



---

**Revisão**

---

## Sonhar para esquecer: uma introdução à hipótese da “Aprendizagem-Reversa”

*Dream to forget: an introduction to the “Reverse-Learning” hypothesis*

**José Felipe Rodriguez de Sá<sup>a</sup>**  e **Thais Régis Aranha Rossi<sup>b</sup>** 

<sup>a</sup>Programa de Pós-Graduação, Instituto Junguiano da Bahia (IJBA), Salvador, Bahia, Brasil;

<sup>b</sup>Programa de Pós-Graduação do Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, Bahia, Brasil

### Resumo

As ferramentas e aportes conceituais da neurociência têm produzido avanços nas pesquisas sobre as características do sono e dos sonhos, associando estas aos processos de consolidação de memória. O presente artigo visa analisar a contribuição da hipótese da “Aprendizagem-Reversa” ao campo da psicologia. Pela natureza associativa da memória e pelo fato de forjarem-se novas conexões neurais diariamente através do aprendizado, as redes neuronais criariam memórias “falsas”. Com o risco de ficar sobrecarregada, esta rede passaria por uma “desaprendizagem” periódica; seria necessário um mecanismo para enfraquecer as conexões sinápticas errôneas durante o sono REM. As implicações dessa teoria serão avaliadas, que vão desde como evoluiu o sistema nervoso até a desconsideração de que os sonhos tenham origem nas necessidades psicológicas individuais. © Cien. Cogn. 2012; Vol. 17 (2): 168-176.

**Palavras-chave:** sonhos; sono REM; redes neurais; computação; psicanálise; neurofisiologia.


### Abstract

*Advances brought by neuroscience have contributed to sleep and dreaming research, linking their features to memory consolidation. This article aims to analyze the contribution of the “Reverse-Learning” hypothesis to psychology. Due to memory’s associative character and the brain’s forging of new neural connections in a daily basis through learning, neural networks create “false” memories. At the risk of being overloaded, the network must go through periodic “unlearning”; a mechanism is needed to weaken the erroneous synaptic connections during REM sleep. An appraisal of this theory’s implications will be considered, ranging from how the nervous system evolved to a disregard towards the idea that dreaming stems from individual psychological needs. © Cien. Cogn. 2012; Vol. 17 (2): 168-176.*

**Keywords:** dreams; REM sleep; neural networks; computer; psychoanalysis; neurophysiology.

Os avanços tecnológicos da neurociência têm trazido descobertas fascinantes sobre os

---

 - **J.F.R. de Sá** - Endereço para correspondência: Av. Tancredo Neves, 805-A, Centro Médico Iguatemi, Caminho das Árvores, Salvador, BA 40.295-020, Brasil. *E-mail* para correspondência: [zefelipe@yahoo.com](mailto:zefelipe@yahoo.com);  
**T.R.A. Rossi** - Endereço para correspondência: UFBA, Rua Araújo Pinho, 62, Canela, Salvador, BA 40.110-150. *E-mail* para correspondência: [thais.aranha@gmail.com](mailto:thais.aranha@gmail.com).

elos entre o cérebro, a mente e o comportamento. Técnicas recentes de diagnóstico de imagem como a tomografia por emissão de pósitrons (TEP) fazem um mapeamento digital da atividade cerebral, fornecendo pistas valiosas sobre a fisiologia da cognição (Carter, 2003). Uma área da qual a neurociência tem direcionado os seus métodos e aportes conceituais é a questão do sono e dos sonhos (Rock, 2004). Com a confirmação da existência do sono REM e a sua correlação com a experiência onírica por parte de Aserinsky e Kleitman (1953) diversas teorias têm sido propostas a respeito da sua verdadeira função, algumas delas propondo que essa fase do sono seria o meio pelo qual o cérebro instala e organiza as nossas memórias (Siegel, 2001; Stickgold, 2005; Brakefield, Hobson, Stickgold & Walker, 2003). O presente artigo visa analisar a chamada hipótese da “Aprendizagem-Reversa”, proposta por Francis Crick e Graeme Mitchison (1983, 1995). Francis Harry Compton Crick, Ph.D., foi uma figura de suma importância na biologia molecular e na evidência das bases neurais da consciência (Knight, 2004).

Francis Crick, James Watson e mais um pesquisador independente (Maurice Wilkins) foram os vencedores do prêmio Nobel de 1962 de Fisiologia e Medicina. A sua descoberta conjunta foi o “segredo da vida”: a estrutura helicoidal da cadeia de DNA (Strathern, 2001). Depois de ajudar a firmar os pilares da biologia molecular, Crick (1988) passou dez anos focado nos diversos aspectos da embriologia. A convite de um renomado centro de pesquisa, o Salk Institute da Califórnia, Francis Crick começou a investigar em meados da década de 1970 os substratos neurobiológicos da consciência, área da qual se dedicou até o seu falecimento (Knight, 2004).

A sua primeira grande contribuição como neurocientista se deu quando fez dupla com o matemático Graeme Mitchison; em 1983, os dois publicaram um artigo na revista *Nature* sobre uma possível função biológica do sono REM. Nesse artigo, *The function of dream sleep*, aparece pela primeira vez a hipótese da “Aprendizagem-Reversa”. Ela é uma proposta inovadora – e controversa – para o porquê dos sonhos. O lema da teoria resume a sua ideia básica: “nós sonhamos para esquecer” (Crick e Mitchison, 1983, p. 112). Crick e Mitchison (1983) defendem que a função do sono REM é apagar memórias indesejadas, “parasíticas”, que se formam espontaneamente devido à própria estrutura das redes neurais, por guardarem as nossas memórias de forma associativa.

Para melhor compreender a “Aprendizagem-Reversa” e o seu poder de influenciar a maturação cerebral e originar um número de estados psicopatológicos nos seres humanos, é preciso explanar alguns conceitos básicos acerca do funcionamento das redes neurais artificiais. Elas são modelos computadorizados usados para simular o comportamento dos neurônios reais. Seu objetivo é estudar como uma rede neural processaria sua informação em cadeia (Braga, Carvalho & Ludemir, 2000). O modelo de Crick e Mitchison (1983) foi influenciado por um artigo de J.J. Hopfield (1982), que explicitava as propriedades coletivas e adaptativas de uma rede neural, entre elas a caracterização e reconhecimento de padrões familiares, a generalização a partir de exemplos aprendidos e a correção de erros. Essas redes têm propriedades “emergentes” – são auto-reguladas, construindo o seu comportamento *bottom-up*, do mais simples ao mais complexo, sem a interferência de um agente centralizador (Johnson, 2003).

## A memória no cérebro

Qual seria o modelo teórico apropriado para desvelar os mecanismos da memória no cérebro? Analogias com simulacros da inteligência artificial revelam-se uma estratégia útil para o estudo desse tópico. No senso comum, por exemplo, percebe-se como corriqueiro associar a palavra “memória” à capacidade de armazenamento de um computador. Será que

os paralelos feitos entre ambas poderiam realmente fomentar uma melhoria na compreensão da memória humana?

Cientistas acreditam que a memória humana, diferente da de um computador, é distribuída por várias sinapses; além disso, uma única sinapse guarda vários padrões de memória. Ou seja: o cérebro usa um sistema de memórias associadas (Crick, 1995). Um único estímulo pode evocar múltiplas recordações, pois seu registro está espalhado em células proximais da rede neuronal (Martin, 2004). Cientistas especulam que essa característica estrutural do cérebro dá a sua potência de processamento – ela é pelo menos 100.000 vezes mais rápida do que um computador doméstico comum (Russel, 2004). Os psicólogos cognitivos chamam isso de “processamento em paralelo”, que é a capacidade do Sistema Nervoso Central (SNC) de processar simultaneamente múltiplas tarefas. Já um computador digital tem que fazer suas tarefas em etapas, uma atrás da outra – o chamado “processamento em série” (Stenberg, 2000). Ademais, a memória do computador é do tipo *content-addressable*, tendo um sítio específico na memória do computador, sendo diferente da plasticidade mnêmica do cérebro humano (Crick, 1995).

Ora, o ser humano está num constante processo de aprendizado. Todos os dias o cérebro cria novas conexões. Tal sistema, devido a essa tamanha complexidade, estaria sujeito a danos informacionais. Com o risco de ficar sobrecarregada, essa vasta rede neuronal precisaria ser reorganizada periodicamente. O estado ideal para esse processo acontecer seria quando o cérebro estivesse o menos suscetível a estímulos sensoriais externos e, simultaneamente, estivesse também com um grau razoável de ativação (Crick & Mitchison, 1983). O sono REM parece ser o estado ideal para tal operação. Desde a sua descoberta, nos anos 50, quando se soube que a maioria dos sonhos acontece durante esse estágio (Aserinsky & Kleitman, 1953), estabeleceu-se um novo paradigma: o sono REM, para a ciência do sono, se tornou o sinônimo de sonhar (Solms, 2000).

Feinstein, Hopfield e Palmer (1983), numa publicação paralela ao estudo de Crick e Mitchinson (1983), chegaram a conclusões semelhantes. Utilizando RNAs de 30 a 1.000 neurônios como modelos, foi verificado matematicamente o seguinte: (i) uma memória armazenada nessa *network* pode ser inteiramente resgatada caso uma estimulação seja feita na sub-parte da rede onde a informação se encontra; (ii) a aquisição de novas memórias cria espontaneamente memórias “falsas”; (iii) uma estabilização na rede neuronal pode ser feita a partir de uma “desaprendizagem”, trocando-se o sinal de aprendizagem – negativo, em vez de positivo.

Uma peça importante para o entendimento da “Aprendizagem-Reversa” são as ondas ponto-genículo-occipitais (PGO), ondas originadas no tronco encefálico, na base do cérebro. Durante o sono REM elas incidem diretamente no córtex visual secundário, o centro de processamento visual do sistema nervoso central. As ondas PGO tem uma função específica no modelo de Crick e Mitchison (1983): apagar de forma randômica as tais memórias “parasíticas” ou “espúrias”.

## **Encefalização e evolução**

No seu trabalho original, Crick e Mitchison (1983) afirmam que o sono REM tem uma função adaptativa importante. O sonho seria responsável pela crescente encefalização do SNC nos mamíferos e pássaros, uma noção que eles expandem na subsequente revisão (Crick e Mitchison, 1995). O sonho REM poderia ter especialmente acelerado o desenvolvimento do neocórtex, a camada externa da “massa cinzenta” do cérebro humano (Crick & Mitchison, 1983).

Para formular tal hipótese, os autores da “Aprendizagem-Reversa” levaram em conta três características evolutivas do sono REM: (i) O *rapid eye movement* é uma característica dos vertebrados superiores – pássaros e mamíferos. Portanto, ele só está presente no estrato superior da cadeia evolutiva; (ii) Se um animal for privado do seu sono REM, mas não dos outros estágios do sono, ele passará uma ou mais noites tendo quantidades relativamente maiores de sono REM, executando uma espécie de “compensação”. Esses fatores parecem indicar uma função adaptativa para o sono REM (Crick & Mitchison, 1983).

O terceiro argumento de Crick e Mitchison (1983) é o mais interessante. Eles apontaram que estudos comparativos com um mamífero monotremado, o *Echidna Tachyglossus aculeatus* – o tamanduá australiano –, pode ter implicações importantes no estudo evolutivo dos sonhos. O *Echidna* é considerado um resquício evolutivo do período de transição entre o réptil e o mamífero. Ele põe ovos (réptil) e também amamenta (mamífero). Existe uma possível conexão entre sua posição na cadeia evolutiva e o fato de não ter sono REM, uma característica comum aos répteis.

### **Algumas consequências psicológicas da “Aprendizagem-Reversa”**

Lembrar-se dos sonhos, segundo a teoria da “Aprendizagem-Reversa”, é um acidente. Não se tem acesso à maioria dos sonhos e, quando lembrados, são facilmente esquecidos. Há indicações de que não existe utilidade biológica em lembrá-los (Crick & Mitchison, 1995). Caso essa “falha” no mecanismo for induzida constantemente – por uma terapia, p. ex. – ela, inclusive pode ser prejudicial para o indivíduo, já que esta rememoração reativa padrões neurais danosos (Crick & Mitchison, 1983).

Devido à importância biológica do sono REM conferida por Crick e Mitchison (1983), a privação do sono pode tornar o indivíduo suscetível a diversas psicopatologias. A “Aprendizagem-Reversa” se utiliza das redes neurais artificiais como modelo operacional para descrever esses distúrbios psíquicos. Se uma rede neural produzir associações estranhas ou improváveis, essas associações podem ser chamadas de “fantasia”. Caso a rede produza apenas um ou uma pequena série de estados associativos, independente do *input* fornecido, isso produz um estado de “obsessão”. Algumas redes, por estimulações endógenas ou exógenas, podem tornar-se sensíveis a sinais de *input* não apropriados, que normalmente não suscitariam nenhuma resposta por parte da rede; este seria um estado propenso para “alucinações” (Crick & Mitchison, 1983).

As consequências da falta de sono REM parecem confirmar essas especulações. Em 1959, o radialista e disk-jôquei Peter Tripp, na intenção de levantar fundos para uma obra de caridade, proporcionou um espetáculo para a mídia norte-americana: ficou 201 horas sem dormir dentro de uma cabine de vidro no *Times Square* de Nova Iorque, transmitindo ao vivo a sua maratona contra o sono. Durante o experimento, Tripp foi ficando progressivamente hostil e paranóide, e pouco antes de dormir estava alucinando. Uma leitura do eletroencefalograma (EEG) na sua última noite acordado indica que, tecnicamente, Tripp estava sonhando, apesar de permanecer acordado e falante (Martin, 2004).

Especulações sobre irregularidades nos mecanismos da “Aprendizagem-Reversa” durante o sono a responsabilizam por outros distúrbios mentais. Por exemplo: a depressão está ligada com uma quantidade relativamente excessiva de sono REM (Siegel, 2001). Brown (1993) pergunta: seria isso um excesso de “Aprendizagem-Reversa”?

Brown (1993, 1996) faz também suposições quanto aos efeitos das disfunções da “Aprendizagem-Reversa” durante o sono da primeira infância, e a sua influência no desenvolvimento neuropsicológico do ser humano. Essas disfunções, para ele, poderiam ser a

causa do autismo e da esquizofrenia. Esta última foi sugerida por Crick e Mitchison (1983) no artigo original deles.

Outro desdobramento da teoria de Crick e Mitchison (1983) é a explicação de algo recorrente no mundo onírico: a repetição de sonhos específicos. Numa teoria psicológica como a Gestalt-terapia, estes sonhos são de suma importância. Eles tratam de uma situação inacabada na vida de um neurótico. Sua repetição acentua a tentativa urgente do inconsciente resolver essa questão, de fechar essa *gestalt*. Ao completar essa *gestalt*, o indivíduo pode prosseguir no seu processo de desenvolvimento pessoal (Perls, 1988).

A “Aprendizagem-Reversa” dá uma interpretação biológica a esse fenômeno. Ela subdivide a sua interpretação em duas; deve-se considerá-las como interrupções emocionalmente perturbadoras, causadas ou por “estímulos estressores internos” ou por “estímulos estressores externos”. A primeira é baseada no fato de ser comum a ansiedade causada por certos sonhos ao serem interrompidos. Ao acordarmos nessa situação, os sinais da “Aprendizagem-Invertida” podem ser trocados. O que era negativo – ou seja, o taxado como descartável – vira positivo, sendo reaprendido. Em outras palavras: os padrões elétricos de uma memória “parasítica” acabam sendo regravados em vez de eliminados; isso aumenta a probabilidade do sonho associado a eles ocorrer novamente (Crick & Mitchison, 1983).

A segunda explicação lida com o fato de ser notória a pronta reação a certos estímulos auditivos – como ouvir o nome próprio ou o choro de um recém-nascido. A carga emocional inerente a esses estímulos acorda o indivíduo, e eles seriam regravados na memória, para na próxima vez a reação ser mais eficiente. Tanto Crick como Mitchison se revelam insatisfeitos quanto a essas explicações, mas acreditam estar “no caminho certo” (Crick & Mitchison, 1995).

Os postulados da “Aprendizagem-Reversa” vão de encontro ao pressuposto psicanalítico de que os sonhos servem para a “satisfação de desejos” (Freud, 1900/1996). Isso valeria para qualquer fase de desenvolvimento do ser humano? Um adulto normal passa um período de uma hora e meia a duas na fase REM do sono por noite; já os recém-nascidos passam até oito horas imersos nessa fase (Crick & Mitchison, 1983). Qual seria a necessidade desse “excesso” de sonhos? Será que os bebês têm mais desejos a satisfazer do que os adultos? O tema suscita numerosas indagações, mas onde se encontram as evidências empíricas para embasar tais especulações? Para Crick e Mitchison (1983), parece mais razoável que os recém-nascidos sonhem tanto porque o cérebro deles desenvolve-se e constantemente cria novas conexões neurais.

Podem-se estender essas considerações a outros mamíferos, também portadores do sono REM. “Eu mesmo não sei com que sonham os animais” disse Freud (1900/1996, p. 167), o que não o impediu de imputar-lhes a função de satisfazer desejos, igual a da espécie humana. Novamente, surgem dúvidas: qual foi a evidência experimental utilizada por Freud para chegar a tal conclusão? Como seriam esses “desejos” dos animais? Existiria neles alguma relação aos desejos do gênero humano?

Crick e Mitchison (1995) afirmam que teorias “puramente psicológicas” como as de Freud têm dificuldade de explicar esses fenômenos. Apesar de admitir que a psicanálise tenha um forte apelo intuitivo, as suas premissas não parecem ser biologicamente plausíveis. Elas não explicariam a função do sonho dos recém-nascidos e nos outros mamíferos.

A “Aprendizagem-Reversa”, no entanto, tem um campo em comum com a psicanálise: a natureza associativa da memória. Essa mistura de elementos que ocorre durante o sonho fez Crick “lembrar imediatamente” do que Freud chamava de condensação (Crick, 1988). O sonho da injeção de Irma, o primeiro a ser analisado em *A Interpretação dos Sonhos*, exemplifica esse processo. Nesse sonho a sua paciente Irma concentrou em si várias figuras

femininas da vida de Freud; a razão disso são todas apresentarem uma característica em comum com a sua paciente (Freud, 1990/1996).

Existe de fato uma interface entre as concepções associativas da psicanálise e da hipótese da “Aprendizagem-Reversa”. No entanto, ambas continuam sendo fundamentalmente diferentes num ponto essencial: o poder da volição na elaboração dos sonhos. Como já sabemos, Freud afirmava que as distorções do sonho são produto de mascarações da vontade, mesmo inconscientes, do indivíduo (Freud, 1900/1996). Já o modelo de Crick e Mitchison (1983, 1995) supõe que o sonho não tem a sua gênese nas necessidades psicológicas do indivíduo. Ele seria, simplesmente, o fruto de um mecanismo biológico e estereotipado, que elimina autonomicamente atividades elétricas indesejadas de nosso cérebro. Levando em conta essa afirmação, o conteúdo dos sonhos teria pouca ou nenhuma da importância psicodinâmica atribuída a eles por Freud.

Se a lógica teórica da “Aprendizagem-Reversa” fosse seguida à risca, estarão sendo invalidadas todas as abordagens psicológicas que têm o sonho como ferramenta terapêutica. Para quem lembrar-se do que deveria ter sido esquecido? Estariam aí inclusas, no mínimo, a Psicanálise, a Psicologia Analítica de C.G Jung (1875-1961) e a Gestalt-terapia de Frederick “Fritz” Perls (1893-1970).

### Críticas e reavaliações

Desde a publicação de *The function of dream sleep* (1983) acumularam-se quase três décadas de pesquisas sobre o sono REM. Parte desse crescente volume de informações sobre os mecanismos internos do sono REM produziu evidências que contrariam alguns postulados da “Aprendizagem-Reversa”. Frente a essa situação seria útil repassar os pontos que sejam conflitantes frente a esses achados.

Apesar de Crick (1979) considerar a psicologia essencial, a sua teoria da “Aprendizagem-Reversa” foi criticada devido ao seu viés anti-psicológico. Ela trata o sonhar como um epifenômeno, um processo biológico autônomo, sem grandes consequências emocionais (Globus, 1993). Nesse momento seria útil trazer uma observação do neurocientista Joseph LeDoux (2001) a respeito de como os seus colegas de profissão com frequência ignoram ou intelectualizam emotividade, desprovendo-a de vitalidade ou significado. É possível que a hipótese levantada por Crick e Mitchinson (1983) padeça de semelhante sintoma. Graças, em parte, à comoção gerada no meio psicoterapêutico após a publicação de *The function of dream sleep*, Crick e Mitchison (1995), na revisão do artigo original, admitem que a “eliminação” das memórias pode ter uma importância psicodinâmica. Substituíram o seu lema original por “sonhamos para esquecer as obsessões” ou “sonhamos para esquecer a nossa loucura” (p. 150).

A declaração de Crick e Mitchison (1983) sobre ser prejudicial lembrar os sonhos não foi comprovada. Até o momento não existem provas concretas apoiando essa afirmação. Além do mais, o senso comum nunca fez a correlação entre psicopatologia e a recordação dos sonhos, e nem mesmo a ciência o fez (Martin, 2004).

Michel Juvet, um figura de proa no estudo sobre o sono e os sonhos do continente europeu, aponta outro problema na “Aprendizagem-Reversa”: a sua suposta originalidade. Juvet (1992) lembra Freud levantando uma ideia parecida em *Estudos sobre a Histeria* (1895). A então hipótese do pai da psicanálise era sobre o sonho ter a necessidade de “elaborar quaisquer representações de que só tivesse tratado de modo superficial durante o dia – que tivessem sido apenas mencionadas, e afinal não tivessem sido tratadas” (Freud, 1895/1996, p. 101).

Freud foi provavelmente inspirado pela teoria de Robert (1886, *apud* Freud, 1990), mencionada no livro *A Interpretação dos Sonhos* (1900). Para Robert, o sonho seria a “lata de lixo” da mente, e o seu conteúdo feito de impressões diurnas sem importância. Ainda para Robert, a eliminação desses “excrementos mentais” seria um processo somático, não sendo “uma modalidade especial do processo psíquico”. Caso um homem fosse privado de acessar sua válvula de escape noturna – ou seja, sonhar –, ficaria mentalmente transtornado, devido ao acúmulo de “lixo mental” (Freud, 1990/1996, p. 113-114).

Devido a essas semelhanças marcantes, Jouvett (1992) considerou a “Aprendizagem-Reversa” uma “mascaração” computadorizada da teoria de Robert. Jouvett (1992) chamou a atenção de Francis Crick para esse fato, quando este esteve a convite por um mês no Salk Institute. Consequentemente, a fonte moderna para a teoria de Robert, *A Interpretação dos Sonhos*, consta na bibliografia da revisão (Crick & Mitchison, 1995).

Outro postulado controverso da “Aprendizagem-Reversa” é a relação entre grau de encefalização e sono REM. Até hoje, encontrou-se apenas um correlato entre o sono REM e desenvolvimento cerebral: o grau de maturidade do organismo ao nascer. Criaturas relativamente prematuras, como o bebê humano, têm um alto índice de sono REM comparada a criaturas nascidas relativamente maduras, como o cavalo (Siegel, 2001). Lembremos também de um dos postulados centrais da “Aprendizagem-Reversa”, aquele aponta o sono REM como o responsável pela grande encefalização dos hominídeos, principalmente a dos seres humanos (Crick & Mitchison, 1983, 1995). Aceitando essa hipótese, aceitaríamos a noção implícita do *Homo sapiens sapiens* ser, então, quem mais sonha entre os seres vivos. No entanto, não foi achada nenhuma correlação significativa entre o tempo de duração do sono REM de uma espécie e o seu grau de encefalização (Siegel, 2001).

Descobriu-se também – e recentemente – que o *Echidna* tem o sono REM (Martin, 2004). A temperatura corporal ideal para o engate do sono nos animais é 27°C (Jouvett, 2001). Se a temperatura ambiente se deslocar para os extremos – frio ou calor – essa variação climática afeta os sinais fisiológicos normais do sono REM no *Echidna*. Por exemplo: os padrões do EEG, normalmente registráveis, desaparecem (Martin, 2004).

Outra limitação é que as redes neurais artificiais (RNAs) ainda continuam muito afastadas de seus modelos biológicos. No artigo original da “Aprendizagem-Reversa”, essa crítica já foi considerada (Crick & Mitchison, 1983). Crick (1989) voltou a defender esse ponto num artigo escrito para a revista *Nature*, no qual ele dizia que até o uso da palavra “modelo” como demonstração do funcionamento das redes biológicas estaria incorreto, pelo fato de ainda estarem sequer perto do verdadeiro funcionamento biológico do cérebro. Crick (1995) continuou insistindo nesse ponto de vista anos depois, quando disse que as RNAs são projetadas por engenheiros humanos enquanto as redes neurais naturais foram modeladas por milhões de anos de evolução, apresentando uma lógica de funcionamento ainda desafiante para os pesquisadores do tema. Os especialistas são da mesma opinião: as redes neurais ainda continuam longe dos seus modelos biológicos. Ainda não se sabe por completo o funcionamento das mesmas e os modelos disponíveis, apesar de úteis, são limitados comparados às redes biológicas (Braga *et al.*, 2000).

Apesar das falhas apontadas, a hipótese de Crick e Mitchison (1983, 1995) continua a servir de protótipo para teorias que buscam a conexão entre a memória, rede neurais e o córtex adormecido. Apoiando-se em princípios de funcionamento das RNAs semelhantes aos da “Aprendizagem-Reversa”, Sleight, Steyn-Ross, Steyn-Ross, Wilcocks e Wilson (2005) propuseram que em vez do sono REM, a fase do sono ideal para enfraquecer as sinapses que contenham memórias indesejadas seria o não-REM (NREM). Goldstein, Salentin e Walker (2011) se referem diretamente à hipótese de Crick e Mitchison (1983) quando a sua especulação transcende a noção tradicional do sono REM servir apenas para reforçar

informações apreendidas durante o estado de vigília – para eles, um esquecimento seletivo também se faz presente nesse estágio do sono. A publicação de Dutt, Rao, Salentin, van der Helm, Walker e Yao (2011) elabora melhor essa abstração, ligando o sono REM a uma despontencialização da atividade da amígdala. A amígdala, cabe esclarecer, está associada às reações instintivas a situações de perigo e ao condicionamento do medo (LeDoux, 2001). Essa despontencialização promove assim uma redução na intensidade de experiências afetivas anteriores (Dutt, *et al.*, 2011).

### Considerações finais

Embora a hipótese de Crick e Mitchison sobre a função do sono REM seja sustentada por argumentos sólidos e exemplos que lhe dão uma base confiante, três das premissas básicas da “Aprendizagem-Reversa” foram desafiadas. Primeiro, a “Aprendizagem-Reversa” foi censurada por não considerar o lado subjetivo/psicológico do sonhar. Segundo, foi verificado que não há uma relação direta entre a duração do sono REM e a evolução do córtex cerebral. Terceiro, deve-se salientar a evidente incapacidade das RNAs atuais reproduzirem fielmente o funcionamento das redes neurais reais, algo admitido pelos próprios autores da teoria.

Não obstante a “Aprendizagem-Reversa” parecer desatualizada, essa hipótese cumpriu uma tarefa de suma importância: a de indicar uma função para o sono REM ligada à seleção e consolidação de memórias. Centenas de pesquisadores – uma estima bastante conservadora, na opinião do autor do presente artigo – percorreram (e ainda percorrem) este caminho traçado por Francis Crick e Graeme Mitchison. Erro e acerto é o proceder básico da atividade científica: o avanço do conhecimento e a transformação de paradigmas científicos dependem disso. Mitchison e Crick se equivocaram em algumas de suas conclusões a respeito da natureza do sono e dos sonhos; em todo caso, chegaram à outra – a interconexão entre sonhar, o sono REM e a retenção de memórias – que continua a repercutir, a encontrar ressonância. Portanto, numa paródia respeitosa dos autores da “Aprendizagem-Reversa”, a hipótese deles ainda não entrou na “lata de lixo” da história, e continuará a ser impressa na memória de vindouras gerações de pesquisadores.

### Referências bibliográficas

- Aserinsky, E.; Kleitman, N. (1953, September 4). Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena, during sleep. *Science*, 118 (3062), 273-274.
- Braga, A.P.; Carvalho, A.C.P.L.F.; Ludemir, T.B. (2000). *Redes neurais artificiais: Teorias e aplicações*. Rio de Janeiro: LTC.
- Brakefield, T.; Hobson, J.A.; Stickgold, R.; Walker, M.P. (2003). Dissociable stages of human memory consolidation and reconsolidation. *Nature*, 425(6958), 616-620.
- Brown, D.W. (1993). Crick and Mitchinson’s theory of REM sleep and neural networks. *Med. Hypotheses*, 40(60): 329-331.
- Brown, D.W. (1996). Autism, Asperger’s syndrome and the Crick-Mitchinson theory of the biological function of REM sleep. *Med. Hypotheses*, 47(5), 399-403.
- Crick, F. (1979, September). Thinking about the brain. *Scientific Am.*, 241(3), 181-188.
- Crick, F. (1988). *What mad pursuit: A personal view of scientific discovery*. New York, NY: Basic Books.
- Crick, F. (1989). The recent excitement about neural nets. *Nature*, 337(6203), 129-132.
- Crick, F. (1995). *Astonishing hypothesis: The scientific search for the soul*. New York, NY: Touchstone.
- Crick, F.; Mitchinson, G. (1983). The function of dream sleep. *Nature*, 304(5922), 111-114.



- Crick, F.; Mitchinson, G. (1995). REM sleep and neural nets. *Behav. Brain Res.*, 69(1/2), 147-155.
- Dutt, S.; Rao, V.; Salentin, J.M.; van der Helm, E.; Walker, M.P.; Yao, J. (2011). REM sleep depotentiates amygdala activity to previous emotional experiences. *Curr. Biol.*, 21, 2029–2032.
- Feinstein, D.I.; Hopfield, J.J.; Palmer, R.G. (1983). ‘Unlearning’ has a stabilizing effect in collective memories. *Nature*, 304(5922), 158-159.
- Freud, S. (1996). A interpretação dos sonhos. Em: Freud, S. *Edição standard brasileira das obras psicológicas completas de Sigmund Freud* (J. Salomão, trad., Vol. 4, pp. 13-363). Rio de Janeiro, Imago. (Trabalho original publicado em 1900).
- Freud, S. (1996). Estudos sobre a histeria. Em: Freud, S. *Edição standard brasileira das obras psicológicas completas de Sigmund Freud* (J. Salomão, trad., Vol. 2, pp. 13-53). Rio de Janeiro, Imago. (Trabalho original publicado em 1895).
- Globus, G.G. (1993). Connectionism and sleep. Em: Moffitt, A.; Kramer, M.; Hoffmann, R. (Eds.). *The function of dreaming* (pp. 119-138). Albany, NY: State University of New York Press.
- Goldstein, A.N.; Saletin J.M.; Walker, M.P. (2011). The role of sleep in directed forgetting and remembering of human memories. *Cerebral Cortex*, 21, 2534-2541.
- Hopfield, J.J. (1982). Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 79(8), 2554-2558.
- Johnson, S. (2003). *Emergência: A dinâmica de rede em formiga, cérebros, cidades e softwares*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- Jouvet, M. (1992). *O sono e os sonhos*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Jouvet, M. (2001). *Porque sonhamos? Porque dormimos?* Lisboa: Instituto Piaget.
- Knight, J. (2004). From DNA to consciousness – Crick’s legacy. *Nature*, 430(7000), 597.
- LeDoux, J. (2001). *O cérebro emocional: Os misteriosos alicerces da vida emocional*. Rio de Janeiro: Objetiva.
- Martin, P. (2004). *Counting sheep: The science and pleasures of sleep and dreams*. New York, NY: Thomas Dunne Books.
- Perls, F. (1988). *A abordagem gestáltica e testemunha ocular da terapia*. Rio de Janeiro: LTC.
- Rock, A. (2004). *The mind at night: The new science of how and why we dream*. New York, NY: Basic Books.
- Russel, S.J. (2004). *Inteligência artificial*. São Paulo: Campus.
- Sleigh, J.W.; Steyn-Ross, D.A.; Steyn-Ross, M.L.; Wilcocks, L.C.; Wilson, M.T. (2005). Proposed mechanism for learning and memory erasure in a white-noise-driven sleeping cortex. *Phys. Rev., E*, 72 (061910).
- Siegel, J.M. (2001, November 2). The REM sleep-memory consolidation hypothesis. *Science*, 294(5544), 1058-1063.
- Solms, M. (2000). Dreaming and REM sleep are controlled by different brain mechanisms. *Behav. Brain Sci.*, 23(6), 843-850.
- Stenberg, R.J. (2000). *Psicologia cognitiva*. Porto Alegre: Artmed.
- Stickgold, R. (2005). Sleep-dependent memory consolidation. *Nature*, 437(7063), 1272-1278.
- Strathern, P. (2001). *Crick, Watson e o DNA em 90 minutos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar. (Coleção 90 minutos).