcido.

### Desencaixar

A capacidade de desencaixar é a habilidade espacial necessária para separar um objeto ou imagem de um fundo mais complexo. Isto permite-nos entender como estruturas complicadas são compostas por peças separadas. Um exemplo muito simples disso é ilustrado na [Figura 2](#). Consegues encontrar a forma laranja na imagem mais complicada?

#### Figura 2

Exemplo de uma tarefa de desencaixar.

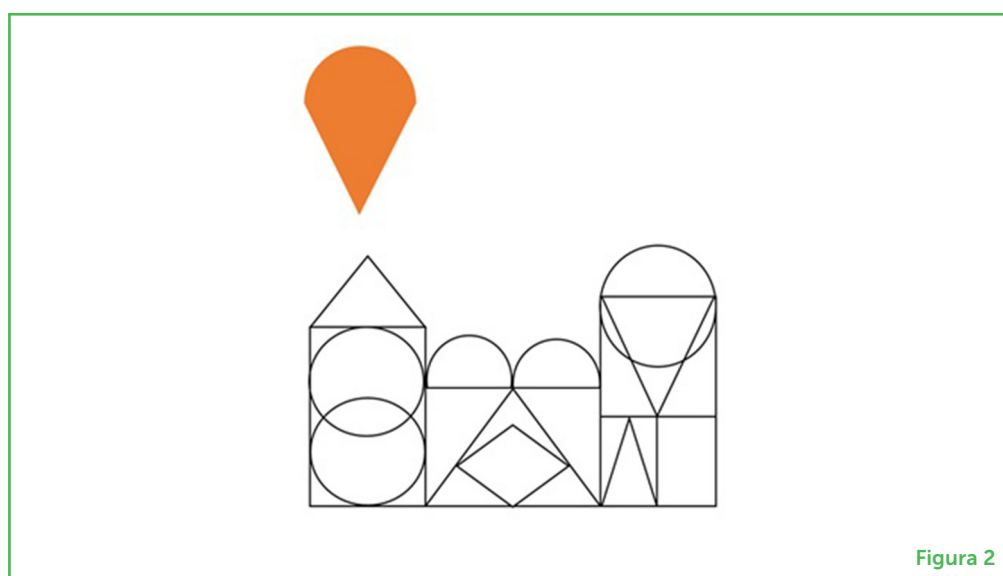


Figura 2

### Escala espacial

A escala espacial é a capacidade de transformar informações entre representações de diferentes tamanhos. Por exemplo, a escala espacial é necessária para poder entender que a imagem de um parque que vês no mapa no teu telemóvel representa o mesmo parque onde estás localizado. Outro exemplo é quando montamos móveis, como um guarda-roupa, usando instruções num papel com pequenos diagramas. Para construir o guarda-roupa deves ser capaz de entender que a pequena imagem de uma porta do guarda-roupa no diagrama representa a porta real que desempacotaste e precisas montar. Em cada imagem na [Figura 3](#), há uma bola posicionada entre duas árvores. Que imagem em baixo é igual à imagem em cima? Verás que as duas imagens em baixo não são do mesmo tamanho que a de cima. Isso significa que deves usar a escala espacial ao compará-las (a resposta correta é a da esquerda).

**Figura 3**

Exemplo de uma tarefa de escala espacial.

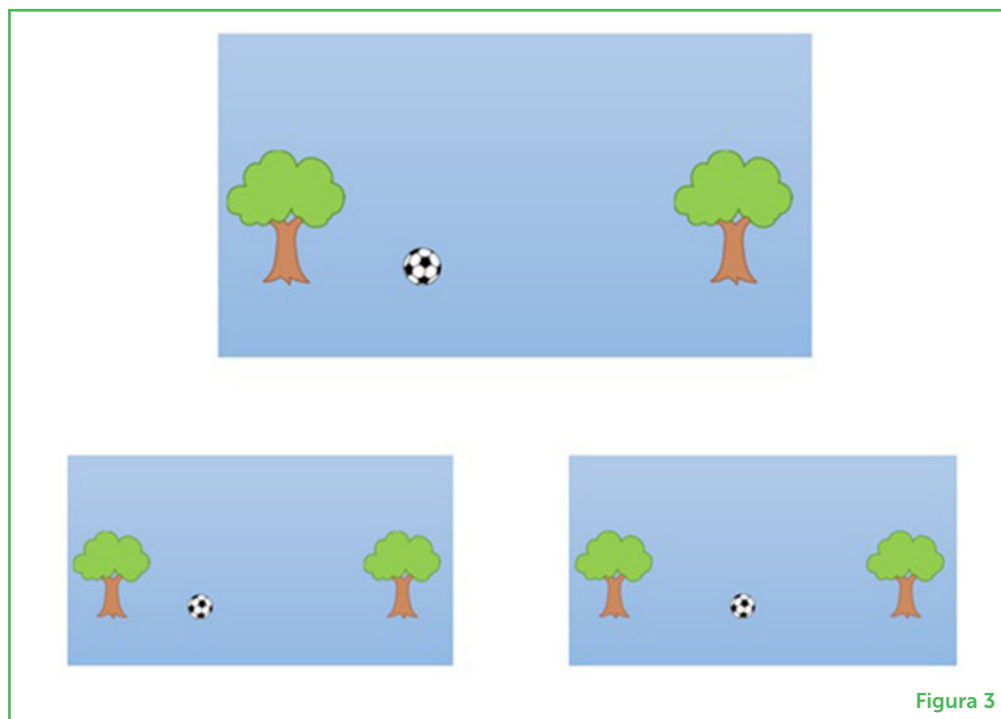


Figura 3

**Navegação**

As capacidades de navegação são vitais para nos deslocarmos pelos nossos ambientes e para nos levar aos lugares onde precisamos ir. Para navegar adequadamente deves ser capaz de entender as relações entre edifícios, usar pontos turísticos, imaginar como serão ruas ou edifícios a partir de diferentes perspetivas, aprender rotas e estabelecer uma compreensão da configuração do teu ambiente.

**O RACIOCÍNIO ESPACIAL É IMPORTANTE NA ESCOLA E NO TRABALHO**

Para além da sua importância óbvia na vida quotidiana, acontece que o raciocínio espacial também é importante para o teu desempenho na escola, especialmente nas aulas de matemática. Pessoas que são boas em tarefas de raciocínio espacial também têm notas elevadas em testes de matemática. A ligação entre um bom raciocínio espacial e o bom desempenho matemático existe em pessoas de diferentes idades. Por exemplo, pesquisas mostraram que bebés que são melhores no uso de blocos de construção são melhores a contar e em testes numéricos [1]. Para as crianças do ensino primário, muitos investigadores têm mostrado que diferentes tipos de raciocínio espacial são importantes para diferentes tarefas matemáticas [2]. Crianças que são boas na escala espacial também são boas a ordenar números, e crianças que são boas em rotação mental são melhores a executar tarefas de cálculo com números em falta, como  $3 + \square = 5$ . Para os adultos, ter boas capacidades espaciais é muito importante em certos empregos. Por exemplo, os engenheiros precisam de

capacidades espaciais para visualizar a estrutura de uma ponte ou edifício, os geólogos precisam de habilidades espaciais para poderem navegar pelas paisagens, os médicos precisam de habilidades espaciais para garantirem que as injeções são aplicadas na posição certa e para avaliar raios-x corretamente, e os biólogos precisam de habilidades espaciais para entender como os alimentos se movem através das diferentes partes do nosso sistema digestivo. Estudos mostram que pessoas que têm boas capacidades espaciais quando são adolescentes são mais propensas a ter empregos em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática quando são adultos.

## E SE EU NÃO FOR BOM EM TAREFAS ESPACIAIS?

A boa notícia é que se não és particularmente bom em atividades espaciais, não precisas de ficar preocupado. O raciocínio espacial é uma habilidade cognitiva que parece responder particularmente bem ao treino. Vários estudos tentaram melhorar o raciocínio espacial com diferentes tipos de **treino cognitivo**. Embora a palavra treino seja frequentemente associada a exercícios físicos, quando os cientistas cognitivos (do cérebro) usam a palavra treino, geralmente significa prática. Isso significa que o “treino espacial” geralmente envolve a prática de tarefas espaciais com papel e lápis, a conclusão de jogos espaciais num computador ou a realização de atividades espaciais como construir estruturas com blocos. Muitos estudos têm mostrado que se praticares, o teu raciocínio espacial pode ser melhorado [3].

A notícia ainda melhor vem de novos estudos que mostram que se melhorares o teu raciocínio espacial, também melhoras nos testes de matemática. Quando o treino de uma habilidade leva a melhorias noutra, é designado transferência. Estudos sobre outros tipos de raciocínio mostram que é muito difícil que o treino do cérebro seja transferido para habilidades não treinadas. Podes ler sobre outros tipos de treino cerebral e se eles funcionam aqui [4]. Portanto, o treino espacial é bastante incomum e importante, pois há provas de que o treino do raciocínio espacial se transfere para outras habilidades, por exemplo a matemática.

Um estudo recente que realizei mostrou que as crianças obtiveram pontuações mais elevadas num teste de matemática depois de assistirem a um vídeo sobre o raciocínio espacial [5]. Outros investigadores também mostraram que o uso de tangramas, que são um tipo de quebra-cabeças geométricos, e outros jogos espaciais, podem melhorar as habilidades matemáticas [6]. Infelizmente, o raciocínio espacial não é normalmente ensinado nas escolas. No entanto, há muitas maneiras de introduzi-lo facilmente na tua vida em casa e na escola. Isso inclui o uso de mais diagramas e gráficos para ajudar-te quando estás a aprender assuntos novos na escola, o uso de uma linguagem mais espacial, incluindo palavras

### TREINO COGNITIVO

Praticar ou treinar habilidades específicas de raciocínio com a intenção de melhorá-las.

como acima, sobre, ao redor, através, paralelo, simétrico, e o uso de gestos quando estás a explicar ideias difíceis aos teus amigos ou irmãos mais novos, praticando a construção de objetos com blocos, Legos ou quebra-cabeças, montando móveis ou mesmo embrulhando presentes. Também é possível que alguns jogos de computador como Minecraft (onde os jogadores devem usar blocos 3-D para construir estruturas como casas e cidades) ou jogos que exigem que os jogadores percorram labirintos ou espaços desconhecidos, também possam melhorar o raciocínio espacial.

## **PORQUE É QUE O RACIOCÍNIO ESPACIAL É IMPORTANTE PARA A MATEMÁTICA?**

Como investigadores, uma pergunta que ainda estamos a tentar responder é porque é que as habilidades espaciais e a matemática estão ligadas. Por outras palavras, por que razão pessoas boas no raciocínio espacial também são boas a matemática?

Uma possibilidade é que as mesmas partes do cérebro que usamos para tarefas espaciais sejam usadas para a matemática. Uma maneira de ver quais as partes do cérebro que são ativadas (ligadas) quando executamos atividades específicas é através da Ressonância Magnética funcional (RMf). Esta técnica usa um scanner que mostra que partes do cérebro estão ativas em momentos diferentes. Por exemplo, pode ser usada para dizer que parte do cérebro se torna ativa quando resolvemos um problema matemático. Pesquisas mostram que algumas habilidades espaciais e matemáticas dependem de uma parte semelhante do cérebro, o lobo parietal [7]. Isso significa que programas de treino que nos encorajam a usar o raciocínio espacial podem fortalecer as conexões entre neurónios (células cerebrais) nesta parte do cérebro. Isso seria útil tanto para o raciocínio espacial quanto para a matemática.

## **CONCLUSÃO**

Da próxima vez que tentares encaixar o máximo de roupas que puderes numa mala, ou quando estiveres a seguir cuidadosamente o mapa no teu telemóvel, lembra-te da importância das tuas habilidades espaciais. Talvez até mais do que habilidades de alfabetização e aritmética, as habilidades de raciocínio espacial têm um enorme impacto na forma como nos deslocamos e funcionamos no nosso dia a dia. Além disso, como descrito neste artigo, aproveitar mais oportunidades para praticar o nosso raciocínio espacial também pode melhorar o nosso desempenho matemático. Vamos criar espaço para desenvolver o nosso raciocínio espacial!

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer de todo o coração a todos os que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Fundação Jacobs por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos.

## FONTE ORIGINAL DO ARTIGO

Gilligan, K. A., Hodgkiss, A., Thomas, M. S., and Farran, E. K. 2019. The developmental relations between spatial cognition and mathematics in primary school children. *Dev. Sci.* 22:e12786. doi: 10.1111/desc.12786

## REFERÊNCIAS

1. Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., Newcombe, N. S., Filipowicz, A. T., and Chang, A. 2014. Deconstructing building blocks: preschoolers' spatial assembly performance relates to early mathematical skills. *Child Dev.* 85:1062–76. doi: 10.1111/cdev.12165
2. Mix, K. S., Levine, S. C., Cheng, Y.-L., Young, C., Hambrick, D. Z., Ping, R., et al. 2016. Separate but correlated: the latent structure of space and mathematics across development. *J. Exp. Psychol. Gen.* 145:1206–27. doi: 10.1037/xge0000182
3. Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., et al. 2013. The malleability of spatial skills: a meta-analysis of training studies. *Psychol. Bull.* 139:352–402. doi: 10.1037/a0028446
4. Goffin, C., and Ansari, D. 2018. Can brain training train your brain? Using the scientific method to get the answer. *Front. Young Minds* 6:26. doi: 10.3389/frym.2018.00026
5. Gilligan, K. A., Thomas, M. S. C., and Farran, E. K. 2019. First demonstration of effective spatial training for near-transfer to spatial performance and far-transfer to a range of mathematics skills at 8 years. *Dev. Sci.* e12909. doi: 10.1111/desc.12909
6. Cheng, Y. L., and Mix, K. S. 2014. Spatial training improves children's mathematics ability. *J. Cogn. Dev.* 15:2–11. doi: 10.1080/15248372.2012.725186
7. Hawes, Z., Moriah Sokolowski, H., Ononye, C. B., and Ansari, D. 2019. Neural underpinnings of numerical and spatial cognition: An fMRI meta-analysis of brain regions associated with symbolic number, arithmetic, and mental rotation. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 103:316–33. doi: 10.1016/j.neubiorev.2019.05.007

**EDITOR:** [Stephan E. Vogel](#)

**MENTOR CIENTÍFICOS:** [Elizabeth Johnson](#)

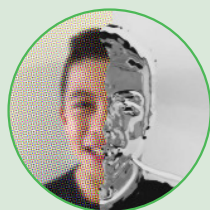
**CITAÇÃO:** Gilligan KA (2022) Criar espaço: a importância do raciocínio espacial na aprendizagem da matemática. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00050-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Gilligan KA (2020) Make Space: The Importance of Spatial Thinking for Learning Mathematics. *Front. Young Minds* 8:50. doi: 10.3389/frym.2020.00050

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Gilligan. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVEM REVISOR



### GONI, IDADE: 11

Gosto de ler, jogar videojogos e praticar desportos. Jogo futebol, basquetebol, esgrima, e gosto de correr a corta-mato. A minha comida favorita é pho ou sushi. Gosto de história, geografia e estudo de animais. Toco piano e falo hebraico, inglês, e estou a aprender chinês. Acabei de voltar aos EUA após 1 ano em Israel.

## AUTORA



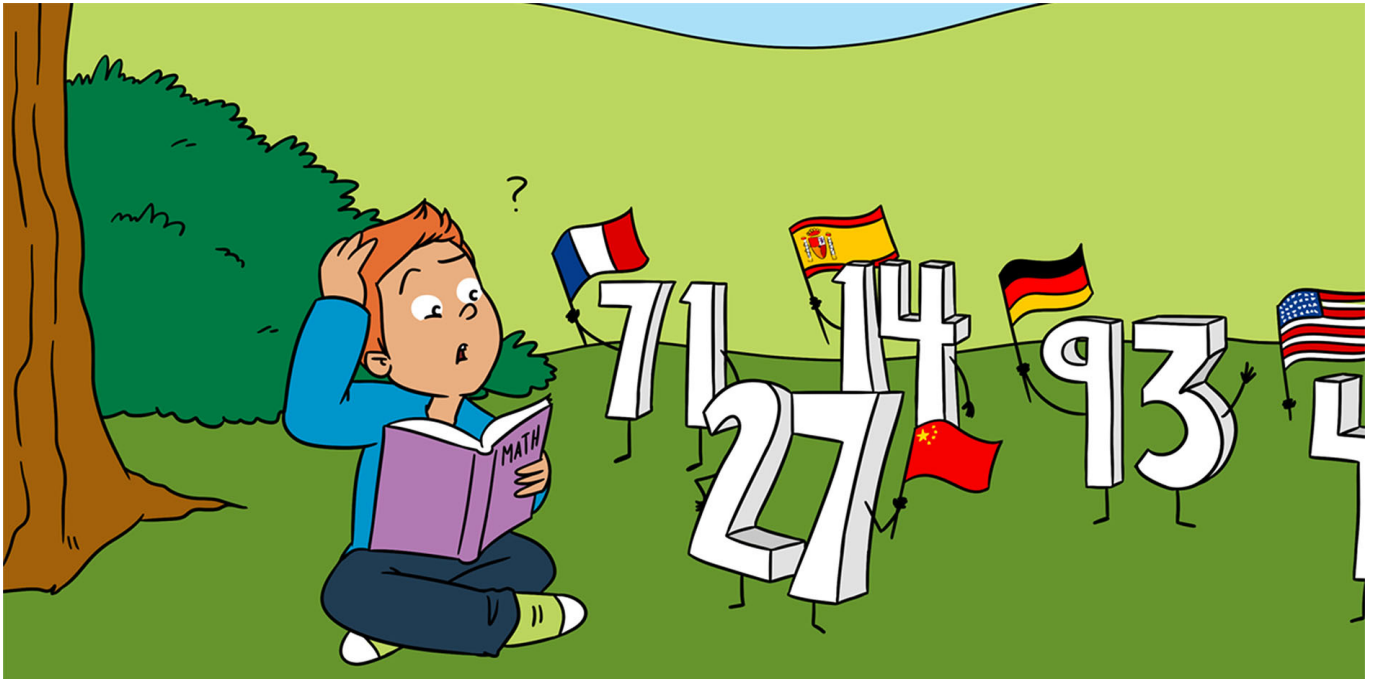
### KATIE A. GILLIGAN

A minha pesquisa avalia como as crianças aprendem matemática e, em particular, como o raciocínio espacial desempenha um papel no sucesso a matemática. Estou interessada em desenvolver diferentes tipos de treino para melhorar as habilidades matemáticas das crianças nas salas de aula, por exemplo, jogar jogos de computador que usam formas e raciocínio espacial, ver vídeos que ensinam estratégias espaciais, brincar com brinquedos manipuláveis como blocos de construção e lego. \*[k.gilligan@surrey.ac.uk](mailto:k.gilligan@surrey.ac.uk)

**Portuguese version provided by**  
Versão Portuguesa fornecida por

 **JACOBS  
FOUNDATION**  
Our Promise to Youth





## QUARENTA E DOIS OU DOIS E QUARENTA: APRENDER MATEMÁTICA EM DIFERENTES LÍNGUAS

Julia Bahnmüller<sup>1,2,3\*</sup>, Hans-Christoph Nuerk<sup>2,4</sup> e Krzysztof Cipora<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup>Centro para Cognição Matemática, Universidade de Loughborough, Loughborough, Reino Unido

<sup>2</sup>LEAD Escola de Pós-Graduação e Rede de Investigação, Universidade de Tübingen, Tübingen, Alemanha

<sup>3</sup>Laboratório de Plasticidade Neurocognitiva, Instituto Leibniz para os Meios de Conhecimento, Tübingen, Alemanha

<sup>4</sup>Departamento de Psicologia, Universidade de Tübingen, Tübingen, Alemanha

### JOVENS REVISORES:



ESCOLA  
INTERNACIONAL  
DE BOMBAY

IDADE: 13–14



BRIDGET  
IDADE: 11



SIENA  
IDADE: 10

Resolver problemas de matemática básica parece uma coisa bastante comum.  $2 + 2$  é igual a 4, tanto em França como na China.  $7 \times 8$  é igual a 56, tanto nos Estados Unidos da América como na Alemanha. Embora a maioria de nós use os mesmos símbolos para escrever números (1, 2, 3, 4,...), usamos palavras muito diferentes para esses números, simplesmente porque falamos línguas diferentes. Neste artigo, daremos exemplos de palavras numéricas em diferentes idiomas. Também mostraremos como a forma como as palavras numéricas multi-dígitos são construídas pode tornar a aprendizagem da matemática e o tratamento de números grandes mais fácil ou mais difícil.

<sup>1</sup> “Maths” é a abreviação de matemática usada no Reino Unido. Nos Estados Unidos da América, a abreviação é “math”.

<sup>2</sup> O “x” em  $7 \times 8$  é um símbolo de multiplicação. No entanto, as pessoas também usam “.” ( $7 \cdot 8$ ) ou “\*” ( $7 * 8$ ).

### SISTEMA NUMÉRICO HINDU-ÁRABE

Um conjunto de símbolos que é usado para anotar números na maioria dos países. O sistema numérico Hindu-Árabe usa exatamente 10 símbolos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 0. Usamos estes dez símbolos para escrever números de um dígito e combinamos os símbolos quando escrevemos números com vários dígitos.

### REGRA DA NOTAÇÃO POSICIONAL

Uma regra que nos permite escrever quantos números quisermos com apenas os 10 símbolos que já conhecemos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 0). A regra da notação posicional significa que o valor de cada dígito fica claro quando olhamos para o lugar desse dígito dentro do número com vários dígitos. Por exemplo, o valor do 9 em 92 é 90 ( $9 \times 10$ ) e o valor do 2 em 92 é 2 ( $2 \times 1$ ). No entanto, em 29 é ao contrário: o valor do 9 é apenas 9 ( $9 \times 1$ ) e o valor do 2 é 20 ( $2 \times 10$ ). É por isso que 92 é diferente de 29, embora ambos sejam combinações dos mesmos dígitos!

## NÚMEROS E MATEMÁTICA SÃO BASTANTE UNIVERSAIS

A matemática básica<sup>1</sup> parece ser uma coisa muito comum – tu resolves, eu resolvo, mesmo crianças muito pequenas resolvem matemática antes de ir para a escola, por exemplo, quando contam berlindes. Isto também é verdade para cálculos:  $2 + 2$  é igual a 4, tanto em França como na China.  $7 \times 8$  é igual a 56, tanto nos Estados Unidos da América como na Alemanha<sup>2</sup>. A maioria dos países usa o chamado **sistema numérico Hindu-Árabe** para escrever números. O sistema numérico Hindu-Árabe usa exatamente dez símbolos com os quais provavelmente estás familiarizado: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 0. Usamos estes dez símbolos para escrever números de um dígito e combinamo-los quando escrevemos números de vários dígitos.

Números com múltiplos dígitos seguem a **regra da notação posicional**, a qual nos permite escrever quantos números quisermos com apenas os dez símbolos que já conhecemos. A regra da notação posicional significa que o valor de cada dígito fica claro quando olhamos para o lugar deste dígito dentro do número multi-dígitos. Por exemplo, o valor de 9 em 92 é 90 ( $9 \times 10$ ) e o valor de 2 em 92 é 2 ( $2 \times 1$ ). No entanto, em 29 é o contrário: o valor do 9 é apenas 9 ( $9 \times 1$ ) e o valor do 2 é 20 ( $2 \times 10$ ). É por isso que 92 é diferente de 29, embora ambos sejam combinações dos mesmos dígitos!

Ter as mesmas regras e símbolos é ótimo, pois torna muito fácil falar sobre números e cálculos. Quase parece que temos uma linguagem matemática mundial e que aprender matemática básica num país dá conta do recado, não há necessidade de aprendê-la novamente noutro país.  $2 + 2$  é igual a 4, não importa onde estejas.

## IDIOMAS DIFERENTES TÊM NOMES DIFERENTES PARA NÚMEROS E ISSO PODE TORNAR A APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA MAIS FÁCIL OU MAIS DIFÍCIL

Há apenas um pequeno problema. Embora a maioria de nós use os mesmos símbolos para escrever números, usamos palavras muito diferentes para esses números, porque falamos línguas diferentes. Na **Tabela 1**, podes encontrar exemplos de palavras numéricas para os números de 1 a 10 em diferentes idiomas. Como podes ver, as palavras numéricas diferem muito entre os idiomas - assim como a maioria das outras palavras também diferem entre idiomas. Conhecer os nomes e o significado dos números de 1 a 10 no teu idioma é uma das primeiras e mais importantes etapas na aprendizagem de matemática. No entanto, aprender dez palavras numéricas é igualmente difícil para crianças que falam idiomas diferentes. No final, todos precisam aprender dez palavras novas; onze, se incluirmos 0 e 10.

Aprender palavras numéricas para números maiores que dez difere muito mais entre idiomas (tenta o questionário na **Figura 1**). Em alguns

**Tabela 1**

Palavras numéricas em diferentes línguas. Não te preocupes, não tens que olhar para todas em detalhe. Podes concentrar-te nas azuis. Todas as palavras numéricas a azul têm algo especial em comparação com as palavras muito regulares em mandarim. Abaixo de todas as palavras numéricas de dois dígitos, podes ver como essas palavras numéricas provavelmente seriam traduzidas para português. A forma como algumas dessas palavras são construídas é bastante complicada. Se quiseres saber como estas palavras numéricas são pronunciadas, podes ouvi-las na internet. Para mandarim, francês, alemão e hindi, consulta [bing.com/translator](http://bing.com/translator) e insere a palavra numérica. Para basco, vê estes vídeos no Youtube: [https://www.youtube.com/watch?v=6eb0J4Vg5ys&feature=youtu.be/watch?v=\\$6eb0J4Vg5ys&feature=youtu.be/watch?v=wPbYCBzsw2A&feature=youtu.be/watch?v=\\$wPbYCBzsw2A&feature](https://www.youtube.com/watch?v=6eb0J4Vg5ys&feature=youtu.be/watch?v=$6eb0J4Vg5ys&feature=youtu.be/watch?v=wPbYCBzsw2A&feature=youtu.be/watch?v=$wPbYCBzsw2A&feature) (números 1–19), [https://www.youtube.com/watch?v=wPbYCBzsw2A&feature=youtu.be/watch?v=\\$wPbYCBzsw2A&feature](https://www.youtube.com/watch?v=wPbYCBzsw2A&feature=youtu.be/watch?v=$wPbYCBzsw2A&feature) (números 20–39).

	Mandarim	Inglês	Francês	Alemão	Basco	Português	Hindi	
0	ling	zero	zéro	null	zero, hutsa	zero	shuniye	0
1	yi	one	un	eins	bat	um	ek	1
2	èr	two	deux	zwei	bi	dois	do	2
3	san	three	trois	drei	hiru	três	teen	3
4	si	four	quatre	vier	lau	quatro	chat	4
5	wu?	five	cinq	fünf	bost	cinco	panch	5
6	liù	six	six	sechs	sei	seis	chekh	6
7	qi	seven	sept	sieben	zazpi	sete	saat	7
8	ba	eight	huit	acht	zortzi	oito	aath	8
9	jiu?	nine	neuf	neun	bederatzi	nove	nao	9
10	shí	ten	dix	zehn	hamar	dez	das	10
11	shí yi	[dez eleven um]	onze	elf	hamaika [dez seis]	onze	gyaarah	11
12	shí èr	[dez twelve dois]	douze	zwölf	hamabi [dez dois]	doze	baarah	12
13	shí san	[dez thirteen três]	treize	dreizehn [três dez]	hamahiru [dez três]	treze	tehrak	13
16	shí liù	[dez sixteen seis]	seize	sechzehn [seis dez]	hamasei [dez seis]	dezasseis	saulah	16
17	shí qi	[dez seventeen sete]	dix- sept [dez sete]	siebzehn [sete dez]	hamazazpi [dez sete]	dezassete	satrah	17
20	èr shí	twenty [dois dez]	Vingt	zwanzig	Hogei	vinte	bees	20
21	èr shí yi	twenty- one [dois dez um]	vingt et un [vinte e um]	Einundzwanzig [um e vinte]	hogeita bat [vinte e um]	vinte e um	ikis [um e vinte]	21
29	èr shí jiu?	twenty- nine [dois dez nove]	vingt- neuf [vinte e nove]	neunundzwanzig [nove e vinte]	hogeita bederatzi [vinte e nove]	vinte e nove	unatis [um antes trinta]	29
48	si shí	forty- eight [quatro dez oito]	quarante- huit [quarenta e oito]	achtundvierzig [oito e quarenta]	borrogeita zortzi [quarenta e oito]	quarenta e oito	adnalis [oito e quarenta]	48
75	qi shí wu?	seventy- five [sete dez cinco]	soixante- quinze [sessenta e quinze]	fünfundsiebzig [cinco e setenta]	hirurogeita hamabost [sessenta e dez cinco]	setenta e cinco	chiyahatar [cinco e setenta]	75
97	jiu? shí qi	ninety- seven [nove dez sete]	quatre- vingt - dix- sept [quatro vinte e sete]	siebenundneunzig [sete e noventa]	laurogeita hamazazpi [oitenta e dez sete]	noventa e sete	sataanave [sete e noventa]	97
100	yi ba?i	one hundred [um cem]	cent [cem]	(ein)hundred [um cem]	ehun [cem]	cem	ek sau [um cem]	100

**Tabela 1**

idiomas, a maneira como as pessoas nomeiam os números com vários dígitos é muito clara e regular. O mandarim (a língua mais popular na China) é uma dessas línguas. A palavra numérica em mandarim para 29 significa “dois-dez-nove”.

e a palavra numérica para 97 significa “nove-dez-sete”. Os cientistas chamam essas línguas transparentes. Isso significa que, em mandarim, as palavras numéricas encaixam bem na maneira como anotamos os

### Figura 1

Que palavra numérica à esquerda pertence a que número Hindu-Árabe à direita? Tenta descobrir por ti e, em seguida, segue a linha para verificar se estavas correto. No artigo, há algumas dicas que podem ajudar-te, e a [Tabela 1](#) também pode ajudar-te a entender as palavras numéricas.

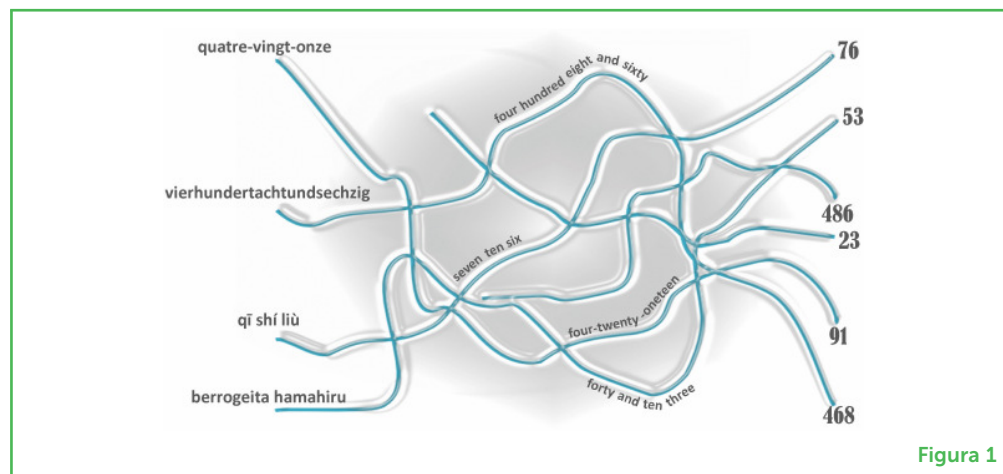


Figura 1

dígitos dos números multi-dígitos e as palavras numéricas mostram claramente a regra da notação posicional:  $97 = 9 \times 10 + 7 =$  “nove-dez- sete”.

Os cientistas observaram que aprender matemática e lidar com números de vários dígitos é mais fácil para crianças que falam uma língua com palavras numéricas claras. No entanto, o problema é que nem todas as línguas têm palavras numéricas claras. Como são as palavras numéricas não claras? Vê algumas das palavras para 97. Em Basco (uma língua falada principalmente numa região no norte de Espanha), dizem “laurogeita hamazazpi”, o que significa “oitenta e dez e sete” ( $80 + 17$ ). Em Francês dizem “quatre-vingt-dix-sept”, o que significa “quatro-vinte-dez-sete” ( $4 \times 20 + 10 + 7$ ). A forma como essas palavras numéricas são construídas é realmente complicada. Em Hindi (uma das línguas mais faladas na Índia), existem alguns números para os quais as pessoas usam subtração em vez de adição para construir a palavra numérica. Por exemplo, para o número 29, dizem “unatis”, que significa “um antes dos trinta” ( $30 - 1$ ).

### INVERSÃO DE PALAVRAS NUMÉRICAS

Em algumas línguas, a ordem dos números em palavras numéricas de dois dígitos é trocada. Por exemplo, em vez de dizer quarenta e dois para o número 42, em algumas línguas diz-se dois e quarenta. Esta troca é chamada inversão de palavras numéricas.

Na [Tabela 1](#), podes ver as palavras para alguns números multi-dígitos em diferentes idiomas. Todas as palavras a azul são de alguma forma únicas. Os números 13-19 em inglês são especialmente difíceis de aprender em muitas línguas. Não seria mais claro dizer “um-dez-dois” do que “doze” para 12? Doze é uma nova palavra que precisamos aprender, enquanto para “um-dez-dois” podemos usar uma regra. Dizer “catorze” em vez de “dez-quatro” (ou mesmo “um-dez-quatro”, como em mandarim) também não é tão útil. Porque é que por vezes trocamos a ordem dos números e nomeamos as unidades em primeiro lugar? Essa comutação é chamada **inversão de palavras numéricas**. Em inglês, apenas alguns números (treze a dezanove) são trocados. Em outras línguas, como alemão, holandês, árabe ou maltês, todos os números de dois dígitos são trocados (97 é “siebenundneunzig” em alemão, o que significa “sete e noventa”). Para números maiores, fica ainda mais confuso! A palavra alemã para 234 significa “duzentos-quatro-trinta”. Aqui, o dígito à esquerda é dito em

## TRANSPARENTE

Transparente é outra palavra para claro ou bem estruturado. No contexto das palavras numéricas, a palavra transparente é usada para descrever línguas em que as palavras numéricas correspondem bem com a maneira como escrevemos os dígitos de números multi-dígitos. Em línguas transparentes as palavras numéricas mostram claramente a regra de notação posicional (e.g.,  $97 = 9 \times 10 + 7 = \text{"nove-dez-sete"}$ ).

primeiro lugar, em seguida, o dígito à direita, e finalmente o do meio. Complicado, não é?

Não é de surpreender que crianças que falam línguas com palavras numéricas trocadas tenham dificuldade em lidar com números multi-dígitos. As crianças alemãs (é necessário trocar) cometem mais de 5 vezes mais erros ao escrever números do que as crianças japonesas (não é necessário trocar) [1]. Cerca de metade dos erros cometidos pelas crianças alemãs envolvem misturar a ordem [2]. Por exemplo, quando ouvem "cinco e quarenta", muitas vezes escrevem 54 em vez do número correto, 45. Portanto, qualquer criança que cresça com um sistema de palavras numéricas mais **transparente** pode ficar feliz por ter mais facilidade a aprender números.

## NO ENTANTO, DEPOIS DE ALGUM TREINO, A MAIOR PARTE DAS PESSOAS APRENDE COMO SE FAZ

Já sabemos que crianças que falam uma língua com palavras numéricas não transparentes têm mais dificuldade a matemática do que crianças que falam uma língua com palavras numéricas transparentes. No entanto, a maioria das crianças mais velhas e adultos geralmente não têm esses problemas. Se aprender palavras numéricas não transparentes é apenas uma questão de tempo ou alguma prática extra, isso é realmente um problema? Bem, embora a maioria das crianças lide com isso rapidamente, outras continuam com dificuldades. Por exemplo, um estudo mostrou que crianças que têm dificuldades com palavras numéricas por volta dos 7 anos de idade têm maior probabilidade de ter problemas com matemática 3 anos depois [3]. Portanto, ter problemas com palavras numéricas pode nos indicar quem pode precisar de alguma ajuda extra com a matemática, para que não seja deixado para trás. Quanto mais cedo ajudarmos, melhor!

## ... MAS OS PROBLEMAS RECOMEÇAM QUANDO AS PESSOAS TENTAM APRENDER MATEMÁTICA NOUTRA LÍNGUA!

Cada vez mais pessoas estão a viajar e até mesmo a morar em outros países, onde precisam falar outras línguas. Por vezes, o novo idioma tem uma maneira diferente de dizer palavras numéricas multi-dígitos e devemos aprender essas novas palavras numéricas de cor. Isso pode ser um problema, por exemplo, se vens da Polónia (não é necessário trocar) e queres morar na Alemanha (é necessário trocar). Krzysztof, um dos autores deste artigo, é uma dessas pessoas. Cada vez que faz as suas compras e tenta pagar, fica confuso. Quando a senhora da caixa diz "Neunundzwanzig euro, bitte!" ["Nove e vinte euros, por favor!"], O primeiro pensamento de Krzysztof é "Como diabos consegui gastar quase cem euros em alimentos para apenas 3 dias?" Apesar de saber que deve fazer a troca, e apesar de fazer investigação

sobre este assunto, geralmente leva algum tempo a acalmar-se e pagar a quantia adequada.

Aprender palavras numéricas numa nova língua é um bom começo, embora possa ser complicado. No entanto, mesmo que conheças todas as palavras numéricas numa nova língua, isso não significa que queiras resolver matemática nesta nova língua. Geralmente, as pessoas preferem resolver matemática numa língua e, na maioria dos casos, não querem resolver matemática na língua que acabaram de aprender a falar. É mais provável que as pessoas resolvam matemática na sua língua principal, ou na língua em que aprenderam matemática na escola.

## CONCLUSÕES

Usamos números e palavras numéricas todos os dias, e para a maioria de nós não são realmente especiais — pelo menos não depois de algum tempo e prática. No entanto, quando olhamos para as palavras numéricas mais de perto, é fascinante ver como as línguas diferem nos nomes de números multi-dígitos. Embora as palavras numéricas variem muito, na maioria dos casos a maneira como as palavras numéricas são construídas não é aleatória, mas segue regras especiais. Vê de novo o teste na [Figura 1](#). Agora que aprendeste algumas dessas regras, vê se podes descodificar alguns dos números mais facilmente. Explorar os detalhes das palavras numéricas pode nos ajudar a entender por que crianças que falam uma língua podem ter mais dificuldade com a matemática do que crianças que falam outra língua. Poderemos também ser capazes de identificar crianças com problemas a matemática desde cedo e apoiá-las. Claro, as regras para construir palavras numéricas não são a única coisa que é importante ao aprender matemática, mas certamente é uma peça do puzzle.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Ani, 11 anos, pelos seus comentários sobre uma versão anterior do manuscrito. Gostaríamos também de agradecer àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Fundação Jacobs por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos.

## REFERÊNCIAS

1. Moeller, K., Zuber, J., Olsen, N., Nuerk, H.-C., and Willmes, K. 2015. Intransparent German number words complicate transcoding—a translingual comparison with Japanese. *Front. Psychol.* 6:740. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00740
2. Zuber, J., Pixner, S., Moeller, K., and Nuerk, H.-C. 2009. On the language-specificity of basic number processing: transcoding in a language with

- inversion and its relation to working memory capacity. *J. Exp. Child Psychol.* 102:60–77. doi: 10.1016/j.jecp.2008.04.003
3. Moeller, K., Pixner, S., Zuber, J., Kaufmann, L., and Nuerk, H.-C. 2011. Early place-value understanding as a precursor for later arithmetic performance—a longitudinal study on numerical development. *Res. Dev. Disabil.* 32:1837–51. doi: 10.1016/j.ridd.2011.03.012

**EDITOR:** [Stephan E. Vogel](#)

**MENTORES CIENTÍFICOS:** [Ariel Starr](#) e [Shubha Tole](#)

**CITAÇÃO:** Bahnmueller J, Nuerk H-C e Cipora K (2022) Quarenta e dois ou dois e quarenta: aprender matemática em diferentes línguas. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00084-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Bahnmueller J, Nuerk H-C and Cipora K (2020) Forty-Two or Two-and-Forty: Learning Maths in Different Languages. *Front. Young Minds* 8:84. doi: 10.3389/frym.2020.00084

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Bahnmueller, Nuerk e Cipora. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES

### THE BOMBAY INTERNATIONAL SCHOOL, IDADE: 13-14

Somos alunos do 8º ano da Escola Internacional de Bombay (duas secções de 20 alunos cada) e estamos interessados no conceito de revisão de artigos para a *Frontiers for Young Minds*. Gostamos de testar as nossas capacidades como escritores ao comentar um manuscrito. Aprender, explorar e desafiar os nossos limites é divertido. Há muito a aprender na *Frontiers for Young Minds*!

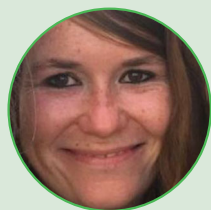
### BRIDGET, IDADE: 11

Olá, chamo-me Bridget, gosto das mesmas coisas que a Siena – aprender é divertido!



**SIENA, IDADE: 10**

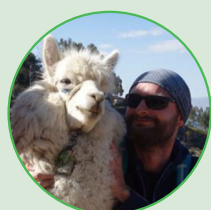
Olá, chamo-me Siena, gosto de ler, escrever e de gatos, e estou no 5º ano.

**AUTORES****JÚLIA BAHNMÜLLER**

Na minha investigação, interessei-me por saber como as crianças aprendem matemática básica, mas também como os adultos lidam com números. Estou especialmente interessada na forma como diferentes idiomas ajudam ou às vezes não ajudam a aprender matemática. Também acho que é muito importante usar as coisas que eu aprendo com a investigação para apoiar as crianças que realmente têm dificuldades em matemática, leitura ou escrita. A minha língua materna é o alemão, mas também falo inglês e francês e neste momento estou a aprender espanhol. \*[j.bahnmuller@lboro.ac.uk](mailto:j.bahnmuller@lboro.ac.uk)

**HANS-CHRISTOPH NUERK**

Em criança, tinha dificuldade a aprender línguas. Só comecei a falar um pouco por volta dos 2 anos. Nessa altura, nas férias, conheci uma menina da minha idade que já falava. No entanto, eu comecei muito cedo a aprender números e cálculos. Talvez seja essa uma das razões por que fiquei interessado em saber como a língua influencia o processamento de números e matemática. Será o cálculo mais fácil em alguns idiomas do que noutros? Será que precisamos mesmo de uma língua para lidar com números? A linguagem é especialmente importante quando os problemas de matemática ficam mais difíceis?

**KRZYSZTOF CIPORA**

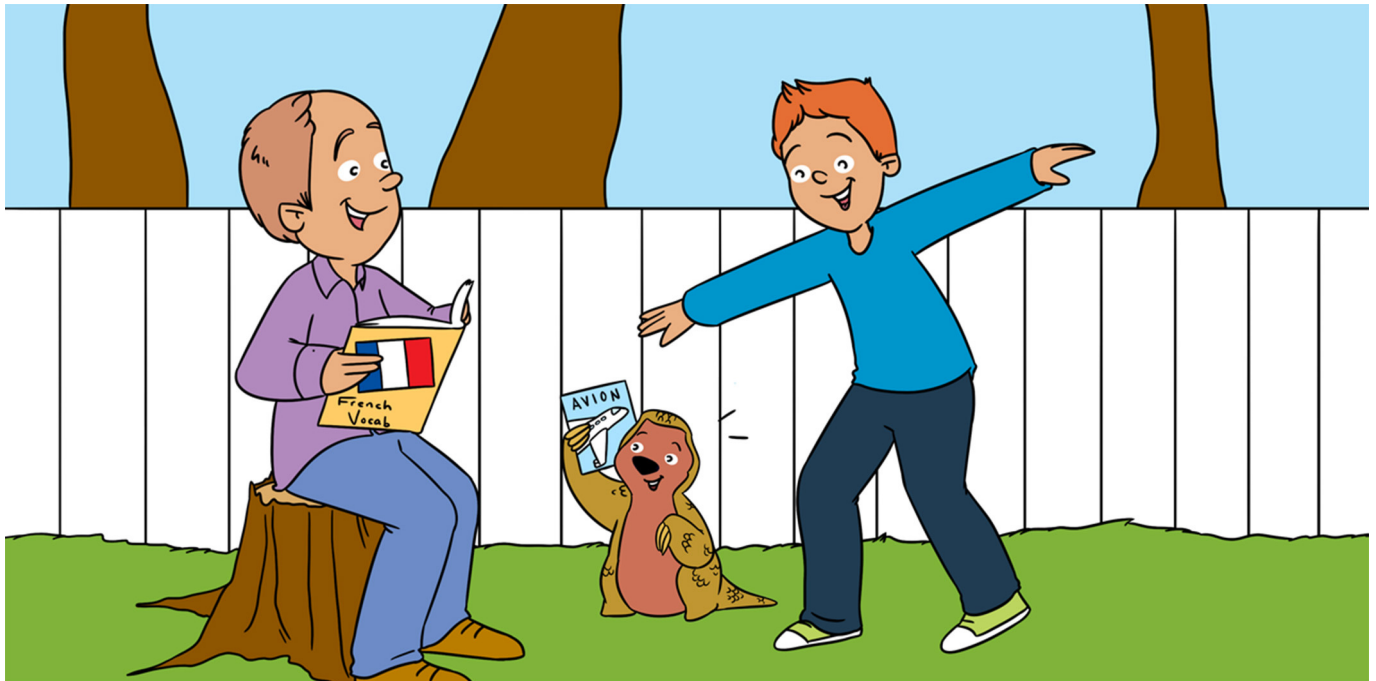
Sou investigador em Loughborough, no Reino Unido, e originalmente venho da Polónia. Também morei na Alemanha alguns anos. O polaco é a minha língua materna, e essa pode ser a razão pela qual tenho dificuldade com os números em alemão! No meu trabalho, estou a investigar como a mente lida com os números e que tipo de outras informações ela usa para lidar com números. Além disso, estou interessado em muitas coisas sobre ciência no geral. No meu tempo livre, adoro viajar e fazer caminhadas. Os meus animais favoritos são: pinguins, pandas gigantes, alpacas e coalas.

**Portuguese version provided by**

Versão Portuguesa fornecida por

**J JACOBS  
FOUNDATION**  
Our Promise to Youth





## COMO PODEMOS APRENDER LÍNGUAS ESTRANGEIRAS MAIS FACILMENTE?

**Brian Mathias<sup>1,2\*</sup>, Christian Andrä<sup>3,4</sup>, Katja M. Mayer<sup>5</sup>, Leona Sureth<sup>2</sup>, Andrea Klingebiel<sup>2</sup>, Gesa Hartwigsen<sup>6</sup>, Manuela Macedonia<sup>2,7</sup> e Katharina Von Kriegstein<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Faculdade de Psicologia, Universidade Técnica de Dresden, Dresden, Alemanha

<sup>2</sup>Grupo de Investigação Mecanismos Neurais da Comunicação Humana, Instituto Max Planck para as Ciências Cognitivas Humanas e do Cérebro, Leipzig, Alemanha

<sup>3</sup>Departamento de Formação de Professores e Investigação Escolar, Universidade de Leipzig, Leipzig, Alemanha

<sup>4</sup>Departamento de Desporto Escolar, Faculdade de Ciências do Desporto, Instituto de Psicologia do Desporto e Educação Física, Universidade de Leipzig, Leipzig, Alemanha

<sup>5</sup>Instituto de Psicologia, Universidade de Münster, Münster, Alemanha

<sup>6</sup>Grupo de Investigação Lise Meitner Cognição e Plasticidade, Instituto Max Planck para as Ciências Cognitivas Humanas e do Cérebro, Leipzig, Alemanha

<sup>7</sup>Instituto de Engenharia da Informação, Universidade Johannes Kepler, Linz, Áustria

### JOVENS REVISORES:



**ETHAN**

IDADE: 10



**JAIDEN**

IDADE: 13

Já tentaste lembrar-te de uma palavra numa língua estrangeira? Que estratégia usaste? Em vários estudos, examinamos os efeitos benéficos de ver imagens e realizar gestos enquanto aprendemos palavras numa língua estrangeira. Tanto as fotos como os gestos ajudaram crianças do ensino primário e adultos a lembrar melhor os significados das palavras numa língua estrangeira em comparação com uma aprendizagem apenas através da audição das palavras. Para as crianças, fotos e gestos foram igualmente úteis. Para os adultos, os gestos foram mais úteis do que as fotos. Tanto as áreas

visuais como motoras do cérebro ajudaram a aprender as palavras da língua estrangeira. Os nossos estudos sugerem que aprender línguas estrangeiras com fotos e gestos é útil para quem aprende porque permitem tanto às crianças como aos adultos experimentar os significados das palavras através de múltiplos sentidos.

## COMO APRENDEMOS VOCABULÁRIO NUM IDIOMA ESTRANGEIRO?

Os idiomas ou línguas são importantes porque permitem-nos comunicar uns com os outros. As pessoas que vivem na Terra hoje falam mais de 6000 idiomas diferentes [1]. Cada um desses idiomas tem dezenas de milhares de palavras, ou **vocabulário**, que se referem a objetos no ambiente, pessoas, lugares, sentimentos e pensamentos. Uma vez que estás a ler este artigo, que foi escrito em português, o português pode ser a tua **língua materna (L1)** - a língua que começaste a aprender à nascença. Também podes ter aprendido português na escola, com professores ou livros, ou ouvindo palavras em português fora da escola. Se for esse o caso, então provavelmente aprendeste português como **língua estrangeira (L2)**. Uma das etapas mais importantes para aprender um novo idioma é aprender o vocabulário desse idioma. Isso requer muito tempo e prática.

Para aprender uma palavra L2, devemos ouvir como a palavra é falada ou ver como ela é escrita e aprender o significado dessa palavra. Crianças e adultos usam diversas estratégias para aprender palavras L2. Podem, por exemplo, ouvir gravações de áudio ou estudar listas de palavras. Estudos recentes sugerem que tais técnicas são menos eficazes do que estratégias que usam o **enriquecimento** [2]. O enriquecimento refere-se às informações apresentadas durante a aprendizagem que nos permitem vivenciar o significado de uma palavra por meio de múltiplos sentidos [3]. Em vez de aprender uma palavra L2 apenas ouvindo-a, por exemplo, poderíamos ver uma imagem relacionada enquanto a ouvíamos. Isso acontece ao ler livros ilustrados e ao aprender vocabulário com cartões ilustrados. Outra estratégia de enriquecimento pode ser realizar gestos que exibam o significado de uma palavra enquanto a ouvimos. A palavra avião, por exemplo, pode ser exibida movendo os braços no ar como se fossem asas.

Ver imagens enquanto ouvimos palavras L2 é uma forma de enriquecimento multissensorial, porque essa técnica usa informações de múltiplos sentidos — ver e ouvir. Executar gestos enquanto ouvimos palavras L2 é uma forma de enriquecimento sensorimotor, pois esta técnica não só usa informações dos sentidos, mas também movimentos do corpo. Testámos qual o tipo de enriquecimento que mais ajudou a aprender uma L2 [3, 4], e como o cérebro conseguiu aprender L2 [3, 5, 6]. Tanto adultos como crianças foram ensinados vocabulário L2 usando três métodos diferentes: ouvir o vocabulário

### VOCABULÁRIO

O conjunto de palavras usadas num idioma.

### LÍNGUA MATERNA (L1)

Uma língua à qual uma pessoa foi exposta e começou a aprender desde o nascimento.

### LÍNGUA ESTRANGEIRA (L2)

Uma língua falada principalmente por pessoas numa área do mundo diferente da do orador.

### ENRIQUECIMENTO

A presença de informações adicionais e complementares durante a aprendizagem que ajudam a ilustrar o significado de uma palavra estrangeira.

## HIPÓTESES

Suposições que podem ser testadas realizando experiências científicas.

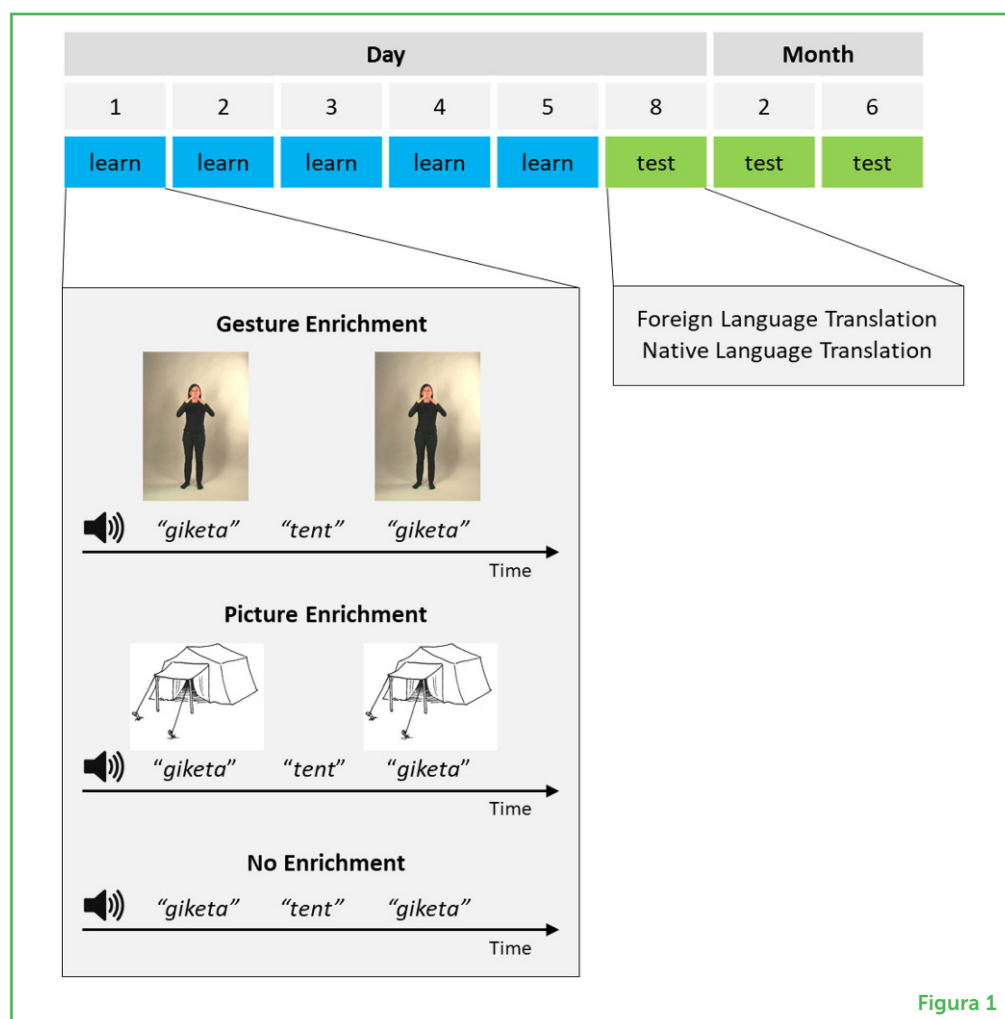
enquanto visualizavam imagens (enriquecimento multissensorial), ouvir o vocabulário enquanto realizavam gestos (enriquecimento sensorimotor), e apenas ouvir o vocabulário (sem enriquecimento). A nossa **hipótese** era que ver imagens e realizar gestos durante a aprendizagem ajudaria as crianças e os adultos a aprender melhor do que apenas pela audição.

## FOTOS E GESTOS AJUDAM OS ADULTOS A APRENDER PALAVRAS ESTRANGEIRAS?

Em primeiro lugar testámos a nossa hipótese em jovens adultos [3]. Vinte e dois adultos ouviram palavras L2 e as suas traduções L1 durante 5 dias de treino. Os adultos aprenderam palavras que nunca tinham ouvido antes, como *diwume* e *giketa*. Uma lista completa das palavras que os adultos foram ensinados pode ser encontrada aqui. Algumas palavras foram emparelhadas com imagens (Figura 1). Por exemplo, quando os adultos ouviram a palavra estrangeira que significava *tenda*, também viram um desenho de uma tenda. Outras palavras foram emparelhadas com vídeos de uma atriz a fazer gestos. Por exemplo, um vídeo de uma atriz a beber de uma garrafa imaginária

### Figura 1

Procedimento de aprendizagem de um idioma estrangeiro. Adultos e crianças aprenderam palavras numa língua estrangeira durante 5 dias. Aprenderam palavras estrangeiras fazendo gestos (enriquecimento com gestos), visualizando imagens (enriquecimento com imagem), ou apenas ouvindo (sem enriquecimento). Os adultos e as crianças completaram testes de vocabulário 8 dias, 2 meses e 6 meses após a aprendizagem, nos quais foram solicitados a traduzir uma lista de palavras nativas (tradução nativa) e uma lista de palavras em língua estrangeira (tradução de língua estrangeira).



foi emparelhado com a palavra que significava garrafa. Os adultos fizeram o gesto juntamente com a atriz. As restantes palavras foram aprendidas apenas ouvindo cada palavra L2 e a sua tradução L1.

## Figura 2

Resultados dos testes de tradução. (Topo) Pontuações de jovens adultos (esquerda) e crianças (direita) nos testes de tradução realizados 6 meses após a aprendizagem da língua estrangeira [3, 4]. Gestos (barras verdes) e fotos (barras roxas) ajudaram tanto jovens adultos como crianças a aprender melhor as traduções das palavras do que a aprendizagem não enriquecida (barras pretas). As linhas por cima de cada barra representam estimativas da variação nos resultados do teste para todos os jovens adultos ou crianças. (Em baixo)

As pontuações para as palavras não enriquecidas foram subtraídas das pontuações para as palavras aprendidas com enriquecimento, para ver o benefício de enriquecimento. Para os adultos, o benefício do enriquecimento para palavras aprendidas com gestos era maior do que o benefício do enriquecimento para palavras aprendidas com imagens, o que significa que os gestos eram ainda mais úteis do que as imagens.

Os testes de vocabulário foram concluídos 8 dias, 2 meses e 6 meses após a aprendizagem. Num dos testes, os adultos receberam uma lista de todas as palavras L1 e anotaram as suas traduções L2. Noutro teste, receberam uma lista de todas as palavras L2 e escreveram as suas traduções L1. As pontuações do teste foram somadas. Descobrimos que os adultos tiveram pontuações mais altas em testes para palavras aprendidas com imagens e gestos em comparação com nenhum enriquecimento, e que esses benefícios ainda estavam presentes após 6 meses [3]. Também descobrimos que imagens e gestos eram igualmente úteis a curto prazo (8 dias e 2 meses após a aprendizagem). No entanto, a longo prazo (6 meses após a aprendizagem), aprender com gestos foi ainda mais útil do que aprender com imagens (Figura 2).

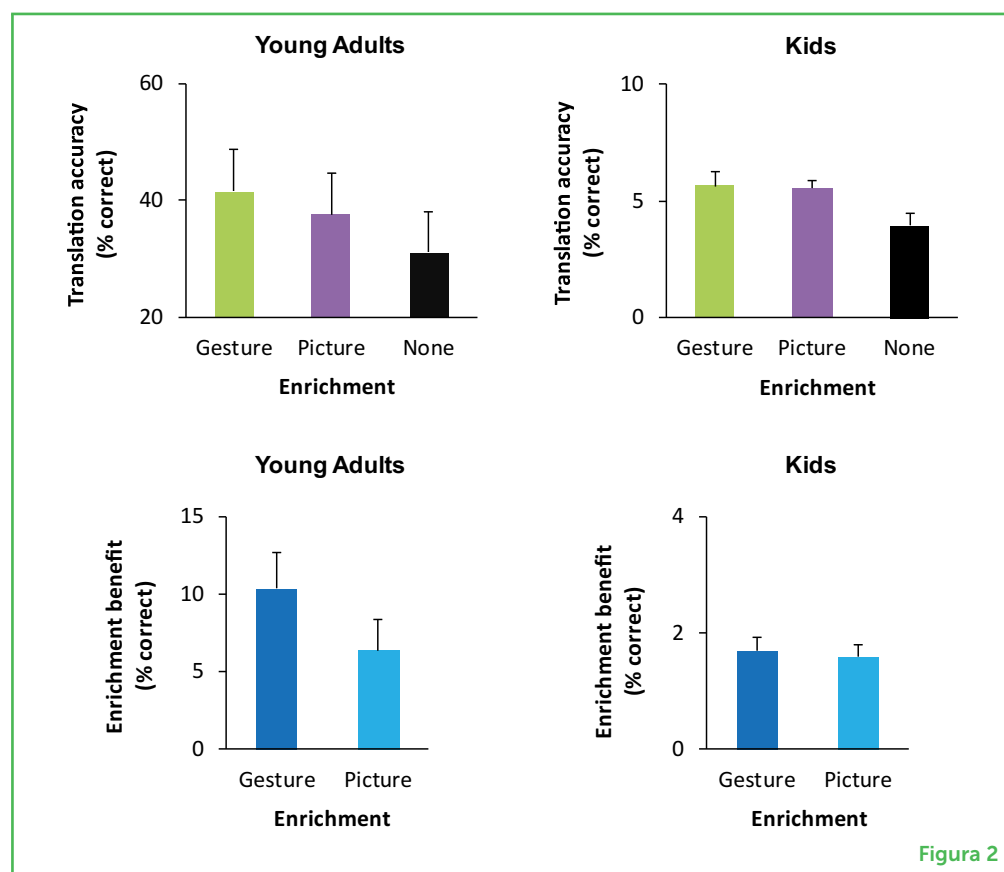


Figura 2

## E AS CRIANÇAS?

Em seguida, testámos se o enriquecimento com gestos também ajudaria as crianças [4]. Noventa e sete estudantes alemães de 8 anos aprenderam palavras em inglês L2 durante 5 dias. Eles aprenderam as palavras usando imagens, gestos ou nenhum enriquecimento

(Figura 1). As crianças foram ensinadas palavras inglesas que nunca tinham visto ou ouvido antes nas suas aulas de inglês. As crianças completaram os mesmos testes de vocabulário que os adultos aos 8 dias, 2 meses e 6 meses depois da aprendizagem. As respostas foram dadas verbalmente em vez de por escrito.

Descobrimos que as crianças tinham pontuações mais elevadas para as palavras aprendidas com imagens e gestos em comparação com nenhum enriquecimento aos 8 dias, 2 meses e 6 meses após a aprendizagem. Assim como os adultos, fotos e gestos foram igualmente úteis a curto prazo (8 dias e 2 meses após o início da aprendizagem). No entanto, ao contrário dos adultos, as notas dos testes das crianças após a aprendizagem enriquecida por gestos e imagens foram equivalentes 6 meses após a aprendizagem (Figura 2). Este resultado sugere que gestos e imagens foram igualmente úteis para a aprendizagem L2 pelas crianças. As notas das crianças foram mais baixas em geral. Isso pode ser porque as crianças receberam menos treino do que os adultos.

## QUE ÁREAS DO CÉREBRO ESTÃO ENVOLVIDAS NA APRENDIZAGEM DE PALAVRAS ESTRANGEIRAS?

O nosso próximo passo foi tentar entender como o enriquecimento multissensorial e sensorimotor ajudou na aprendizagem de vocabulário L2. Para responder a esta pergunta, olhamos para o cérebro. Sabemos que ver outras pessoas a mover-se pode produzir respostas numa área do cérebro chamada **sulco temporal superior do movimento biológico (bmSTS)** [7], e que a execução de movimentos pode produzir respostas numa área do cérebro chamada **córtex motor** [8]. A nossa hipótese é que o bmSTS e o córtex motor responderiam mais quando crianças e adultos ouvissem palavras L2 enriquecidas com gestos do que palavras L2 enriquecidas com imagens. Fizemos uma previsão semelhante para as palavras L2 aprendidas por meio de imagens: previmos que uma região visual do cérebro chamada **complexo occipital lateral (LOC)** responderia mais quando crianças e adultos ouvissem palavras L2 enriquecidas com imagens em comparação com palavras L2 não enriquecidas.

Até à data, testámos estas hipóteses em adultos [3]. Para ver quais as áreas do cérebro que estavam ativas, 22 adultos completaram um exame cerebral após 5 dias de aprendizagem de vocabulário L2. Mais informações sobre como um exame cerebral mede a atividade cerebral podem ser encontradas neste artigo da Young Minds [9]. Examinámos as respostas dentro do bmSTS, córtex motor e LOC, enquanto os adultos ouviam e traduziam as palavras L2 (Figura 3). Observámos que as respostas no LOC indicavam se uma palavra foi aprendida com imagens, e as respostas no bmSTS e no córtex motor indicavam-nos se uma palavra foi aprendida com gestos. Estes resultados indicam que respostas cerebrais específicas estão ligadas aos efeitos úteis do enriquecimento com imagens e gestos.

### SULCO TEMPORAL SUPERIOR DO MOVIMENTO BIOLÓGICO (BMSTS)

Uma área visual do cérebro que responde quando as pessoas veem movimentos do corpo.

### CÓRTEX MOTOR

A parte do cérebro que pode iniciar movimentos controlando os músculos.

### COMPLEXO OCCIPITAL LATERAL (LOC)

Uma área visual do cérebro que responde quando as pessoas veem objetos.

### Figura 3

Resultados de imagens cerebrais. As duas imagens à esquerda mostram a superfície do lado esquerdo do cérebro, e as duas imagens à direita mostram duas visões do interior do cérebro. As áreas do cérebro que são conhecidas por processar informações de movimento visual (o bmSTS), informações motoras (o córtex motor) e informações de objeto visual (o LOC) são mostradas em azul. Áreas do cérebro que foram identificadas por imagens cerebrais a participar na tradução de palavras estrangeiras após uma aprendizagem enriquecida com gestos ou imagens, são mostradas a verde-claro [3].

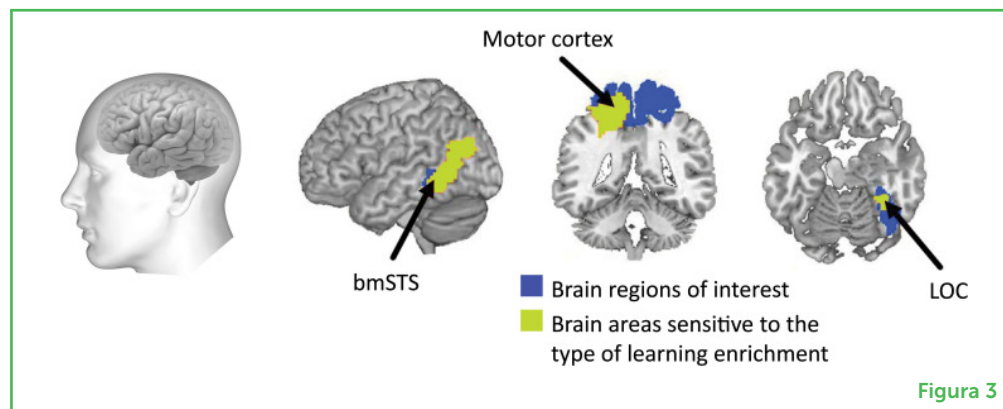


Figura 3

Na investigação científica, geralmente um método não é suficiente para provar que uma conclusão está correta ou não. A razão é que todos os métodos têm pontos fortes e fracos específicos. Portanto, também avaliamos se o bmSTS e o córtex motor causaram os benefícios do enriquecimento de L2 usando um método chamado **estimulação magnética transcraniana (TMS)** [5, 6]. Durante a TMS, pequenos sinais magnéticos podem afetar a atividade cerebral e causar mudanças no comportamento. Usando TMS, descobrimos que o bmSTS e o córtex motor ajudaram os adultos a traduzir palavras aprendidas com gestos.

## O QUE SIGNIFICAM AS NOSSAS DESCOBERTAS?

O enriquecimento da aprendizagem, tanto com imagens como com gestos, ajudou crianças e adultos a aprender vocabulário de uma língua estrangeira. No entanto, os adultos beneficiaram mais do enriquecimento com gestos, enquanto as crianças beneficiaram igualmente do enriquecimento com imagens e gestos. Isso significa que os tipos de enriquecimento que funcionam para adultos podem não funcionar necessariamente para crianças. Nos nossos estudos, crianças e adultos receberam diferentes volumes de treino; estudos futuros podem investigar como diferentes volumes de treino podem melhorar os efeitos do enriquecimento. Também descobrimos que o cérebro usa as suas áreas visuais e motoras para lembrar as traduções de palavras L2 enriquecidas. Isto significa que as estratégias de ensino de enriquecimento podem funcionar porque uma rede de regiões cerebrais visuais e motoras contribui para melhores resultados na aprendizagem. Em resumo, o enriquecimento beneficia a aprendizagem de uma L2 porque permite-nos experimentar o significado das palavras com os nossos próprios sentidos.

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

BM escreveu uma versão inicial do manuscrito. CA, KMM, LS, AK, GH, MM e KvK contribuíram na escrita do manuscrito final.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Fundação Jacobs por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos. Este trabalho foi financiado pela Fundação Alemã para a Investigação, bolsa KR 3735/3-1, por uma bolsa da Schulbezogene Forschung do Centro de Formação de Professores e Investigação Escolar da Saxónia (ZLS), e uma bolsa de pós-doutoramento Erasmus Mundus em Neurociência Auditiva Cognitiva. BM é também apoiado pela bolsa European Research Council Consolidator Grant SENSOCOM 647051 à Kvk.

## REFERÊNCIAS

1. Graddol, D. 2004. The future of language. *Science* 303:1329–31. doi: 10.1126/science.1096546
2. Repetto, C., Pedroli, E., and Macedonia, M. 2017. Enrichment effects of gestures and pictures on abstract words in a second language. *Front Psychol.* 8:2136. doi: 10.3389/fpsyg.2017.02136
3. Mayer, K. M., Yildiz, I. B., Macedonia, M., and von Kriegstein, K. 2015. Visual and motor cortices differentially support the translation of foreign language words. *Curr. Biol.* 25:530–5. doi: 10.1016/j.cub.2014.11.068
4. Andrä, C., Mathias, B., Schwager, A., Macedonia, M., and von Kriegstein, K. 2020. Learning foreign language vocabulary with gestures and pictures enhances vocabulary memory for several months post-learning in eight-year-old school children. *Educ. Psychol. Rev.* 1–36. doi: 10.1007/s10648-020-09527-z
5. Mathias, B., Sureth, L., Hartwigsen, G., Macedonia, M., Mayer, K. M., and von Kriegstein, K. 2019. A causal role of sensory cortices in behavioral benefits of ‘learning by doing’. *arXiv* 1903.04201.
6. Mathias, B., Klingebiel, A., Hartwigsen, G., Sureth, L., Macedonia, M., Mayer, K. M., et al. 2020. Motor cortex causally contributes to auditory word recognition following sensorimotor-enriched vocabulary training. *arXiv* 2005. 08956.
7. Grossman, E., Donnelly, M., Price, R., Pickens, D., Morgan, V., Neighbor, G., et al. 2000. Brain areas involved in perception of biological motion. *J. Cogn. Neurosci.* 12:711–20. doi: 10.1162/089892900562417
8. Leonardo, M., Fieldman, J., Sadato, N., Campbell, G., Ibañez, V., Cohen, L., et al. 1995. A functional magnetic resonance imaging study of cortical regions associated with motor task execution and motor ideation in humans. *Hum. Brain Mapp.* 3:83–92. doi: 10.1002/hbm.460030205
9. Hoyos, P., Kim, N., and Kastner, S., 2019. How is magnetic resonance imaging used to learn about the brain? *Front. Young Minds.* 7:86. doi: 10.3389/frym.2019.00086

**EDITOR:** Stephan Vogel

**MENTOR CIENTÍFICOS:** Christine Kurlawalla-Martinez

**CITAÇÃO:** Mathias B, Andrä C, Mayer KM, Sureth L, Klingebiel A, Hartwigsen G, Macedonia M e Von Kriegstein K (2022) Como podemos aprender línguas estrangeiras mais facilmente? *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00089-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Mathias B, Andrä C, Mayer KM, Sureth L, Klingebiel A, Hartwigsen G, Macedonia M and Von Kriegstein K (2020) How Can We Learn Foreign Language Vocabulary More Easily? *Front. Young Minds* 8:89. doi: 10.3389/frym.2020.00089

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Mathias, Andrä, Mayer, Sureth, Klingebiel, Hartwigsen, Macedonia e Von Kriegstein. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES



### ETHAN, IDADE: 10

Sou fascinado por todos os tópicos de STEM, em particular impressão 3D, robótica e astronomia. Os meus passatempos incluem Legos, jogar cartas, aprender truques de magia e ver a série *The Office* na Netflix.



### JAIDEN, IDADE: 13

Tenho interesse em ciências desde os 7 anos. A revista que mais gosto de ler é a *Scientific American*. Os meus interesses académicos incluem a química, economia e empreendedorismo. Os meus passatempos incluem hipismo, jogos de tabuleiro e cartas, quebra-cabeças e charadas.

## AUTORES



### BRIAN MATHIAS

Brian está interessado na maneira como as pessoas aprendem e se lembram de sons complexos, como a fala e a música. Ele investiga como o cérebro sustenta formas multissensoriais e sensorimotor de comunicação. Brian é atualmente um Investigador Associado na TU Dresden na Alemanha e estudou psicologia e neurociência na Universidade McGill no Canadá. \*[brian.mathias@tu-dresden.de](mailto:brian.mathias@tu-dresden.de)



**CHRISTIAN ANDRÄ**

Christian Andrä trabalha na Universidade de Leipzig como professor e investigador em formação de professores. A sua pesquisa concentra-se na aprendizagem motora. Desenvolve conteúdos pedagógicos em diversos projetos que podem ser apresentados por meio de enriquecimento sensorio-motor. Desde 2008 também é membro do grupo de investigação "Escola em movimento", que visa reduzir o tempo sentado e aproveitar os inúmeros benefícios da atividade física no dia-a-dia escolar.

**KATJA M. MAYER**

Katja M. Mayer recebeu o seu diploma em psicologia da Universidade de Tübingen, na Alemanha e escreveu a sua tese no Instituto Max Planck para Biologia Cibernética. Depois foi para a Universidade de Newcastle para obter um Doutorado em neurociência, e mais tarde ocupou posições de pós-doutorada no Instituto Max Planck para Ciências Humanas Cognitivas e do Cérebro e na Universidade de Münster. Os seus interesses de investigação são a percepção e aprendizagem multisensorial. Atualmente ela trabalha como psicoterapeuta.

**LEONA SURETH**

Leona Sureth é estudante de medicina na Universidade de, Alemanha. Os mistérios do cérebro humano deixam-na fascinada, por isso está interessada em saber como o cérebro funciona e como a ciência pode ser usada para entender isso. Além do seu interesse em medicina e neurociência, ela gosta de jogar qualquer desporto que envolva uma bola e sabe fazer malabarismo.

**ANDREA KLINGEBIEL**

Andrea Klingebiel é estudante de medicina e estuda na Universidade de Leipzig. Durante os seus estudos, ficou fascinada pela neurociência e teve sempre curiosidade em experimentar e participar em projetos de investigação. Por isso ficou muito feliz por ter encontrado este projeto maravilhoso e emocionante. Ela gostava de estudar o cérebro humano e contribuir para ajudar a entendê-lo melhor.

**GESA HARTWIGSEN**

O grupo de Gesa no Instituto Max Planck para Ciências Humanas Cognitivas e do Cérebro está interessado em cognição e plasticidade neural, especialmente na rede linguística. Como a rede de linguagem se adapta aos desafios neuronais, por exemplo, induzidos por neuroestimulação, ruído ou treino? De que maneira o cérebro recupera e repara uma função após uma lesão? Essas e outras questões orientam a nossa investigação.

**MANUELA MACEDONIA**

A Doutora Manuela Macedonia é Investigadora Principal na Universidade Johannes Kepler Linz na Áustria e cientista convidada no Instituto Max Planck para Ciências Humanas Cognitivas e do Cérebro na Alemanha. Os interesses científicos de Manuela residem na incorporação da linguagem. Na sua investigação de base, ela investiga os efeitos dos gestos na memorização de palavras de língua estrangeira a curto e longo prazo. Na sua pesquisa aplicada, ela desenvolve e testa ambientes virtuais e professores virtuais para dispositivos móveis que permitem a aprendizagem incorporada omnipresente de línguas estrangeiras.

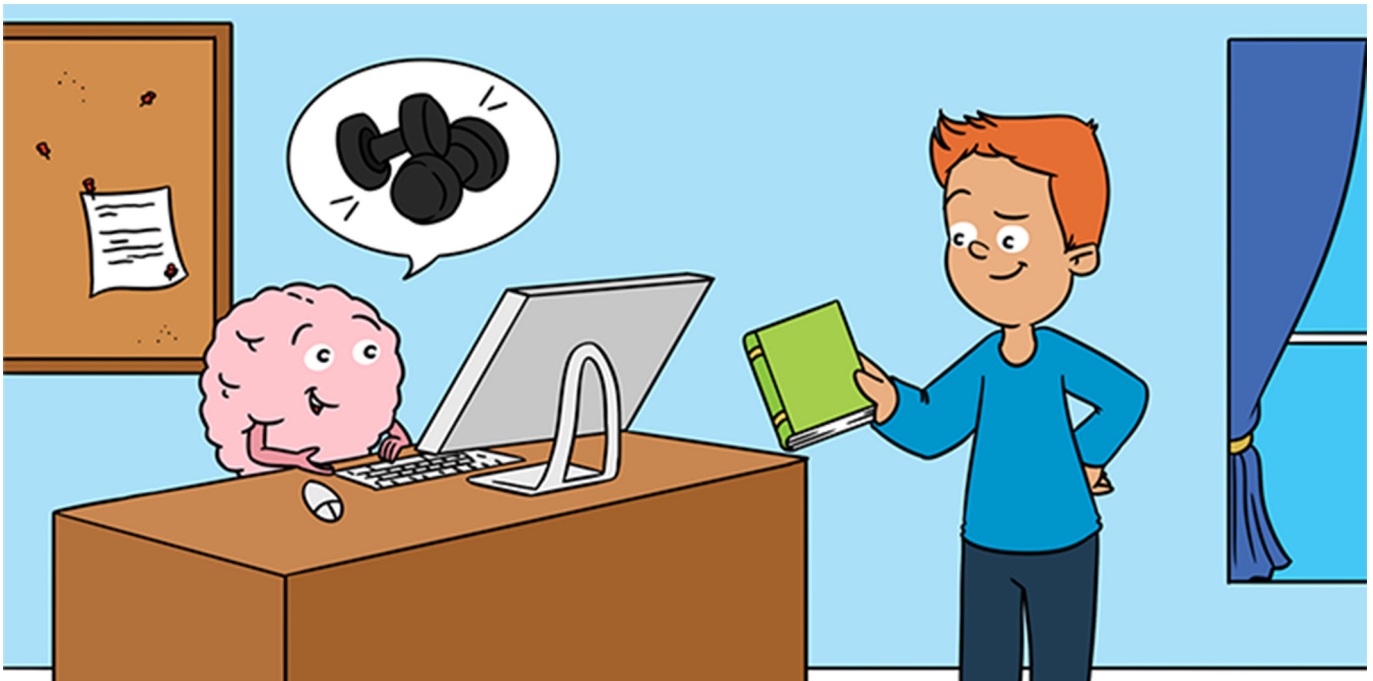
**KATHARINA VON KRIEGSTEIN**

Katharina investiga os cérebros de participantes humanos para entender melhor como nos comunicamos uns com os outros e o que é diferente no cérebro das pessoas com perturbações de comunicação. Estudou medicina e filosofia e atualmente é Professora de Neurociência Cognitiva e Clínica na Faculdade de Psicologia da TU Dresden na Alemanha.

**Portuguese version provided by**

Versão Portuguesa fornecida por





## QUERES TREINAR O TEU CÉREBRO? LÊ ESTE ARTIGO!

Dietsje Jolles<sup>1,2\*</sup> e Linda Van Leijenhorst<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Educação e Estudos da Criança, Universidade de Leiden, Leiden, Países Baixos

<sup>2</sup>Instituto Leiden para o Cérebro e Cognição, Universidade de Leiden, Leiden, Países Baixos

### JOVEM REVISOR:



VELIANA

IDADE: 11

Imagina que podias ser mais inteligente simplesmente jogando jogos. Não seria incrível? passavas algumas horas no computador todas as semanas, conseguias concentrar-te melhor, aprender mais rapidamente e lembrar-te de mais coisas. As tuas notas irião disparar, irias concluir a escola sem problemas, e a vida seria perfeita. Não seria? Se procurares na internet, não é difícil encontrar jogos e aplicações que afirmam melhorar o teu cérebro, permitindo que possas usar todo o seu potencial. Neste artigo, discutiremos a ciência por trás dos chamados jogos de treino mental. Iremos argumentar que, em teoria, deveria ser possível tornar-te mais inteligente. No entanto, as evidências de que o treino mental pode ajudar-te a fazer isso são, na melhor das hipóteses, confusas. Iremos especular sobre os programas de treino mental da próxima geração e discutiremos alternativas para melhorar as tuas capacidades mentais. Por que não simplesmente ler um livro?

Muitas crianças sonham ser mais inteligentes ou mais criativas. Se pesquisares na internet, encontrarás jogos e programas que afirmam

poder ajudar-te com isso mesmo: aumentar teu poder cerebral. Mas será realmente possível fazer o teu cérebro funcionar melhor? Será que esses jogos de treino mental valem mesmo o teu tempo? Depois de ler este artigo, podes decidir por ti mesmo!

## O TEU CÉREBRO FLEXÍVEL

Já pensaste porque é que algumas crianças se destacam nos desportos, enquanto outras são melhores a tocar guitarra ou em cálculos matemáticos? Podes culpar os teus genes por não seres capaz de te concentrar, ou deves apenas esforçar-te mais? Durante muitos anos, os cientistas tentaram descobrir que parte dos nossos talentos e habilidades são determinadas pelos nossos genes e que partes são influenciadas pelo ambiente envolvente. Acontece que não há uma resposta simples para essa pergunta, porque os genes e o ambiente trabalham sempre juntos [1]. Embora os teus genes possam influenciar os limites superiores do teu desempenho e a tua capacidade de aprender, o teu ambiente determina como as tuas capacidades realmente se desenvolvem. Assim, há alguma flexibilidade incorporada na forma como o teu cérebro se desenvolve. Isso ajuda-te a adaptar ao ambiente em que cresces. Para explicar essa ideia, gostaríamos de apresentar-te os irmãos João e Ronaldo (Figura 1). João e Ronaldo são gémeos idênticos (história imaginária), o que significa que compartilham 100% dos seus genes. Imaginemos que, por alguma razão, o João e o Ronaldo são separados logo após o nascimento e criados em famílias separadas. João cresce numa família muito atlética, enquanto Ronaldo cresce numa família que gosta de ler e escrever. Embora ambos tenham os mesmos genes de “corredor” e “escritor”, os ambientes familiares diferentes irão influenciar a forma como as suas capacidades se desenvolvem. Enquanto João se transforma num corredor rápido, Ronaldo transforma-se num escritor quando for mais velho.

Mas e ser inteligente ou talentoso na escola? Estudos têm mostrado que a excelência na escola tem muito a ver com o que chamamos de **funções executivas** [2]. Funções executivas são um conjunto de capacidades que te ajudam a executar tarefas complexas, como planejar o teu trabalho escolar, completar tarefas, e controlar as tuas emoções e frustrações. Uma das funções executivas mais importantes é designada **memória de trabalho**. A memória de trabalho permite-te guardar informações e realizar operações mentais, como por exemplo, fazer a adição de números elevados (Figura 2A). Outra importante função executiva é a **Inibição**, que te ajuda a resistir a distrações e tentações, como por exemplo, a tentação de comer todo o frasco de biscoitos (Figura 2B). Uma terceira função executiva é a **flexibilidade cognitiva**, que te ajuda a alternar rapidamente a tua atenção entre as diferentes tarefas, como por exemplo, entre o trabalho de casa e o feed do YouTube (Figura 2C). Para medir as

### FUNÇÕES EXECUTIVAS

Capacidades cerebrais que te ajudam a controlar os teus pensamentos e comportamentos. Funções executivas também são chamadas controlo cognitivo por alguns investigadores.

### MEMÓRIA DE TRABALHO

A capacidade de manter informações por um curto período de tempo, para que possas trabalhar com elas.

### INIBIÇÃO A

capacidade de resistir às distrações e tentações.

### FLEXIBILIDADE COGNITIVA

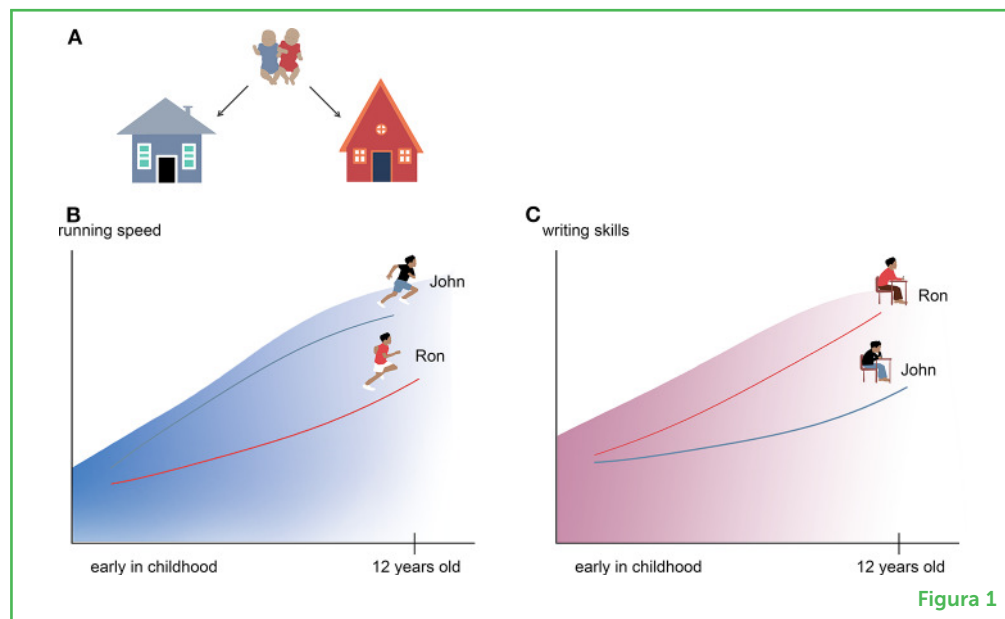
A capacidade de alternar entre diferentes tarefas.

## Figura 1

O desenvolvimento é influenciado pelos genes e pelo meio ambiente (A). Imagine dois meninos, o João e o Ronaldo. São gémeos idênticos, o que significa que eles têm exatamente os mesmos genes. Por alguma razão, João e Ronaldo crescem em famílias diferentes. Os membros da família de João são todos ávidos jogadores de futebol e gostam de correr nos fins-de-semana. Os familiares de Ronaldo adoram ficar em casa a ler e escrever histórias. Quando João e Ronaldo têm doze anos, voltam a encontrar-se. (B,C) Embora se surpreendam com algumas de suas semelhanças, também percebem que têm algumas diferenças significativas. O João é um entusiasta de desportos, joga futebol e é o melhor corredor de sua turma. Ronaldo adora ler e escrever e orgulha-se muito de tirar boas notas na escola. Assim, embora João e Ronaldo tenham os mesmos genes, os seus ambientes determinaram até que ponto os seus talentos eram expressos.

## TRANSFERÊNCIA

Uso de capacidades adquiridas numa situação para melhorar o desempenho numa situação diferente.



funções executivas, os investigadores desenvolveram um conjunto de jogos que podem ser jogados no computador (Figuras 2D-F).

Acontece que as crianças que se saem melhor nesses jogos também se saem melhor na escola. Além disso, funções executivas piores têm sido associadas a condições indesejáveis, como problemas de saúde mental, obesidade e problemas sociais [2]. Podes pensar que as funções executivas estão fixas no teu cérebro, mas isso não é totalmente verdade. Assim como qualquer outra capacidade, as funções executivas são influenciadas pelos teus genes e pelo ambiente envolvente. Estas são boas notícias, porque significa que tens pelo menos algum controlo sobre o desenvolvimento dessas funções. A infância pode até ser a melhor altura para melhorar a tua inteligência. Da mesma maneira que é mais fácil ajustar uma árvore em desenvolvimento em comparação com uma árvore adulta (Figura 3), pode ser mais fácil treinar um cérebro em desenvolvimento do que um cérebro adulto [1, 3]. Por fim, é importante observar que, embora o cérebro das crianças seja mais maleável do que o cérebro maduro, as crianças podem não ser tão eficientes e estratégicas a processar novas informações. Isso pode dificultar um pouco os efeitos do treino.

Mas o treino mental funciona? Uma vez que as funções executivas estão intimamente relacionadas com a inteligência, desempenho escolar e todos os tipos de resultados da vida real, os cientistas sugeriram que os jogos que treinam as funções executivas do cérebro também podem levar a melhorias em todos esses domínios. Por outras palavras, como as atividades quotidianas mostradas nas Figuras 2A-C exigem as mesmas capacidades cerebrais que os jogos representados nas Figuras 2D-F, era expectável que melhorasses as atividades quotidianas após o treino com os jogos. Isto é designado **transferência**. Ao longo dos últimos 20 ou mais anos, vários estudos

## Figura 2

Funções executivas e respetivos jogos de treino mental. (A-C) Atividades quotidianas que requerem funções executivas: memória de trabalho, quando estás a somar números grandes na tua cabeça; inibição, quando tentas não comer muitos biscoitos; e flexibilidade cognitiva, quando alternas a tua atenção entre o trabalho de casa e o Youtube. Os jogos são frequentemente usados para testar e treinar essas funções executivas. (D) Neste jogo de memória de trabalho, tens que manter várias letras em mente e colocá-las por ordem alfabética. (E) Neste jogo de inibição, tens que indicar a direção em que o peixe do meio nada, e ignorar os peixes que nadam na direção oposta. (F) Neste jogo de flexibilidade cognitiva, tens que alternar entre uma tarefa onde tens que indicar a forma da figura maior (retângulo), e outra tarefa onde tens que indicar a forma das pequenas figuras (quadrados).

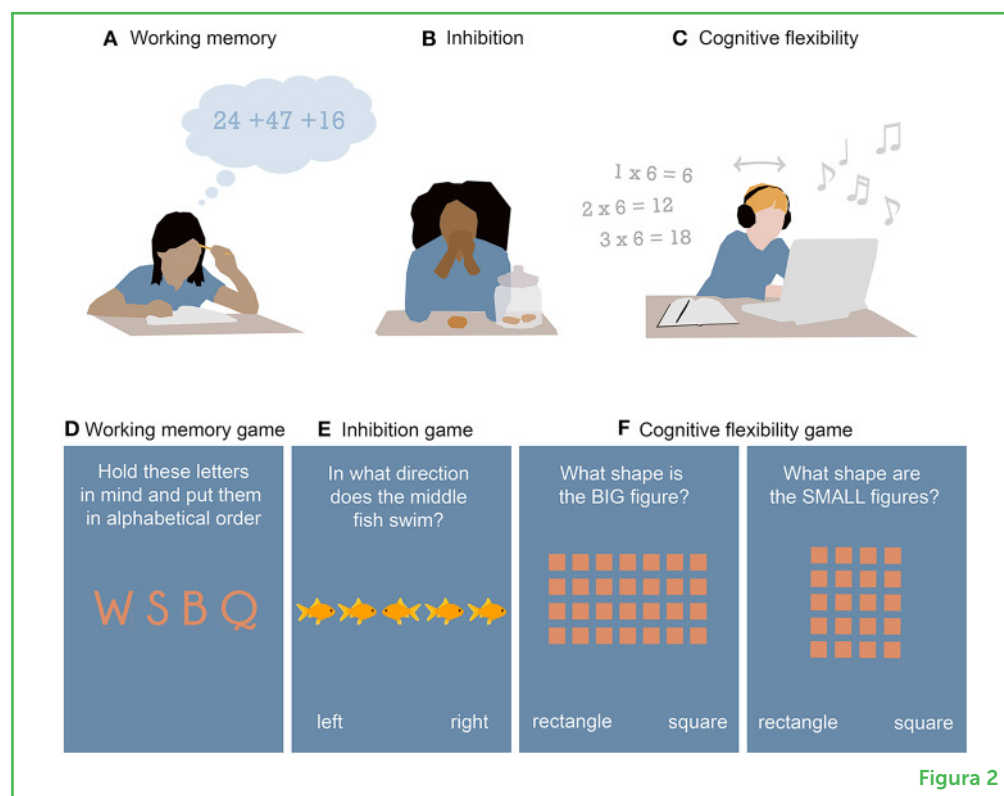


Figura 2

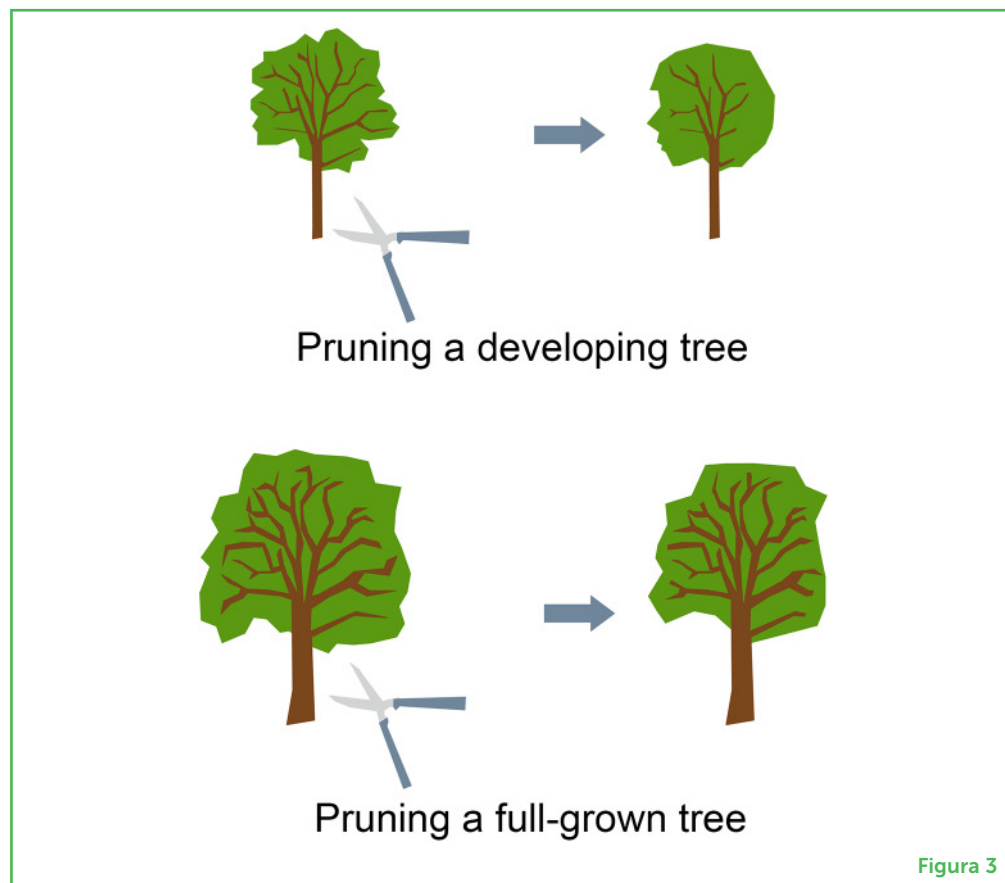
científicos foram conduzidos para testar se a transferência realmente ocorre [4]. Os resultados indicam que os programas de treino mental geralmente melhoram o desempenho nas tarefas que estão a ser treinadas. Por outras palavras, os participantes que praticam a reordenação de letras na memória operacional ficam melhores em reordenar letras na memória operacional. Também há boas evidências de que os participantes melhoram em tarefas intimamente relacionadas, por exemplo, reordenar dígitos na memória de trabalho. No entanto, com base nas evidências atuais, ainda não podemos concluir que o treino mental melhora tarefas mais distintas, como o desempenho na matemática ou leitura [4]. Assim, embora possas melhorar muito nos jogos que estás a usar para treinar, isso não significa necessariamente que notarás qualquer melhoria na tua vida diária. Frequentemente, as capacidades que estás a treinar aplicam-se apenas aos jogos específicos que estás a jogar. Para ter efeitos de maior alcance, a próxima geração de programas de treino mental poderá incluir uma variedade maior de atividades, integradas em situações da vida real. Por exemplo, atividades para treinar as tuas funções executivas poderiam ser incorporadas em videojogos complexos ou jogos escolares.

## O TEU CÉREBRO NOS LIVROS

Sabemos que as coisas que fazes todos os dias ajudam a moldar o teu cérebro, e também sabemos que deve ser possível treinar

**Figura 3**

Podar uma árvore em desenvolvimento é mais fácil do que podar uma árvore adulta. Os investigadores têm argumentado que as crianças têm uma maior capacidade de aprender e se adaptar às circunstâncias ambientais do que os adultos, porque os cérebros das crianças ainda estão em desenvolvimento. Por outras palavras, da mesma forma que é mais fácil podar uma árvore em desenvolvimento em comparação com uma árvore adulta, pode ser mais fácil treinar um cérebro em desenvolvimento do que um cérebro adulto.



o teu cérebro. No entanto, os cientistas ainda estão a procurar a melhor maneira de treinar o cérebro. Estarias disposto a perder tempo num programa de treino que pode não ter efeitos substanciais? Ou preferias passar o teu tempo a fazer algo divertido, como praticar desportos ou ler livros? Curiosamente, estudos têm mostrado que a atividade física não só é boa para o corpo, mas também para o cérebro. Os efeitos da atividade física regular podem até ser mais importantes para o desempenho escolar do que os efeitos de um programa de treino mental. Da mesma forma, a leitura de livros parece ter mais impacto na tua capacidade de pensar. Pesquisas sugerem que a leitura regular ajuda a tornar-te mais inteligente, contribuindo para o teu vocabulário e aumentando os teus conhecimentos gerais [5]. O interessante é que, com cada memória nova que crias, novas conexões são construídas no teu cérebro e as conexões existentes são reforçadas. Quanto mais conhecimento prévio tens, mais fácil é aprender [5]!

Ler livros pode até ajudar-te a treinar as tuas capacidades mentais. Já notaste como o resto do mundo parece desaparecer quando estás absorvido numa história? Isso é possível porque o teu cérebro está a trabalhar intensamente. Quando lês um livro, tens de acompanhar diferentes personagens, as suas origens, objetivos e detalhes sobre as suas personalidades e comportamento. Para além disso, precisas frequentemente de ler nas entrelinhas para entender um livro. Para

fazer isso, podes usar, tanto os teus conhecimentos prévios, como as tuas funções executivas. Sem conhecimentos prévios não irias entender as palavras que são usadas, e sem as tuas funções executivas nunca poderias criar uma história completa na tua mente. Estudos com crianças mostraram que, quanto mais leem, mais desenvolvidas ficam essas capacidades. Por último, além de aumentar a tua memória e capacidades de compreensão, a leitura pode ajudar-te a colocares-te no lugar do outro e simpatizar com personagens diferentes, o que também é uma capacidade importante na vida real [6].

## CONCLUSÃO

Ainda que o teu cérebro em desenvolvimento seja super-flexível, e seja possível ficares mais inteligente, as evidências de que o treino mental pode ajudar-te não são claras, na melhor das hipóteses. Futuros programas de treino mental incluirão, provavelmente, múltiplas atividades integradas em situações da vida real. Mas não esperes por novos programas! Se queres otimizar as tuas funções mentais, mantém-te ativo, come alimentos saudáveis, dorme o suficiente e continua a aprender coisas novas lendo. Parabéns, estás a fazer isso agora mesmo!

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o apoio da Jacobs Foundation (DJ). Gostaríamos de agradecer àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para os tornar mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos.

## REFERÊNCIAS

1. Stiles, J. 2008. *The Fundamentals of Brain Development: Integrating Nature and Nurture*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
2. Diamond, A. 2013. Executive functions. *Annu. Rev. Psychol.* 64:135–68. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750
3. Jolles, D., and Crone, E. A. 2012. Training the developing brain: a neurocognitive perspective. *Front. Hum. Neurosci.* (2012) 6:76. doi: 10.3389/fnhum.2012.00076
4. Simons, D. J., Boot, W. R., Charness, N., Gathercole, S. E., Chabris, C. F., Hambrick, D. Z., et al. 2016. Do “brain-training” programs work? *Psychol. Sci. Public Interest* 17:103–86. doi: 10.1177/1529100616661983
5. Cain, K., and Oakhill, J. 2011. Matthew effects in young readers: reading comprehension and reading experience aid vocabulary development. *J. Learn. Disabil.* 44:431–43. doi: 10.1177/0022219411410042
6. Kidd, D. C., and Castano, E. 2013. Reading literacy fiction improves theory of mind. *Science* 342:377–80. doi: 10.1126/science.1239918



**EDITOR:** [Jessica Massonnie](#)

**MENTOR CIENTÍFICOS:** [Yana Fandakova](#)

**CITAÇÃO:** Jolles D e Van Leijenhorst L (2022) Queres treinar o teu cérebro? lê este artigo! *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00071-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Jolles D and Van Leijenhorst L (2020) Want To Train Your Brain? Read This Article! *Front. Young Minds* 8:71. doi: 10.3389/frym.2020.00071

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Jolles e Van Leijenhorst. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVEM REVISOR

**VELIANA, IDADE: 11**

Sou a Veliana e tenho 11 anos. Adoro ir para a escola. As minhas disciplinas favoritas são matemática, inglês e desporto. No meu tempos livre gosto de praticar desporto, pintar e ler.



## AUTORES

**DIETSJE JOLLES**

Nos meus primeiros anos na escola sempre quis ser detetive. Em vez disso, tornei-me uma cientista. Mas ser uma cientista é um pouco como ser uma detetive. O meu interesse principal: o funcionamento milagroso do cérebro em desenvolvimento. Estou particularmente interessada na maneira como crianças, adolescentes e adultos aprendem e como essa aprendizagem é influenciada pelo desenvolvimento do cérebro. Espero que a minha investigação contribua para uma melhor compreensão do cérebro e o seu desenvolvimento, e que forneça novas informações que possam ajudar a melhorar a educação. \*[d.d.jolles@fsw.leidenuniv.nl](mailto:d.d.jolles@fsw.leidenuniv.nl)

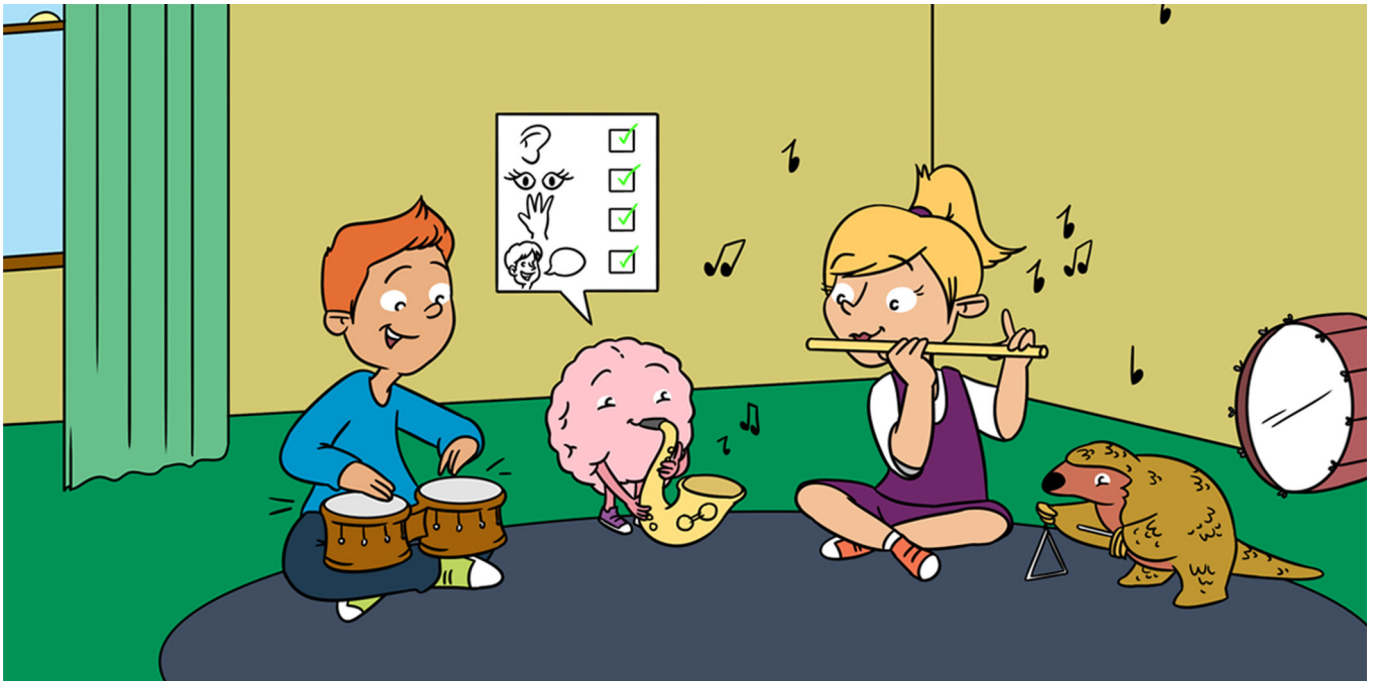


**LINDA VAN LEIJENHORST**

Sou uma Professora Auxiliar que estuda a neurociência cognitiva do desenvolvimento na Leiden University, nos Países Baixos. Sou fascinada pelas alterações que o nosso cérebro sofre à medida que passamos de crianças a adolescentes. Espero um dia entender como essas alterações influenciam a maneira como entendemos o mundo à nossa volta. Não é incrível como o nosso cérebro nos permite experimentar o mundo, sonhar e imaginar coisas? Para aprender mais sobre isso, estudo as maneiras como as crianças e adolescentes tomam decisões e como entendem as histórias que lêem.

**Portuguese version provided by**  
Versão Portuguesa fornecida por





## MÚSICA E APRENDIZAGEM: A MÚSICA TORNA-TE MAIS INTELIGENTE?

Gabriella Musacchia<sup>1\*</sup> e Alexander Khalil<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Audiologia, Universidade do Pacífico, São Francisco, CA, Estados Unidos

<sup>2</sup>Escola de Cinema, Música e Teatro, University College Cork, Cork, Irlanda

### JOVEM REVISOR:



SHIVANI

IDADE: 15

O que é a música e porque é que as pessoas acham que é importante para a aprendizagem? A música preenche as nossas vidas: desde a música que partilhas *online* até às músicas que tocam em lojas e restaurantes, raramente estamos longe da música. Tocar música dá ao cérebro um “exercício” multissensorial que pode fortalecer a memória, ajudar a prestar atenção, e talvez até melhorar a capacidade de leitura. Neste artigo, partilhamos como várias funções cerebrais, incluindo a audição, visão, movimento e consciência social, são afetadas pelo treino musical. Não precisas ser um Mozart para obter o benefício cerebral de tocar música, porque a música é muito acessível e é mais do que apenas canções. Sempre que comunicas sem palavras (a maneira como dizes algo em vez do que dizes), estás a envolver-te num comportamento musical. Neste artigo, exploramos estudos sobre aprendizagem e música para nos ajudar a entender porque é que a música promove o desenvolvimento do cérebro e como a música pode ser uma parte central das nossas vidas, dentro e fora da sala de aula.

### SEMÂNTICA

Relacionado com o significado na linguagem ou lógica.

### MELODIA

Uma sequência de notas individuais que é musicalmente satisfatória.

### RITMO

Um padrão forte, regular e repetido de movimento ou som.

### MUSICALIDADE

Talento ou sensibilidade musical.

### TESTE DE QI

Quociente de inteligência, uma medida padrão do nível de inteligência de um indivíduo baseado em testes psicológicos.

### PLASTICIDADE NEURAL

A capacidade do sistema nervoso se modificar em resposta à experiência ou privação.

## PENSA NA MELODIA

O que é a música e porque é que as pessoas acham que é importante para a aprendizagem? Enquanto pessoas de todas as culturas no mundo fazem algo que poderia ser chamado música, poucos dão-lhe um nome ou pensam nela como separada de outras atividades, como dança ou contar histórias [1]. Por causa disso, só podemos definir a música de uma forma geral, como uma forma de comunicação através do som. No entanto, ao contrário do discurso, a música não é geralmente considerada **semântica**. Isto significa que a música não usa palavras para explicar as coisas. Pensa como seria difícil dizer algo relativamente simples como, "os atacadores do teu sapato esquerdo estão desapertados", usando apenas **melodia** e **ritmo**. Ao mesmo tempo, a música pode transmitir emoções profundas que seriam difíceis de descrever em palavras. Além da música ser uma forma de arte, qualquer forma de comunicação é em parte musical e pode-se dizer ter **musicalidade**. Pensa nas diferentes maneiras de dizer "ha". Cada uma dessas maneiras comunica algo diferente. Isso é musicalidade. Não é uma apresentação musical, mas um aspeto musical da comunicação. Enquanto nem todos são mestres do violino, todos são mestres do seu próprio estilo de comunicação.

No início, alguns cientistas pensavam que o cérebro poderia beneficiar apenas ouvindo música. Mostraram que a pontuação das pessoas em **testes de QI** melhorou quando ouviram música clássica de Mozart [2]. Isso levou as pessoas a acreditarem que ouvir música torna-te mais inteligente. Mas isso foi uma simplificação excessiva e um exagero dos resultados. Estudos subsequentes mostraram que ouvir música não te torna mais inteligente, mas aumenta o teu nível de prazer e diminui os sentimentos de *stress*, o que às vezes resulta em melhor concentração e melhores notas. Isso significa que, enquanto a música em tua casa ou sala de aula não melhora automaticamente o teu desempenho, pode ser útil para ajudar-te a concentrar numa nova tarefa ou em situações em que é necessária uma atenção aumentada e um *stress* diminuído. Além disso, apenas ouvir música pode ter um efeito diferente, ou talvez menor, do que realmente tocar música. Da mesma maneira que praticar desportos irá melhorar a tua condição física mais do que simplesmente assistir a desportos. Portanto, o poder de foco da música pode ser amplificado tocando.

## MÚSICA PARA O PODER DO CÉREBRO

Tal como os teus músculos, o teu cérebro fica mais forte quanto mais o exercitas. O processo de mudar o cérebro através das nossas experiências é chamado **plasticidade neural**, porque o cérebro é facilmente moldado, como o plástico. Os cientistas medem a plasticidade neural com técnicas especiais de imagem cerebral, como a ressonância magnética (RM) ou a eletroencefalografia (EEG), para

descobrir exatamente como tocar música muda a maneira como o nosso cérebro funciona. Estudos com estas técnicas, assim como estudar os cérebros de pessoas que faleceram, revelam que os músicos têm áreas auditivas (audição), visuais (visão) e motoras (movimento) do cérebro especializadas [3]. A especialização inclui não apenas o aumento do tamanho de cada área cerebral, mas também a forma como cada área funciona. A ciência diz que a música é muito mais do que apenas uma fonte de entretenimento; é uma parte importante da nossa vida de aprendizagem. Aqui estão algumas das coisas importantes que ocorrem no cérebro quando tocamos música (para uma revisão, ver Zatorre [4]):

**Auditivo:** O sistema auditivo processa o som com mais eficácia após treino musical. As pessoas podem detetar diferenças menores na frequência (o número de ondas sonoras por segundo), tornando a fala e a música mais fáceis de ouvir [5].

**Motora:** As áreas do cérebro que controlam os músculos e partes do corpo relacionados com instrumentos (como os dedos, a boca, etc.) aumentam de tamanho. No cérebro, mais neurónios são dedicados a ajustar o movimento muscular nessas áreas.

**Leitura:** Estudos mostram que uma melhor habilidade musical está relacionada com pontuações mais altas na leitura, sugerindo uma ligação entre quão bem ouvimos a fala e quão bem podemos mapear os sons da fala para letras.

**Consciência socio-emocional:** Tocar música em conjunto pode aumentar a consciência socio-emocional, que é a capacidade de identificar, gerir e expressar emoções de forma construtiva. Um bom exemplo disso é que crianças muito pequenas têm maior probabilidade de interagir positivamente com as pessoas com quem tocam música.

## CRIAR A CONEXÃO MUSICAL

Como é que a música pode mudar qualquer coisa para além do que ouves? A razão pela qual a música pode chegar a tantas partes do cérebro é que o sistema auditivo é altamente interconectado com outras áreas sensoriais [6] (Figura 1). Pensa nos primeiros dias de escola e provavelmente lembrar-te-ás de ter cantado canções. Muitos de nós ainda cantamos a música do alfabeto ao tentar lembrar a posição de uma determinada letra. Se não acreditas, qual a letra que fica quatro posições depois do "M"? Agora diz que não ouviste a música do alfabeto na tua cabeça enquanto procuravas a resposta! As músicas, com melodias e ritmos repetitivos, ajudam a memorizar listas, histórias e até processos.

### Figura 1

Outras áreas sensoriais do cérebro fornecem informações para a área auditiva (audição, em azul). Áreas multissensoriais, como o córtex pré-frontal (cognição), córtex motor (movimento) e córtex auditivo complexo, são indicadas em cinzento e contêm pequenas caixas coloridas para mostrar os sentidos com os quais interagem. Conexões fortes de e para áreas auditivas e visuais são consideradas vias de duplo sentido, porque as informações sensoriais são compartilhadas entre as áreas do cérebro em ambas as direções (linhas tracejadas a vermelho). Da mesma forma, as áreas somatossensoriais (toque) são indicadas a verde e também têm conexões bidirecionais que compartilham informações. Adaptado de Musacchia e Schoreder [6].

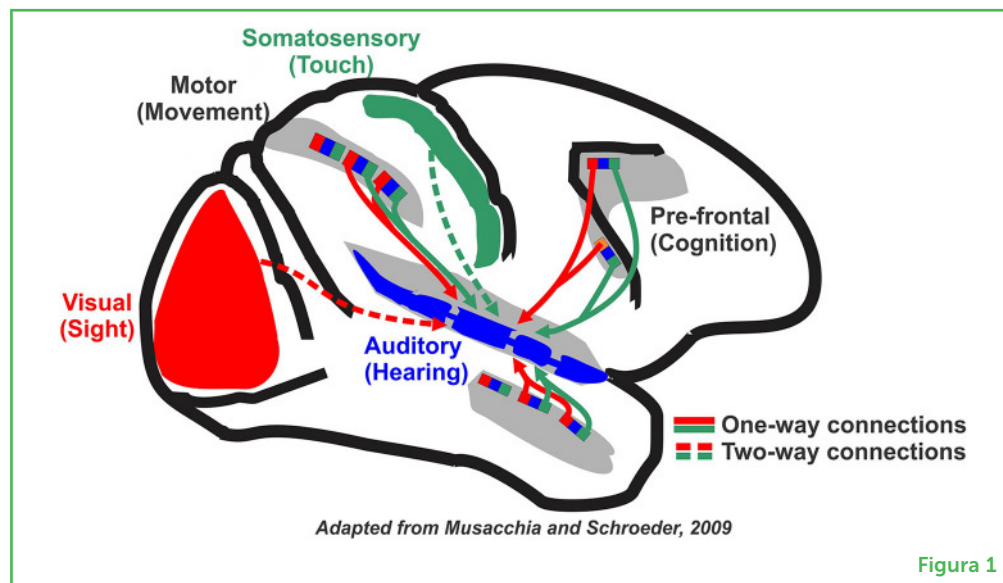


Figura 1

A Figura 1 mostra o padrão de conexões entre a principal área auditiva do cérebro e as outras áreas de sensação e percepção. Quando aprendemos a tocar música, os nossos sentidos interagem ativamente, incluindo a visão, o tato, a audição, o equilíbrio, o movimento e a propriocepção (consciência corporal). Há duas coisas que tornam a música bastante única neste processo. Primeiro, quando tocas música, estás a usar todos os teus sentidos. Por exemplo, sentes o instrumento nas mãos, ouves os sons que tocas e vês as notas na partitura. Uma vez que cada tipo de informação sensorial diferente alcança o teu cérebro num momento diferente, o teu cérebro deve trabalhar para sincronizar todas essas informações. Em segundo lugar, ao tocar música, as coisas acontecem a velocidades e escalas de tempo diferentes e devem ser encadeadas com precisão. Por exemplo, um guitarrista deve saber como encaixar uma batida, um ritmo, uma melodia, uma canção e um concerto, alinhando precisamente todas essas coisas. Embora a nossa compreensão de como o cérebro monitoriza todas essas coisas permaneça obscura, é provável que existam diferentes mecanismos de cronometragem ("relógios") para diferentes escalas de tempo (velocidades). Alguns estudos são baseados na ideia de que a sincronização entre esses "relógios" cerebrais nos poderia ajudar a analisar outros fluxos de sons, como a fala.

## UMA VIDA INTEIRA DE MÚSICA

A música também é uma maneira de expressar as nossas identidades: a música que tocamos, ou mesmo ouvimos, pode ser uma maneira de dizer ao mundo, aos nossos pares, aos nossos pais e aos nossos amigos algo sobre quem somos. Em culturas que não usam a escrita, os cantores muitas vezes ocupam um lugar importante na sociedade, pois memorizam coisas importantes como história e relações familiares. Embora a expressão musical da identidade seja

geralmente positiva, houve momentos em que a música de alguns era considerada ameaçadora, ou mesmo perigosa [7]. Por exemplo, no final da década de 1980, artistas de rap foram presos por canções que as autoridades achavam hostis e desrespeitosas.

Embora possas pensar em cantar uma música ou tocar um instrumento como uma atividade especial que apenas ocorre em certos momentos, também deves notar que música e sons musicais estão sempre presentes nas nossas vidas. A música é tocada em altifalantes e às vezes tocada ao vivo, e podemos ouvir música na maioria dos locais públicos, em autocarros, em elevadores e em restaurantes. Muitos de nós ouvimos música nos nossos telemóveis e nos nossos carros. Na verdade, as nossas vidas estão cheias de música, de maneira que a nossa relação com a música pode ter um grande efeito numa vida de aprendizagem.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Fundação Jacobs por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos.

## REFERÊNCIAS

1. Merriam, A. P., and Merriam, V. 1964. *The Anthropology of Music*. Evanston, IL: Northwestern University Press.
2. Rauscher, F. H., Shaw, G. L., and Ky, K. N. 1995. Listening to Mozart enhances spatial-temporal reasoning: towards a neurophysiological basis. *Neurosci. Lett.* 185:44–7.
3. Schlaug, G. 2009. "Music, musicians, and brain plasticity," in *Oxford Handbook of Music Psychology*, eds S. Hallam, I. Cross and M. Thaut (Oxford: Oxford University Press), 197–207.
4. Zatorre, R. J. 2003. Music and the brain. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 999:4–14. doi: 10.1196/annals.1284.001
5. Musacchia, G., Sams, M., Skoe, E., and Kraus, N. 2007. Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104:15894–8. doi: 10.1073/pnas.0701498104
6. Musacchia, G., and Schroeder, C. E. 2009. Neuronal mechanisms, response dynamics and perceptual functions of multisensory interactions in auditory cortex. *Hear Res.* 258:72–9. doi: 10.1016/j.heares.2009.06.018
7. Binder, A. 1993. Constructing racial rhetoric: media depictions of harm in heavy metal and rap music. *Am. Sociol. Rev.* 58:753–67.

**EDITOR:** Jessica Massonnie

**MENTOR CIENTÍFICOS:** Prachi Patel

**CITAÇÃO:** Musacchia G e Khalil A (2022) Música e aprendizagem: a música torna-te mais inteligente? *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00081-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Musacchia G and Khalil A (2020) Music and Learning: Does Music Make You Smarter? *Front. Young Minds* 8:81. doi: 10.3389/frym.2020.00081

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Musacchia e Khalil. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVEM REVISOR



### SHIVANI, IDADE: 15

Olá! O meu nome é Shivani e sou uma estudante do ensino secundário e atleta que mora em San Jose. Nas aulas, adoro aprender matemática e ciências e, fora das aulas, adoro nadar, além de jogar vólei e golfe. Quando não estou ocupada com a escola, gosto de ser voluntária, passar o tempo com os meus amigos e descobrir novas músicas.

## AUTORES

### GABRIELLA MUSACCHIA

Gabriella Musacchia é Professora Auxiliar no Departamento de Audiologia da Universidade do Pacífico e Investigadora na Universidade de Stanford. Ela leciona cursos de pós-graduação em Fisiologia Auditiva e Percepção para pessoas que se tornarão Doutores em Audiologia. A sua investigação usa o método de imagem de eletroencefalografia (EEG) para entender como o cérebro processa a fala e a música. \*[gmusacchia@pacific.edu](mailto:gmusacchia@pacific.edu)

### ALEXANDRE KHALIL

Alexandre Khalil é professor de etnomusicologia na University College Cork na Irlanda e investigador no Instituto de Computação Neural da UCSD, na Califórnia. Pesquisa como as pessoas experimentam o tempo, particularmente em relação à música e ao ritmo musical. Ele é especialista no estudo do canto Bizantino, música tradicional chinesa e Gamelão Balinesa. Também gosta de tocar e compor a sua própria música, além de fazer instrumentos musicais.

Portuguese version provided by

Versão Portuguesa fornecida por

 **JACOBS  
FOUNDATION**  
Our Promise to Youth





## QUANDO ESCOLHER NÃO OUVIR AJUDA-TE A OUVIR E APRENDER

Angela M. AuBuchon<sup>1\*</sup> e Ryan W. McCreery<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Memória de Trabalho e Linguagem, Boys Town Hospital de Investigação Nacional, Omaha, NE, Estados Unidos

<sup>2</sup>Laboratório de Audibilidade, Percepção e Cognição, Boys Town Hospital de Investigação Nacional, Omaha, NE, Estados Unidos

### JOVENS REVISORES:



IAGO

IDADE: 13



ROAD-  
RUNNERS  
& COBRAS

IDADE: 10–11

Ouvir sons importantes ajuda-nos a aprender. No entanto, pode ser difícil separar os sons importantes dos sons não tão importantes, ou ruído. Áreas diferentes dos nossos cérebros são afetadas por diferentes tipos de ruído, dificultando a aprendizagem. À medida que o nosso cérebro cresce, somos melhores na separação dos sons importantes dos ruídos. No entanto, existem alguns truques de audição que crianças e adultos podem usar para ouvir e aprender no meio do ruído.

Os adultos geralmente esperam que as crianças aprendam em salas de aula ruidosas. As cadeiras arrastam-se na sala. Corta-relvas cortam a erva lá fora. Outros alunos falam na mesa ao lado. Na verdade, recentemente medimos sons em 157 salas de aula; e mesmo sem alunos na sala, 137 salas de aula exibiram barulho suficiente para interferir na audição [1]! Pode parecer uma viagem curta para os sons viajarem dos nossos ouvidos aos nossos cérebros. Ainda assim, há muitas maneiras pelas quais o ruído pode interromper a aprendizagem

## SISTEMA AUDITIVO

O sistema do corpo responsável pela audição. Inclui peças e neurónios que transportam informações sobre o som do ouvido para o cérebro.

### Figura 1

Aqui vemos as estruturas parecidas com máquinas e neurónios do sistema auditivo. As partes mais envolvidas na audição e exclusão do ruído são indicadas. As orelhas afunilam os sons para o canal auditivo. Devemos olhar para a origem de sons importantes porque a orelha é melhor em afunilar sons à nossa frente. A cóclea transforma sons em eletricidade que desce pelos nervos auditivos até ao tronco cerebral. Em seguida, sinais elétricos viajam através do tálamo a caminho do córtex auditivo no lobo temporal do cérebro.

neste caminho. O que pode ser especialmente frustrante é que às vezes os ruídos não incomodam os adultos tanto quanto incomodam as crianças. Isso ocorre em parte porque o **sistema auditivo** de uma criança ainda se está a desenvolver e a mudar (Figura 1). Além disso, os adultos têm capacidades para lidar com o barulho. Discutiremos como sons que não parecem importantes tornam difícil entender outras coisas que ouvimos e vemos. Seguidamente apresentaremos truques para ouvir e aprender com ruído.

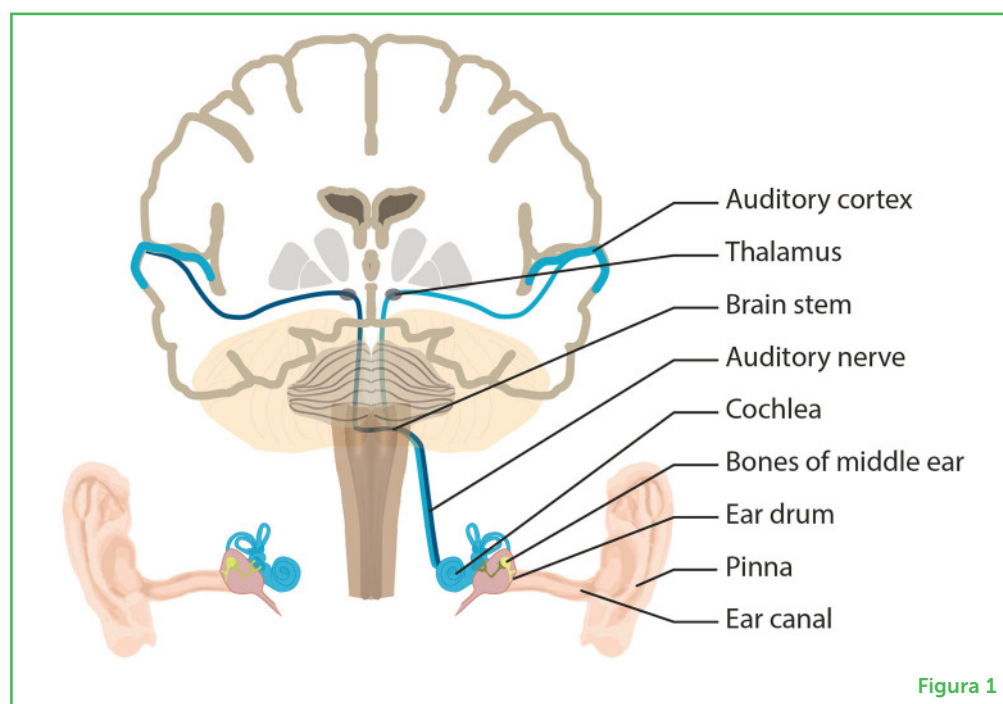


Figura 1

## CATEGORIAS DE RUÍDO

Diferentes ruídos afetam o nosso sistema auditivo de maneiras diferentes. Iremos focar-nos em três tipos de ruído. Em primeiro lugar, há barulho que muda com o tempo. Este seria o tipo de barulho de dois colegas a conversar. Outro exemplo de mudança de ruído seria ouvir música jazz enquanto estás a estudar. Quando o ruído muda, por vezes apresenta um tom agudo, como uma trombeta; por vezes, tem um tom baixo como uma tuba. Às vezes, o ruído é alto e às vezes é baixo. Medimos o volume dos sons em decibéis (dB). Sons suaves, como o farfalhar de folhas, têm cerca de 20 dB, e sons altos, como os de motores de avião, têm mais de 100 dB. Em segundo lugar, há o ruído constante. Este é um ruído que tem praticamente o mesmo som do início ao fim. Esse tipo de ruído inclui o zumbido de um computador, o rugido de um cortador de relva e o murmúrio no refeitório quando todos falam ao mesmo tempo. O terceiro tipo de ruído é repentino e curto. Ruídos nesta categoria costumam ser surpreendentes. Esses ruídos podem ser altos como uma porta a bater, mas não precisam ser altos. Só precisam ser mais altos do que os sons próximos. Um

telefone zumbindo suavemente estaria nesta categoria se o resto da sala estivesse silenciosa.

## SEPARAR SONS DO RUÍDO

Quando um lugar tem muitos sons, esses sons misturam-se enquanto viajam para os nossos ouvidos. Os teus “ouvidos” são mais do que aqueles captadores de ondas sonoras curvas ao lado da tua cabeça, que são chamados **pinnae**. Cada uma das tuas orelhas também incluem o canal auditivo até ao tímpano, o tímpano, alguns ossos muito pequenos do outro lado do tímpano e uma estrutura chamada **cóclea**. A cóclea é onde as ondas sonoras se transformam em sinais que os neurónios no teu sistema auditivo podem entender. A cóclea também é um lugar onde os sons se misturam. Imagina que a cóclea é como um lago. Os sons que chegam à cóclea são como pedras que deixam ondulações ao serem lançadas no lago. Se todos os alunos num refeitório lançassem pedras no nosso lago, haveria ondas por toda a parte. Eventualmente, as ondulações chocariam umas com as outras. Depois das ondulações se misturarem, é difícil determinar exatamente que ondulações vieram de que alunos. Este é o primeiro motivo pelo qual é difícil aprender quando há ruído: dois sons não são muito bons a estar no mesmo lugar ao mesmo tempo. Em vez disso, dois sons serão misturados num som único e confuso. Todos os três tipos de ruído misturam-se com sons importantes, mas ruídos constantes misturam-se mais com outros sons. Ao contrário dos ruídos repentinos, o ruído constante dura muito tempo. Ao contrário do ruído variável, o ruído constante nunca fica mais silencioso. Quando o ruído que muda fica silencioso, mesmo por um momento, o som importante fica com a cóclea toda para si. Um truque é usar esses momentos de silêncio para “vislumbrar” o som importante. A nossa cóclea está totalmente desenvolvida antes de nascermos, por isso os sons misturam-se na cóclea da mesma forma para adultos e crianças. No entanto, os adultos são mais capazes de usar truques como “vislumbrar” para ouvir sons importantes. Isso ocorre porque a capacidade do nosso cérebro em processar sons fica melhor à medida que envelhecemos.

Para entender o que está a acontecer à nossa volta, precisamos dividir os sons misturados de volta em bits separados. Um truque para ajudar a separar sons é tornar o som importante mais alto. Imagina o nosso lago cheio de ondulações das pedras arremessadas pelos alunos. Agora, imagina o professor a atirar um pedregulho enorme. As ondulações do pedregulho ainda se podem misturar com as ondulações das pedras dos alunos. No entanto, as ondulações do pedregulho são tão grandes que são fáceis de separar. Convidámos crianças com audição normal e crianças com perda auditiva a ouvir frases importantes com ruído de fundo. Pouquíssimas crianças em cada grupo poderiam entender as frases quando as frases eram mais silenciosas do que o ruído ou quando as frases e o ruído tinham o

### PINNA (PLURAL: PINNAE)

A parte do sistema auditivo fixado ao lado de fora da cabeça, e o que as pessoas geralmente chamam “orelha”. A orelha é a parte externa do sistema auditivo.

### CÓCLEA (PLURAL: CÓCLEAS)

Uma estrutura em forma de espiral que transforma ondas sonoras em sinais nervosos que deixam a cóclea no Nervo Auditivo - um dos 12 “nervos cranianos” especiais que contornam a medula espinhal.

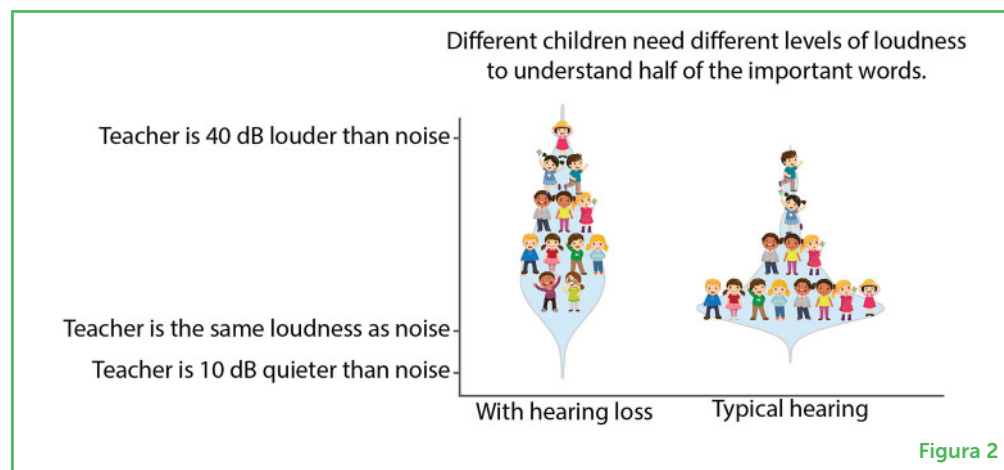
mesmo volume. Assim que as frases ficaram alguns decibéis mais altas que o ruído, a maioria das crianças com audição normal foi capaz de separar os sons do ruído e entender as frases. No entanto, algumas crianças precisavam que as frases fossem muito mais altas do que o ruído para poder separá-las (Figura 2).

## Figura 2

Muito poucas crianças entendem metade daquilo que ouvem quando o locutor é mais silencioso do que o barulho. Por exemplo, a parte inferior do gráfico seria um professor a falar (a maioria das pessoas fala a cerca de 60 dB) ao lado de um cortador de relva (70 dB). Uma sala de aula barulhenta tem cerca de 90 dB! A maioria das crianças com audição normal precisam que o locutor seja pelo menos tão alto quanto o barulho (lado direito). As crianças próximas do topo do gráfico precisam que o locutor seja mais alto que o barulho. Observe que quase todas as crianças com perda auditiva situam-se perto do topo do gráfico (lado esquerdo). Este ilustra a dificuldade auditiva com ruído em crianças com perda auditiva — mesmo quando elas usam aparelhos auditivos [2].

## HABITUAÇÃO

Um decréscimo na resposta quando o mesmo som, visão, cheiro ou toque é sentido durante um período longo.



Tornar os sons importantes mais altos é um truque útil porque há muitas maneiras de ouvir o teu professor mais alto. Poderias pedir ao teu professor para levantar a voz, ou poderias aproximar-te do professor.

Também poderias tentar diminuir o ruído. Se o barulho for externo, tenta fechar a janela. O nosso cérebro também tem um truque útil para tornar os ruídos pouco importantes parecerem mais baixos. Esse truque é designado **habituação**. Habituação é quando a mesma coisa é apresentada repetidamente e paramos de responder a ela. A habituação ocorre com sons, visões, cheiros e toques. Já fizeste pipocas que cheiravam muito bem? Depois de algum tempo, deixas de notar o cheiro. Foste para o quarto e, quando voltaste, sentes o cheiro das pipocas novamente. Este é um exemplo de habituação a um cheiro. O cheiro de pipoca ainda está lá, mas o teu cérebro deixou de o sentir. A mesma coisa pode acontecer com sons — especialmente ruídos estáveis. Mesmo que o ruído constante não fique mais silencioso, produz uma resposta cerebral menor ao longo do tempo, o que torna o som importante parecer mais alto em comparação. Infelizmente, mesmo crianças de 9-11 anos demoram mais do que adultos para se habituarem aos sons [3]. A capacidade dos adultos de se habituar a ruídos constantes pode ser uma razão pela qual são melhores do que as crianças a entender palavras importantes, mesmo quando há ruído [4].

Também separamos os sons tentando descobrir a origem de cada som. Isso é possível porque temos duas orelhas. Um som à tua direita será um pouco mais alto para o ouvido direito do que para o esquerdo (demonstração de som). Um som à tua direita também chegará ao

teu ouvido direito um pouco mais rapidamente do que ao esquerdo. A diferença é tão pequena (metade de um milissegundo) que nem notarias. Porém, o teu sistema auditivo percebe! Depois da informação sonora deixar cada cóclea, ela viaja ao longo de um nervo especial chamado nervo auditivo diretamente para o tronco cerebral. O tronco cerebral recebe sinais nervosos de ambas as cócleas e pode identificar a cóclea que ouviu o som primeiro e mais alto. Quando formos adultos, o nosso tronco cerebral já descobriu exatamente quanto tempo adicional leva (e quanto o volume muda) enquanto o som viaja dentro das nossas cabeças. As nossas cabeças ainda estão a crescer muito rapidamente até os 6 anos de idade, o que torna a descoberta de sons mais difícil para crianças muito pequenas. Saber a origem de cada som ajuda o nosso sistema auditivo a misturar os sons.

Podemos também separar os sons misturados prestando mais atenção a um som enquanto ignoramos os outros sons. Não percebemos inteiramente como os nossos cérebros são capazes de fazer isto. Por vezes, parece que decidimos no que prestamos atenção, mas noutras vezes parece que os nossos cérebros decidem por nós. Se a tua turma estivesse a estudar quando uma porta bate repentinamente, os alunos olhariam para a porta. O teu sistema auditivo ouviu o som, descobriu de onde vinha e decidiu que pode ser importante o suficiente para prestar atenção. Uma hipótese é que o **tálamo**, uma estrutura no interior do cérebro, ajuda a dar prioridade às informações [5]. O tálamo obtém informações sobre sons, bem como imagens, sabores e tato. O tálamo pode monitorizar o nosso ambiente e detetar quando um som, visão ou toque muda. Os sons chamam a nossa atenção mais provavelmente se forem ativados ou mudarem inesperadamente. Isso significa que a mudança de sons pode chamar a nossa atenção mesmo quando não queremos.

## TÁLAMO

Uma estrutura no interior do cérebro que envia informações sobre som, visão, gosto, e toque para o resto do cérebro. Pode alertar o nosso cérebro para mudanças no nosso ambiente.

## O RUÍDO DIFICULTA A APRENDIZAGEM DO QUE VEMOS

Não só o ruído dificulta prestar atenção a sons importantes, mas o ruído também dificulta a atenção às informações importantes que vemos. Até cerca dos 9 anos, mesmo ruídos constantes, como aparelhos de ar condicionado, podem prejudicar a memória das crianças [6]. Ruídos constantes não parecem incomodar muito os adultos, provavelmente porque se habituaram a eles. No entanto, tanto crianças como adultos têm dificuldade em lembrar palavras quando há ruídos alternados em segundo plano — especialmente se o barulho que muda também tem palavras. Isso significa que é mais difícil lembrares-te do que leste se a TV estiver ligada. Mesmo crianças de 12 anos têm dificuldade em se lembrar quando os sons variáveis não têm palavras - como a música jazz. Por outras palavras, todos os ruídos interrompem a memória quando somos jovens, mas ruídos diferentes tornam-se mais fáceis de ignorar à medida que envelhecemos. Isso sugere que, à medida que envelhecemos, o nosso cérebro torna-se melhor a controlar que sons chamam a

nossa atenção. Quando controlamos a atenção prestada pelo nosso cérebro, somos melhores em ouvir e aprender com o ruído.

## USA OS OLHOS PARA OUVIR

Um truque de audição muito importante é observar os sons importantes. Olhar para algo ajuda a prestar atenção nele. Isso ajuda a separar o som importante do ruído. Também podemos usar o formato dos lábios de uma pessoa como uma pista para o som que está a emitir. Pede ao teu amigo para dizer as palavras “escuro” e “marcar” sem fazer som. Observa como os seus lábios se juntam para fazer o som “m”? Pessoas que são boas a usar estas dicas de leitura labial também são melhores a compreender a fala com ruído.

## CONCLUSÃO

O ruído dificulta a audição e a aprendizagem. As crianças têm uma dificuldade especial em ouvir e aprender com ruído, porque os seus sistemas auditivos ainda estão em desenvolvimento. No entanto os cientistas descobriram alguns truques que nos ajudam a ouvir melhor: (1) tornar os sons importantes mais altos e o ruído mais silencioso, (2) descobrir a origem de sons importantes, e (3) olhar para os sons importantes.

## DEMONSTRAÇÃO DE SOM

Ouve esta demonstração de som sem auscultadores. Consegues contar a história que o professor está a ler? Agora coloca os auscultadores. Notas como o professor se desloca pela sala mas o ruído fica constante. Localizar o professor ajuda a identificar a sua voz e entender o trecho de “João e o pé de feijão.”



## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado por bolsas do NIH/NIDCD R01 DC013591 e NIH/NIGMS P20 GM109023. Os autores gostariam de agradecer ao Dr. Hans Packer pela ajuda no desenvolvimento das figuras. Também gostariam de agradecer ao Dr. G. Chris Stecker pela demonstração de som a partir de arquivos de som fornecidos por Calandruccio et al. [7]. Os autores também gostariam de agradecer àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos.

## REFERÊNCIAS

1. Spratford, M., Walker, E. A., and McCreery, R. W. 2019. Use of an application to verify classroom acoustic recommendations for children who are hard of hearing in a general education setting. *Am. J. Audiol.* 28:927–34. doi: 10.1044/2019\_AJA-19-0041
2. McCreery, R. W., Walker, E., Spratford, M., Lewis, D., and Brennan, M. 2019. Auditory, cognitive, and linguistic factors predict speech recognition in adverse listening conditions for children with hearing loss. *Front. Neurosci.* 13:1093. doi: 10.3389/fnins.2019.01093
3. Muenssinger, J., Stingl, K. T., Matuz, T., Binder, G., Eehalt, S., and Preissl, H. 2013. Auditory habituation to simple tones: reduced evidence for habituation in children compared to adults. *Front. Hum. Neurosci.* 7:377. doi: 10.3389/fnhum.2013.00377
4. Hall, J. W. III, Grose, J. H., Buss, E., and Dev, M. B. 2002. Spondee recognition in a two-talking masker and a speech-shaped noise masker in adults and children. *Ear Hear.* 23:159–65. doi: 10.1097/00003446-200204000-00008
5. Nakajima, M., and Halassa, M. M. 2017. Thalamic control of functional cortical connectivity. *Curr. Opin. Neurobiol.* 44:127–31. doi: 10.1016/j.conb.2017.04.001
6. AuBuchon, A. M., McGill, C. I., and Elliott, E. M. 2019. Auditory distraction does more than disrupt rehearsal processes in children's serial recall. *Mem. Cogn.* 47:738–48. doi: 10.3758/s13421-018-0879-4
7. Calandruccio, L., Leibold, L. J., and Buss, E. 2016. Linguistic masking release in school-age children and adults. *Am. J. Audiol.* 25:34–40. doi: 10.1044/2015\_AJA-15-0053

**EDITOR:** [Jessica Massonnie](#)

**MENTORES CIENTÍFICOS:** [Susana Martinez-Conde](#) e [Tobias Overath](#)

**CITAÇÃO:** AuBuchon AM e McCreery RW (2022) Quando escolher não ouvir ajuda-te a ouvir e aprender. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00104-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** AuBuchon AM and McCreery RW (2020) When Choosing NOT to Listen Helps You Hear and Learn. *Front. Young Minds* 8:104. doi: 10.3389/frym.2020.00104

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 AuBuchon e McCreery. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES



### IAGO, IDADE: 13

O meu nome é Iago e estou no sétimo ano. As minhas disciplinas favoritas são a escrita, matemática, estudos sociais e ciências. Os meus passatempos incluem representar, D&D e luta com espadas falsas. Acho importante que os cientistas escrevam especialmente para crianças, para que elas possam aprender a pensar criticamente e façam perguntas sobre o funcionamento do mundo. A minha mãe e meu pai são cientistas “loucos” porque enfiaram uma carta de um baralho no cérebro por causa dum truque de magia – ainda bem que o cérebro era feito de gelatina!



### ROADRUNNERS & COBRAS, IDADE: 10–11

Somos uma turma criativa de alunos do quinto ano, ansiosos para aprender mais sobre o mundo. Apreciamos muito pensar criativamente sobre este artigo e aprender mais sobre algo que encontramos todos os dias: ruído. Tivemos uma experiência divertida em fazer parte do Frontiers for Young Minds!

## AUTORES



### ANGELA M. AUBUCHON

O objetivo de investigação da Angela AuBuchon é entender como as pessoas se lembram de informações importantes (e ignoram informações não tão importantes) para resolver um problema. Para saber mais sobre a pesquisa de Angela, segue o seu laboratório @BoysTownWMLL no Facebook. Quando a Angela não está a investigar, ela visita escolas locais para ensinar neurociência aos alunos. A sua lição favorita é ajudar os alunos a dissecar cérebros de ovelhas. Ela também é a treinadora das claque na Platteview High School em Springfield, Nebraska. Go Trojans!, \*[angela.aubuchon@boystown.org](mailto:angela.aubuchon@boystown.org)



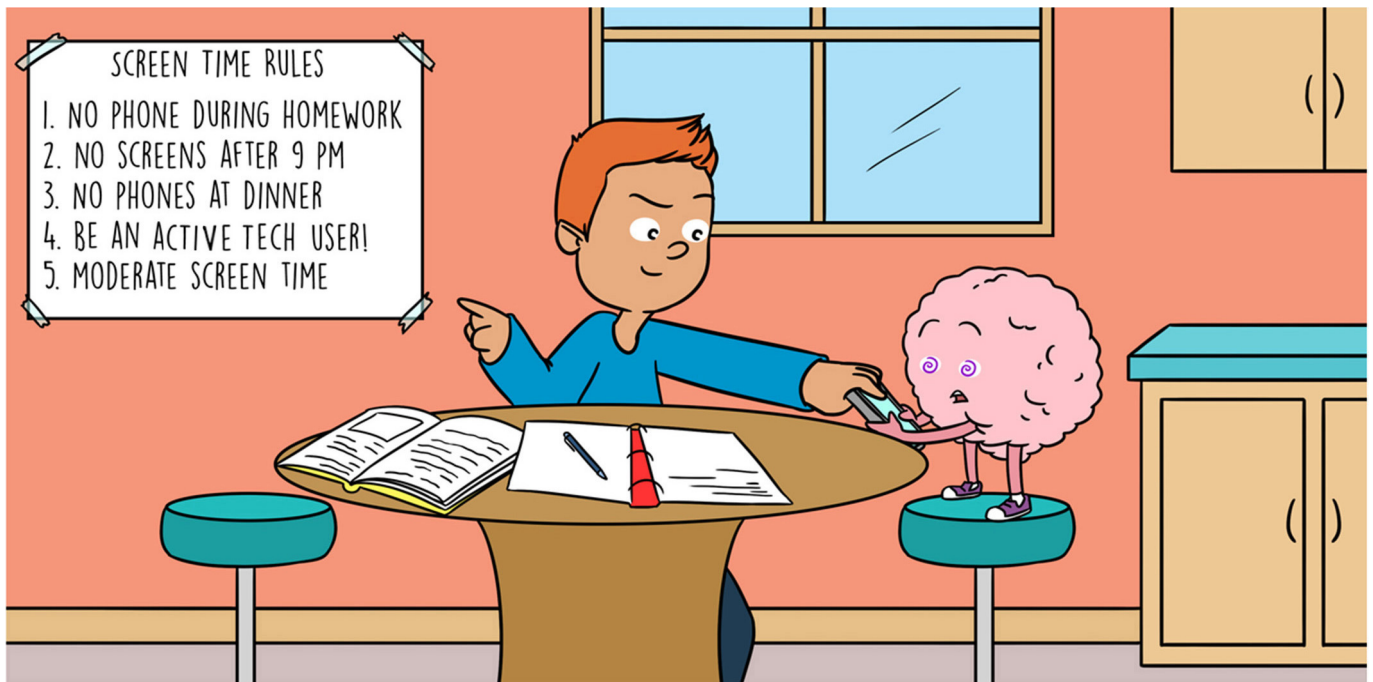
### RYAN W. MCCREERY

Ryan McCreery é um cientista que ajuda crianças que têm perda auditiva a ouvir e aprender. Segue a pesquisa de Ryan em @APCLaboratório no Facebook. Ryan é o diretor de investigação no Hospital Nacional de Pesquisa Boys Town e o pai orgulhoso de três filhos maravilhosos, Liam, Anna, e Charlotte, e dois cães, Lola e Jojo.

Portuguese version provided by  
Versão Portuguesa fornecida por

**JACOBSON**  
**FOUNDATION**  
Our Promise to Youth





## JOGOS MENTAIS: TECNOLOGIA E O CÉREBRO ADOLESCENTE EM DESENVOLVIMENTO

Lucía Magis-Weinberg\* e Estelle L. Berger

Colaboração de Investigação de Adolescentes, Instituto de Desenvolvimento Humano, Universidade da Califórnia, Berkeley, Berkeley, CA, Estados Unidos da América

### JOVEM REVISOR:



SCOTTY

IDADE: 10

O cérebro tem regiões que reagem a coisas excitantes ou recompensadoras, e regiões que o ajudam a planear e controlar os teus impulsos. Ambos trabalham juntos para te ajudar a aprender. À medida que as crianças e adolescentes se desenvolvem e os seus cérebros mudam, o equilíbrio entre as regiões de recompensa e as regiões de controlo muda. Essas mudanças cerebrais tornam as crianças e adolescentes mais dispostos a explorar, assumir riscos e a aprender com os amigos. No entanto, essas mudanças cerebrais também dificultam a regulação do seu comportamento, especialmente quando os amigos estão por perto ou quando há muita agitação. A tecnologia pode aperfeiçoar a aprendizagem ao usar o equilíbrio entre recompensa e controlo. No entanto, alguns recursos tecnológicos também podem promover interações sociais prejudiciais ou dificultar o controlo dos impulsos online. Neste artigo, mostramos como as áreas de controlo e recompensa do cérebro influenciam a aprendizagem. Também discutimos como entender o funcionamento do teu cérebro pode ajudar a promover

uma aprendizagem positiva e capacitar-te a tomar as tuas próprias decisões sobre como passar o tempo online.

## OS ADOLESCENTES CRESCEM ONLINE E OFFLINE

Quando se trata de tecnologia, as crianças e adolescentes são os melhores especialistas. Noventa e cinco por cento dos adolescentes entre os 13 e os 17 anos nos Estados Unidos têm um smartphone, e 94% reportam usar a Internet pelo menos uma vez por dia [1]. À medida que as crianças crescem e se tornam adolescentes, começam a ganhar independência e começam a usar — e possuir — dispositivos eletrónicos, especialmente à medida que transitam para o ensino secundário [2]. A tecnologia oferece muitas oportunidades para te conectares, aprender e divertires-te, dentro e fora da sala de aula. Mas a tecnologia também traz riscos, como distração de outras atividades e relacionamentos, demasiado tempo ligado ou postagem apressada. Tanto os aspetos positivos como negativos da tecnologia podem ser amplificados por algumas características-chave do cérebro adolescente.

## O IMPACTO DA TECNOLOGIA DEPENDE DA QUALIDADE DAS ATIVIDADES ONLINE

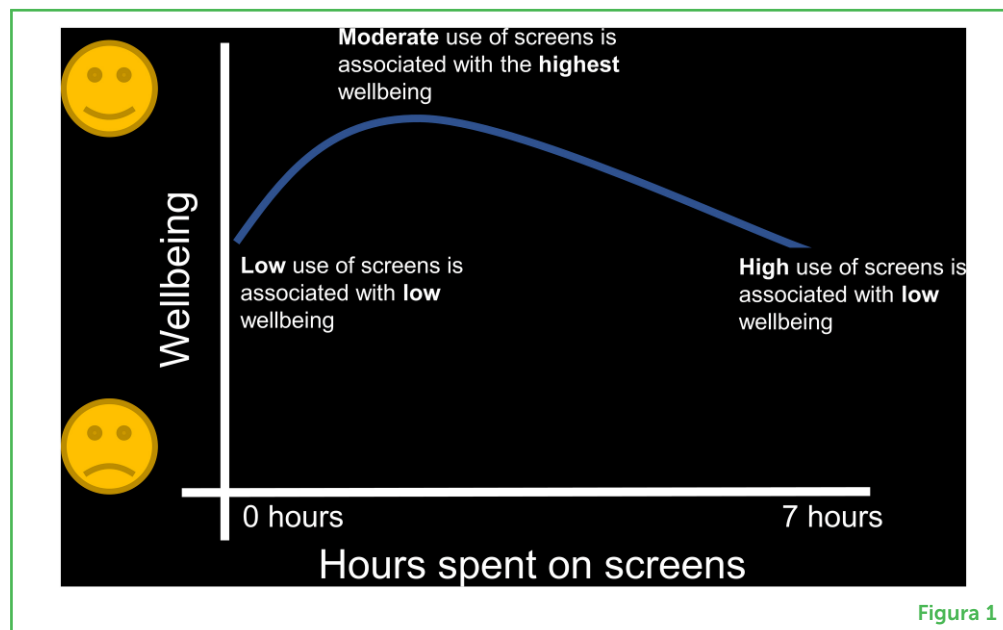
Estudos sobre o uso de tecnologia são difíceis por algumas razões: (1) é difícil relatar com precisão a quantidade de media que usam; (2) é difícil saber se o uso da tecnologia causa más notas e um sentimento de aborrecimento pelas crianças, ou se as crianças já têm notas más e se sentem aborrecidas e assim tendem a usar mais tecnologia; e (3) precisamos de esperar até que cresçam para medir os efeitos a longo prazo. Apesar destes desafios, este estudo é importante e iremos partilhar contigo o que sabemos sobre as relações entre o tempo online e bem-estar.

Os cientistas estão a descobrir que o uso moderado da tecnologia é fundamental (Figura 1): pessoas que passam pouco ou muito tempo usando dispositivos digitais experienciam mais problemas [3].

No entanto, passar uma quantidade moderada de tempo nos dispositivos digitais pode estar associado a experiências positivas, como sentir-se feliz e ligado aos amigos. Atividades de alta qualidade são aquelas que exigem que estejas ativamente envolvido, como conversar com amigos e familiares, trabalhar num projeto, criar conteúdo ou aprender através de vídeos. Atividades de baixa qualidade estão associadas a sentimentos de depressão, inveja e solidão e podem incluir *scroll* passivo, comparares-te com outras pessoas nas redes sociais ou usar os dispositivos noite adentro ou quando precisas de terminar outras tarefas. Além disso, é importante usar a tecnologia com um propósito e evitar multitarefas e distração. Por exemplo, se fazes o trabalho de casa enquanto conversas com amigos, a qualidade de ambas as atividades é afetada. Embora também queiramos saber

**Figura 1**

O uso moderado de ecrãs (computadores, tablets, videojogos e smartphones) está associado ao maior bem-estar, enquanto que ambos os extremos, de baixo e alto uso, estão associados a menor bem-estar (figura adaptada a partir de Przybylski e Weinstein [3]).

**Figura 1**

o efeito disto nos adultos, o facto de que crianças e adolescentes ainda se estão a desenvolver torna-os particularmente vulneráveis a certas características potencialmente negativas da tecnologia (vê a Caixa 1).

### Caixa 1 | Dicas Técnicas para os Adolescentes

1. Presta atenção à qualidade e conteúdo do que fazes online em vez do tempo total online
2. Usa a tecnologia de forma ativa (criando vídeos, escrevendo histórias, conversando com amigos e família, usando vídeos para aprender uma nova atividade) em vez de passivamente (como o *scroll* num perfil de uma celebridade)
3. Evita multitarefas: quando estás a fazer os trabalhos de casa, desliga o teu telefone
4. Certifica-te de que usar os teus dispositivos não está a tirar tempo de exercício físico, dormir o suficiente, fazer os trabalhos de casa e interagir com os amigos e família
5. Quando estás a dormir, mantém o teu dispositivo fora do quarto: em vez disto usa um despertador
6. Desativa todos os padrões em aplicações que podem dificultar o controlo do seu uso, como reprodução automática de vídeo e notificações
7. Assume a responsabilidade pelo teu próprio envolvimento com os medias digitais e cria um contrato de uso de tecnologia que faça sentido para ti e para a tua família

## ADOLESCÊNCIA

Período de desenvolvimento entre a infância e a idade adulta; também conhecido como a juventude (aproximadamente entre 10 e 24 anos de idade).

## DESENVOLVIMENTO SOCIO-EMOCIONAL

A capacidade de entender, expressar e gerir emoções e sentimentos a fim de construir e manter relacionamentos com os outros.

## REDES SOCIAIS E O CÉREBRO SOCIAL

A **adolescência** é o período durante o qual as crianças estão a aprender muito dentro e fora da sala de aula, explorando os seus interesses e descobrindo quem são e como se sentem sobre si mesmas [4]. Entre os 10 e 24 anos, há grandes mudanças no corpo e no cérebro. Durante estes anos, ficamos particularmente sensíveis ao que está a acontecer à nossa volta, porque as nossas redes cerebrais que controlam o **desenvolvimento socio-emocional** (Figura 2, em azul e verde) estão a amadurecer mais rapidamente do

que a nossa rede de controlo cognitivo (Figura 2, em vermelho). A rede de controlo cognitivo é responsável por processos mentais como atenção, memória e tomada de decisões que orientam pensamentos e comportamentos para nos ajudar a atingir os nossos objetivos. Isso significa que a nossa capacidade de tomar decisões e aprender é afetada pela dimensão mais ou menos emocional ou social da situação [2, 5].

## Figura 2

As áreas cerebrais que participam no controlo cognitivo, processamento social e processamento de recompensas são mostradas de diferentes ângulos.

(A) Superfície da metade direita do cérebro, mostrando regiões envolvidas no controlo cognitivo e regiões envolvidas no processamento social.

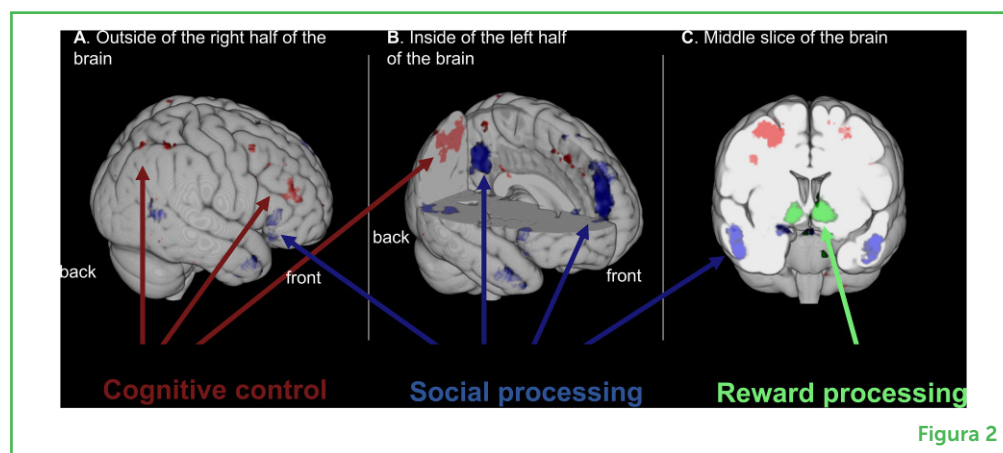
(B) Superfície do meio do lado esquerdo do cérebro (o lado direito foi removido), mostrando áreas-chave da cérebro social. (C) Meio do cérebro (imagina que a pessoa está de frente para ti e uma fatia foi cortada), mostrando regiões que estão envolvidas no processamento de recompensas.

## OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO

Conjunto de capacidades que as pessoas tipicamente devem alcançar durante um período de vida (como aprender a andar, para as crianças, ou tornar-se mais independente dos pais, para adolescentes).

## RECOMPENSA EXTRÍNSECA

Fazendo algo por motivações externas, como ganhar pontos, likes, dinheiro, ou Incentivos.



Os adolescentes **têm metas de desenvolvimento** socio-emocionais muito importantes - como descobrir quem são e desenvolver relacionamentos com outras pessoas - que podem ser influenciadas pelas redes sociais. Os adolescentes são mais suscetíveis a prestar muita atenção ao número de gostos ou seguidores nas redes sociais porque é especialmente importante ser apreciado pelos colegas e sentirmo-nos populares e admirados durante esse período [4, 5]. Esta necessidade de obter **recompensas extrínsecas**, especificamente feedback positivo de amigos, pode ser uma das razões pelas quais a maioria dos adolescentes usa as redes sociais constantemente [6]. As redes sociais podem ser uma ótima ferramenta para te conectares com amigos quando usada de maneira positiva (como aprender mais sobre o que um amigo gosta ou encorajá-lo). Outro aspeto positivo importante das redes sociais é que elas criam oportunidades para desenvolver muitas identidades: quem és como aluno, amigo, irmão ou fã da tua banda favorita [2]. Esta exploração ajuda-te a entender quem és, do que e de quem gostas.

No entanto, o desejo de ser popular também pode impulsionar a necessidade de postar sobre atividades de risco, fazer comentários maldosos ou enviar fotos reveladoras para chamar a atenção. O drama digital, o cyberbullying e a exposição a material inadequado também podem deixar os adolescentes stressados ou aborrecidos e podem prejudicar a reputação de uma pessoa. Quando as emoções estão em alta, é particularmente difícil tomar boas decisões, uma vez que as capacidades de controlo cognitivo ainda estão a amadurecer (Figura 2) [4, 5]. Portanto, quando pensas numa resposta a um amigo que feriu os teus sentimentos ou pensares numa foto a postar, espera

um pouco e pensa se o teu futuro “eu” vai se arrepender ou beneficiar desse traço permanente de opiniões e comportamento. O drama pode na verdade distrair-te do teu bem-estar e da tua experiência escolar, por isso pensa nas estratégias das redes sociais que funcionam melhor para ti.

Alguns recursos das redes sociais, como o facto de poderes gostar, compartilhar e comentar abertamente as mensagens postadas, podem fazer com que as pessoas façam coisas para ter atenção adicional, impressionar um público virtual e comparar-se com outras pessoas. No nosso estudo, descobrimos que adolescentes do ensino secundário que se comparam uns com os outros e procuram comentários através das redes sociais também descrevem sintomas mais depressivos e ansiosos. Além disso, passar muito tempo percorrendo os feeds dos outros pode afetar a autoestima de uma pessoa. No entanto, uma pergunta que os cientistas estão a tentar responder é se as atividades online causam problemas ou se as pessoas que já têm esses problemas tendem a usar as redes sociais de maneiras que podem ser prejudiciais. Mantendo essas alterações socio-emocionais em mente, como podes usar a tecnologia para tornar as tuas amizades mais fortes e evitar as armadilhas sociais dos aparelhos eletrónicos?

## **ficar “VICIADO” EM APARELHOS ELETRÓNICOS**

Quando estás a divertir-te online, pode ser especialmente difícil monitorizar o teu tempo e podes ficar “viciado” nos teus aparelhos – passando muito mais tempo online do que é bom para ti. Pode até parecer que não consegues controlar o tempo ou a atenção que queres dar ao seu dispositivo. Embora o amadurecimento da rede de controlo cognitivo (Figura 2, a vermelho) permite que prestes atenção por períodos mais longos e evites distrações, há limites nas tuas capacidade de te autorregular, especialmente em momentos emocionantes ou emocionais. Lembra-te, durante a adolescência há também um aumento da atividade em regiões do cérebro que respondem a todos os tipos de recompensas, incluindo recompensas sociais (Figura 2, a verde). Algumas atividades gratificantes podem ser benéficas para ti, como fazer amigos ou tirar boas notas. Por outro lado, outras atividades que ativam os teus centros de recompensa também podem ser más, como comer doces, jogar videojogos a noite toda ou participar em atividades perigosas. Ser mais sensível às recompensas torna os adolescentes mais propício a experimentar coisas novas, explorar e agir de forma a que se sintam bem imediatamente [4]. Quando estás online, a necessidade de obter recompensas imediatas pode sobrepor-se à tua capacidade de controlar e pensar no futuro a longo prazo. Jogar, conversar ou estar online a noite toda pode fazer-te sentir bem no momento, mas fica ciente das consequências na manhã seguinte, quando estiveres cansado e mal-humorado na escola (ver a Caixa 1).

## OS EFEITOS DA TECNOLOGIA NO SONO

Qual foi a última coisa que fizeste antes de fechar os olhos ontem à noite? Provavelmente respondeste a uma última mensagem ou adormeceste enquanto assistias a um programa em streaming. Sabemos que o uso da tecnologia afeta o sono, o que, por sua vez, afeta o cérebro, corpo e saúde. Isso tem efeitos negativos na tua capacidade de prestar atenção, aprender e lembrar. A falta de sono também pode fazer-te sentir ansioso ou triste. O uso dos teus aparelhos eletrónicos na cama à noite dificulta o sono e provavelmente está a manter-te acordado mais tarde do que deveria. As notificações automáticas também podem acordar-te a meio da noite! É muito importante que o uso da tecnologia não interfira em hábitos saudáveis de sono, particularmente num momento em que o teu cérebro e corpo estão a desenvolver-se. É uma boa ideia manter os aparelhos eletrónicos fora do teu quarto quando fores para a cama (ver [Caixa 1](#)).

## RETOMAR O CONTROLO!

Felizmente, conhecemos algumas dicas úteis que podem ajudar-te a desvincular-te das redes sociais, jogos e vídeos e retomar o controlo do teu tempo valioso. Se gostas de ver vídeos online, desliga a função "auto-play", que muitas vezes é a configuração padrão em muitas redes. Isso tornará mais fácil decidir quando parar de ver. Antes de ativares uma nova conta, certifica-te de que teu perfil está protegido e desativa as notificações. Muitas vezes, as configurações padrão são desenhadas para manter-te agarrado, porque as empresas estão a competir pela tua atenção e tempo. Assume o controlo escolhendo configurações que te ajudam a usar a tecnologia de uma maneira que pareça certa para ti. Também podes pensar em deixar o teu dispositivo fora do teu quarto à noite, ou talvez desligar o WiFi completamente enquanto estás a fazer os trabalhos de casa, para evitar tentações e distrações. Podes até definir lembretes no teu telemóvel para fazer pausas e executar diferentes atividades, como praticar desportos ou passar tempo com amigos e familiares (Veja [Caixa 1](#)).

Tendo em conta o que agora sabes sobre a maneira como o teu cérebro responde às redes sociais, jogos de computador, vídeos online e outras formas de media digital, pensa numa programação após as aulas e nos finais de semana que permita manter o controlo do teu tempo livre. Sabes quais são as tardes em que tens compromissos depois das aulas e quantas horas demoras a completar os trabalhos de casa à noite. Também sabes que é importante ficar conectado com os teus amigos através das redes sociais, postar no teu canal e jogar os teus jogos favoritos online. Ao criares as tuas próprias regras para o uso da tecnologia, apresentando-as aos teus pais ou professores e, em seguida, beneficiando das regras que criaste para ti mesmo,

## RECOMPENSA INTRÍNSECA

Fazendo algo por motivações internas, como se sentir realizado ou satisfeito contigo mesmo.

serás motivado por recompensas intrínsecas. Simplificando, uma **recompensa intrínseca** é aquela sensação de orgulho ou realização que experimentas quando concluis algo importante para ti. Um sistema desenhado por ti, em colaboração com os adultos que cuidam de ti, pode funcionar melhor do que aquele que te é imposto. Talvez até cries um contrato de uso de tecnologia com toda a tua família. Os pais também lutam para gerir os seus aparelhos eletrónicos, então podes partilhar o que sabes sobre como manter um equilíbrio saudável da media digital.

## APROVEITANDO A TECNOLOGIA AO MÁXIMO

A adolescência é um momento de vida em que descobres quem és, percebes quem és e do que gostas, e desenvolves as ferramentas que precisas para perseguir as tuas paixões. O uso objetivo e com intenção dos teus aparelhos eletrónicos pode ajudar-te a ter sucesso. Pode até haver benefícios positivos para a saúde mental ao conversares com os teus amigos, postares fotos do teu trabalho criativo ou conectares-te com um grupo de pessoas que partilham um interesse comum. Avalia a qualidade e o conteúdo do que fazes online em vez de te fixares no número de horas que passas online. Ao usares a tecnologia, sê ativo ao invés de passivo, e evita multitarefas para aproveitares melhor o teu tempo. Certifica-te de que o uso dos teus aparelhos eletrónicos não prejudica o tempo de exercícios físicos, de sono, de fazer os trabalhos de casa ou de interagir com amigos e familiares. Enquanto os cientistas continuam a investigar o uso da tecnologia e o desenvolvimento do cérebro, é muito importante que assumas a responsabilidade pelo teu envolvimento com os media digitais. Fica no comando do teu dispositivo eletrónico, em vez de o deixares comandar-te.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer com todo o coração àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos.

## REFERÊNCIAS

1. Pew Research Center. 2018. *Teens, Social Media & Technology 2018*. Available online at: <https://www.pewinternet.org/2018/05/31/teens-socialmedia-technology-2018/>
2. Moreno, M. A., and Uhls, Y. T. 2019. Applying an affordances approach and a developmental lens to approach adolescent social media use. *Digit. Health*. 5:2055207619826678. doi: 10.1177/2055207619826678
3. Przybylski, A., and Weinstein, N. 2017. A large-scale test of the Goldilocks hypothesis: quantifying the relations between digital-screen use and the mental

well-being of adolescents. *Psychol. Sci.* 28:204–15. doi: 10.1177/0956797616678438

4. Dahl, R. E., Allen, N. B., Wilbrecht, L., and Suleiman, A. B. 2018. Importance of investing in adolescence from a developmental science perspective. *Nature* 554:441–50. doi: 10.1038/nature25770
5. Mills, K. L., Goddings, A. L., and Blakemore, S. J. 2014. Drama in the teenage brain. *Front. Young Minds* 2:16. doi: 10.3389/frym.2014.00016
6. Rideout, V., and Robb, M. B. 2018. *Social Media, Social Life: Teens Reveal Their Experiences*. San Francisco, CA: Common Sense Media.

**EDITOR:** Sabine Peters

**MENTOR CIENTÍFICOS:** Hector Arciniega

**CITAÇÃO:** Magis-Weinberg L e Berger EL (2022) Jogos mentais: tecnologia e o cérebro adolescente em desenvolvimento. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00076-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Magis-Weinberg L and Berger EL (2020) Mind Games: Technology and the Developing Teenage Brain. *Front. Young Minds* 8:76. doi: 10.3389/frym.2020.00076

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Magis-Weinberg e Berger. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVEM REVISOR

**SCOTTY, IDADE: 10**

A minha cor favorita é vermelho. Os meus filmes favoritos são Space Jam e os Goonies. A minha atividade favorita nos meus tempos livres é praticar desportos e jogar videojogos. Os meus desportos favoritos são basquete e futebol.



## AUTORES

**LUCÍA MAGIS-WEINBERG**

Sou médica e cientista e estudo como a tecnologia impacta o desenvolvimento de crianças e adolescentes e os seus cérebros, particularmente em países da América Latina. Eu uso a tecnologia o tempo todo — para trabalhar, para executar os nossos projetos em outros países, e comunicar com a minha família e amigos que moram





longe — então percebo o poder que vem com as interações online. Através do meu estudo, pretendo ajudar os adolescentes a prosperar num mundo com mudanças tecnológicas aceleradas. \*[l.magisweinberg@berkeley.edu](mailto:l.magisweinberg@berkeley.edu)

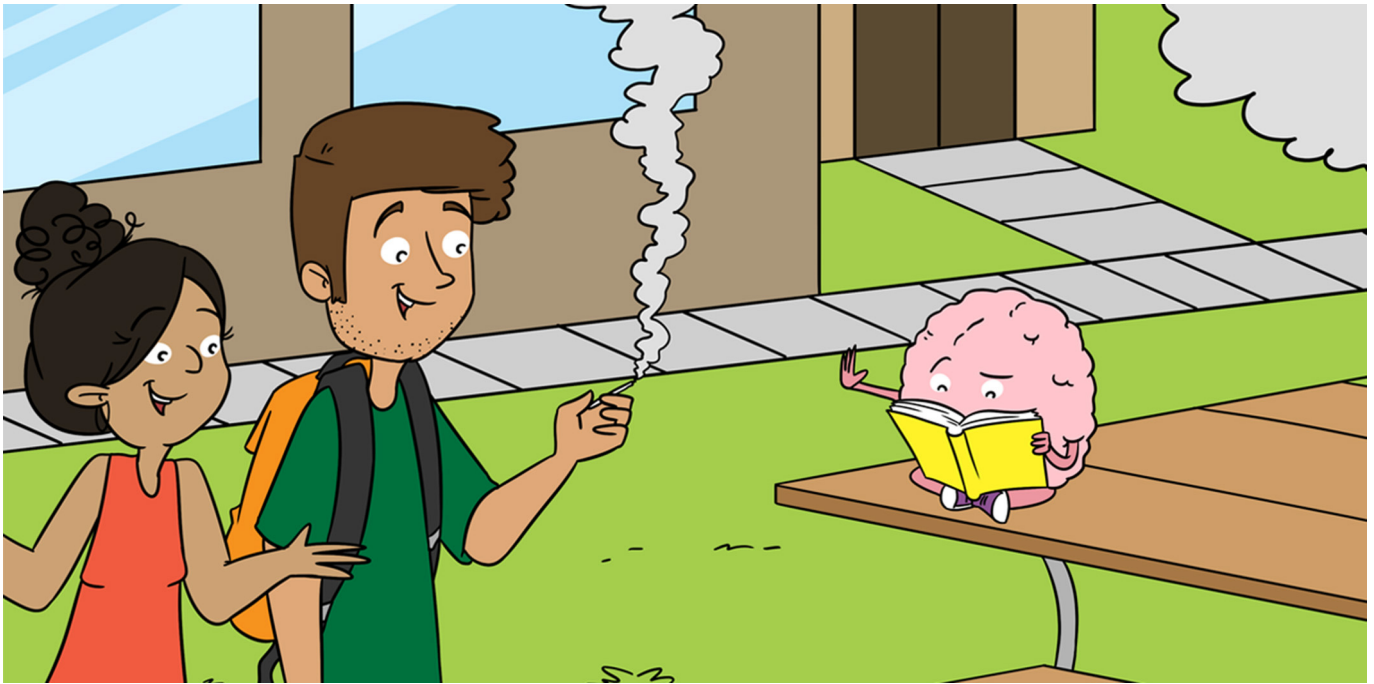


### **ESTELLE L. BERGER**

Sou uma estudante pós-bacharelado de psicologia, e estudo a intersecção entre o desenvolvimento do adolescente, contexto social e uso de tecnologia. Através dos meus estudos, sou continuamente inspirada pelo poder dos jovens para inspirar e criar mudanças significativas no mundo. Fora do laboratório, faço caminhadas, resolvo as palavras cruzadas de domingo ou cuido das minhas plantas.

**Portuguese version provided by**  
Versão Portuguesa fornecida por





## CANÁBIS E O CÉREBRO APRENDIZ

**Lana Vedelago<sup>1,2\*</sup>, Jillian Halladay<sup>1,3</sup>, Catharine Munn<sup>1,4</sup>, Katholiki Georgiades<sup>5,6</sup> e Michael Amlung<sup>1,6</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Psiquiatria e Neurociências Comportamentais, Centro de Investigação de Dependências Peter Boris, Universidade McMaster e Hospital de São José de Hamilton, Hamilton, ON, Canadá

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Neurociências, Universidade McMaster, Hamilton, ON, Canadá

<sup>3</sup>Departamento de Métodos de Investigação em Saúde, Provas e Impacto, Universidade McMaster, Hamilton, ON, Canadá

<sup>4</sup>Centro de Investigação de Canábis Medicinal Michael G. DeGroot, Universidade McMaster, Hamilton, ON, Canadá

<sup>5</sup>Centro de Estudos da Criança Offord, Universidade McMaster, Hamilton, ON, Canadá

<sup>6</sup>Departamento de Psiquiatria e Neurociências Comportamentais, Universidade McMaster, Hamilton, ON, Canadá

### JOVEM REVISOR:



**GREESHMA**

IDADE: 13

Como é que a marijuana (canábis) afeta o desenvolvimento do cérebro, a aprendizagem, e o desempenho acadêmico? A ciência diz-nos que o cérebro continua a desenvolver-se ao longo da adolescência até depois dos 20 anos e, durante esse período, é especialmente sensível ao efeito de drogas como a canábis. Este artigo fornecerá uma visão geral da investigação feita sobre os efeitos a curto e longo prazo da canábis no pensamento, na aprendizagem, e no sucesso académico. Também forneceremos uma visão dos estudos feitos com imagiologia ao cérebro, que permite aos cientistas ver o que está a acontecer no cérebro ao longo do tempo quando os jovens consomem canábis. Esperamos deixar-te com mais respostas do que perguntas, mas terminaremos destacando algumas

## das perguntas não respondidas sobre os potenciais efeitos negativos do uso de canábis na juventude.

### INTRODUÇÃO

Na adolescência, lidas com um número esmagador de escolhas e pressões. Uma escolha que podes enfrentar é experimentar ou não marijuana ou outras drogas. Podes ouvir opiniões diferentes sobre os riscos de experimentar marijuana ou usá-la regularmente. O debate público recente, as mudanças nas leis em torno da marijuana e o seu uso como tratamento para algumas condições médicas levaram algumas pessoas a acreditar que a marijuana é segura e sem riscos para a saúde ou aprendizagem. Este artigo não pretende dizer-te o que fazer, mas sim compartilhar a investigação mais atualizada sobre os efeitos da marijuana no cérebro em desenvolvimento e desafiar alguns dos estereótipos e mitos sobre o uso da marijuana.

A marijuana também é conhecida como canábis ou erva, e tem efeitos psicoativos, o que significa que pode mudar temporariamente a função cerebral e alterar o humor, o pensamento e o comportamento. Depois do tabaco e do álcool, a canábis é a droga mais usada no mundo e é mais frequentemente fumada, vaporizada ou ingerida. Na América do Norte, mudanças recentes nas leis legalizaram o uso de marijuana para maiores de 18 ou 19 anos no Canadá, e mais de 21 na maioria dos estados dos EUA. As pessoas dizem que usam a canábis por várias razões, incluindo pela sensação de "euforia", para "experimentar", para ajudar na socialização ou para fins médicos. Inicialmente, pode parecer que a canábis está a ajudar - por exemplo, ao melhorar o humor ou a tornar as situações sociais um pouco mais fáceis - mas com o uso repetido, a canábis tende a piorar as coisas. A marijuana também pode ter consequências negativas na saúde física e mental, especialmente quando é consumida na adolescência ou quando jovem adulto, usada frequentemente ou em grandes quantidades. A marijuana também pode prejudicar o teu discernimento e capacidade de tomar decisões, e pode levar algumas pessoas a fazer coisas arriscadas que não fariam de outra forma, como conduzir um carro em estado eufórico [1].

Os avanços tecnológicos permitem que os cientistas vejam de perto o aspeto e funcionamento do cérebro. Técnicas de imagiologia do cérebro, como a ressonância magnética (RM), mostraram que o período da adolescência até à idade jovem adulta é de mudanças dramáticas, especialmente em duas partes principais do cérebro. A primeira parte, designada sistema endocanabinoide, ajuda a desenvolver e agilizar as conexões entre as diferentes partes do cérebro [2]. Como podes perceber pelo nome, este sistema é afetado pela canábis. A segunda parte do cérebro que muda muito durante este período, o córtex pré-frontal, é o centro de comando ou

“chefe” do cérebro, responsável por funções como tomar decisões, resolver problemas e controlar o nosso comportamento (Figura 1) [2]. A ciência diz-nos que o sistema endocanabinoide e o córtex pré-frontal continuam a desenvolver-se até aos 20 e poucos anos. Até essa idade, estas partes do cérebro são especialmente sensíveis aos efeitos de produtos químicos como o álcool, a marijuana e outras drogas [2].

### Figura 1

O córtex pré-frontal. A área do cérebro colorida a amarelo nesta imagem é conhecida como o córtex pré-frontal. É o centro de comando do cérebro e é responsável por coisas como tomar decisões, resolver problemas e controlar o nosso comportamento (ilustrado por Madelyn Vedelago).

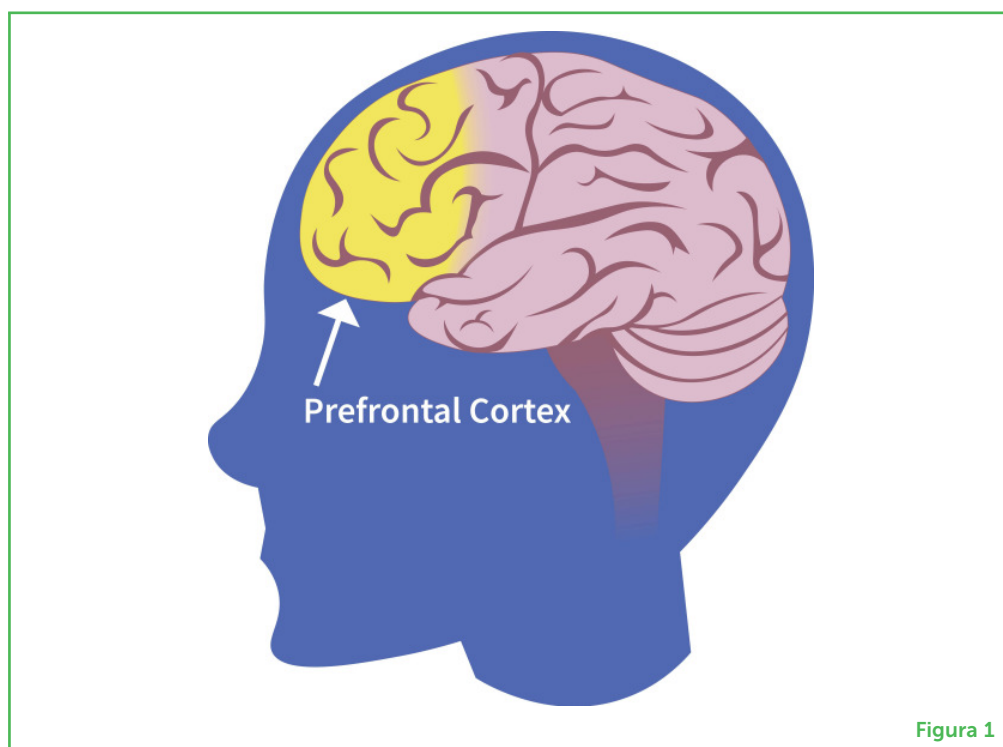


Figura 1

## PERGUNTA 1: QUAIS SÃO OS EFEITOS DE CURTO PRAZO DA MARIJUANA NO CÉREBRO E NA APRENDIZAGEM? COMO É QUE OS CIENTISTAS SABEM ISSO?

Os efeitos a curto prazo da marijuana no cérebro incluem uma variedade de consequências negativas que podem ter impacto nas notas e no sucesso escolar dos adolescentes (Figura 2). Investigadores descobriram que adolescentes que consomem canábis não se saíram tão bem quanto os seus colegas que não consumiam marijuana em tarefas que requerem atenção, aprendizagem, memória e tempo de reação [3]. Isto aconteceu mesmo se os consumidores de marijuana parassem de usar 1 mês antes da experiência. Adolescentes que começam a usar canábis mais jovens (menores de 15 anos) têm um desempenho ainda pior nessas tarefas do que os que começam a usar numa idade mais avançada [2]. Então, o que está a acontecer no cérebro para causar essa redução de desempenho?

Como referido acima, o sistema endocanabinoide no cérebro ainda está em desenvolvimento ao longo da adolescência. Embora o seu

## Figura 2

Os efeitos negativos do uso da canábis durante a adolescência. Como o cérebro ainda está se desenvolvendo quando você é um adolescente, certas habilidades necessárias para ter sucesso na escola como pensar, memória, aprendizado e atenção podem ser impactadas negativamente usando canábé (ilustrado por Madelyn Vedelago).



Figura 2

papel no cérebro ainda não seja inteiramente compreendido, sabemos que o sistema endocanabinoide fortalece conexões importantes e enfraquece as sem importância em áreas do cérebro que são críticas para a aprendizagem e a memória [2]. O uso da marijuana enquanto este sistema ainda está em desenvolvimento pode explicar os problemas com o pensamento, a atenção e a aprendizagem que são observados em adolescentes que consomem marijuana [2].

Usando imagens de ressonância magnética, os cientistas descobriram que uma área específica do córtex pré-frontal era menor em adolescentes que consumiam marijuana intensamente comparados com adolescentes que não consumiam marijuana [4]. O grupo de consumidores de marijuana também tendia a ser mais impulsivo, isto é, a fazer as coisas sem pensar [4]. Numa tarefa em que se tem de usar a memória, os consumidores de marijuana exibiram menor atividade no córtex pré-frontal comparado com não-utilizadores [3]. Em geral, parece que o uso da canábis pode interferir tanto com o tamanho quanto com a atividade do córtex pré-frontal, o que é muito importante para a aprendizagem.

## PERGUNTA 2: QUAIS SÃO OS EFEITOS A LONGO PRAZO DA MARIJUANA NO SUCESSO ESCOLAR?

Estudos sugerem que as pessoas que consomem marijuana em grande quantidade na adolescência não se dão tão bem na escola, ou seja, têm menos probabilidade de atingir níveis mais elevados de sucesso escolar. Um estudo que observou pessoas desde a adolescência até a idade adulta concluiu que indivíduos que usam marijuana na adolescência e continuam a usar ao longo da vida

tendem a ficar na escola por menos anos do que aqueles que não usaram marijuana durante a adolescência [5]. Por que razão? Mais estudos são necessários para ter a certeza sobre como o uso de marijuana afeta o sucesso escolar, mas é possível que as mudanças no cérebro que ocorrem quando a marijuana é consumida na adolescência possam explicar isso. Ou pode ser devido aos efeitos negativos de curto prazo da marijuana na memória, atenção e motivação, o que pode levar a notas mais baixas no ensino secundário e probabilidades reduzidas de entrar na universidade.

### **PERGUNTA 3: PODE O EFEITO NEGATIVO DA MARIJUANA NA APRENDIZAGEM SER REVERTIDO?**

A boa notícia é que, devido às rápidas mudanças e reorganização que acontecem no cérebro adolescente, os adolescentes podem ser mais capazes de recuperar dos efeitos de toxinas como o álcool, marijuana e outras drogas. Por exemplo, cientistas observaram que quando os consumidores de marijuana pararam de consumir durante 3 meses, a maior parte dos seus problemas com a memória, aprendizagem e atenção voltaram ao normal [3].

### **CONCLUSÃO**

Em geral, a pesquisa sugere que a marijuana pode ter efeitos negativos, especialmente quando o uso começa na adolescência e na idade jovem adulta. No entanto, os resultados dos estudos também não são claros e muito permanece desconhecido, porque ainda não foram feitos estudos suficientemente claros. Além disso, a maioria dos estudos que já foram feitos focam-se nas ligações (ou correlações) entre o uso de marijuana e as diferenças no cérebro. Isso significa que ainda não sabemos se a marijuana é a causa dessas diferenças ou se essas diferenças existiam antes do início do consumo de marijuana. Embora ainda tenhamos muito que aprender sobre os efeitos do uso da marijuana, a maioria dos médicos, investigadores e governos recomendam não usá-la durante a adolescência.

Se estás a pensar em experimentar marijuana, pode ser útil colocar algumas perguntas a ti próprio:

- Porque quero experimentar marijuana? Estou a tentar fugir de algo ou encobrir um problema?
- Como posso saber se a marijuana está a afetar a minha capacidade de aprender ou de ir à escola? Como saberei se o uso de marijuana está a ser um problema para mim?
- Com quem poderei falar ou onde poderei encontrar ajuda se eu ou um dos meus amigos começasse a ter problemas com a marijuana?

Pensar nestas perguntas irá ajudar-te a tomar as melhores decisões para ti e para o teu cérebro aprendiz.

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

LV, JH, CM, KG e MA contribuíram para a conceção e elaboração do manuscrito. LV escreveu o primeiro rascunho do manuscrito. Todos os autores contribuíram na revisão do manuscrito, leram e aprovaram a versão submetida.

## AGRADECIMENTOS

As ilustrações foram gentilmente fornecidas por Madelyn Vedelago. Os autores agradecem a Jane Jomy pelas contribuições para a revisão da literatura para este artigo. Os autores reconhecem e admitem que a terra em que este trabalho foi concluído é o território tradicional das Nações Mississauga e Haudenosaunee, e dentro das terras protegidas pelo acordo wampum “Prato com Uma Colher”. Os autores também agradecem àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Fundação Jacobs por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos.

## REFERÊNCIAS

1. Carliner, H., Brown, Q. L., Sarvet, A. L., and Hasin, D. S. 2017. Cannabis use, attitudes, and legal status in the U.S.: a review. *Prev. Med.* 104:13–23. doi: 10.1016/j.ypmed.2017.07.008
2. Fontes, M. A., Bolla, K. I., Cunha, P. J., Almeida, P. P., Jungerman, F., Laranjeira, R., et al. 2011. Cannabis use before age 15 and subsequent executive functioning. *Br. J. Psychiatry* 198:442–7. doi: 10.1192/bjp.bp.110.077479
3. Jacobus, J., Bava, S., Cohen-Zion, M., Mahmood, O., and Tapert, S. F. 2009. Functional consequences of marijuana use in adolescents. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 92:559–65. doi: 10.1016/j.pbb.2009.04.001
4. Churchwell, J. C., Lopez-Larson, M., and Yurgelun-Todd, D. A. 2010. Altered frontal cortical volume and decision making in adolescent cannabis users. *Front. Psychol.* 1:225. doi: 10.3389/fpsyg.2010.00225
5. Ryan, A. K. 2010. The lasting effects of marijuana use on education attainment in midlife. *Subst. Use Misuse* 45:554–97. doi: 10.3109/10826080802490238

**EDITOR:** Sabine Peters

**MENTOR CIENTÍFICOS:** Juan Castillo

**CITAÇÃO:** Vedelago L, Halladay J, Munn C, Georgiades K e Amlung M (2022) Canábis e o cérebro aprendiz. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00052-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Vedelago L, Halladay J, Munn C, Georgiades K and Amlung M (2020) Cannabis and the Learning Brain Front. Young Minds 8:52. doi: 10.3389/frym.2020.00052

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Vedelago, Halladay, Munn, Georgiades e Amlung. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVEM REVISOR



### GREESHMA, IDADE: 13

O meu nome é Greeshma e tenho 13 anos. Os meus pais são engenheiros de *software*, e as minhas disciplinas favoritas na escola são matemática e ciências. Fora da escola, adoro jogar vólei e participar em clubes de ciências.

## AUTORES



### LANA VEDELAGO

Sou uma estudante de pós-graduação estudando vícios e problemas relacionados com a saúde mental. Estou interessada em melhorar a vida das pessoas que lidam com essas questões. Quando não estou no laboratório, sou voluntária num abrigo de animais, gosto de dançar e fazer ponto cruz! \*[vedelagl@mcmaster.ca](mailto:vedelagl@mcmaster.ca)



### JILLIAN HALLADAY

Sou enfermeira de saúde mental e investigadora. Estou interessada em descobrir como os jovens podem ser bem-sucedidos e felizes enquanto jovens e quando crescem. Uma boa parte da minha pesquisa concentra-se em se e como substâncias (principalmente marijuana e álcool) e preocupações de saúde mental ocorrem em conjunto. No meu tempo livre gosto de levantar pesos, jogar jogos de tabuleiro e fazer caminhadas!



### CATHARINE MUNN

Sou médica (psiquiatra), educadora e investigadora focada em saúde mental e uso de substâncias em estudantes universitários. Gosto de ler livros, fazer exercício, estar ao ar livre e sair com a minha família e amigos.



**KATHOLIKI GEORGIADES**

Sou Professora Associada no Departamento de Psiquiatria e Neurociências Comportamentais, Universidade McMaster. A minha investigação examina as disparidades sociais na saúde mental de crianças e no acesso a serviços e apoios eficazes de saúde mental. No meu tempo livre, gosto de passar tempo com a família e amigos e viajar pela Grécia e Chipre.

**MICHAEL AMLUNG**

Sou professor assistente de psiquiatria na Universidade McMaster em Ontário, Canadá. Estou interessado em compreender a base cerebral do consumo de álcool e drogas e como eles se relacionam com outros problemas de saúde mental. Esperamos que a nossa pesquisa melhore os tratamentos para pessoas que lutam contra vícios. Gosto de trabalhar com os meus alunos e colegas em diversos estudos empolgantes usando exames ao cérebro e outros tipos de tecnologia. No meu tempo livre, gosto de cozinhar, viajar e passar tempo com a minha família.

**Portuguese version provided by**  
Versão Portuguesa fornecida por





## UMA BOA NOITE DE SONO: FUNDAMENTAL PARA MENTES JOVENS

M. Elisabeth Koopman-Verhoeff<sup>1,2,3</sup> e Jared M. Saletin<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Investigação do Sono do Hospital EP Bradley, Escola Médica Alpert da Universidade de Brown, Providence, RI, Estados Unidos

<sup>2</sup>Departamento de Psiquiatria e Comportamento Humano, Escola Médica Alpert da Universidade de Brown, Providence, RI, Estados Unidos

<sup>3</sup>O Grupo de Estudo da Geração R, Centro Médico Erasmus, Roterdão, Países Baixos

### JOVENS REVISORES:



JACOB

IDADE: 12

ST.

BERNARD  
REGIONAL  
CATHOLIC  
SCHOOL

IDADE: 11–14



Durante a tua vida, irás dormir quase 250,000 horas. Porque precisamos dormir tanto? O sono não é apenas um descanso durante a noite, mas é também necessário para que o teu corpo e cérebro sejam saudáveis, especialmente à medida que cresces. Por exemplo, uma boa noite de sono permite que prestes mais atenção e aprendas no dia seguinte. Quando e por quanto tempo dormes irá mudar à medida que cresces. Então, como sabes quanto deves dormir ou quando deves ir para a cama à noite? Aqui, compartilharemos as respostas a essas perguntas e muito mais. Estudámos a ciência do sono e agora entendemos um pouco mais o que o teu cérebro faz durante a noite: manter-te saudável, alerta e pronto para a escola e diversão no dia seguinte. Se leres isto antes de dormir, terás com certeza ZZZ's suficientes esta noite.

### NÚCLEO SUPRAQUISMÁTICA (NSQ)

Uma pequena região profunda no cérebro que forma o “relógio biológico” e gera os ritmos circadianos.

### RITMO CIRCADIANO

Uma das duas maneiras de saber quando dormir. O padrão natural de dormir e acordar que se repete a cada 24 horas em resposta à luz.

### HOMEOSTATO DO SONO

Uma das duas maneiras que sabemos quando dormir. A necessidade de sono aumenta à medida que ficamos acordados e diminui à medida que dormimos.

De todas as coisas que fazes, o que é que fazes mais? Não é comer ou beber, é dormir! Passamos uma terça parte das nossas vidas a dormir. Os cientistas têm estudado o sono há décadas para perceber porque dormimos. Enquanto o teu corpo fica quieto na cama, o teu cérebro está a processar as informações do dia para preparar-te para o amanhã. Aqui iremos explicar o quê, quando, porquê, e o como do sono e como muda à medida que cresces.

## QUANDO DORMES?

Se perguntássemos: “Quando dormes?” poderias responder, “à noite!” ou “quando estou cansado!” Acontece que ambas as respostas estão certas. Os humanos preferem dormir à noite, o que nos torna diurnos, ao contrário dos animais noturnos que dormem durante o dia. Essa preferência é fixa. No fundo do cérebro está o **núcleo supraquiasmático (NSQ)**. O NSQ é o teu relógio biológico. Diz o tempo para cada parte do teu corpo. Chamamos isso **ritmo circadiano** (circadiano é o termo grego para “cerca de um dia”, porque o ritmo de dormir e acordar repete-se uma vez a cada 24 horas). Como qualquer relógio, o NSQ pode ser restabelecido, baseado no momento em que vemos a luz do sol. Quando viajamos, os nossos corpos ajustam-se ao novo padrão de luz. É por isso que as pessoas que viajam da América do Norte para a Austrália podem ajustar-se a um novo padrão de sono em alguns dias.

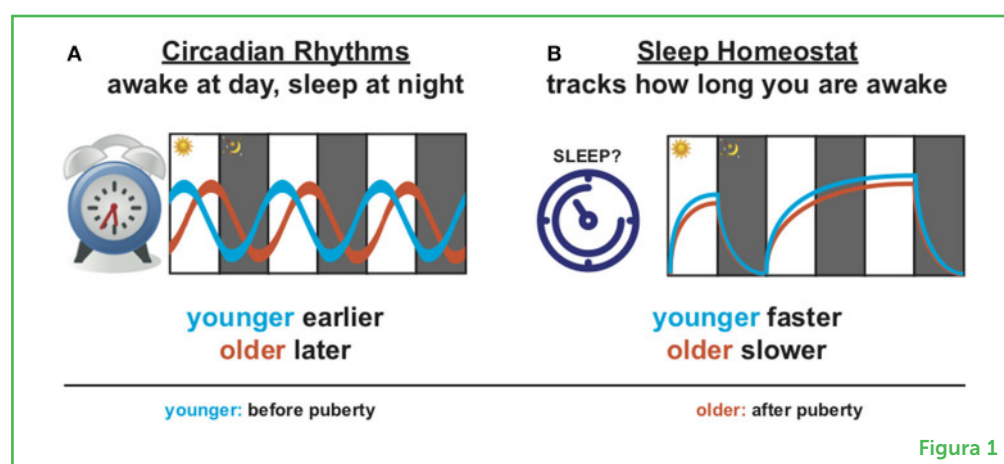
Dizer: “Durmo quando estou cansado”, também é verdade. Já tiraste uma soneca no meio do dia? Outro sistema no cérebro mantém registro de quanto tempo estiveste acordado e quanto tempo dormiste na noite anterior. Chamamos isso de **homeostato do sono**. Homeostato soa como outra palavra: “termostato”, que é uma boa maneira de pensar nela. Assim como um termostato liga o ar condicionado quando está muito quente e desliga quando está muito frio, o homeostato do sono regista há quanto tempo estás acordado. A tua necessidade de dormir aumenta ao longo do dia e, quando chega a um certo ponto, adormeces. Depois de descansar, o homeostato do sono desliga e permite que acordes, e o processo repete-se todos os dias. O homeostato do sono, no entanto, não sabe se é dia ou noite lá fora, apenas se estás acordado ou a dormir. Se te forçares a ficar acordado a noite inteira, a necessidade de dormir continuará a crescer durante a noite até que finalmente vais dormir. Se fizeres uma noitada, podes estar muito cansado e vais demorar mais para pagar essa necessidade de sono (assim como demoraria mais para o A/C arrefecer uma sala superaquecida). O ritmo circadiano e o homeostato do sono, em última análise, trabalham juntos, e é por isso que podes sentir-te alerta no meio do dia, mesmo que não tenhas dormido muito na noite anterior, ou porque de repente te sentes cansado à noite, mesmo que tenhas acordado tarde nesse dia.

## COMO MUDA O TEU SONO À MEDIDA QUE ENVELHECES?

Pensa no teu sono. Provavelmente dormes de maneira diferente agora comparado com quando eras um bebé ou uma criança. O NSQ e o homeostato do sono mudam à medida que crescemos (Figura 1). Quando atinges a puberdade, o teu NSQ age como se mudasses de fuso horário. O teu corpo quer acordar mais tarde e ir para a cama mais tarde. Em algum momento, aos vinte e poucos anos, o NSQ começa a reverter novamente (Figura 1A).

### Figura 1

Por que dormes quando dormes? Em cada gráfico, o sono de crianças mais novas (6–13 anos) é descrito a azul e o de crianças mais velhas (14–17 anos) é traçado a Laranja. Barras escuras indicam a noite; barras claras indicam o dia. (A) Ritmos Circadianos: o relógio biológico, organizado pela SNC, mantém-nos acordados durante o dia e a dormir à noite. É afetada pela luz, surge a cada 24 horas e muda durante a adolescência. (B) Homeostato do Sono: o termostato do sono e vigília. Regista há quanto tempo estamos acordados. A necessidade de sono aumenta ao longo do dia à medida que permanecemos acordados e diminui durante a noite enquanto dormimos. Se não dormirmos, o homeostato regista que estamos acordados, até que possamos dormir novamente. À medida que envelhecemos, esse processo é mais lento, permitindo ficar acordados mais tempo antes de precisarmos dormir.



Quanto ao homeostato do sono, durante a puberdade, a tua necessidade de sono aumenta um pouco mais lentamente do que quando eras jovem. Dito de outra forma, se nos lembrarmos do exemplo do termostato, reduziste a velocidade de aquecimento da sala, de modo que o A/C demora mais a ligar (Figura 1B). Como o NSQ e o homeostato mudam durante a puberdade, fica mais fácil ficar acordado até tarde.

## DE QUANTO SONO PRECISAS?

A Fundação Nacional do Sono recomenda que crianças em idade escolar (6 a 13 anos) durmam entre 9 e 11 horas por noite. Aos adolescentes é recomendado dormir 8-10 horas por noite e aos adultos cerca de 7-9 horas [1]. Se fores um estudante, particularmente nos Estados Unidos, podes achar difícil conseguir essa quantidade de sono nas noites escolares. À medida que passas pela puberdade, o teu corpo quer ir para a cama mais tarde e dormir mais. Mas a escola (particularmente no EUA) muitas vezes começa muito cedo! Isso torna difícil aos adolescentes dormirem o suficiente nas noites escolares [2]. No fim-de-semana, provavelmente perdeste tanto sono que te sentes particularmente sonolento, e poderias dormir a mais dramaticamente uma vez que o teu homeostato do sono trabalha a mais para recuperar o sono que precisas. Se dormires todo o

fim-de-semana, no entanto, o despertar na segunda-feira de manhã pode ser uma experiência terrível.

## PORQUE PRECISAS DE DORMIR?

O sono é fundamental para o corpo e a mente. No teu corpo, o teu metabolismo (como digeres e usas os alimentos), o teu sistema imunológico (quão rápido superas uma doença), e a tua aptidão física (como o exercício afeta o teu corpo) beneficiam de uma boa noite de sono. Iremos focar num órgão no teu corpo: o teu cérebro. Todas as funções da tua mente dependem das diferentes regiões do teu cérebro.

Por exemplo, o teu cérebro controla a tua capacidade de prestar atenção (tal como ficar focado na sala de aula), aprender e lembrar (ao fazer um teste, por exemplo), e processar emoções (como não ficar muito rabugento se as coisas não forem como queres). Iremos focar na atenção e emoção, e como são ajudados pelo sono (Figura 2).

### Figura 2

Regiões do cérebro afetadas pelo sono. Uma visão lateral do cérebro, como se olhássemos por dentro de a orelha. Duas regiões são impactadas por uma boa noite de sono e ajudam a saúde cerebral: O córtex pré-frontal (azul) é fundamental para prestar atenção na escola; e a amígdala (rosa) é um centro importante para regular a emoção e humor.

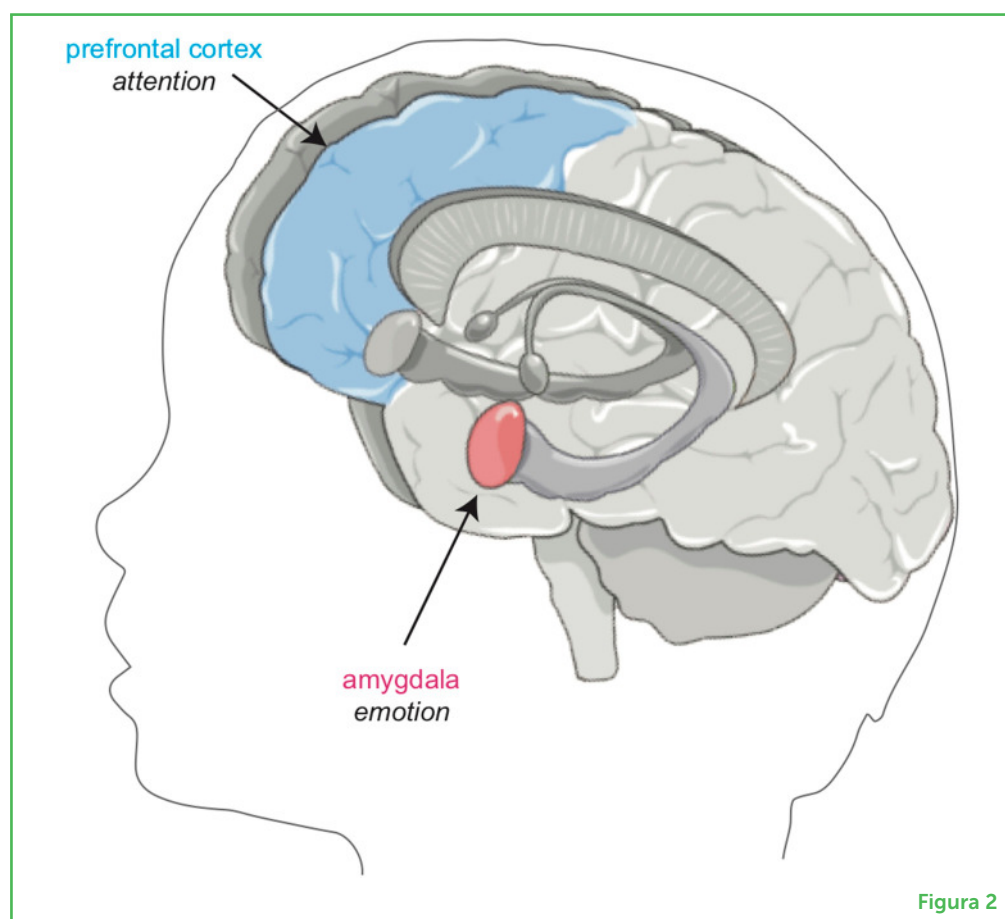


Figura 2

### Atenção

Já tentaste prestar atenção na aula depois de uma noite sem sono? É difícil. A última parte do cérebro a se desenvolver totalmente,

## CÓRTEX PRÉ-FRONTAL

A parte frontal do cérebro, crítico para prestar atenção e planeamento.

## AMÍGDALA

Uma pequena região no meio do cérebro responsável pelo processamento de emoções.

o **córtex pré-frontal (CPF)**, localiza-se à frente do cérebro. Esta região especial é fundamental para prestar atenção, planear e alternar entre tarefas. Se não dormiste na noite anterior, ou dormiste apenas um pouco, o CPF não pode funcionar de forma eficiente no dia seguinte [3], tornando-se mais difícil concentrar sem se distrair. Se não dormiste o suficiente, estudar à noite também fica difícil. Os alunos costumam perguntar se é melhor ir para a cama ou ficar acordados até tarde para estudar. Esperamos que, neste ponto, possas adivinhar a resposta certa. Os dados mostram que dormir é importante para as notas! Uma hora extra de sono foi associada a uma melhoria de 3 a 5 pontos nas notas de testes padronizados [4].

## Emoção

Depois de uma noite sem dormir bem, muitas vezes sentimo-nos mais irritáveis. O sono está envolvido em manter-nos felizes e controlar as emoções. O sono refaz diretamente os centros emocionais do nosso cérebro, como a **amígdala** [3]. Isso significa que não só o teu humor é mais estável depois de uma boa noite de sono, mas também és mais capaz de responder a eventos emocionais na tua vida. Quando olhas para a cara dos teus amigos, podes sentir se estão zangados, tristes ou felizes. Mas quando o sono é privado, perdemos a capacidade de diferenciar essas emoções. Uma noite bem dormida ajuda-nos a processar estes sinais complicados de maneira que somos mais capazes de detetar, processar e reagir a emoções.

## O SONO E A SAÚDE MENTAL EM CRIANÇAS

Todos nós temos algumas noites más de sono que podem nos afetar no dia seguinte. A boa notícia é que restaurar hábitos de sono saudáveis geralmente corrigirá esses problemas imediatamente. No entanto, algumas crianças podem ter dificuldades prolongadas de sono que podem afetar a sua saúde mental a longo prazo. Devido à forma pela qual o sono afeta o cérebro, problemas de sono e problemas de saúde mental [como transtorno de défice de atenção/hiperatividade (TDAH), autismo, ansiedade ou depressão] frequentemente andam de mãos dadas. Crianças e adolescentes com problemas de saúde mental também podem ter problemas a adormecer e/ou permanecer a dormir, ou dificuldade em acordar. Ainda estamos a tentar compreender a conexão entre o sono e saúde mental, para determinar se ajudar crianças a dormir melhor pode ajudar crianças com problemas de saúde mental [5].

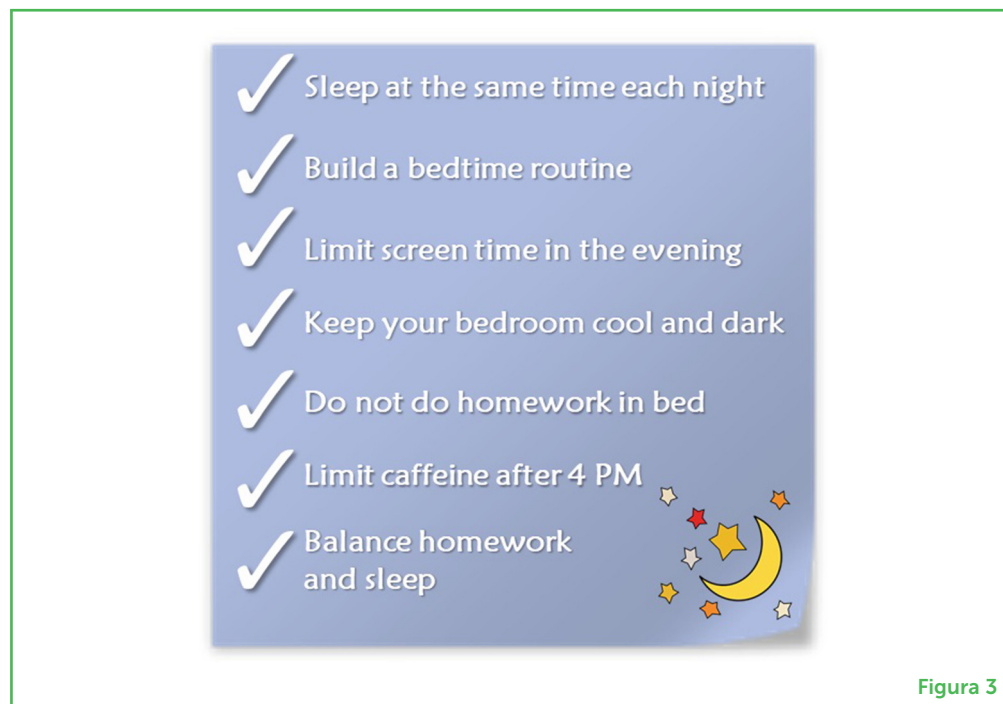
## COMO PODES TER UM SONO SAUDÁVEL?

Esperamos que estejas convencido que dormir é importante. Mas o que podes fazer para dormir melhor?

Um bom sono começa com bons hábitos de sono (**Figura 3**). Primeiro, vai para a cama ao mesmo tempo todas as noites, para manter o NSQ

### Figura 3

Dicas para bons hábitos de sono. Um bom sono começa com bons hábitos de sono. Trabalhar em cada uma dessas dicas vai ajudar-te a obter o melhor sono que puideres a cada noite, e sentir-te descansado e pronto para a escola no dia seguinte.



e o homeostato de sono a funcionar corretamente. Em segundo lugar, constrói uma rotina de dormir para facilitar ir para a cama, como ler um livro ou escurecer as luzes. Terceiro, tenta limitar a quantidade de tempo de ecrã digital antes de dormir. Tudo isto por dois motivos: (1) a luz dos dispositivos pode induzir o teu NSQ a pensar que ainda é dia e (2) a excitação com jogos, programas de TV e a internet podem impedir-te de dormir. Quarto, mantém o teu quarto simples, arejado, escuro e livre de distrações como TVs e dispositivos (tenta não levar o telemóvel para a cama). Quinto, quando possível, tenta não fazer o trabalho de casa na cama; mantém a tua cama só para dormir. Por fim, tenta limitar a cafeína (refrigerantes, bebidas energéticas, café/chá) durante o dia e evita essas bebidas após as 16 horas. A cafeína basicamente engana o teu homeostato do sono, fazendo-te sentir menos sonolento, mas sem diminuir a necessidade de sono, o que não é útil quando as aulas começam no horário normal no dia seguinte.

Falando em escola — é importante que professores e diretores entendam que o sono é fundamental para a aprendizagem e a saúde.

Os cientistas estão a trabalhar com escolas e governos para que a escola comece mais tarde para os adolescentes. Se sentes que a tua escola começa cedo demais para teres uma boa noite de sono, diz aos teus professores ou escreve uma carta ao teu governo, ministros e/ou presidente. Diz-lhes porque é que é importante para as escolas proteger a saúde do sono para todos.

## DORMIR: AFINAL PARA QUE SERVE?

O sono é um dos mais fortes preditores da saúde, mas por que dormimos é um mistério para nós. Esperamos que tenhamos lançado alguma luz sobre esse mistério e que vocês, os vossos professores e pais possam entender melhor e aplicar o poder do sono para apoiar o sucesso de aprendizagem, a saúde emocional e a saúde cerebral. Esperamos que durmas bem esta noite.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Dra. Mary Carskadon e Chloë Bergmark pela sua orientação. Os autores também gostariam de agradecer àqueles que ajudaram na tradução dos artigos desta Coleção para torná-los mais acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por providenciar os fundos necessários para traduzir os artigos. MK-V foi apoiado pela Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences (KNAW Ter Meulen Grant) e uma Bolsa Fulbright. JS foi apoiado pela NIMH (K01MH109854), pela Rhode Island Foundation e pela Jacobs Foundation.

## REFERÊNCIAS

1. Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., et al. 2015. National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary. *Sleep Health* 1:40–3. doi: 10.1016/j.sleh.2014.12.010
2. Crowley, S. J., Wolfson, A. R., Tarokh, L., and Carskadon, M. A. 2018. An update on adolescent sleep: new evidence informing the perfect storm model. *J. Adolesc.* 67:55–65. doi: 10.1016/j.adolescence.2018.06.001
3. Krause, A. J., Simon, E. B., Mander, B. A., Greer, S. M., Saletin, J. M., Goldstein-Piekarski, A. N., et al. 2017. The sleep-deprived human brain. *Nat. Rev. Neurosci.* 18:404–18. doi: 10.1038/nrn.2017.55
4. Dewald, J. F., Meijer, A. M., Oort, F. J., Kerkhof, G. A., and Bogels, S. M. 2010. The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: a meta-analytic review. *Sleep Med. Rev.* 14:179–89. doi: 10.1016/j.smrv.2009.10.004
5. Gregory, A. M., and Sadeh, A. 2016. Annual research review: sleep problems in childhood psychiatric disorders—a review of the latest science. *J. Child Psychol. Psychiatry* 57:296–317. doi: 10.1111/jcpp.12469

**EDITOR:** Nienke Van Atteveldt

**MENTORES CIENTÍFICOS:** Elizabeth Johnson e Paul Nealen

**CITAÇÃO:** Koopman-Verhoeff ME e Saletin JM (2022) Uma boa noite de sono: fundamental para mentes jovens. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00077-pt



**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** Koopman-Verhoeff ME and Saletin JM (2020) A Good Night'S Sleep: Necessary for Young Minds. *Front. Young Minds* 8:77. doi: 10.3389/frym.2020.00077

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 Koopman-Verhoeff e Saletin. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática académica aceite. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES



### JACOB, IDADE: 12

Olá, tenho 12 anos. O sono é a base da vida, então crianças, prestem atenção na sala de aula. Eu sou um tipo desportivo. Pratico desportos como basebol, basquete, futebol americano e futebol. O meu gosto pela leitura é muito extenso. Eu adoro comida, da mesma maneira que os outros 7,8 mil milhões de pessoas no mundo. Gosto especialmente de comidas asiáticas e americanas. Tenho dois irmãos, dois pais, e espero ser engraçado... Tu também és, então continua a tentar.



### ST. BERNARD REGIONAL CATHOLIC SCHOOL, IDADE: 11-14

Um grupo eclético de alunos do ensino secundário e futuros engenheiros, professores, políticos, dançarinos, músicos, médicos e militares. Gostamos de colocar perguntas e indagar sobre o mundo. Muitos de nós anseiam por atribuições e empregos futuros que exijam criatividade e resolução de problemas. Nesse ínterim, no entanto, gostamos do nosso professor divertido e com excesso de cafeína, e interrompemos as nossas aulas com comentários espirituosos e ruídos de animais. Um equilíbrio perfeito entre aprendizagem e diversão!

## AUTORES



### M. ELISABETH KOOPMAN-VERHOEFF

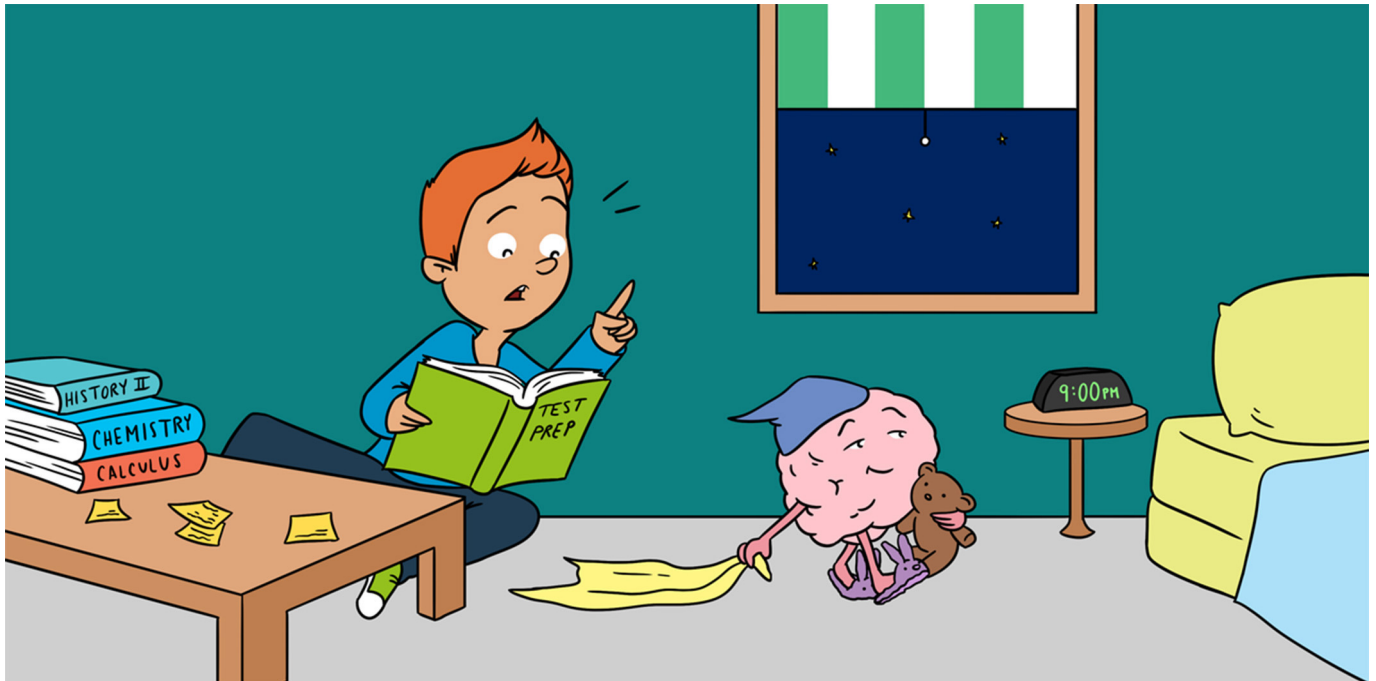
Elize é uma psicóloga e investigadora no departamento da Psiquiatria/Psicologia da Criança e Adolescente no Erasmus Medical Center em Roterdão, Países Baixos. Ela estuda o sono e a saúde mental no Generation R Study, um estudo que acompanha o desenvolvimento de cerca de 7,000 crianças de Roterdão. Nos seus tempos livres Elize adora fazer caminhadas, ler muitos livros e cozinhar para os seus amigos e familiares. Curiosidade: ela adora ir para a cama cedo e levantar-se antes das 7 da manhã (também no fim de semana).

**JARED M. SALETIN**

Jared é investigador do sono e Professor Auxiliar de psiquiatria e comportamento humano na Brown University em Providence, RI, EUA. Ele estuda como dormir ajuda crianças e adolescentes, e os seus cérebros, a aprender e a prestar atenção. Ele espera que sua pesquisa ajude os jovens a terem sucesso na escola após uma noite de sono saudável. No seu tempo livre, ele gosta de passar o tempo com amigos, família (e o seu gato), cozinhar, viajar, jogar jogos de tabuleiro e tentar fazer pão. \*[jared\\_saletin@brown.edu](mailto:jared_saletin@brown.edu)

**Portuguese version provided by**  
Versão Portuguesa fornecida por





## DE ZZZS A AAAS: PORQUE DORMIR É UMA PARTE IMPORTANTE DO TEU PLANO DE ESTUDOS

Emma James<sup>1\*</sup>, Ann-Kathrin Joechner<sup>2\*</sup> e Beate E. Muehlroth<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Psicologia, Universidade de York, York, Reino Unido

<sup>2</sup>Centro de Psicologia da Longevidade, Instituto Max Planck para o Desenvolvimento Humano, Berlim, Alemanha

### JOVENS REVISORES:



HATHAWAY  
BROWN  
SCHOOL

IDADE: 14–15

THE  
SCHOOL  
FOR



SCIENCE  
AND MATH  
AT  
VANDERBILT

IDADE: 14–15

Todos nós dormimos. Enquanto os adultos gastam cerca de um terço do seu tempo a dormir, quanto mais jovem fores, mais tempo dormes. No entanto, isso não significa que crianças e adolescentes sejam preguiçosos por passar muito tempo na cama. Na verdade, não dormir o suficiente geralmente faz com que as pessoas se sintam cansadas, menos eficazes e incapazes de se concentrar. Não só deves evitar estas consequências da falta de dormir, mas também deves priorizar um bom sono. Um bom sono ajuda na recuperação do teu corpo e do teu cérebro, dando-lhe o oportunidade de se reorganizar depois de um dia agitado. Neste artigo, abordamos os motivos por que o sono é especialmente importante para apoiar a memória. A tua capacidade de aprender, lembrar e refinar o teu cérebro é extraordinária durante a infância e adolescência, por isso o sono é particularmente importante durante essas etapas. Procuramos aqui explicar as ligações entre as mudanças cerebrais e de sono à medida que cresces, e por que o sono deve ser uma parte importante do teu plano de estudos.

À medida que se aproxima a data de um teste na escola, às vezes parece que há muito que aprender em pouco tempo. Então, para quê perder tempo na cama quando se pode usar esse tempo para estudar?

Ficar acordado até tarde para conseguir algum tempo extra de estudo pode parecer tentador, mas dormir é vital para o corpo e para o cérebro. Dormir mantém-te saudável e restaura a tua energia para que te sintas alerta e ativo no dia seguinte. O sono também fornece tempo para o cérebro remodelar e refinar a sua estrutura e função de acordo com as tuas necessidades e experiências individuais. O cérebro adormecido não é importante apenas para o desenvolvimento geral do cérebro, mas - felizmente - também faz um trabalho muito importante na tua memória. Cientistas demonstraram que as atividades do cérebro durante o sono ajudam a guardar novos conhecimentos na memória, e a preparar-te para novas aprendizagens no dia seguinte. Isso significa que dormir é muito melhor do que tentar “fazer uma noitada” antes dos exames. Embora isso seja importante ao longo de toda a vida, durante a infância e a adolescência a capacidade de remodelar o cérebro e a capacidade de aprender são extraordinárias, e assim, também o teu sono é importante durante esse período.

## NEURÓNIOS

Minúsculas células nervosas no cérebro que armazenam e transferem sinais e informações.

## SONO REM (MOVIMENTO RÁPIDO DOS OLHOS)

Estágio de sono em que os olhos se movem rapidamente e os músculos estão extremamente relaxados, muitas vezes associados a sonhos vívidos.

## FUSOS DO SONO

Períodos curtos com aumento da atividade cerebral que parecem ajudar na comunicação eficiente entre diferentes partes do cérebro.

## SONO DE ONDAS LENTAS

A fase mais profunda do sono não-REM, durante a qual os neurónios no cérebro exibem atividade rítmica lenta (ondas lentas), tidas como importantes para o armazenamento de memórias duradouras.

## O CÉREBRO ADORMECIDO

O cérebro adormecido nem sempre está a executar a mesma tarefa. Uma boa noite de sono alterna entre diferentes estágios de sono, determinados pelos movimentos dos músculos e dos olhos e pela atividade de minúsculas células nervosas no cérebro (chamadas neurónios). Os cientistas podem medir essa atividade colocando pequenos sensores ao lado dos olhos de uma pessoa, no queixo e na cabeça enquanto a pessoa dorme (ver [Figura 1](#)). Por vezes, os **neurónios** atuam de forma muito rápida e caótica, semelhante a quando o cérebro está acordado e ocupado. É o que acontece durante o **sono de movimento rápido dos olhos (REM)**, um estágio do sono durante o qual os olhos se movem muito rapidamente, os músculos estão extremamente relaxados e o cérebro está envolvido em sonhos vívidos. Os restantes estágios do sono são chamados de sono não rápido dos olhos (não-REM). Durante o sono leve não-REM, vemos pequenas explosões de atividade cerebral chamadas **fusos do sono** (ver [Figura 1](#)).

Durante o sono profundo não-REM, os neurónios no cérebro apresentam uma atividade rítmica lenta semelhante a ondas gigantes no oceano ([Figura 1](#)), chamadas ondas lentas. Por causa disso, o sono profundo não-REM é frequentemente denominado **sono de ondas lentas**. Tanto os fusos do sono como as ondas lentas são especialistas na remodelação do cérebro, o que significa que quanto mais presentes estão, mais o cérebro está a ser remodelado.

### Figura 1

Como medimos o sono. (Esquerda) Medimos a atividade de neurónios, olhos e músculos usando pequenos sensores. (Direita) A atividade é exibida no computador como linhas onduladas. Durante o sono leve não-REM (área rosa), detetamos fusos de sono na atividade cerebral. Durante o sono não-REM mais profundo - também conhecido como sono de ondas lentas (a linha fica mais plana) e as curvas que representam a atividade cerebral ficam muito lentas e grandes (ondas lentas). Durante o sono REM (área azul), a atividade muscular é mais baixa, a atividade cerebral fica mais rápida e os olhos começam a fazer movimentos rápidos em ziguezague.

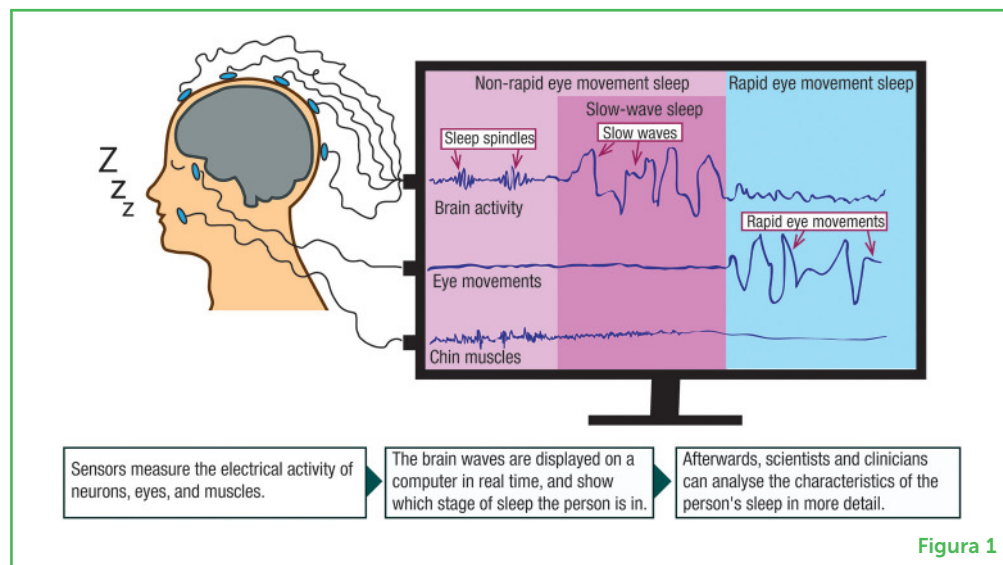


Figura 1

## O CÉREBRO EM RECONSTRUÇÃO

Quando és recém-nascido, passas mais tempo a dormir do que acordado. Mas, com o avançar da idade, dormes menos. Não é apenas a quantidade de sono que muda durante o desenvolvimento, mas, mais importante, o equilíbrio entre diferentes estágios do sono também muda. Geralmente, à medida que cresces, tens cada vez menos sono de ondas lentas, enquanto a proporção de sono leve não-REM aumenta (Figura 2). Os cientistas acreditam que essas mudanças no sono podem servir como fonte de informação sobre o potencial do cérebro em se reconstruir.

### Figura 2

Como o sono muda ao longo da vida. Quanto mais velhos ficamos, menos tempo passamos a dormir. Além disso, o equilíbrio entre o sono REM e o não-REM muda durante a infância, e à medida que as crianças crescem, menos tempo é gasto em sono profundo não-REM, chamado sono de ondas lentas (Adaptado de Roffwarg et al. [1]. Reimpresso com permissão da AAAs).

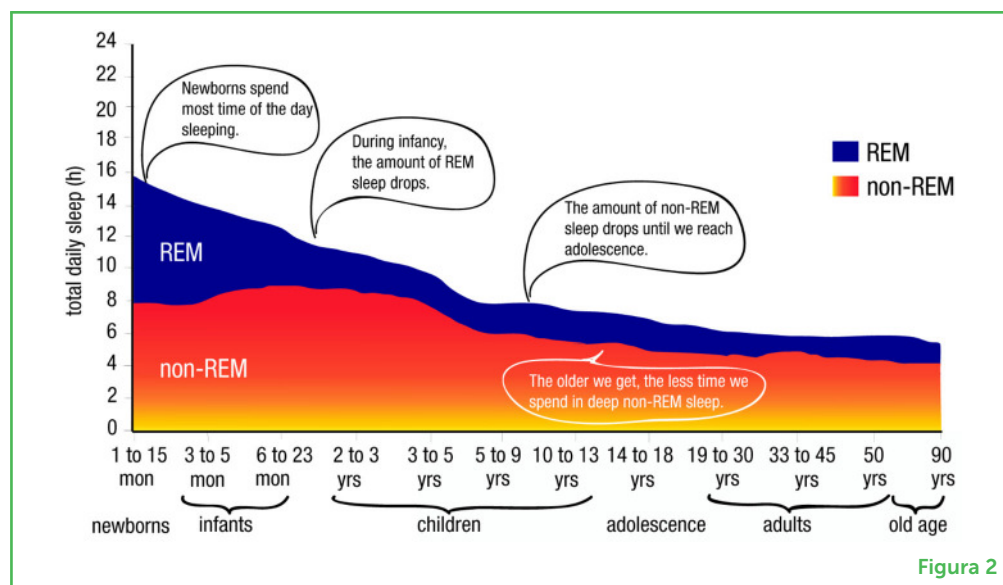


Figura 2

Desde a infância à adolescência, o teu cérebro passa por uma grande reorganização e otimização para lidar com as tuas necessidades e

## NEOCÓRTEX

As camadas externas do cérebro que se acredita armazenarem conhecimento a longo prazo.

experiências diárias. São construídas novas conexões entre células cerebrais, conexões que não precisas são removidas, e a comunicação de informação ao longo de importantes faixas de neurónios acelera. Crucialmente, quando uma parte específica do cérebro está sob reconstrução, os neurónios nessa região exibem uma atividade rítmica mais lenta durante o sono de ondas lentas. Por exemplo, cientistas na Suíça registaram o sono de 40 crianças e adultos jovens e também mediram o seu desempenho em certas tarefas [2]. Curiosamente, descobriram que as ondas lentas do sono eram mais poderosas na região do cérebro responsável pela aprendizagem de competências que os participantes estavam a aprender em cada idade, e as ondas lentas nessas regiões cerebrais enfraqueceram quando as competências já estavam mais desenvolvidas. Por exemplo, no final da infância, quando as crianças são capazes de realizar movimentos complexos, como andar de bicicleta — até mesmo sem as mãos — as ondas lentas eram mais intensas na região do cérebro responsável pelos movimentos. Os cientistas também observaram esta otimização na estrutura do cérebro quando os participantes foram avaliados num scanner cerebral: a camada externa do cérebro, o **neocórtex**, era mais fina nessas regiões, refletindo um “aperfeiçoamento” do cérebro para executar tarefas de forma mais eficiente. Estas relações entre ondas lentas, competências e estrutura cerebral, levam os investigadores a concluir que a observação dos ritmos lentos durante o sono, pode ajudar a aprender sobre o desenvolvimento do cérebro.

Ao contrário das ondas lentas, que diminuem à medida que o cérebro amadurece, os fusos de sono que caracterizam o sono leve não-REM ficam mais numerosos e mais rápidos durante a infância e a adolescência. Alguns cientistas consideram que a aceleração dos fusos do sono durante a infância e a adolescência, reflete uma comunicação mais rápida e eficiente entre as diferentes partes do cérebro. Num dos nossos estudos, descobrimos que as crianças que apresentaram os maiores aumentos no número de fusos num período de sete anos, tiveram um melhor desempenho em testes de capacidade mental geral nas idades de 14 a 18 [3]. Infelizmente, ainda não sabemos exatamente como os fusos ajudam no desenvolvimento do cérebro; esta é uma área empolgante que os cientistas ainda estão a tentar compreender.

## DEVAGAR SE VAI AO LONGE

Olhando para o sono, podemos entender como o cérebro muda à medida que as crianças crescem e adquirem novas competências, como andar de bicicleta. No entanto, o sono desempenha outra importante tarefa: ajuda a formar memórias duradouras de novos conhecimentos, como as que aprendes na escola.

Várias experiências demonstram que o sono pode ajudar-te a lembrar coisas novas que aprendeste. Alguns estudos até mostram que a

memória pode melhorar com o sono, sem que seja necessário estudo extra! Por exemplo, investigadores da Universidade de York ensinaram novas palavras a crianças dos 7 aos 12 anos, quer de manhã, quer à noite [4]. Quando os investigadores testaram a memória das crianças 12 horas depois, as que tinham aprendido à noite e depois foram dormir, conseguiam lembrar-se de mais palavras do que as crianças que ficaram acordadas o dia todo. Na verdade, eles conseguiam lembrar-se de mais palavras do que antes de irem para a cama. Como é possível?

Os cientistas acreditam que o cérebro tem dois sistemas de aprendizagem diferentes, um rápido e um lento. Estes dois sistemas de aprendizagem podem ser interpretados como a tartaruga lenta e a lebre veloz da antiga fábula. No conto, a lebre acelera muito rapidamente na sua corrida contra a tartaruga. Satisfeita com o seu progresso e confiante na vitória, tira uma soneca a meio do caminho que permite à tartaruga lenta e constante ultrapassá-la e ganhar a corrida. Um dos sistemas de aprendizagem no cérebro funciona como a lebre veloz: ajuda-te a aprender novas informações muito rapidamente durante o dia e fornece à informação um avanço na memória. No entanto, o segundo sistema de aprendizagem é mais lento e mais sábio, tal como a tartaruga, e liga cuidadosamente a nova informação a coisas que já conhecemos. Este sistema de aprendizagem mais lento vence a longo prazo, ajudando-te a lembrar de novas informações no futuro. Assim como no conto, o sistema de memória "tartaruga" pode assumir o controlo quando dás ao teu cérebro uma oportunidade de dormir.

Estudos mostram que uma região profunda do cérebro (o **hipocampo**) tem a vantagem de aprender como a lebre veloz, enquanto as camadas externas do cérebro (o neocórtex) agem como a tartaruga lenta (ver [Figura 3](#)).

Durante o sono de ondas lentas, o hipocampo rápido repete a informação que aprendeu durante o dia e comunica-a ao neocórtex de aprendizagem lenta. Muitos cientistas acreditam que o cérebro atua numa sequência muito específica de ondas lentas, fusos do sono e ondas muito rápidas no hipocampo, que permitem que os dois sistemas de aprendizagem conversem um com o outro. Esta comunicação reforça as memórias frágeis a longo prazo e liga-as a conhecimentos mais antigos já armazenados no neocórtex [5]. Cientistas na Bélgica mostraram que esse processo de fortalecimento da memória pode ocorrer até mesmo durante uma soneca [6]. Ensinaram a crianças dos 8 aos 12 anos alguns significados "mágicos" para objetos inventados (por exemplo, um objeto poderia ver através de portas, outro objeto poderia parar a chuva), e, em seguida, testaram a sua memorização dessas associações enquanto mediam a atividade cerebral. Imediatamente após a aprendizagem, o hipocampo respondeu aos significados aprendidos. Metade das crianças depois dormiu por 90 minutos, enquanto a outra metade permaneceu

## HIPOCAMPO

Uma estrutura cerebral no interior do cérebro que auxilia a aprendizagem rápida de novas informações.

### Figura 3

Como o sono de ondas lentas ajuda a guardar memórias. O hipocampo (castanho), uma pequena estrutura no interior do cérebro, é o sistema de aprendizagem rápida que ajuda a adquirir rapidamente novos conhecimentos. Para ter certeza de que essas novas memórias estão guardadas com segurança no cérebro, o hipocampo comunica-as ao neocórtex, de aprendizagem lenta, nas camadas externas do cérebro (verde), durante o sono. Ao exibir uma sequência de ondas lentas (linha verde), fusos de sono (linha rosa) e ondas rápidas (linha castanha) as duas regiões conversam entre si, permitindo que novas informações se fortaleçam e se conectem às informações mais antigas já presentes na memória.

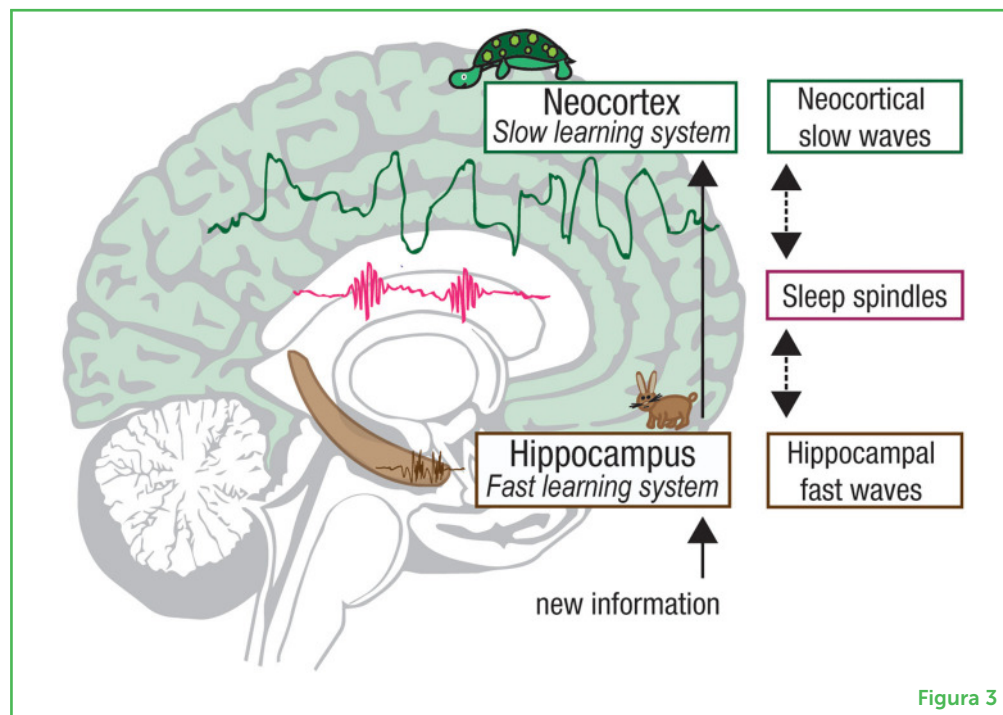


Figura 3

acordada. Num segundo teste de memória, apenas as crianças que dormiram mostraram uma maior atividade cerebral no neocórtex ao lembrar-se dos significados.

Assim, mesmo depois de uma soneca, o sistema lento da tartaruga pode vencer a competição da memória.

## DEITAR CEDO E CEDO ERGUER!

Agora sabes que dormir não é definitivamente uma perda de tempo. Em vez disso, o sono permite que as tuas memórias se tornem tão sólidas e duradouras quanto possível. Dormir é essencial para que o teu cérebro se reorganize conforme vais crescendo e experienciando o mundo, e para ajudar-te a lembrar todas as coisas novas que aprendeste. A longo prazo, as crianças que dormem mais têm um desempenho melhor na escola, e até mesmo nos exames, do que as crianças que ficam acordadas até tarde para estudar mais [7]. Portanto, certifica-te de que o sono é uma parte importante do teu plano de estudos, e deixa o teu cérebro fazer o trabalho pesado enquanto descansas durante a noite.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer de todo o coração a todos os que ajudaram na tradução dos artigos desta coleção para torná-los acessíveis a crianças fora dos países de língua inglesa, e à Jacobs Foundation por disponibilizar os fundos necessários para traduzir os artigos. EJ foi



apoiada pela Bolsa ESRC ES/T007524/1. BM e A-KJ foram apoiados pelo projeto “Lifespan Rhythms of Memory and Cognition (RHYME)” no Center for Lifespan Psychology, Max Planck Institute for Human Development, Berlim, Alemanha. A-KJ é membro da International Max Planck Research School on the Life Course (LIFE; <https://www.imprs-life.mpg.de/en>).

## REFERÊNCIAS

1. Roffwarg, H. P., Muzio J. N., and Dement W. C. 1966. Ontogenetic development of the human sleep-dream cycle. *Science* 152:608.
2. Kurth, S., Ringli, M., LeBourgeois, M. K., Geiger, A., Buchmann, A., Jenni, O. G., et al. 2012. Mapping the electrophysiological marker of sleep depth reveals skill maturation in children and adolescents. *Neuroimage* 63:959–65. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.03.053
3. Hahn, M., Joechner, A.-K., Roell, J., Schabus, M., Heib, D. P., Gruber, G., et al. 2019. Developmental changes of sleep spindles and their impact on sleep-dependent memory consolidation and general cognitive abilities: a longitudinal approach. *Dev. Sci.* 22:e12706. doi: 10.1111/desc.12706
4. Henderson, L. M., Weighall, A. R., Brown, H., and Gaskell, M. G. 2012. Consolidation of vocabulary is associated with sleep in children. *Dev. Sci.* 15:674–87. doi: 10.1111/j.1467-7687.2012.01172.x
5. Wilhelm, I., Prehn-Kristensen, A., and Born, J. 2012. Sleep-dependent memory consolidation—what can be learnt from children? *Neurosci. Biobehav. Rev.* 36:1718–28. doi: 10.1016/j.neubiorev.2012.03.002
6. Urbain, C., De Tiège, X., De Beeck, M. O., Bourguignon, M., Wens, V., Verheulpen, D., et al. 2016. Sleep in children triggers rapid reorganization of memory-related brain processes. *Neuroimage* 134:213–22. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.03.055
7. Gillen-O’Neel, C., Huynh, V. W., and Fuligni, A. J. 2013. To study or to sleep? The academic costs of extra studying at the expense of sleep. *Child Dev.* 84:133–42. doi: 10.1111/j.1467-8624.2012.01834.x

**EDITOR:** Nienke Van Atteveldt

**MENTORES CIENTÍFICOS:** Menton Deweese e Crystal Miller

**CITAÇÃO:** James E, Joechner A-K e Muehlroth BE (2022) De zzzs a aaas: porque dormir é uma parte importante do teu plano de estudos. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00051-pt

**TRADUZIDO E ADAPTADO DE:** James E, Joechner A-K and Muehlroth BE (2020) From ZZZs to AAAs: Why Sleep Is an Important Part of Your Study Schedule *Front. Young Minds* 8:51. doi: 10.3389/frym.2020.00051

**CONFLITO DE INTERESSES:** Os autores declaram que os seus trabalhos de investigação foram realizados na ausência de qualquer relação comercial ou financeira que possa ser interpretada como um potencial conflito de interesses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2022 James, Joechner e Muehlroth. Este é um artigo de acesso aberto, distribuído sob os termos da licença [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos de autor sejam creditados e que a publicação original nesta revista seja citada, de acordo com a prática acadêmica aceita. Não é permitido nenhum uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com estes termos.

## JOVENS REVISORES

### HATHAWAY BROWN SCHOOL, IDADE: 14-15

Somos alunos do Programa de Investigação Científica e Engenharia da Hathaway Brown School. Gostamos de aprender sobre o processo de revisão por pares, aprender a comunicar ciência para públicos diferentes e oferecer sugestões. Temos o apoio da nossa mentora científica, Crystal Miller.



### THE SCHOOL FOR SCIENCE AND MATH AT VANDERBILT, IDADE: 14-15

Somos um grupo de alunos de todas as partes de Nashville, que se reúne uma vez por semana em Vanderbilt para aprender mais sobre ciência, tecnologia, engenharia e matemática. Conduzimos experiências na nossa sala de aula e em laboratórios no campus!



## AUTORES

### EMMA JAMES

Durante a preparação para os exames escolares, eu insistia com os meus pais que não tinha aprendido o suficiente para ir dormir cedo. Odeio admiti-lo, mas a minha investigação ensinou-me que os meus pais estavam certos: fico surpresa com o que o sono faz pela memória. Estou particularmente interessada em saber como o sono nos ajuda a aprender novas palavras e por que algumas crianças têm mais dificuldade do que outras. Trabalho na University of York (Reino Unido), mas também vivi em Bristol, Oxford, Lancaster, Londres e nos EUA. No meu tempo livre, gosto de correr, cozinhar e tocar piano. \*[emma.james@york.ac.uk](mailto:emma.james@york.ac.uk)



### ANN-KATHRIN JOECHNER

Adoro o sono - não só porque eu gosto de dormir, mas porque acho incrível como o cérebro é ativo durante um tempo em que parecemos inativos e não temos nenhuma experiência consciente. Desde que eu era estudante na universidade, fiquei fascinada como o sono ajuda o cérebro a se reestruturar e, assim, reter novas memórias, e tenho tentado entendê-lo desde então. Como a infância é um período de grandes mudanças cerebrais e cognitivas, estou particularmente interessada em saber como o sono ajuda a memória durante toda a infância e como o desenvolvimento do cérebro está relacionado a isso. \*[joechner@mpib-berlin.mpg.de](mailto:joechner@mpib-berlin.mpg.de)



**BEATE E. MUEHLROTH**

Quando tinha 6 anos, conseguia vencer os meus pais no jogo da memória. É claro que naquela altura não sabia o quão especial é o cérebro de uma criança. Na minha investigação, eu quero descobrir o que o cérebro faz quando estamos a aprender e lembrar e como o sono ajuda nessas tarefas. Na maioria das vezes, tento perceber se a má qualidade do sono, como podemos observar nos nossos avós, poderia explicar por que as pessoas idosas esquecem a maior parte das coisas que aprenderam ao longo do dia. \*[beatemuehlroth@gmail.com](mailto:beatemuehlroth@gmail.com)

**Portuguese version provided by**

Versão Portuguesa fornecida por



---

## Contacta-nos

kids@frontiersin.org  
kids.hebrew@frontiersin.org  
kids.arabic@frontiersin.org  
kids.chinese@frontiersin.org

---

## Redes Sociais

📍 @FrontYoungMinds  
📘 @FrontiersForYoungMinds  
📺 @frontiersyoungminds  
#frontiersforyoungminds

