

Ensinando a ciência da aprendizagem¹

Yana Weinstein^{1*}, Christopher R. Madan^{2,3} e Megan A. Sumeracki⁴

Tradução Marília Zaluar P. Guimarães, revisão Roberto Lent e Sofia Moutinho

Resumo

A ciência da aprendizagem contribuiu consideravelmente para a nossa compreensão de estratégias eficazes de ensino e aprendizagem. No entanto, poucos professores fora do campo estão a par desta disciplina científica. Nesta revisão tutorial, nos concentramos em seis estratégias cognitivas específicas que têm embasamento robusto de décadas de pesquisa: *prática espaçada*, *intercalação*, *prática de lembrar*, *elaboração*, *exemplos concretos* e *codificação dupla*. Descrevemos a pesquisa básica por trás de cada estratégia de pesquisa aplicada relevante, apresentamos exemplos de implementação já existentes e outros sugeridos, e fazemos recomendações para futuras pesquisas que ampliem o alcance dessas estratégias.

Palavras-chave: Educação, Aprendizagem, Memória, Ensino

Significado

A educação atualmente não adere ao modelo de prática baseada em evidências como na medicina (Roediger, 2013). No entanto, ao longo das últimas décadas, o nosso campo fez avanços significativos na aplicação de processos cognitivos para Educação. A partir deste trabalho, recomendações específicas podem ser repassadas aos alunos para maximizar sua eficiência de aprendizagem (Dunlosky, Rawson, Marsh, Nathan & Willingham, 2013; Roediger, Finn & Weinstein, 2012). Em particular, uma revisão publicada há 10 anos identificou um número limitado de técnicas de estudo que foram embasadas em evidências sólidas com múltiplas comprovações, testando sua eficácia dentro e fora da sala de aula (Pashler et al., 2007). Uma análise recente de livros didáticos (Pomerance, Greenberg & Walsh, 2016) avaliou as seis principais estratégias de aprendizagem do citado trabalho de Pashler e colegas, e encontrou que muito poucos livros de treinamento de professores cobrem estes seis princípios - e nenhum cobre todos eles, sugerindo que essas estratégias não estão sistematicamente sendo transpostas para a sala de aula. Este é o caso, apesar de várias publicações acadêmicas recentes (por

exemplo, Dunlosky et al., 2013) e artigos dirigidos a um público mais amplo sobre essas estratégias (por exemplo, Dunlosky, 2013). Nesta revisão tutorial, apresentamos a ciência básica por trás de cada um desses seis princípios-chave, juntamente com pesquisas mais recentes sobre sua eficácia em salas de aula presenciais, e sugerimos ideias para implementação pedagógica. O público alvo desta revisão é de (a) educadores que possam estar interessados em integrar essas estratégias na sua prática de ensino, (b) pesquisadores de ciência da aprendizagem buscando questões abertas para ajudar a determinar futuras prioridades de pesquisa, e (c) pesquisadores em outros subcampos interessados nas maneiras pelas quais os princípios da psicologia cognitiva foram aplicados à Educação.

Enquanto o professor típico possivelmente não será exposto a esta pesquisa durante a sua formação, uma pequena coorte de professores intensamente interessados em psicologia cognitiva surgiu recentemente. Esses professores trabalham principalmente no Reino Unido e, presumivelmente (por exemplo, Dennis (2016), comunicação pessoal), parecem ter se interessado pela ciência da aprendizagem depois de ler "Make it Stick" (Brown,

¹ Traduzido e divulgado com autorização dos autores

Roediger & McDaniel, 2014; veja Clark (2016) para uma revisão entusiasmada deste livro no blog de um professor e "Learning Scientists" (2016c) para uma ideia geral. Além disso, um movimento popular de professores levou à criação de "ResearchED" - uma série de conferências sobre educação baseada em evidências (ResearchED, 2013). Os professores que fazem parte desta rede frequentemente discutem técnicas de psicologia cognitiva e suas aplicações para a educação em mídias sociais (principalmente Twitter; por exemplo, Fordham, 2016; Penfound, 2016) e em seus blogs, como "Evidence Into Practice" (<https://evidenceintopractice.wordpress.com/>), "My Learning Journey" (<http://reflectionsofmyteaching.blogspot.com/>), e "The Effortful Educator" (<https://theeffortfuleducator.com/>).

Em geral, os professores que escrevem sobre essas questões prestam muita atenção à literatura relevante, muitas vezes citando alguns dos trabalhos descritos

nesta revisão. Estes escritos informais, enquanto permitem que os professores explorem abordagens na sua prática de ensino (Luehmann, 2008), nos dão uma janela única para a aplicação da ciência da aprendizagem na sala de aula. Examinando estes blogs, podemos não apenas observar como a pesquisa cognitiva básica está sendo aplicada em sala de aula por professores que estão lendo sobre o assunto, mas também como está sendo mal aplicada, e que perguntas professores podem estar fazendo que não foram respondidas na literatura científica. Ao longo desta revisão, ilustramos cada estratégia com exemplos de como podem ser implementadas (ver Tabela 1 e Figuras 1 a 7), assim como posts relevantes de professores que refletem sobre a sua prática, e aproveitamos esses achados teóricos e práticos para apontar caminhos interessantes para novas pesquisas básicas e aplicadas.

Tabela 1: Seis estratégias para aprendizagem efetiva, cada uma ilustrada com um exemplo de implementação advindo das bases biológicas do comportamento

Estratégia de aprendizagem	Descrição	Exemplos de aplicação (usando bases biológicas do comportamento da psicologia básica)
Prática espaçada	Criar um cronograma de estudo que espalha atividades de estudo ao longo do tempo	Os alunos podem se programar para estudar e reestudar conceitos-chave, como "potenciais de ação" e "sistema nervoso" ao longo de vários dias antes de um teste, em vez de estudar repetidamente esses conceitos logo antes do teste
Intercalação	Alternar entre tópicos enquanto estuda	Depois de estudar o sistema nervoso periférico por alguns minutos, os alunos podem passar para o sistema nervoso simpático e depois para o sistema parassimpático; da próxima vez, os alunos podem estudar os três em uma ordem diferente, observando que tipo de novas conexões eles podem fazer entre os temas
Prática de lembrar	Trazer informações aprendidas à mente a partir da memória de longo prazo	Ao aprender sobre comunicação neural, os alunos podem praticar escrever como neurônios trabalham juntos no cérebro para enviar mensagens (de dendritos, para soma, axônio, para botões terminais)
Elaboração	Perguntando e explicando por que e como as coisas funcionam	Os estudantes podem perguntar e explicar por que o Botox previne rugas: o sistema nervoso não pode enviar mensagens para mover certos músculos
Exemplos concretos	Ao estudar conceitos abstratos, ilustrá-los com exemplos	Os alunos podem imaginar o seguinte exemplo para explicar o sistema nervoso periférico: um alarme de incêndio dispara. O sistema nervoso simpático permite que as pessoas saiam rapidamente do prédio; o sistema parassimpático faz o corpo voltar ao normal quando o alarme de incêndio desligar
Codificação dupla	Combinando palavras com imagens	Os alunos podem desenhar dois neurônios e explicar como se dá a comunicação entre eles via fenda sináptica

Prática espaçada

Os benefícios da prática espaçada (ou distribuída) ao aprendizado são sem dúvida uma das contribuições mais importantes que a psicologia cognitiva fez para a educação²(Kang, 2016). O efeito é simples: a mesma quantidade de estudo sobre uma dada informação repetida espaçadamente ao longo do tempo levará a uma maior retenção dessa informação a longo prazo do que se a mesma informação for estudada no mesmo tempo, mas em uma única sessão de estudo. Os benefícios da prática distribuída foram demonstrados pela primeira vez empiricamente no século 19. Como parte de uma extensa investigação sobre sua própria memória, Ebbinghaus (1885/1913) descobriu que, quando espaçou repetições por 3 dias, quase podia reduzir pela metade o número de repetições necessárias para reaprender uma série de 12 sílabas em um dia (Capítulo 8). Assim, concluiu que “uma distribuição adequada de [repetições] ao longo de um espaço de tempo é decididamente mais vantajoso do que comprimir todos eles em uma única vez” (Seção 34). Para aqueles que querem ler mais sobre a contribuição de Ebbinghaus para a pesquisa da memória, Roediger (1985) fornece um excelente resumo. Desde então, centenas de estudos examinaram os efeitos do espaçamento tanto no laboratório quanto na sala de aula (Kang, 2016). A prática espaçada parece ser particularmente útil em grandes intervalos de retenção: na meta-análise de Cepeda, Pashler, Vul, Wixted & Rohrer (2006), todos os estudos com um intervalo de retenção superior a um mês mostraram um claro benefício da prática distribuída. A “nova teoria do desuso” (Bjork & Bjork, 1992) nos dá uma explicação mecanicista para os benefícios do espaçamento ao aprendizado. Esta teoria postula que as memórias têm força de evocação e força de armazenamento. Enquanto a força de evocação é pensada como útil para medir a facilidade com que uma memória pode ser recuperada em um dado momento, a força de armazenamento (que não pode ser medida diretamente) representa até que ponto uma memória é realmente incorporada na mente. Enquanto se estuda, tanto a força de evocação quanto a de armazenamento recebem um impulso extra. Contudo, a

extensão do quanto a força de armazenamento é aumentada depende da força de evocação, e o relacionamento é negativo: quanto maior for a força real de evocação, menores serão os ganhos na força de armazenamento. Assim, as informações aprendidas espremidas num curto tempo serão rapidamente esquecidas devido à alta força de recuperação e baixa capacidade de armazenamento (Bjork & Bjork, 2011), enquanto que a aprendizagem espaçada aumenta a força de armazenamento por permitir que a força de evocação diminua antes de se reestudar. Os professores podem introduzir espaçamento aos seus alunos em duas formas amplas. Uma envolve a criação de oportunidades para visitar as informações ao longo do semestre, ou mesmo em futuros semestres. Isso envolve algum planejamento inicial e pode ser difícil de se fazer, dadas as limitações de tempo e a necessidade de cobrir um currículo definido. No entanto, o espaçamento pode ser alcançado sem grandes custos se os professores reservarem alguns minutos por aula para revisar informações de lições anteriores. O segundo método envolve atribuir o ônus de espaçar aos próprios alunos. Claro, isso funcionaria melhor com alunos mais velhos - ensino médio e superior. Como o espaçamento requer planejamento antecipado, é crucial que o professor ajude os alunos a planejar seus estudos. Por exemplo, os professores podem sugerir que os alunos programem sessões de estudo em dias que se alternam com os dias em que aquela matéria é ensinada (por exemplo, cronograma de sessões de revisão para terça e quinta-feira enquanto a turma se reúne segunda e quarta-feira; veja a Fig. 1 para um horário semanal mais completo de prática espaçada). É importante notar que o efeito de espaçamento se refere a informações repetidas várias vezes, em vez da ideia de estudar diferentes materiais em uma sessão longa, em contraposição ao espaçamento em sessões curtas de estudo ao longo do tempo. Entretanto, para professores e particularmente para os estudantes que planejam um cronograma, a diferença sutil entre as duas situações (espaçamento de oportunidades de reestudo, versus espaçamento de estudo de diferentes informações ao longo do tempo) pode ser

² N. de T. Existem também evidências da neurociência experimental para as vantagens da prática espaçada: trata-se dos trabalhos de reconsolidação da memória, realizados com animais de laboratório, que mostram vantagens da repetição na aquisição de memórias (Schmidt et al., 2017) [Neurobiol. Learn. Mem. 142: Pt A): 48-54];tb. Nader et al., 2015 [Cold Spring Harb Perspect Biol 7(10):a021782]

perdida. Pesquisas futuras devem abordar os efeitos do espaçamento no estudo de diferentes informações ao longo do tempo, se as mesmas considerações se aplicam nesta situação, em comparação com o

espaçamento de reestudo de um mesmo assunto, e quão importante é para professores e alunos entender a diferença entre esses dois tipos de prática espaçada.

	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab	Dom
9:00	MATEMÁTICA	CIÊNCIAS	INGLÊS	HISTÓRIA	MÚSICA		
10:00	CIÊNCIAS	INGLÊS	HISTÓRIA	MATEMÁTICA	PORTUGUÊS		
11:00	INGLÊS	HISTÓRIA	MATEMÁTICA	CIÊNCIAS	MATEMÁTICA		
12:00	ALMOÇO						
13:00	MÚSICA	PORTUGUÊS	ED. FÍSICA	ARTES	ED. FÍSICA		
14:00	PORTUGUÊS	ED. FÍSICA	ARTES	MÚSICA	INGLÊS		ESTUDAR MATEMÁTICA
15:00	ED. FÍSICA	ARTES	MÚSICA	PORTUGUÊS	CIÊNCIAS		
16:00							
17:00							
18:00		ESTUDAR MATEMÁTICA	ESTUDAR CIÊNCIAS	ESTUDAR INGLÊS	ESTUDAR HISTÓRIA		
19:00							

Figura 1: Horário de prática de estudo espaçado de uma semana. Este cronograma é projetado para representar um horário típico de um estudante do ensino médio. O horário inclui quatro sessões de estudo de uma hora, uma sessão de estudo mais longa no final de semana e um dia de descanso. Observe que cada assunto é estudado um dia depois que é coberto na escola, para criar espaçamento entre as aulas e as sessões de estudo. Nota de direitos autorais: esta imagem foi produzida pelos autores.

É importante notar que os alunos podem se sentir menos confiantes quando espaçam sua aprendizagem (Bjork, 1999) do que quando a compactam no tempo. Isso ocorre porque o aprendizado espaçado é mais difícil - mas é essa "dificuldade desejável" que ajuda a aprender a longo prazo (Bjork, 1994). Os estudantes tendem a compactar os estudos próximo a exames, em vez de espaçar a sua aprendizagem. Uma explicação para isso é que o estudo na véspera "funciona", se o objetivo é apenas passar em uma prova. Para mudar as mentes dos alunos sobre como eles devem organizar seus estudos no tempo, pode ser

importante enfatizar o valor da retenção de informações para além de um exame final em um curso. Ideias de como aplicar a prática espaçada no ensino têm aparecido em inúmeros blogs de professores (por exemplo, Fawcett, 2013; Kraft, 2015; Picciotto, 2009). Na Inglaterra em particular, desde 2013, estudantes do ensino médio precisam ser capazes de lembrar conteúdos de até 3 anos atrás em exames cumulativos (Certificado Geral de Educação Secundária (GCSE) e Exames de nível A; veja CIFE, 2012). Os Exames de nível A [certificação necessária para entrada na universidade no Reino Unido], em particular, determinam que

assunto os alunos estudarão na universidade e em quais programas eles são aceitos e, assim, moldam o caminho de sua carreira acadêmica. Uma abordagem comum para lidar com esses exames tem sido incluir um período de poucas semanas de “revisão” (isto é, estudar ou “espremer”) antecedendo esses exames cumulativos de alto risco. Agora, professores informados sobre psicologia cognitiva estão defendendo uma mudança de prioridades para espaçar a aprendizagem ao longo dos 3 anos, em vez de ensinar um tópico uma vez e depois intensamente revê-lo semanas antes do exame (Cox, 2016a; Wood, 2017). Por exemplo, alguns professores sugeriram usar trabalhos para serem feitos em casa como uma oportunidade para a prática espaçada, pedindo aos alunos que façam uma lição de casa sobre tópicos anteriores (Rose, 2014). No entanto, permanecem algumas questões, como, por exemplo, se a prática espaçada pode ser eficaz o suficiente para evitar a necessidade ou a utilidade de um período de estudo “espremido” (Cox, 2016b), assim como determinar o melhor intervalo do espaçamento (Benney, 2016; Firth, 2016).

Existem muitas pesquisas sobre a questão do intervalo ideal, um aspecto bastante complexo. Duas sessões nem muito próximas uma da outra (ou seja, compactadas) nem muito distantes, são ideais para a retenção. Em um estudo em larga escala, Cepeda, Vul, Rohrer, Wixted & Pashler (2008) examinaram efeitos do intervalo entre as sessões de estudo e o intervalo entre estudo e teste por longos períodos, e descobriram que a intermitência ideal entre as sessões de estudo era dependente do intervalo de retenção. Assim, não está claro como os professores podem aplicar essas descobertas complexas sobre o intervalo de estudo na sua própria sala de aula.

Uma alternativa útil a ser avaliada seria simplificar os paradigmas de pesquisa usados para estudar o intervalo ideal, com o objetivo de criar uma estrutura de prática flexível e espaçada que os professores pudessem aplicar e adaptar à sua própria necessidade de ensino. Por exemplo, uma planilha de macros do Excel foi produzida recentemente para ajudar os professores a planejar a intermitência das aulas (Weinstein-Jones & Weinstein, 2017; ver Weinstein & Weinstein-Jones (2017) para uma descrição do algoritmo usado na planilha eletrônica) e tem sido usada por professores para planejar suas lições (Penfound, 2017). Contudo, uma

professora que considerou esta ferramenta útil também se perguntou se esse planejamento mais sofisticado era realmente melhor que o próprio método dela de selecionar manualmente o material mal compreendido pelos alunos de aulas anteriores, para revisão posterior (Lovell, 2017). Esta opção está sendo ativamente investigada dentro de ambientes de aprendizagem (Kornell & Finn, 2016; Lindsey, Shroyer, Pashler, & Mozer, 2014), mas os professores de aulas presenciais podem precisar menos de soluções tecnológicas para ensinar suas turmas de estudantes.

Talvez os professores apreciem muito um conjunto de diretrizes de como implementar o espaçamento no currículo de maneira mais eficaz, mas também da maneira mais eficiente. Enquanto o campo cognitivo fez grandes avanços no sentido de entender os mecanismos por trás do espaçamento, o que os professores realmente precisam é de mais ferramentas concretas baseadas em evidências e diretrizes para implementação direta em sala de aula. Estas poderiam incluir versões mais sofisticadas e experimentalmente testadas do software descrito acima (Weinstein-Jones & Weinstein, 2017), ou modelos adaptáveis de espaçamento de currículos. Além disso, os pesquisadores precisam avaliar a eficácia dessas ferramentas em um ambiente de sala de aula real, durante um semestre ou ano letivo, a fim de dar recomendações pedagógicas aos professores baseadas em evidências relevantes.

Intercalação

Outra técnica de programação pedagógica que demonstrou aumentar o aprendizado é a intercalação. A intercalação ou entremeio ocorre quando ideias ou tipos de problemas diferentes são abordados em uma sequência, ao contrário do método mais comum de tentar várias versões do mesmo problema em uma determinada sessão de estudo (conhecido como “em bloco”). Intercalar, como princípio, pode ser aplicado de muitas maneiras diferentes. Um caminho desse tipo envolve intercalar diferentes tipos de problemas durante a aprendizagem, o que é particularmente aplicável a assuntos como matemática e física (veja a Fig. 2a com um exemplo com frações, baseado em um estudo de Patel, Liu, & Koedinger, 2016). Por exemplo, em um estudo com estudantes universitários, Rohrer e Taylor (2007) descobriram que embaralhar problemas de

matemática que envolvessem o cálculo de volume de diferentes formas geométricas resultou em melhor desempenho no teste uma semana mais tarde do que quando alunos responderam vários problemas sobre o mesmo tipo de forma em sequência. Esse padrão de resultados também foi replicado com alunos mais novos, por exemplo, alunos do 7º ano aprendendo a resolver problemas de gráficos e inclinações (Rohrer, Dedrick & Stershic, 2015). A explicação proposta para o benefício da intercalação é que a alternância entre diferentes tipos de problema permite que os alunos adquiram a capacidade de escolha do método certo para resolver diferentes tipos de problemas em vez de aprender apenas o método em si, e não quando aplicá-lo.

Os benefícios da intercalação vão além da resolução de problemas? A resposta parece ser sim. A intercalação pode ser útil em outras situações que exigem discriminação, como aprendizado indutivo. Kornell & Bjork (2008) examinaram os efeitos da intercalação em uma tarefa que pode ser pertinente para um estudante da história da arte: a capacidade de atribuir pinturas a seus respectivos artistas. Estudantes que apreciaram pinturas de diferentes artistas intercaladamente foram mais bem-sucedidos em um teste de identificação posterior do que os participantes que estudaram as pinturas em blocos de cada artista. Birnbaum, Kornell, Bjork & Bjork (2013) propuseram a hipótese de contraste discriminativo para explicar que o entremeio aumenta a aprendizagem, permitindo a comparação entre exemplares de diferentes categorias. Eles encontraram apoio para essa hipótese em um conjunto de experimentos com categorização de aves: participantes se beneficiaram da intercalação e também do espaçamento, mas não quando o espaçamento interrompia comparações lado-a-lado de aves de diferentes categorias.

Outro tipo de intercalação envolve o entremeio de oportunidades de estudo e teste. Neste tipo de intercalação aplicado, mais uma vez, à resolução de problemas, os alunos alternam entre a tentativa de resolver um problema e ver um exemplo solucionado (Trafton & Reiser, 1993); esse padrão de estudo parece ser superior a responder a uma série de problemas em sequência, pelo menos no que diz respeito à quantidade de tempo que o aluno leva para alcançar o domínio pleno do procedimento (Corbett, Reed, Hoffmann, MacLaren & Wagner, 2010).

Os benefícios de intercalar oportunidades de estudo e teste - em vez de estudar em bloco, e depois tentar resolver problemas ou responder a perguntas - podem surgir devido a um processo conhecido como "aprendizagem potencializada por testes". Isto é, uma oportunidade de estudo que segue imediatamente a uma tentativa de recuperação de conteúdos (teste) pode ser mais frutífera do que quando esse mesmo estudo não foi precedido por recuperação (Arnold & McDermott, 2013).

Para assuntos baseados em problemas, a técnica de intercalação é simples: basta misturar no dever de casa perguntas e questões sobre matérias anteriores (o que promove também o espaçamento); para idiomas, misture temas de vocabulário em vez de blocos por tema (Thomson & Mehring, 2016). Mas a intercalação como uma estratégia educacional deve ser apresentada aos professores com algumas ressalvas. As pesquisas têm focado em intercalar material que é relativamente relacionado (por exemplo, resolver equações matemáticas diferentes, Rohrer et al., 2015), enquanto que os alunos às vezes se perguntam se devem intercalar material de diferentes disciplinas - uma prática que não recebeu suporte empírico (Hausman & Kornell, 2014). Ao aconselhar os alunos a estudar de forma independente, os professores devem, portanto, proceder com cautela. Como é fácil para os alunos mais jovens confundirem esse tipo de intercalação inútil com a intercalação mais útil de informações relacionadas, pode ser melhor, para professores de anos mais iniciais, criar oportunidades de intercalação no dever de casa e testes em vez de colocar o ônus nos próprios alunos de fazer uso da técnica. A tecnologia pode ser muito útil aqui, com aplicativos como Quizlet, Memrise, Anki, Synap, Campeão do Quiz e muitos outros (ver também "Learning Scientists", 2017), que não só permitem que os questionários criados pelos instrutores sejam realizados pelos alunos, mas também fornecem algoritmos de intercalação incorporados para que a carga não recaia sobre o professor ou o aluno de como cuidadosamente planejar quais itens são intercalados e quando.

Um ponto importante a considerar é que na educação prática a distinção entre espaçamento e intercalação pode ser difícil de delinear. A lacuna entre as definições de intercalação no meio científico e na sala de aula são demonstradas pelos próprios escritos dos professores sobre essa técnica.

A PRÁTICA EM BLOCO

$\frac{5}{9} \times \frac{1}{8} = ?$	$\frac{1}{6} \times \frac{2}{7} = ?$	$\frac{4}{5} \times \frac{2}{3} = ?$	$\frac{2}{9} \times \frac{3}{5} = ?$
--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

PRÁTICA INTERCALADA

$\frac{5}{9} \times \frac{1}{8} = ?$	$\frac{7}{8} \div \frac{5}{6} = ?$	$\frac{2}{3} + \frac{1}{5} = ?$	$\frac{2}{9} \times \frac{3}{5} = ?$
--------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

B

Intercalação



Em bloco



Espaço



Massa



Figura 2: Prática de estudo em bloco e prática de estudo intercalada com operações de frações. Na versão em bloco, os alunos respondem a quatro problemas de multiplicação consecutivamente. Na versão intercalada, os alunos respondem a um problema de multiplicação seguido por uma divisão e, em seguida, um problema de adição, antes de retornar para multiplicação. Para um experimento com uma configuração similar, veja Patel et al. (2016). Nota de direitos autorais: esta imagem foi produzida pelos autores. B Ilustração de intercalação e espaçamento. Cada cor representa um tópico de dever de casa diferente. Intercalar envolve a alternância entre tópicos, em vez de estudar em bloco. O espaçamento envolve a distribuição do estudo ao longo do tempo, em vez de estudar tudo de uma vez. Intercalação inerentemente envolve espaçamento com outras tarefas que irão naturalmente "preencher" os espaços entre as sessões intercaladas. Nota de direitos autorais: esta imagem foi produzida pelos autores, adaptado de Rohrer (2012).

Quando eles escrevem sobre intercalação, frequentemente estendem o termo para conotar um currículo que envolve o retorno a certos tópicos várias vezes ao longo do ano (por exemplo, Kirby, 2014; ver "Learning Scientists" (2016a) para uma coleção de posts de vários outros professores). A "intercalação" de tópicos em todo o currículo produz um efeito que é mais parecido com o que os psicólogos cognitivos chamam de

"espaçamento" (veja a Fig. 2b para uma representação visual da diferença entre intercalação e espaçamento). No entanto, psicólogos cognitivos ainda não examinaram os efeitos da estruturação do currículo dessa maneira, e questões abertas permanecem: circular repetidamente de volta para os tópicos anteriores em todo o semestre atrapalha a aprendizagem de novas informações? Quais são as técnicas eficazes

para intercalar informações antigas e novas dentro de uma classe? E como se determina o equilíbrio entre informações velhas e novas?

Prática de lembrar

Embora as provas sejam mais usadas em ambientes educacionais como avaliação, um benefício menos conhecido dos testes é que eles realmente ajudam a memorizar a informação testada. Se nós pensarmos em nossas memórias como bibliotecas de informação, então pode parecer surpreendente que a recuperação (que acontece quando fazemos um teste) melhore a memória; no entanto, sabemos após um século de pesquisa que a lembrança do conhecimento na verdade fortalece-o (ver Karpicke, Lehman & Aue, 2014). Mostrou-se há mais de 100 anos que prestar provas fortalece a memória (Gates, 1917), e tem havido um grande aumento no número de pesquisas sobre os benefícios mnemônicos do teste, ou prática de lembrar, na última década. A maioria das pesquisas sobre a eficácia da prática de lembrar tem sido feita com estudantes universitários (ver Roediger & Karpicke, 2006; Roediger, Putnam & Smith, 2011), mas foi mostrado que a aprendizagem baseada em lembrar é eficaz na facilitação da aprendizagem para uma ampla gama de idades, inclusive na educação infantil (Fritz, Morris, Nolan & Singleton, 2007), para crianças no ensino fundamental 1 (por exemplo, Karpicke, Blunt & Smith, 2016; Karpicke, Blunt, Smith & Karpicke, 2014; Lipko-Speed, Dunlosky, & Rawson, 2014; Pântano, Fazio & Goswick, 2012; Ritchie, Della Sala & McIntosh, 2013), alunos do ensino fundamental 2 (por exemplo, McDaniel, Thomas, Agarwal, McDermott & Roediger, 2013; McDermott, Agarwal, D'Antonio, Roediger & McDaniel, 2014), e estudantes do ensino médio (por exemplo, McDermott et al., 2014). Além disso, a eficácia da aprendizagem baseada na lembrança foi estendida, para além de simples testes, a outras atividades nas quais a prática de lembrar pode ser integrada, como o mapeamento conceitual (Blunt & Karpicke, 2014; Karpicke, Blunt et al., 2014; Ritchie et al., 2013).

Um debate está em andamento quanto à eficácia da prática de lembrar de matérias mais complexas (Karpicke & Aue, 2015; Roelle & Berthold, 2017; Van Gog & Sweller 2015). Mostrou-se que essa estratégia melhora a aplicação de conhecimento a

novas situações (por exemplo, Butler, 2010; Dirks, Kester & Kirschner, 2014; McDaniel et al. 2013; Smith, Blunt, Whiffen & Karpicke, 2016); mas veja Tran, Rohrer & Pashler (2015) e Wooldridge, Bugg, McDaniel & Liu (2014), para estudos de práticas de lembrar que mostraram transferência limitada ou que não promoveram aumento em comparação com o reestudo). Efeitos da prática de lembrar na aprendizagem de ordem superior podem ser mais sensíveis a fatores de codificação do que a aprendizagem de fatos, como, por exemplo, a forma como o material é apresentado durante o estudo (Eglington & Kang, 2016). Além disso, a prática de lembrar pode ser mais benéfica para a aprendizagem de ordem superior se incluir mais base de conhecimentos (Fiechter & Benjamin, 2017; mas ver Smith, Blunt et al., 2016) e direcionar-se a questões aplicadas (Son & Rivas, 2016).

Como a prática de lembrar ajuda a memória? A Figura 3 ilustra os benefícios diretos e indiretos da prática de lembrar identificados pela literatura científica. O ato de lembrar em si é pensado como fortalecedor da memória (Karpicke, Blunt et al., 2014; Roediger & Karpicke, 2006; Smith, Roediger & Karpicke, 2013). Por exemplo, Smith e colaboradores (2013) mostraram que, se os alunos trouxessem informações à mente sem realmente produzi-las (lembrança oculta), eles lembrariam essas informações tão bem quanto se tivessem abertamente produzido as informações recuperadas (recuperação aberta). Importaneamente, práticas de lembrar tanto abertas quanto ocultas promovem melhor desempenho de memória comparadas a grupos controle sem prática de lembrar, mesmo quando não houver fornecimento de feedback. O fato de que trazer informações à mente na ausência de oportunidades de feedback ou reestudo melhora a memória leva os pesquisadores a concluir que é o ato de lembrar - pensando para trazer informações à mente - que melhora a memória dessa informação.

O benefício da prática de lembrar depende até um certo ponto de uma lembrança bem sucedida (ver Karpicke, Lehman et al., 2014). Por exemplo, no experimento 4 de Smith e colaboradores (2013), alunos recuperaram com sucesso 72% das informações durante a prática de lembrar. Obviamente, a lembrança de 72% da informação foi comparada a um grupo-controle com reestudo, durante o qual os estudantes foram reexpostos a 100% das informações, criando um viés em favor da condição de reestudo.

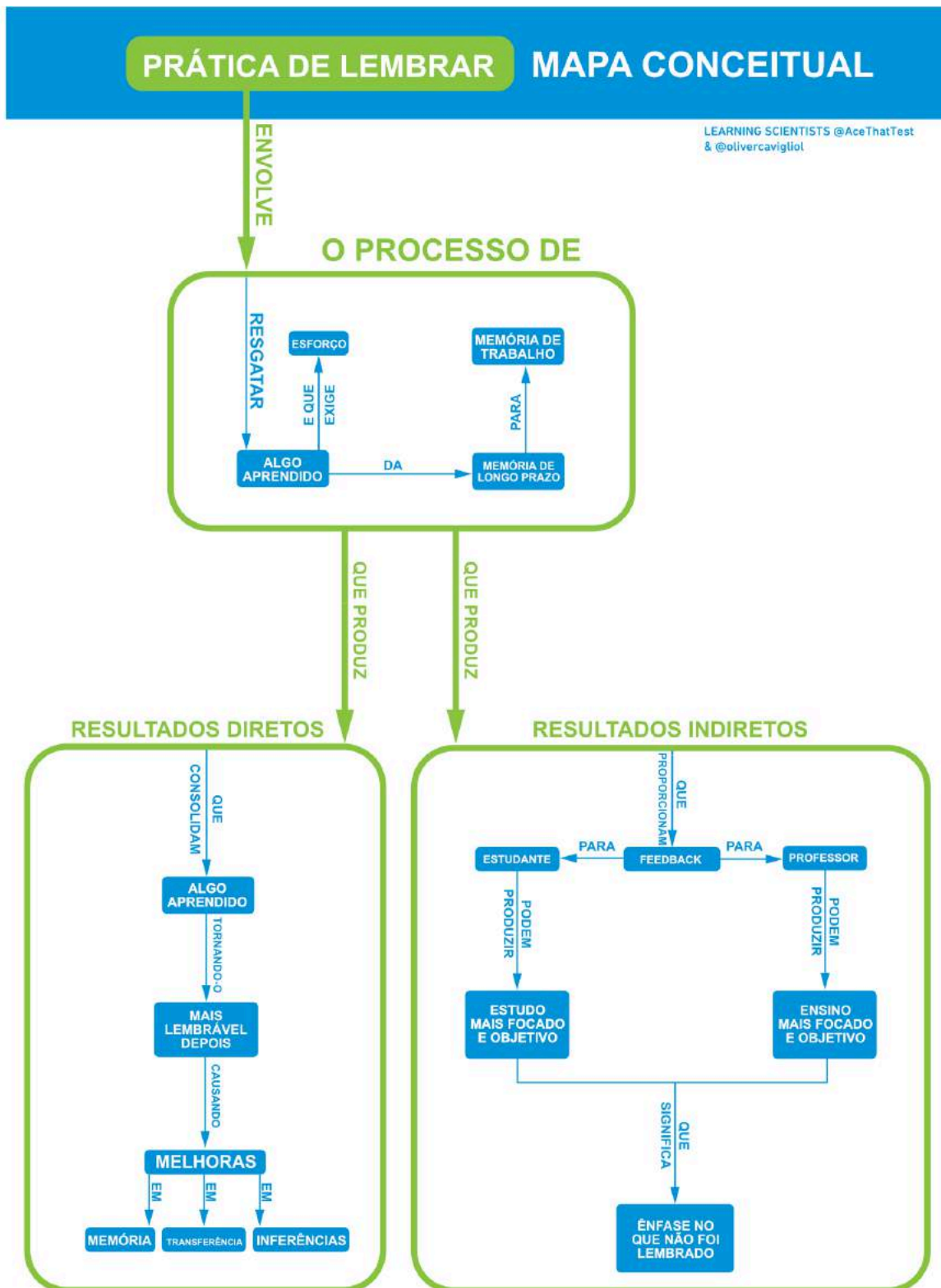


Figura 3: Mapa conceitual que ilustra o processo e os benefícios resultantes da prática de lembrar. A prática de lembrar envolve o processo de retirada de informações aprendidas da memória de longo prazo para a memória de trabalho, o que requer esforço. Isso produz benefícios diretos através da consolidação de informações aprendidas, facilitando a memorização posterior e causando melhorias na memória, na transferência e nas inferências. A prática de recuperação também produz benefícios indiretos de feedback para alunos e professores, o que, por sua vez, pode levar a práticas de estudo e ensino mais eficazes, com foco em informações que não foram recuperadas com precisão. Nota de direitos autorais: esta figura apareceu originalmente em um post de blog da primeira e terceira autoras (<http://www.learningscientists.org/blog/2016/4/1-1>).

No entanto, a lembrança levou a um melhor desempenho mais tardio de memória em comparação com o controle de reestudo. No entanto, se o sucesso da lembrança for extremamente baixo, é improvável que melhore a memória (por exemplo, Karpicke, Blunt et al., 2014), especialmente na ausência de feedback. Por outro lado, se situações de aprendizado baseadas em lembrança são construídas de tal forma que se garanta alto nível de sucesso, o ato de trazer as informações à mente pode ser prejudicada, tornando-a menos benéfica. Por exemplo, se um aluno ler uma frase e imediatamente cobri-la e recitá-la em voz alta, ele provavelmente não está recuperando as informações, mas sim apenas mantendo-as em sua memória de trabalho o tempo suficiente para recitá-las novamente (ver Smith, Blunt et al., 2016 para uma discussão deste ponto). Assim, é importante equilibrar o sucesso da recuperação com a dificuldade geral de recuperar a informação (Smith & Karpicke, 2014; Weinstein, Nunes & Karpicke, 2016). Se o sucesso da recuperação inicial for baixo, então o feedback pode ajudar a melhorar o benefício geral da prática de recuperação (Kang, McDermott & Roediger, 2007; Smith & Karpicke, 2014). Kornell, Klein e Rawson (2015), no entanto, descobriram que foi a tentativa de lembrar e não a produção correta de informação que produziu o benefício - desde que a resposta correta tenha sido fornecida após uma tentativa frustrada, o benefício era o mesmo de uma tentativa de lembrar bem-sucedida neste conjunto de estudos. A partir de uma perspectiva prática, seria útil que os professores soubessem quando as tentativas de lembrar na ausência de sucesso são úteis, e quando elas não são. Também pode haver razões além dos benefícios de lembrar que fariam os professores realizarem atividades de lembrança prática que produzam algum sucesso entre os estudantes; por exemplo, os professores podem hesitar em dar aos alunos exercícios práticos de lembrar que sejam muito difíceis, pois isso pode afetar negativamente a auto-eficácia e confiança.

Além do fato de que trazer informações à mente melhora diretamente a memória dessa informação, engajar-se na prática de lembrar também pode produzir benefícios indiretos (ver Roediger et al., 2011). Por exemplo, a pesquisa de Weinstein, Gilmore, Szpunar & McDermott (2014) demonstrou que quando os estudantes esperavam ser testados, o aumento da expectativa do teste levava a uma melhor qualidade na codificação de

novas informações. Testes frequentes também podem servir para diminuir a divagação mental - isto é, pensamentos que não estão relacionados com o material que os alunos devem estar estudando (Szpunar, Khan & Schacter, 2013).

Praticar a lembrança é uma maneira poderosa de melhorar a aprendizagem de informações, e é relativamente fácil de implementar na sala de aula. Por exemplo, exigir que os alunos pratiquem a lembrança pode ser tão simples quanto pedir a eles para guardar seus materiais ou tentar escrever tudo o que eles sabem sobre um tópico. Aprendizagem baseada em estratégias de lembrar também é flexível. Os instrutores podem dar aos alunos testes práticos (por exemplo, de resposta curta ou múltipla escolha, ver Smith & Karpicke, 2014), fornecer instruções abertas para eles relembrem as informações (por exemplo, Smith, Blunt et al., 2016) ou pedir que seus alunos criem mapas conceituais de memória (por exemplo, Blunt & Karpicke, 2014). Em um estudo, Weinstein e colaboradores (2016) analisaram a eficácia da inserção de perguntas simples de resposta curta em módulos de aprendizagem on-line para ver se eles melhorariam o desempenho dos alunos. Weinstein e seus colegas também manipularam o posicionamento das perguntas. Para alguns alunos, as perguntas foram intercaladas ao longo do módulo, e para outros alunos as perguntas foram todas apresentadas no final do módulo. O sucesso inicial nas perguntas de resposta curta foi maior quando as perguntas foram intercaladas ao longo do módulo. No entanto, em um teste posterior de aprendizado daquele módulo, a colocação original das perguntas no módulo não influenciou o desempenho. Como com a prática de intercalação, onde a diferença ideal entre as sessões de estudo é contingente do intervalo de retenção, a dificuldade ótima e nível de sucesso durante a prática de lembrar também pode depender do intervalo de retenção. Ambos os grupos de estudantes que responderam às perguntas tiveram melhor desempenho no teste tardio comparados a um grupo controle sem oportunidades de perguntas durante o módulo. Assim, o importante para os instrutores é fornecer oportunidades para a prática de recuperação durante a aprendizagem. Baseado em pesquisas anteriores, qualquer atividade que promova a lembrança bem-sucedida de informações deve melhorar a aprendizagem.

A prática de lembrar recebeu muita atenção em blogs de professores (veja “Learning Scientists” (2016b) para uma coleção). Um tema comum parece ser uma ênfase em testes que valham poucos pontos na média (Young, 2016) ou até que não valham nada (Cox, 2015), cujos objetivos são de aumentar a aprendizagem em vez de avaliar o desempenho. De fato, uma escola charter bem conhecida no Reino Unido tem uma política oficial de lição de casa fundamentada na prática de lembrar: os alunos devem testar-se no conhecimento do assunto por 30 minutos a cada dia em vez de fazer um dever de casa padrão (Escola Michaela Community, 2014). A utilidade do dever de casa, particularmente para crianças mais novas, é muitas vezes um tópico debatido calorosamente fora da academia (por exemplo, Shumaker, 2016; mas veja Jones (2016) para um ponto de vista oposto e Cooper (1989) para a pesquisa original na qual os blogs foram baseados). Enquanto que algumas pesquisas mostram ligações claras entre o dever de casa e o desempenho acadêmico (Valle et al., 2016), outros pesquisadores questionaram a eficácia do dever de casa (Dettmers, Trautwein & Lüdtke, 2009). Talvez alterar a lição de casa para incluir a prática de lembrar possa torná-la mais eficaz; isso continua sendo uma questão empírica em aberto.

Uma consideração final é aquela da ansiedade do teste. Enquanto a prática de lembrar pode ser muito robusta para melhorar a memória, algumas pesquisas mostram que a pressão durante a lembrança pode prejudicar alguns dos benefícios de aprendizagem. Por exemplo, Hinze & Rapp (2014) manipularam a pressão durante os testes para criar condições de alta pressão e baixa pressão. Nos próprios testes, os alunos tiveram desempenho equivalente em ambos os grupos. No entanto, aqueles na condição de alta pressão não foram tão bem em um teste tardio em comparação com o grupo de baixa pressão. Assim, a ansiedade do teste pode reduzir o benefício de aprendizagem da prática de lembrar. Provavelmente, não é possível eliminar todos os testes de alta pressão, mas os professores podem fornecer aos estudantes uma série de oportunidades de lembrança de baixo risco para ajudar a aumentar a aprendizagem. O uso de testes que valham poucos pontos pode servir para diminuir a ansiedade de testes (Khanna, 2015), e recentemente foi mostrado que diminuem o prejuízo causado pelo estresse na aprendizagem (Smith, Floerke, & Thomas, 2016). Esta é uma linha particularmente

importante para futuras pesquisas, porque muitos professores que não estão familiarizados com a eficácia da prática de lembrar podem desconsiderá-la pela pressão implícita em realizar “testes”, que evoca os tão difamados testes padronizados de alto risco (por exemplo, McHugh, 2013).

Elaboração

Elaboração envolve a conexão de novas informações a conhecimentos preexistentes. Anderson (1983, p.285) fez a seguinte alegação sobre elaboração: “Uma das mais potentes manipulações que podem ser realizadas em termos de aumento da memória de um sujeito sobre um material é ter que elaborar sobre o assunto a ser lembrado.” Postman (1976, p. 28) definiu a elaboração com maior parcimônia “Adições à entrada nominal”, e Hirshman (2001, p. 4369) forneceu uma elaboração sobre esta definição (trocadilho proposital!), definindo a elaboração como “Um processo intencional e consciente, que associa informações a serem lembradas com outras informações na memória”. No entanto, na prática, a elaboração pode significar muitas coisas diferentes. O traço comum em todas as definições é que a elaboração envolve adicionar recursos a uma memória existente.

Uma possível instanciação de elaboração é pensar sobre informações em um nível mais profundo. Os níveis (ou “profundidade”) da estrutura de processamento, proposta por Craik e Lockhart (1972), preveem que a informação será lembrada melhor se for processada mais profundamente em termos de significado, em vez de superficialmente em termos de forma. Os níveis de processamento receberam, no entanto, muitas críticas (Craik, 2002). Um grande problema com esta ideia é que é difícil medir “profundidade”. E se nós não somos capazes de medir a profundidade, então o argumento pode se tornar circular: será que algo foi lembrado melhor porque foi estudado mais profundamente, ou concluímos que ele deve ter sido estudado mais profundamente porque é lembrado melhor? (Veja Lockhart & Craik, 1990, para uma discussão mais aprofundada desta questão).

Outro mecanismo pelo qual a elaboração pode conferir benefício para a aprendizagem é através da melhoria da organização (Bellezza, Cheesman & Reddy, 1977; Mandler, 1979). Por esse ponto de vista, a elaboração envolve tornar as informações

mais integradas e organizadas com estruturas de conhecimento existentes. Conectando e integrando a informação a ser aprendida com outros conceitos na memória, os alunos podem aumentar a extensão de como as ideias são organizadas em suas mentes, e esta organização aumentada presumivelmente facilita a reconstrução do passado no momento da lembrança.

Elaboração é um termo tão amplo e pode incluir muitas técnicas tão diferentes que é difícil afirmar que elaboração sempre ajudará a aprendizagem. Há, no entanto, uma técnica específica sob o guarda-chuva de elaboração para a qual há evidências

relativamente fortes em termos de eficácia (Dunlosky et al., 2013; Pashler et al., 2007). Esta técnica é chamada de interrogatório elaborativo, e envolve que os alunos questionem os materiais que estão estudando (Pressley, McDaniel, Turnure, Wood & Ahmad, 1987). Mais especificamente, os alunos que usam essa técnica se perguntariam "como" e "por que" sobre os conceitos que são estudados (ver a Fig. 4 para um exemplo sobre a física do voo). Então, essencialmente, os estudantes tentariam responder a essas perguntas - seja consultando seus materiais ou, eventualmente, apenas suas memórias (McDaniel & Donnelly, 1996).



Figura 4: Ilustração de perguntas do tipo “como” e “por que” (ou seja, perguntas de interrogatório elaborativo) que os alunos podem fazer enquanto estudam a física do voo. Para ajudar a descobrir como a física explica o voo, os alunos podem se fazer as seguintes perguntas: “Como um avião decola?”; “Por que um avião precisa de um motor?”; “Como a força ascendente (que o faz subir) funciona?”; “Por que as asas têm uma superfície superior curvada e uma superfície inferior plana?”; e “Por que há uma corrente descendente atrás das asas?” Nota de direitos autorais: a imagem do avião foi baixada do Pixabay.com e é grátis para usar, modificar e compartilhar.

O processo de descobrir a resposta para as perguntas - com algum grau de incerteza (Overoye & Storm, 2015) - pode ajudar a

aprender. Ao usar esta técnica, no entanto, é importante que os alunos verifiquem suas respostas com seus materiais ou com o

professor; quando o conteúdo gerado através de interrogatório elaborativo é pobre, pode realmente atrapalhar a aprendizagem (Clinton, Alibali, & Nathan, 2016). Os alunos também podem ser incentivados a explicar conceitos para si mesmos enquanto aprendem (Chi, De Leeuw, Chiu, & LaVancher, 1994). Isso pode significar que os alunos simplesmente digam em voz alta quais passos eles precisam executar para resolver uma equação. Alevén & Koedinger (2002) realizaram dois estudos em sala de aula nos quais os alunos eram ou não solicitados por um "tutor cognitivo" para fornecer auto-explicações durante uma tarefa de resolução de problemas, e descobriu-se que as auto-explicações levaram a um melhor desempenho. De acordo com os autores, essa abordagem poderia se adaptar bem às salas de aula reais. Se possível e relevante, os alunos poderiam até mesmo realizar ações juntamente às suas auto-explicações (Cohen, 1981; veja também o efeito de encenação descrito por Hainselin, Picard, Manolli, Vankerkore-Candas, & Bourdin, 2017). Professores podem estruturar estes tipos de atividades dos alunos fornecendo instruções de auto-explicação ao longo de todo o material aprendido (O'Neil et al., 2014). Em última análise, o maior benefício potencial de auto-explicação ou elaboração é que o aluno será capaz de transferir seus conhecimentos para uma nova situação (Rittle-Johnson, 2006).

O termo técnico "interrogatório elaborativo" não entrou no vernáculo dos blogueiros educacionais (uma busca em <https://educationechochamberuncut.wordpress.com>, que consolida blogs de mais de 3.000 professores baseados no Reino Unido, produziu zero resultados para esse termo). No entanto, alguns professores têm blogado sobre elaboração de forma mais geral (por exemplo, Hobbiss, 2016) e questionamento profundo, mais especificamente (por exemplo, Ensino de Classe, 2013), apenas sem usar a terminologia específica. Esta estratégia, em particular, pode se beneficiar de um diálogo mais aberto entre pesquisadores e professores para facilitar o uso do interrogatório elaborativo em sala de aula e abordar possíveis barreiras à sua implementação. Em termos do avanço da compreensão científica sobre o interrogatório em sala de aula, seria informativo realizar uma intervenção de larga escala para ver se caso os alunos "elaborem" durante a leitura haverá realmente melhora da compreensão do que está sendo lido. Também seria útil

saber se os estudantes realmente precisam gerar suas próprias perguntas do interrogatório elaborativo ("como" e "por que"), versus responder a perguntas fornecidas por outros. Por quanto tempo os alunos devem persistir para encontrar as respostas? Quando é o momento certo para que os alunos se envolvam nessa tarefa, considerando os níveis de proficiência necessários para fazê-la bem (Clinton et al., 2016)? Sem saber as respostas a estas perguntas, pode ser muito precoce instruir professores a usar esta técnica em suas aulas. Finalmente, interrogatório elaborativo leva muito tempo. Este tempo é gasto de forma eficiente? Ou é melhor que os alunos tentem responder a algumas perguntas, agrupem-se as informações da sala toda e, em seguida, passem a praticar a recuperação da informação?

Exemplos concretos

Fornecer informações de apoio pode melhorar o aprendizado de ideias-chave e conceitos. Especificamente, usar exemplos concretos para complementar o conteúdo que é mais conceitual por natureza pode tornar as ideias mais fáceis de entender e lembrar. Exemplos concretos podem fornecer várias vantagens para o processo de aprendizagem: (a) podem transmitir informações, (b) podem fornecer aos alunos informações concretas mais fáceis de lembrar, e (c) podem aproveitar o fato de que as imagens são mais memoráveis que palavras (consulte "codificação dupla"). Palavras mais concretas são melhor reconhecidas e lembradas do que palavras abstratas (Gorman, 1961; por exemplo, "botão" e "ligado", respectivamente). Além disso, foi demonstrado que a informação que é mais concreta e possui imagens aumenta a aprendizagem de associações, mesmo com conteúdo abstrato (Caplan & Madan, 2016; Madan, Glaholt & Caplan, 2010; Paivio, 1971). A partir disso, fornecer exemplos concretos durante a instrução deve melhorar a retenção de conceitos abstratos relacionados, mais do que lembrar-se apenas dos exemplos concretos. Exemplos concretos podem ser úteis tanto durante a instrução quanto durante a prática de resolução de problemas. Fazer com que os alunos expliquem ativamente como dois exemplos são semelhantes e encorajá-los a extrair a estrutura subjacente por si próprios também pode ajudar com a transferência. Em um estudo de laboratório, Berry (1983)

demonstrou que os alunos tiveram um bom desempenho quando receberam problemas concretos, independentemente do uso de verbalização (semelhante a interrogatório elaborativo), mas que a verbalização ajudou os alunos a transpor a compreensão do concreto aos problemas abstratos. Uma área de pesquisa futura particularmente importante será determinar como os alunos podem melhor fazer a ligação entre exemplos concretos e ideias abstratas. Já que os conceitos abstratos são mais difíceis de entender do que informações concretas (Paivio, Walsh & Bons, 1994), depreende-se que os professores devem ilustrar ideias abstratas com exemplos concretos. No entanto, deve-se ter cuidado ao selecionar os exemplos. LeFevre & Dixon (1986) forneceram aos alunos exemplos concretos e instruções abstratas e descobriram que, quando eram inconsistentes, os alunos seguiam os exemplos concretos em vez das instruções abstratas, potencialmente impedindo a aplicação do conceito abstrato sendo ensinado. Lew, Fukawa-Connolly, Meji-Ramos & Weber (2016) utilizaram uma abordagem de entrevista para examinar por que os alunos podem ter dificuldade em entender uma palestra. As respostas indicaram que alguns dos problemas estavam relacionados à compreensão do tópico abrangente em vez de componentes, e ao uso de coloquialismos informais que não faziam parte claramente do material sendo ensinado. Ambas questões poderiam ter sido potencialmente abordadas através da inclusão de um maior número de exemplos concretos relevantes.

Uma preocupação com o uso de exemplos concretos é que os alunos poderão lembrar só dos exemplos - especialmente se eles forem particularmente memoráveis, como exemplos divertidos ou enigmáticos - e não serem capazes de transferir a compreensão de um exemplo para outro, ou mais amplamente para o conceito abstrato. No entanto, não parece haver qualquer evidência de que exemplos divertidos relevantes realmente atrapalham o aprendizado, prejudicando a memória para informações importantes. Em vez disso, exemplos divertidos e piadas tendem a ser mais memoráveis, mas este aumento na memória para brincadeiras não parece chegar a prejudicar a memória para o conceito subjacente (Baldassari & Kelley, 2012). No entanto, duas advertências importantes precisam ser destacadas. Primeiro, na medida em que o conteúdo mais memorável não é relevante para os conceitos de

interesse, a aprendizagem da informação-alvo pode ser comprometida (Harp & Mayer, 1998). Assim, deve-se ter cuidado para garantir que todos os exemplos e truques sejam, de fato, relacionados aos conceitos básicos que os alunos precisam adquirir, e não contenham características perceptivas irrelevantes (Kaminski & Sloutsky, 2013). A segunda questão é que os estudantes mais jovens percebem e lembram dos detalhes superficiais de um exemplo em vez da estrutura subjacente. Os mais maduros, por outro lado, podem extrair a estrutura subjacente de exemplos que tenham características superficiais divergentes (Chi, Feltovich & Glaser, 1981; veja a Fig. 5 para um exemplo da física). Gick & Holyoak (1983) tentaram fazer com que os alunos aplicassem uma regra de um problema para outro problema que parecia diferente superficialmente, mas era estruturalmente semelhante. Eles observaram que fornecer vários exemplos ajudou neste processo de transferência, quando comparado a usar apenas um exemplo - especialmente quando os exemplos fornecidos tinham detalhes superficiais diferentes. Mais pesquisas também são necessárias para determinar quantos exemplos são suficientes para a generalização ocorrer (e isso, é claro, variará com fatores contextuais e diferenças individuais). Mais pesquisas sobre o contínuo entre exemplos concretos / específicos e conceitos mais abstratos também seriam informativas. Isto é, se um exemplo não é concreto o suficiente, pode ser muito difícil de entender. Por outro lado, se o exemplo é muito concreto, poderia ser prejudicial para a generalização ao conceito mais abstrato (embora um conjunto diverso de exemplos muito concretos possam ajudar com isso). De fato, em um artigo polêmico, Kaminski, Sloutsky & Heckler (2008) afirmaram que exemplos abstratos eram mais eficazes do que exemplos concretos. Refutações posteriores deste trabalho contestaram se a distinção entre abstrato e concreto foi claramente definida no estudo original (veja Reed, 2008, para uma coleção de cartas nesse assunto). Este ponto ideal ao longo do contínuo concreto-abstrato também pode interagir com o desenvolvimento. Encontrar posts de professores sobre exemplos concretos provou ser mais difícil do que para as outras estratégias discutidas nesta revisão. Uma possibilidade otimista é que os professores usam frequentemente exemplos concretos em seus ensinamentos e, portanto, não pensam nisso como uma contribuição específica da Psicologia cogniti-

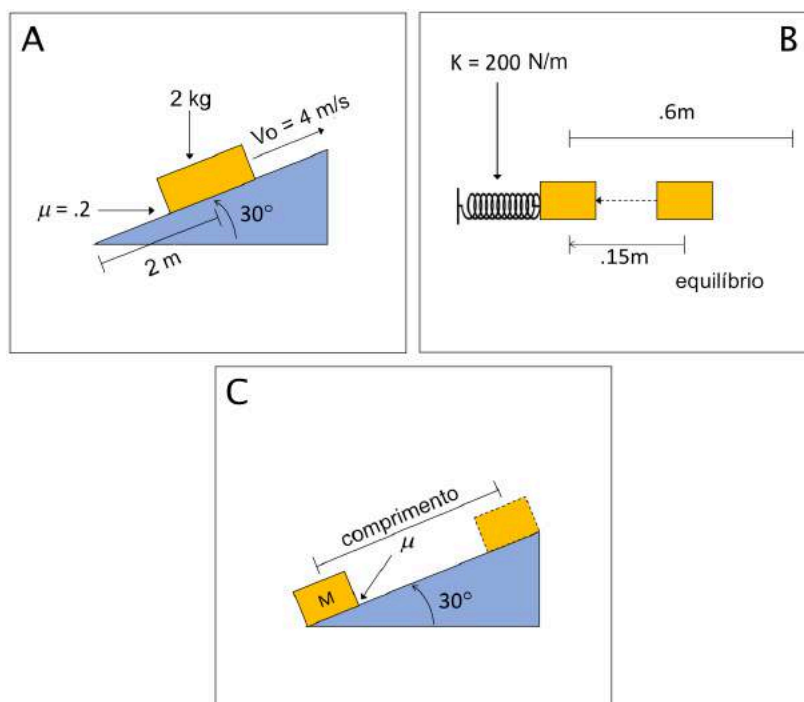


Figura 5: Três exemplos de problemas de física que seriam categorizados de maneira diferente por novatos e especialistas. Os problemas em (a) e (c) são semelhantes aparentemente, então os novatos os agrupariam em uma categoria. Especialistas, no entanto, reconhecerão que os problemas em (b) e (c) relacionam-se com o princípio de conservação de energia, e assim agrupariam esses dois problemas em uma categoria. Nota de direitos autorais: a figura foi produzida pelos autores, baseado em figuras de Chi et al. (1981).

va; o único post num blog que discutia exemplos concretos que fomos capazes de descobrir sugere que pode ser o caso (Boulton, 2016). A ideia de “ligar conceitos abstratos com exemplos concretos” também é abordado em 25% dos livros didáticos de treinamento de professores usados nos EUA, de acordo com o relatório de Pomerance et al. (2016); esta é a segunda estratégia mais frequentemente adotadas, dentre as seis estratégias, após “levantando questões investigativas” (isto é, interrogatório elaborativo). Uma orientação útil para pesquisas futuras seria estabelecer como os professores estão usando exemplos concretos em sua prática, e se podemos fazer alguma sugestão para melhoria baseada em pesquisas sobre a ciência da aprendizagem. Por exemplo, se dois exemplos são melhores que um (Bauernschmidt, 2017), se exemplos adicionais também são necessários, ou se há retornos decrescentes ao se fornecer mais exemplos? E como os professores podem garantir que exemplos concretos são

consistentes com conhecimento prévio (Reed, 2008)?

Codificação dupla³

Tanto a literatura sobre memória como a psicologia popular dão suporte à noção de que exemplos visuais são benéficos - o adágio de "uma imagem vale mais que mil palavras" (advindo de um slogan publicitário da década de 1920; Meider, 1990). De fato, é bem entendido que mais informações podem ser transmitidas através de uma simples ilustração do que através de parágrafos de texto (por exemplo, Barker & Manji, 1989; Mayer & Gallini, 1990). Ilustrações podem ser particularmente úteis quando o conceito descrito envolve várias partes ou etapas e destina-se a pessoas com pouco conhecimento prévio (Eitel & Scheiter, 2015; Mayer & Gallini, 1990). A Figura 6 fornece um exemplo concreto disso, ilustrando como as informações podem fluir através de neurônios e sinapses. Além de

³ N. de T. Um paralelo pode ser feito entre este conceito da psicologia cognitiva e o conceito de aprendizagem associativa explorado há muitos anos pelos neurocientistas (Bocchio et al., 2017 – Neuron 94:731-743; Aschauer & Rumpel, 2018 – Curr Top Behav Neurosci 37:177-211)

poder transmitir informações mais sucintamente, as imagens também são mais memoráveis do que as palavras (Paivio & Csapo, 1969, 1973). Na literatura de memória, isto é referido como o efeito de superioridade da imagem. A teoria da codificação dupla foi desenvolvida em parte para explicar esse efeito. Codificação dupla

segue a noção de que um texto acompanhado por informação visual complementar melhora o aprendizado. Paivio (1971, 1986) propôs a teoria de codificação dupla como uma explicação mecanicista para a integração de “códigos” de múltiplas informações para processar informações.

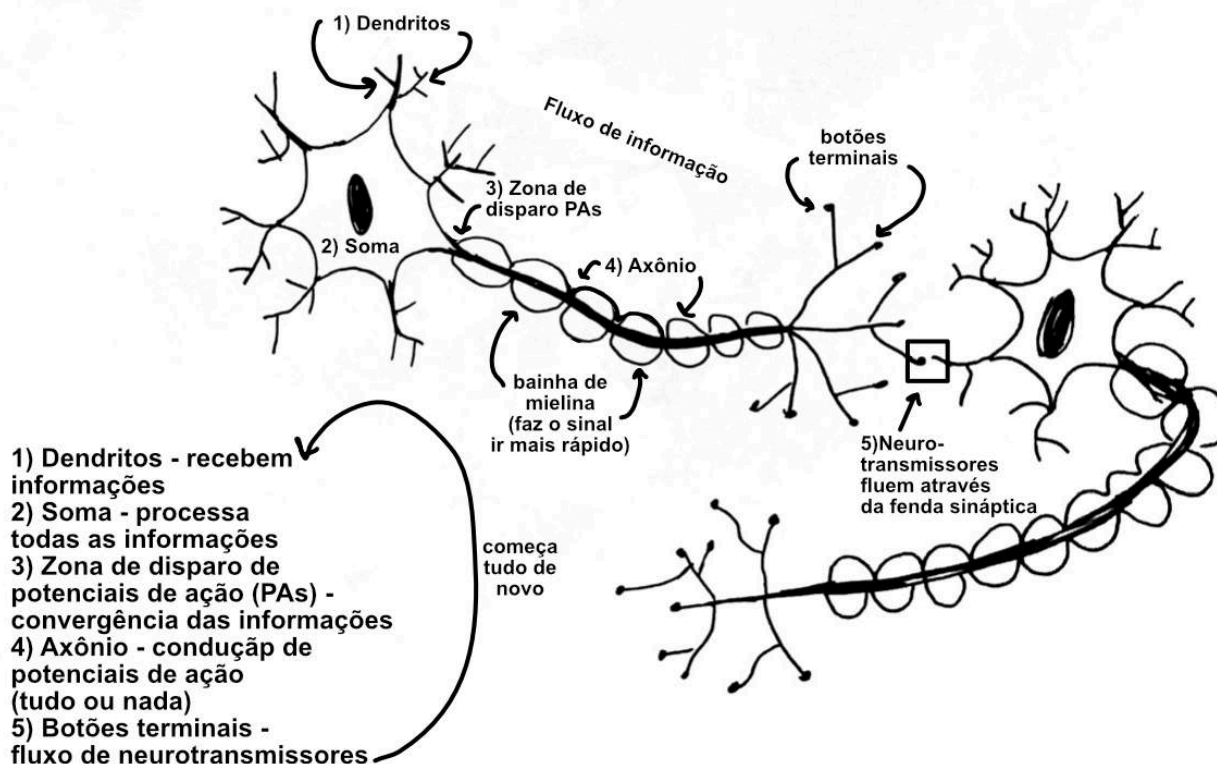


Figura 6: Exemplo de como melhorar a aprendizagem através do uso de uma imagem. Os alunos podem ver esta representação visual da comunicação neural com as palavras fornecidas, ou eles mesmos poderiam desenhar uma representação visual semelhante. Nota de direitos autorais: esta figura foi produzida pelos autores.

Nesta teoria, um código corresponde a uma representação modal ou de outra forma distinta de um conceito - por exemplo, "imagens mentais para 'livro'" têm propriedades visuais, táteis e outras propriedades perceptivas semelhantes àquelas evocadas pelos objetos de referência nos quais as imagens estão baseadas" (Clark & Paivio, 1991, p. 152). Aylwin (1990) fornece um exemplo claro de como a palavra "cachorro" pode evocar representações verbais, visuais e enativas⁴ (ver na Fig. 7 um exemplo semelhante para a palavra "GARFO", baseada em Aylwin, 1990 (Fig. 2) e Madan & Singhal, 2012A (Fig. 3)). Códigos também podem corresponder a

propriedades emocionais (Clark & Paivio, 1991; Paivio, 2013). Clark & Paivio (1991) fornecem uma revisão completa da teoria de codificação dupla e sua relação com a educação, enquanto Paivio (2007) apresenta um tratado abrangente sobre essa teoria. Em geral, a teoria de codificação dupla sugere que fornecer várias representações da mesma informação aumenta a aprendizagem e memória, e aquela informação que mais prontamente evoca representações adicionais (através de processos de imagens automáticos) recebe um benefício similar. Paivio & Csapo (1973) sugerem que códigos de linguagem verbal e de imagens têm efeitos independentes e aditivos na

⁴ N. de T. Relativa aos gestos, representação motora.

evocação de memórias. Usar componentes visuais para melhorar a aprendizagem e a memória se aplica particularmente à aprendizagem de vocabulário (Danan, 1992; Sadoski, 2005), mas também mostrou ser um sucesso em outros domínios como nos cuidados da saúde (Hartland, Biddle & Fallacaro, 2008). Para aproveitar a dupla codificação, a informação verbal deve ser acompanhada de uma representação visual, quando possível. Entretanto, enquanto todos os estudos discutidos indicam que o uso de múltiplas representações de informações é favorável, é importante reconhecer que cada representação também aumenta a carga cognitiva e pode levar à saturação excessiva (Mayer & Moreno, 2003).

Dado que imagens são geralmente melhor lembradas do que palavras, é importante garantir que as imagens que são fornecidas aos alunos são úteis e relevantes para o conteúdo que se espera que aprendam. McNeill, Uttal, Jarvin & Sternberg (2009) descobriram que fornecer exemplos visuais diminui erros conceituais. No entanto, McNeill e colaboradores também descobriram que quando os alunos receberam exemplos visualmente ricos, eles tiveram pior desempenho do que os estudantes que não receberam nenhum exemplo visual, sugerindo que os detalhes visuais podem às vezes tornar-se uma distração e dificultar o desempenho. Assim, é importante considerar que as imagens usadas no ensino são claras e não ambíguas em seu significado (Schwartz, 2007).

Ampliando ainda mais o escopo da teoria de codificação dupla, Engelkamp & Zimmer (1984) sugerem que os movimentos motores, como “girar a manivela”, podem fornecer um código motor que pode melhorar a memória, ligando estudos de ações motoras (enação) com a teoria de dupla codificação (Clark & Paivio, 1991; Engelkamp & Cohen, 1991; Madan & Singhal, 2012c). De fato, os efeitos da enação parecem ocorrer principalmente durante a aprendizagem, e não durante a recuperação (Peterson & Mulligan, 2010). Na mesma linha, Wammes, Meade & Fernandes (2016) demonstraram que gerar desenhos pode ser benéfico à memória além do que poderia ser explicado apenas por imagens visuais, superioridade de imagem e outros efeitos de melhoria de memória. Mesmo quando ações motoras manifestas não são críticas por si mesmas, mostrou-se que fornecer evidências convergentes, como palavras que representam objetos funcionais, melhoram a memória posterior (Madan &

Singhal, 2012b; Montefinese, Ambrosini, Fairfield & Mammarella, 2013). Isso indica que processos motores podem melhorar a memória de forma semelhante a imagens visuais, similarmente a diferenças de memória para palavras concretas vs. abstratas. Pesquisas adicionais sugerem que a simulação motora automática para objetos funcionais é provavelmente responsável por este benefício de memória (Madan, Chen & Singhal, 2016).

Quando os professores combinam imagens e palavras em suas práticas educacionais, no entanto, eles podem nem sempre estar se aproveitando da codificação dupla - pelo menos, não da melhor maneira. Por exemplo, uma discussão recente no Twitter foi centrada em torno da decisão de um professor de fazer com que seus alunos do 7º ano substituíssem certas palavras em seu relatório do laboratório de ciências com uma imagem dessa palavra (por exemplo, se as instruções diziam “usando uma seringa...” e uma imagem de uma seringa substituiu a palavra; Turner, 2016a). Outros professores argumentaram que isso não era codificação dupla (Beaven, 2016; Williams, 2016) porque não havia mais duas representações diferentes da informação. O primeiro professor mantinha que a codificação dupla havia sido preservada, porque este relatório de laboratório com imagens era para ser usado ao lado do original, um relatório totalmente verbal (Turner, 2016b). Esta implementação - fazer com que os alunos substituam palavras individuais por imagens - não foi examinada na literatura cognitiva, presumivelmente porque nenhum benefício seria esperado. De qualquer modo, precisamos ser mais claros sobre implementações da codificação dupla, e mais pesquisas são necessárias para esclarecer como professores podem fazer uso dos benefícios conferidos por múltiplas representações e superioridade da imagem.

Importantemente, a teoria da codificação dupla é distinta da noção de “estilos de aprendizagem”, que descrevem a ideia de que indivíduos irão se beneficiar com a instrução que corresponde à sua preferência de modalidade. Embora esta ideia seja generalizada e os indivíduos muitas vezes sentem subjetivamente que têm uma preferência, a teoria dos estilos de aprendizagem não é apoiada por resultados empíricos (por exemplo, Kavale, Hirshoren & Forness, 1998; Pashler, McDaniel, Rohrer & Bjork, 2008; Rohrer & Pashler, 2012). Ou seja, não há evidências de que instruir os alunos

em suas preferências de estilo de aprendizagem leva a uma melhoria global na aprendizagem (a hipótese de “entrelaçamento”⁵). Além disso, estilos de aprendizagem vieram a ser descritos como mitos ou lendas urbanas dentro da psicologia (Coffield, Moseley, Hall & Ecclestone, 2004; Hattie & Yates, 2014; Kirschner & van Merriënboer, 2013; Kirschner, 2017); ceticismo sobre estilos de aprendizagem é uma postura comum entre professores informados sobre evidências (por exemplo, Saunders, 2016). Fornecendo provas contra a noção de estilos de aprendizagem, Kraemer, Rosenberg & Thompson-Schill (2009) descobriram que indivíduos que pontuaram como “verbalizadores” e “visualizadores” não foram melhor em testes experimentais que combinassem com sua preferência. Em vez disso, foi recentemente demonstrado que aprender através do estilo de aprendizagem preferido está associado a um aumento de julgamentos subjetivos acerca do aprendizado, mas não ao desempenho objetivo (Knoll, Otani, Skeel & Van Horn, 2017). Em contraste com os estilos de aprendizagem, a codificação dupla baseia-se no fornecimento de formas complementares adicionais da informação para melhorar a aprendizagem, em vez de adaptar as instruções às preferências dos indivíduos.

Conclusão

Ambientes educacionais genuínos apresentam muitas oportunidades de combinar as estratégias descritas acima. O espaçamento pode ser particularmente potente para aprender se é combinado com a prática de lembrança. Os benefícios aditivos da prática de lembrar e do espaçamento podem ser obtidos através da utilização da prática de lembrar várias vezes (também conhecida como prática distribuída; veja Cepeda et al., 2006). Intercalar implica naturalmente em espaçamento se os alunos intercalarem material antigo e novo. Exemplos concretos podem ser tanto verbais quanto visuais, fazendo uso da codificação dupla. Além disso, as estratégias de elaboração, exemplos concretos, e dupla codificação funcionam melhor quando usados como parte da prática de lembrar. Por exemplo, em estudos de mapeamento de conceitos mencionados acima (Blunt & Karpicke, 2014; Karpicke, Blunt et al., 2014),

criar mapas conceituais enquanto se observa os materiais do curso (por exemplo, um livro didático) não foi tão eficaz para a memória posterior como criar mapas conceituais de memória. Ao praticar o interrogatório elaborativo, os alunos podem começar a responder a perguntas que eles colocam para si mesmos de “como” e “por que” usando materiais de classe, e depois caminhar para respondê-las de memória. E ao intercalar diferentes tipos de problemas, os alunos devem praticar respondê-los em vez de apenas olhar os exemplos já respondidos.

Mas enquanto essas ideias de combinações de estratégias têm uma base empírica, ainda não foi estabelecido se os benefícios das estratégias de aprendizagem são aditivos, superaditivos, ou, em alguns casos, incompatíveis. Assim, pesquisas futuras precisam (a) formalizar melhor a definição de cada estratégia (necessidade particularmente crítica para elaboração e codificação dupla), (b) identificar as melhores práticas para implementação na sala de aula, (c) delinear as condições limites de cada estratégia e (d) investigar as interações entre as seis estratégias descritas neste artigo.

Conflito de Interesses

YW e MAS publicam um blog, “The Learning Scientists Blog”, que é citado nessa revisão tutorial. O blog não tem objetivo lucrativo. Recursos gratuitos sobre as estratégias descritas nesta revisão são fornecidas no blog. Ocasionalmente, YW e MAS são convidados pelas escolas / distritos escolares para apresentar resultados da pesquisa da psicologia cognitiva aplicada à educação.

Detalhes dos autores

1 Departamento de Psicologia da Universidade de Massachusetts em Lowell, MA, EUA.

2 Departamento de Psicologia, Boston College, Chestnut Hill, MA, EUA.

3 Escola de Psicologia da Universidade de Nottingham, Nottingham, Reino Unido.

4 Departamento de Psicologia, Rhode Island College, Providence, RI, EUA.

⁵ N. de T. “Meshing”, no original.

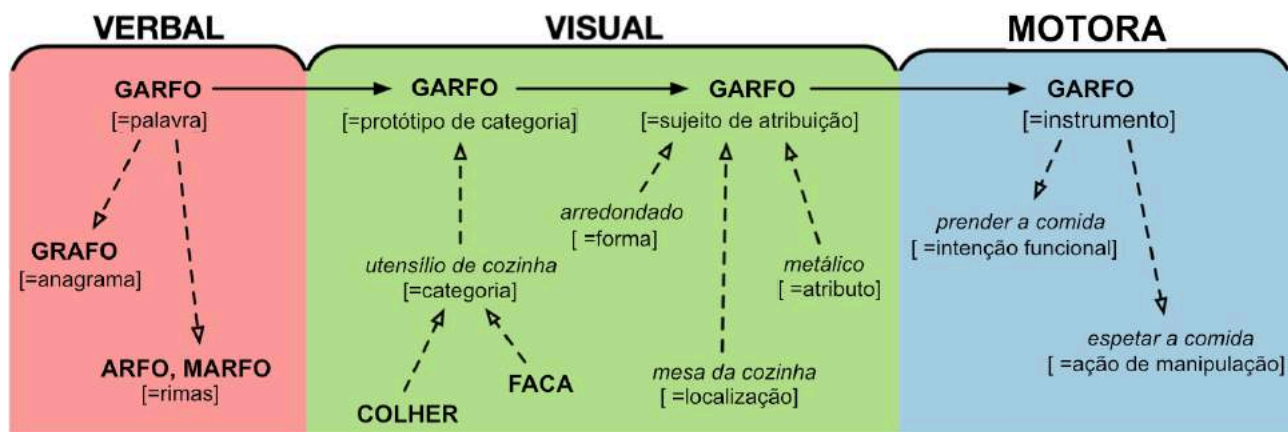


Figura 7: Exemplo de propriedades de palavras associadas à codificação visual, verbal e motora da palavra “GARFO”. Uma palavra pode evocar vários tipos de representação (“códigos” na teoria de codificação dual). A visualização de uma palavra evocará automaticamente representações verbais relacionadas aos seus componentes de letras e fonemas. Palavras que representam objetos (ou seja, substantivos concretos) também evocam representações visuais, incluindo informações sobre objetos, partes componentes do objeto e informações sobre onde o objeto é normalmente encontrado. Em alguns casos, códigos adicionais também podem ser evocados, como propriedades motoras do objeto representado, onde informações contextuais relacionadas à intenção funcional do objeto e a ação de manipulação também podem ser processadas automaticamente ao ler a palavra. Nota de direitos autorais: esta figura foi produzida pelos autores e é baseado em Aylwin (1990; Fig. 2) e Madan e Singhal (2012a, Fig. 3).

Referências

- Aleven, V. A., & Koedinger, K. R. (2002). An effective metacognitive strategy: learning by doing and explaining with a computer-based cognitive tutor. *Cognitive Science*, 26, 147–179.
- Anderson, J. R. (1983). A spreading activation theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 261–295.
- Arnold, K. M., & McDermott, K. B. (2013). Test-potentiated learning: distinguishing between direct and indirect effects of tests. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39, 940–945.
- Aylwin, S. (1990). Imagery and affect: big questions, little answers. In P. J. Thompson, D. E. Marks, & J. T. E. Richardson (Eds.), *Imagery: Current developments*. New York: International Library of Psychology.
- Baldassari, M. J., & Kelley, M. (2012). Make'em laugh? The mnemonic effect of humor in a speech. *Psi Chi Journal of Psychological Research*, 17, 2–9.
- Barker, P. G., & Manji, K. A. (1989). Pictorial dialogue methods. *International Journal of Man-Machine Studies*, 31, 323–347.
- Bauernschmidt, A. (2017). GUEST POST: two examples are better than one. [Blog post]. *The Learning Scientists Blog*. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2017/5/30-1>. Accessed 25 Dec 2017.
- Beaven, T. (2016). @doctorwhy @FurtherEdagogy @doc_kristy Right, I thought the whole point of dual coding was to use TWO codes: pics + words of the SAME info? [Tweet].

Retrieved from <https://twitter.com/TitaBeaven/status/807504041341308929>. Accessed 25 Dec 2017.

Bellezza, F. S., Cheesman, F. L., & Reddy, B. G. (1977). Organization and semantic elaboration in free recall. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 3, 539–550.

Benney, D. (2016). (Trying to apply) spacing in a content heavy subject [Blog post]. Retrieved from <https://mrbenney.wordpress.com/2016/10/16/trying-to-apply-spacing-in-science/>. Accessed 25 Dec 2017.

Berry, D. C. (1983). Metacognitive experience and transfer of logical reasoning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35A, 39–49.

Birnbaum, M. S., Kornell, N., Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2013). Why interleaving enhances inductive learning: the roles of discrimination and retrieval. *Memory & Cognition*, 41, 392–402.

Bjork, R. A. (1999). Assessing our own competence: heuristics and illusions. In D. Gopher & A. Koriati (Eds.), *Attention and performance XVII. Cognitive regulation of performance: Interaction of theory and application* (pp. 435–459). Cambridge, MA: MIT Press.

Bjork, R. A. (1994). Memory and metamemory considerations in the training of human beings. In J. Metcalfe & A. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 185–205). Cambridge, MA: MIT Press.

Bjork, R. A., & Bjork, E. L. (1992). A new theory of disuse and an old theory of stimulus fluctuation. From learning processes to cognitive processes: *Essays in honor of William K. Estes*, 2, 35–67.

- Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2011). Making things hard on yourself, but in a good way: creating desirable difficulties to enhance learning. *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society*, 56–64.
- Blunt, J. R., & Karpicke, J. D. (2014). Learning with retrieval-based concept mapping. *Journal of Educational Psychology*, 106, 849–858.
- Boulton, K. (2016). What does cognitive overload look like in the humanities? [Blog post]. Retrieved from <https://educationechochamberuncut.wordpress.com/2016/03/05/what-does-cognitive-overload-look-like-in-the-humanitieskris-boulton-2/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Brown, P. C., Roediger, H. L., & McDaniel, M. A. (2014). *Make it stick*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Butler, A. C. (2010). Repeated testing produces superior transfer of learning relative to repeated studying. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36, 1118–1133.
- Caplan, J. B., & Madan, C. R. (2016). Word-imageability enhances association memory by recruiting hippocampal activity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 28, 1522–1538.
- Cepeda, N. J., Pashler, H., Vul, E., Wixted, J. T., & Rohrer, D. (2006). Distributed practice in verbal recall tasks: a review and quantitative synthesis. *Psychological Bulletin*, 132, 354–380.
- Cepeda, N. J., Vul, E., Rohrer, D., Wixted, J. T., & Pashler, H. (2008). Spacing effects in learning a temporal ridgeline of optimal retention. *Psychological Science*, 19, 1095–1102.
- Chi, M. T., De Leeuw, N., Chiu, M. H., & LaVancher, C. (1994). Eliciting self explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439–477.
- Chi, M. T., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121–152.
- CIFE. (2012). No January A level and other changes. Retrieved from <http://www.cife.org.uk/cife-general-news/no-january-a-level-and-other-changes/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Clark, D. (2016). One book on learning that every teacher, lecturer & trainer should read (7 reasons) [Blog post]. Retrieved from <http://donaldclarkplanb.blogspot.com/2016/03/one-book-on-learning-that-every-teacher.html>. Accessed 25 Dec 2017.
- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3, 149–210.
- Class Teaching. (2013). Deep questioning [Blog post]. Retrieved from [https:// classteaching.wordpress.com/2013/07/12/deep-questioning/](https://classteaching.wordpress.com/2013/07/12/deep-questioning/). Accessed 25 Dec 2017.
- Clinton, V., Alibali, M. W., & Nathan, M. J. (2016). Learning about posterior probability: do diagrams and elaborative interrogation help? *The Journal of Experimental Education*, 84, 579–599.
- Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., & Ecclestone, K. (2004). *Learning styles and pedagogy in post-16 learning: a systematic and critical review*. London: Learning & Skills Research Centre.
- Cohen, R. L. (1981). On the generality of some memory laws. *Scandinavian Journal of Psychology*, 22, 267–281.
- Cooper, H. (1989). Synthesis of research on homework. *Educational Leadership*, 47, 85–91.
- Corbett, A. T., Reed, S. K., Hoffmann, R., MacLaren, B., & Wagner, A. (2010). Interleaving worked examples and cognitive tutor support for algebraic modeling of problem situations. In *Proceedings of the Thirty-Second Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (pp. 2882–2887).
- Cox, D. (2015). No stakes testing – not telling students their results [Blog post]. Retrieved from [https:// missdcoxblog.wordpress.com/2015/06/06/no-stakestesting-not-telling-students-their-results/](https://missdcoxblog.wordpress.com/2015/06/06/no-stakestesting-not-telling-students-their-results/). Accessed 25 Dec 2017.
- Cox, D. (2016a). Ditch revision. Teach it well [Blog post]. Retrieved from <https://missdcoxblog.wordpress.com/2016/01/09/ditch-revision-teach-it-well/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Cox, D. (2016b). ‘They need to remember this in three years time’: spacing & interleaving for the new GCSEs [Blog post]. Retrieved from <https://missdcoxblog.wordpress.com/2016/03/25/they-need-to-remember-this-in- three-years-time-spacing-interleaving-for-the-new-gcses/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Craik, F. I. (2002). Levels of processing: past, present... future? *Memory*, 10, 305–318.
- Craik, F. I., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: a framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671–684.
- Danan, M. (1992). Reversed subtitling and dual coding theory: new directions for foreign language instruction. *Language Learning*, 42, 497–527.
- Dettmers, S., Trautwein, U., & Lüdtke, O. (2009). The relationship between homework time and achievement is not universal: evidence from multilevel analyses in 40 countries. *School Effectiveness and School Improvement*, 20, 375–405.
- Dirkx, K. J., Kester, L., & Kirschner, P. A. (2014). The testing effect for learning principles and procedures from texts. *The Journal of Educational Research*, 107, 357–364.
- Dunlosky, J. (2013). Strengthening the student toolbox: study strategies to boost learning. *American Educator*, 37(3), 12–21.
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving students’ learning with effective learning techniques: promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14, 4–58.
- Ebbinghaus, H. (1913). *Memory* (H. A. Ruger & C. E. Bussenius, Trans.). New York: Columbia University, Teachers College. (Original work published 1885). Retrieved from [http:// psychclassics.yorku.ca/Ebbinghaus/memory8.htm](http://psychclassics.yorku.ca/Ebbinghaus/memory8.htm). Accessed 25 Dec 2017.
- Eglington, L. G., & Kang, S. H. (2016). Retrieval practice benefits deductive inference. *Educational Psychology Review*, 1–14.
- Eitel, A., & Scheiter, K. (2015). Picture or text first? Explaining sequential effects when learning with pictures and text. *Educational Psychology Review*, 27, 153–180.
- Engelkamp, J., & Cohen, R. L. (1991). Current issues in memory of action events. *Psychological Research*, 53, 175–182.
- Engelkamp, J., & Zimmer, H. D. (1984). Motor programme information as a separable memory unit. *Psychological Research*, 46, 283–299.
- Fawcett, D. (2013). Can I be that little better at.....using cognitive science/psychology/neurology to plan learning? [Blog post]. Retrieved from [http:// reflectionsmyteaching.blogspot.com/2013/09/can-i-be-that-little-betteratusing.html](http://reflectionsmyteaching.blogspot.com/2013/09/can-i-be-that-little-betteratusing.html). Accessed 25 Dec 2017.

- Fiechter, J. L., & Benjamin, A. S. (2017). Diminishing-cues retrieval practice: a memory-enhancing technique that works when regular testing doesn't. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1–9.
- Firth, J. (2016). Spacing in teaching practice [Blog post]. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2016/4/12-1>. Accessed 25 Dec 2017.
- Fordham, M. [mfordhamhistory]. (2016). Is there a meaningful distinction in psychology between 'thinking' & 'critical thinking'? [Tweet]. Retrieved from <https://twitter.com/mfordhamhistory/status/809525713623781377>. Accessed 25 Dec 2017.
- Fritz, C. O., Morris, P. E., Nolan, D., & Singleton, J. (2007). Expanding retrieval practice: an effective aid to preschool children's learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60, 991–1004.
- Gates, A. I. (1917). Recitation as a factory in memorizing. *Archives of Psychology*, 6.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1–38.
- Gorman, A. M. (1961). Recognition memory for nouns as a function of abstractedness and frequency. *Journal of Experimental Psychology*, 61, 23–39.
- Hainselin, M., Picard, L., Manolli, P., Vankerkore-Candas, S., & Bourdin, B. (2017). Hey teacher, don't leave them kids alone: action is better for memory than reading. *Frontiers in Psychology*, 8.
- Harp, S. F., & Mayer, R. E. (1998). How seductive details do their damage. *Journal of Educational Psychology*, 90, 414–434.
- Hartland, W., Biddle, C., & Fallacaro, M. (2008). Audiovisual facilitation of clinical knowledge: A paradigm for dispersed student education based on Paivio's dual coding theory. *AANA Journal*, 76, 194–198.
- Hattie, J., & Yates, G. (2014). *Visible learning and the science of how we learn*. New York: Routledge.
- Hausman, H., & Kornell, N. (2014). Mixing topics while studying does not enhance learning. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 3, 153–160.
- Hinze, S. R., & Rapp, D. N. (2014). Retrieval (sometimes) enhances learning: performance pressure reduces the benefits of retrieval practice. *Applied Cognitive Psychology*, 28, 597–606.
- Hirshman, E. (2001). Elaboration in memory. In N. J. Smelser & P. B. Baltes (Eds.), *International encyclopedia of the social & behavioral sciences* (pp. 4369–4374). Oxford: Pergamon.
- Hobbiss, M. (2016). Make it meaningful! Elaboration [Blog post]. Retrieved from <https://hobbolog.wordpress.com/2016/06/09/make-it-meaningfulelaboration/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Jones, F. (2016). Homework – is it really that useless? [Blog post]. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2016/4/5-1>. Accessed 25 Dec 2017.
- Kaminski, J. A., & Sloutsky, V. M. (2013). Extraneous perceptual information interferes with children's acquisition of mathematical knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 351–363.
- Kaminski, J. A., Sloutsky, V. M., & Heckler, A. F. (2008). The advantage of abstract examples in learning math. *Science*, 320, 454–455.
- Kang, S. H. (2016). Spaced repetition promotes efficient and effective learning policy implications for instruction. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 3, 12–19.
- Kang, S. H. K., McDermott, K. B., & Roediger, H. L. (2007). Test format and corrective feedback modify the effects of testing on long-term retention. *European Journal of Cognitive Psychology*, 19, 528–558.
- Karpicke, J. D., & Aue, W. R. (2015). The testing effect is alive and well with complex materials. *Educational Psychology Review*, 27, 317–326.
- Karpicke, J. D., Blunt, J. R., Smith, M. A., & Karpicke, S. S. (2014). Retrieval-based learning: The need for guided retrieval in elementary school children. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 3, 198–206.
- Karpicke, J. D., Lehman, M., & Aue, W. R. (2014). Retrieval-based learning: an episodic context account. In B. H. Ross (Ed.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 61, pp. 237–284). San Diego, CA: Elsevier Academic Press.
- Karpicke, J. D., Blunt, J. R., & Smith, M. A. (2016). Retrieval-based learning: positive effects of retrieval practice in elementary school children. *Frontiers in Psychology*, 7.
- Kavale, K. A., Hirshoren, A., & Forness, S. R. (1998). Meta-analytic validation of the Dunn and Dunn model of learning-style preferences: a critique of what was Dunn. *Learning Disabilities Research & Practice*, 13, 75–80.
- Khanna, M. M. (2015). Ungraded pop quizzes: test-enhanced learning without all the anxiety. *Teaching of Psychology*, 42, 174–178.
- Kirby, J. (2014). One scientific insight for curriculum design [Blog post]. Retrieved from <https://pragmaticreform.wordpress.com/2014/05/05/scientificcurriculumdesign/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Kirschner, P. A. (2017). Stop propagating the learning styles myth. *Computers & Education*, 106, 166–171.
- Kirschner, P. A., & van Merriënboer, J. J. G. (2013). Do learners really know best? Urban legends in education. *Educational Psychologist*, 48, 169–183.
- Knoll, A. R., Otani, H., Skeel, R. L., & Van Horn, K. R. (2017). Learning style, judgments of learning, and learning of verbal and visual information. *British Journal of Psychology*, 108, 544–563.
- Kornell, N., & Bjork, R. A. (2008). Learning concepts and categories is spacing the “enemy of induction”? *Psychological Science*, 19, 585–592.
- Kornell, N., & Finn, B. (2016). Self-regulated learning: an overview of theory and data. In J. Dunlosky & S. Tauber (Eds.), *The Oxford Handbook of Metamemory* (pp. 325–340). New York: Oxford University Press.
- Kornell, N., Klein, P. J., & Rawson, K. A. (2015). Retrieval attempts enhance learning, but retrieval success (versus failure) does not matter. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41, 283–294.
- Kraemer, D. J. M., Rosenberg, L. M., & Thompson-Schill, S. L. (2009). The neural correlates of visual and verbal cognitive styles. *Journal of Neuroscience*, 29, 3792–3798.
- Kraft, N. (2015). Spaced practice and repercussions for teaching. Retrieved from <http://nathankraft.blogspot.com/2015/08/spaced-practice-and-repercussionsfor.html>. Accessed 25 Dec 2017.
- Learning Scientists. (2016a). Weekly Digest #3: How teachers implement interleaving in their curriculum [Blog post].

- Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2016/3/28/weekly-digest-3>. Accessed 25 Dec 2017.
- Learning Scientists. (2016b). Weekly Digest #13: how teachers implement retrieval in their classrooms [Blog post]. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2016/6/5/weekly-digest-13>. Accessed 25 Dec 2017.
- Learning Scientists. (2016c). Weekly Digest #40: teachers' implementation of principles from "Make It Stick" [Blog post]. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2016/12/18-1>. Accessed 25 Dec 2017.
- Learning Scientists. (2017). Weekly Digest #54: is there an app for that? Studying 2.0 [Blog post]. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2017/4/9/weekly-digest-54>. Accessed 25 Dec 2017.
- LeFevre, J.-A., & Dixon, P. (1986). Do written instructions need examples? *Cognition and Instruction*, 3, 1–30.
- Lew, K., Fukawa-Connelly, T., Mejía-Ramos, J. P., & Weber, K. (2016). Lectures in advanced mathematics: Why students might not understand what the mathematics professor is trying to convey. *Journal of Research in Mathematics Education*, 47, 162–198.
- Lindsey, R. V., Shroyer, J. D., Pashler, H., & Mozer, M. C. (2014). Improving students' long-term knowledge retention through personalized review. *Psychological Science*, 25, 639–647.
- Lipko-Speed, A., Dunlosky, J., & Rawson, K. A. (2014). Does testing with feedback help grade-school children learn key concepts in science? *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 3, 171–176.
- Lockhart, R. S., & Craik, F. I. (1990). Levels of processing: a retrospective commentary on a framework for memory research. *Canadian Journal of Psychology*, 44, 87–112.
- Lovell, O. (2017). How do we know what to put on the quiz? [Blog Post]. Retrieved from <http://www.ollielovell.com/olliessclassroom/know-put-quiz/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Luehmann, A. L. (2008). Using blogging in support of teacher professional identity development: a case study. *The Journal of the Learning Sciences*, 17, 287–337.
- Madan, C. R., Glaholt, M. G., & Caplan, J. B. (2010). The influence of item properties on association-memory. *Journal of Memory and Language*, 63, 46–63.
- Madan, C. R., & Singhal, A. (2012a). Motor imagery and higher-level cognition: four hurdles before research can sprint forward. *Cognitive Processing*, 13, 211–229.
- Madan, C. R., & Singhal, A. (2012b). Encoding the world around us: motor-related processing influences verbal memory. *Consciousness and Cognition*, 21, 1563–1570.
- Madan, C. R., & Singhal, A. (2012c). Using actions to enhance memory: effects of enactment, gestures, and exercise on human memory. *Frontiers in Psychology*, 3.
- Madan, C. R., Chen, Y. Y., & Singhal, A. (2016). ERPs differentially reflect automatic and deliberate processing of the functional manipulability of objects. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10.
- Mandler, G. (1979). Organization and repetition: organizational principles with special reference to rote learning. In L. G. Nilsson (Ed.), *Perspectives on Memory Research* (pp. 293–327). New York: Academic Press.
- Marsh, E. J., Fazio, L. K., & Goswick, A. E. (2012). Memorial consequences of testing school-aged children. *Memory*, 20, 899–906.
- Mayer, R. E., & Gallini, J. K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words? *Journal of Educational Psychology*, 82, 715–726.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38, 43–52.
- McDaniel, M. A., & Donnelly, C. M. (1996). Learning with analogy and elaborative interrogation. *Journal of Educational Psychology*, 88, 508–519.
- McDaniel, M. A., Thomas, R. C., Agarwal, P. K., McDermott, K. B., & Roediger, H. L. (2013). Quizzing in middle-school science: successful transfer performance on classroom exams. *Applied Cognitive Psychology*, 27, 360–372.
- McDermott, K. B., Agarwal, P. K., D'Antonio, L., Roediger, H. L., & McDaniel, M. A. (2014). Both multiple-choice and short-answer quizzes enhance later exam performance in middle and high school classes. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 20, 3–21.
- McHugh, A. (2013). High-stakes tests: bad for students, teachers, and education in general [Blog post]. Retrieved from <https://teacherbiz.wordpress.com/2013/07/01/high-stakes-tests-bad-for-students-teachers-and-education-in-general/>. Accessed 25 Dec 2017.
- McNeill, N. M., Uttal, D. H., Jarvin, L., & Sternberg, R. J. (2009). Should you show me the money? Concrete objects both hurt and help performance on mathematics problems. *Learning and Instruction*, 19, 171–184.
- Meider, W. (1990). "A picture is worth a thousand words": from advertising slogan to American proverb. *Southern Folklore*, 47, 207–225.
- Michaela Community School. (2014). Homework. Retrieved from <http://mcsbrent.co.uk/homework-2/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Montefinese, M., Ambrosini, E., Fairfield, B., & Mammarella, N. (2013). The "subjective" pupil old/new effect: is the truth plain to see? *International Journal of Psychophysiology*, 89, 48–56.
- O'Neil, H. F., Chung, G. K., Kerr, D., Vendlinski, T. P., Buschang, R. E., & Mayer, R. E. (2014). Adding self-explanation prompts to an educational computer game. *Computers In Human Behavior*, 30, 23–28.
- Overoye, A. L., & Storm, B. C. (2015). Harnessing the power of uncertainty to enhance learning. *Translational Issues in Psychological Science*, 1, 140–148.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: a dual coding approach*. New York: Oxford University Press.
- Paivio, A. (2007). *Mind and its evolution: a dual coding theoretical approach*. Mahwah: Erlbaum.
- Paivio, A. (2013). Dual coding theory, word abstractness, and emotion: a critical review of Kousta et al. (2011). *Journal of Experimental Psychology: General*, 142, 282–287.
- Paivio, A., & Csapo, K. (1969). Concrete image and verbal memory codes. *Journal of Experimental Psychology*, 80, 279–285.
- Paivio, A., & Csapo, K. (1973). Picture superiority in free recall: imagery or dual coding? *Cognitive Psychology*, 5, 176–206.
- Paivio, A., Walsh, M., & Bons, T. (1994). Concreteness effects on memory: when and why? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 1196–1204.

- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2008). Learning styles: concepts and evidence. *Psychological Science in the Public Interest*, 9, 105–119.
- Pashler, H., Bain, P. M., Bottge, B. A., Graesser, A., Koedinger, K., McDaniel, M., & Metcalfe, J. (2007). *Organizing instruction and study to improve student learning*. IES practice guide. NCER 2007–2004. National Center for Education Research.
- Patel, R., Liu, R., & Koedinger, K. (2016). When to block versus interleave practice? Evidence against teaching fraction addition before fraction multiplication. In *Proceedings of the 38th Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, Philadelphia, PA.
- Penfound, B. (2017). Journey to interleaved practice #2 [Blog Post]. Retrieved from <https://fullstackcalculus.com/2017/02/03/journey-to-interleavedpractice-2/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Penfound, B. [BryanPenfound]. (2016). Does blocked practice/ learning lessen cognitive load? Does interleaved practice/ learning provide productive struggle? [Tweet]. Retrieved from <https://twitter.com/BryanPenfound/status/808759362244087808>. Accessed 25 Dec 2017.
- Peterson, D. J., & Mulligan, N. W. (2010). Enactment and retrieval. *Memory & Cognition*, 38, 233–243.
- Picciozzo, H. (2009). Lagging homework [Blog post]. Retrieved from <http://blog.mathedpage.org/2013/06/lagging-homework.html>. Accessed 25 Dec 2017.
- Pomerance, L., Greenberg, J., & Walsh, K. (2016). Learning about learning: what every teacher needs to know. Retrieved from <http://www.nctq.org/dmsView/>
- Learning_About_Learning_Report. Accessed 25 Dec 2017.
- Postman, L. (1976). Methodology of human learning. In W. K. Estes (Ed.), *Handbook of learning and cognitive processes* (Vol. 3). Hillsdale: Erlbaum.
- Pressley, M., McDaniel, M. A., Turnure, J. E., Wood, E., & Ahmad, M. (1987). Generation and precision of elaboration: effects on intentional and incidental learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 291–300.
- Reed, S. K. (2008). Concrete examples must jibe with experience. *Science*, 322, 1632–1633.
- researchED. (2013). How it all began. Retrieved from <http://www.researched.org.uk/about/our-story/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Ritchie, S. J., Della Sala, S., & McIntosh, R. D. (2013). Retrieval practice, with or without mind mapping, boosts fact learning in primary school children. *PLoS One*, 8(11), e78976.
- Rittle-Johnson, B. (2006). Promoting transfer: effects of self-explanation and direct instruction. *Child Development*, 77, 1–15.
- Roediger, H. L. (1985). Remembering Ebbinghaus. [Retrospective review of the book *On Memory*, by H. Ebbinghaus]. *Contemporary Psychology*, 30, 519–523.
- Roediger, H. L. (2013). Applying cognitive psychology to education translational educational science. *Psychological Science in the Public Interest*, 14, 1–3.
- Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). The power of testing memory: basic research and implications for educational practice. *Perspectives on Psychological Science*, 1, 181–210.
- Roediger, H. L., Putnam, A. L., & Smith, M. A. (2011). Ten benefits of testing and their applications to educational practice. In J. Mester & B. Ross (Eds.), *The psychology of learning and motivation: cognition in education* (pp. 1–36). Oxford: Elsevier.
- Roediger, H. L., Finn, B., & Weinstein, Y. (2012). Applications of cognitive science to education. In Della Sala, S., & Anderson, M. (Eds.), *Neuroscience in education: the good, the bad, and the ugly*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Roelle, J., & Berthold, K. (2017). Effects of incorporating retrieval into learning tasks: the complexity of the tasks matters. *Learning and Instruction*, 49, 142–156.
- Rohrer, D. (2012). Interleaving helps students distinguish among similar concepts. *Educational Psychology Review*, 24(3), 355–367.
- Rohrer, D., Dedrick, R. F., & Stershic, S. (2015). Interleaved practice improves mathematics learning. *Journal of Educational Psychology*, 107, 900–908.
- Rohrer, D., & Pashler, H. (2012). Learning styles: Where's the evidence? *Medical Education*, 46, 34–35.
- Rohrer, D., & Taylor, K. (2007). The shuffling of mathematics problems improves learning. *Instructional Science*, 35, 481–498.
- Rose, N. (2014). Improving the effectiveness of homework [Blog post]. Retrieved from <https://evidenceintopractice.wordpress.com/2014/03/20/improving-theeffectiveness-of-homework/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Sadoski, M. (2005). A dual coding view of vocabulary learning. *Reading & Writing Quarterly*, 21, 221–238.
- Saunders, K. (2016). It really is time we stopped talking about learning styles [Blog post]. Retrieved from <http://martingsaunders.com/2016/10/it-really-istime-we-stopped-talking-about-learning-styles/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Schwartz, D. (2007). If a picture is worth a thousand words, why are you reading this essay? *Social Psychology Quarterly*, 70, 319–321.
- Shumaker, H. (2016). Homework is wrecking our kids: the research is clear, let's ban elementary homework. *Salon*. Retrieved from http://www.salon.com/2016/03/05/homework_is_wrecking_our_kids_the_research_is_clear_lets_ban_elementary_homework. Accessed 25 Dec 2017.
- Smith, A. M., Floerke, V. A., & Thomas, A. K. (2016). Retrieval practice protects memory against acute stress. *Science*, 354, 1046–1048.
- Smith, M. A., Blunt, J. R., Whiffen, J. W., & Karpicke, J. D. (2016). Does providing prompts during retrieval practice improve learning? *Applied Cognitive Psychology*, 30, 784–802.
- Smith, M. A., & Karpicke, J. D. (2014). Retrieval practice with short-answer, multiple-choice, and hybrid formats. *Memory*, 22, 784–802.
- Smith, M. A., Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2013). Covert retrieval practice benefits retention as much as overt retrieval practice. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39, 1712–1725.
- Son, J. Y., & Rivas, M. J. (2016). Designing clicker questions to stimulate transfer. *Scholarship of Teaching and Learning in Psychology*, 2, 193–207.
- Szpunar, K. K., Khan, N. Y., & Schacter, D. L. (2013). Interpolated memory tests reduce mind wandering and improve learning of online lectures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 6313–6317.
- Thomson, R., & Mehring, J. (2016). Better vocabulary study strategies for long-term learning. *Kwansei Gakuin University Humanities Review*, 20, 133–141.

Trafton, J. G., & Reiser, B. J. (1993). Studying examples and solving problems: contributions to skill acquisition. Technical report, Naval HCI Research Lab,

Washington, DC, USA.

Tran, R., Rohrer, D., & Pashler, H. (2015). Retrieval practice: the lack of transfer to

deductive inferences. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22, 135–140.

Turner, K. [doc_kristy]. (2016a). My dual coding (in red) and some y8 work @AceThatTest they really enjoyed practising the technique [Tweet]. Retrieved from https://twitter.com/doc_kristy/status/807220355395977216. Accessed 25 Dec 2017.

Turner, K. [doc_kristy]. (2016b). @FurtherEdagogy @doctorwhy their work is revision work, they already have the words on a different page, to compliment not replace [Tweet]. Retrieved from https://twitter.com/doc_kristy/status/807360265100599301. Accessed 25 Dec 2017.

Valle, A., Regueiro, B., Núñez, J. C., Rodríguez, S., Piñeiro, I., & Rosário, P. (2016). Academic goals, student homework engagement, and academic achievement in elementary school. *Frontiers in Psychology*, 7.

Van Gog, T., & Sweller, J. (2015). Not new, but nearly forgotten: the testing effect decreases or even disappears as the complexity of learning materials increases. *Educational Psychology Review*, 27, 247–264.

Wammes, J. D., Meade, M. E., & Fernandes, M. A. (2016). The drawing effect: evidence for reliable and robust memory benefits in free recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69, 1752–1776.

Weinstein, Y., Gilmore, A. W., Szpunar, K. K., & McDermott, K. B. (2014). The role of test expectancy in the build-up of proactive interference in long-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40, 1039–1048.

Weinstein, Y., Nunes, L. D., & Karpicke, J. D. (2016). On the placement of practice questions during study. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 22, 72–84.

Weinstein, Y., & Weinstein-Jones, F. (2017). Topic and quiz spacing spreadsheet: a planning tool for teachers [Blog Post]. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2017/5/11-1>. Accessed 25 Dec 2017.

Weinstein-Jones, F., & Weinstein, Y. (2017). Topic spacing spreadsheet for teachers [Excel macro]. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.573764>. Accessed 25 Dec 2017.

Williams, D. [FurtherEdagogy]. (2016). @doctorwhy @doc_kristy word accompanying the visual? I'm unclear how removing words benefit? Would a flow chart better suit a scientific exp? [Tweet]. Retrieved from <https://twitter.com/FurtherEdagogy/status/807356800509104128>. Accessed 25 Dec 2017.

Wood, B. (2017). And now for something a little bit different.... [Blog post]. Retrieved from <https://justateacherstandinginfrontofaclass.wordpress.com/2017/04/20/and-now-for-something-a-little-bit-different/>. Accessed 25 Dec 2017.

Wooldridge, C. L., Bugg, J. M., McDaniel, M. A., & Liu, Y. (2014). The testing effect with authentic educational materials: a cautionary note. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 3, 214–221.

Young, C. (2016). Mini-tests. Retrieved from <https://colleenyoung.wordpress.com/revision-activities/mini-tests/>. Accessed 25 Dec 2017