

## Viagem mental através do tempo: revisão sistemática

Álvaro Machado Dias<sup>1</sup>

Universidade Federal de São Paulo, Brazil

### Resumo

A capacidade de deixar mentalmente o presente em sentido ao passado e ao futuro (*mental time travel/MTT*) é fundamental para muitas dinâmicas cognitivas complexas. **Objetivos:** O presente estudo tem dois objetivos: dar um panorama geral acerca da literatura em *MTT* e apresentar os resultados de uma revisão dos estudos de neuroimagem sobre o tema. **Método:** A revisão da totalidade da literatura utilizou alguns softwares de *dada* e *text mining* para produzir um panorama geral e sistemático, partir do qual propôs-se a introdução de algumas noções originais sobre *MTT*, associadas a considerações sobre sua estrutura bio-computacional. **Resultados:** A revisão de literatura aponta para a inexistência de estudos em *MTT* em contexto decisional, ela também revela a existência de nove estudos experimentais de neuroimagem e uma meta-análise. Há um debate em relação à extensão com que animais não-humanos apresentam *MTT*; nossa perspectiva sobre *MTT* privilegia o enfoque sobre a computação do tempo presente, em oposição a visões tradicionais, focadas na relação entre *MTT* e memória. Uma nova hipótese para a compreensão da estrutura cognitiva subjacente à habilidade que todos possuímos para diferenciar, por introspecção, a prospecção de cenários futuros em relação à memória episódica fez-se introduzida com base no modelo de *corollary discharge*.

**Palavras-chave:** Viagem mental através do tempo, Prospecção de cenários futuros, Memória Auto-biográfica, Data Mining.

### Mental journey through time: A systematic review

#### Abstract

The ability to leave aside the mental experience of the present and wander toward the past or the future (*mental time travel/MTT*) is essential to many complex cognitive dynamics. **Objectives:** The aims of the current study are two-folded: to provide a general overview of the literature on *MTT* and to present the results of a review of neuroimaging studies on the matter. **Method:** Data and text mining software were used in order to reach a systematic overview of the main trends of the literature, based upon which an original conception of *MTT* was proposed, in line with some original perspectives on its neurobiological structure. **Results:** The review of the literature shows that there are no studies on *MTT* in decision-making, it also shows the existence of nine neuroimaging and one meta-analysis. There is a debate regarding the extent to which non-human animals show *MTT*; our perspectives on *MTT* rely on the mental processing of the present, in opposition to more traditional approaches, which tend to focus the relation between *MTT* and memory. A new hypothesis on the cognitive basis of the ability that we all have to differentiate, introspectively, the prospection of future scenarios from memory is introduced, inspired by the *corollary discharge* model.

**Keywords:** Mental time travel; Prospecção of future scenarios; Autobiographic memory; Data mining.

Mais do que versar sobre um mecanismo cuja estrutura básica possa ser intuída da experiência de sua ativação, como dá-se em relação à memória de longo prazo ou à atenção focada, o conceito de viagem no tempo mental (do inglês "*Mental Time Travel*"; ou, simplesmente, "*MTT*") reflete a premissa teórica de

que a memória episódica e a prospecção de cenários futuros compartilham parte substancial de um mesmo substrato bio-computacional (Botzung, Denkova & Manning, 2008). Esta concepção coloca em suspensão a premissa de que o tempo mental seja diferencialmente organizado, conforme se forme da pé-experiência (o que virá a ser) da pós-experiência (o que já foi), em prol da noção de que ambas as habilidades reflitam uma só dinâmica bio-computacional, delimitada pela capacidade de compor modelos mentais de eventos e cenários, à luz da seleção de dimensões de interesse.

Neste sentido, o conceito de *MTT* faz-se paradigm-

<sup>1</sup> Correspondências: Laboratório Interdisciplinar de Neurociências Clínicas. Universidade Federal de São Paulo. Rua Pedro de Toledo, 669-3º andar - Vila Clementino - São Paulo, SPCEP: 04039-032; Tel: (+55-11) 5576-4845. Email: alvaromd@usp.br; alvaromd@unifesp.br

mático aos estudos em tomadas de decisão - posto que a utilidade esperada é uma função da comparação entre cenários futuros alternativos - sugerindo que as mais profundas guinadas que optamos por dar em nossas vidas são regidas por uma dinâmica primordialmente ligada à reiteração do passado.

Os estudos em *MTT* são escassos, o que por sua vez decorre em uma evidente demanda por revisões sistemáticas e por novas hipóteses para se avançar a compreensão de sua estrutura bio-computacional, tal como propomo-nos a fazer neste estudo.

### Objetivos

Os objetivos deste estudo se dividem em duas partes. Na primeira, visamos descobrir os padrões ocultos no conjunto de publicações em *MTT*, usando técnicas de *data mining e text mining*, apresentando um mapa conceitual do campo e alguns desenvolvimentos epistemológicos de interesse associados a algumas hipóteses. Na segunda parte, apresentamos uma atualização dos estudos de neuroimagem em *MTT*.

### Método da Revisão da Literatura

O ponto de partida para a realização da revisão foi o empenho para resgatar todos os artigos jamais publicados em jornais internacionais, escritos em inglês, que pudessem conter informações significativas, evitando a inclusão de qualquer artigo irrelevante ao tema. Para tanto, pesquisamos as seguintes bases de dados: Web of Science, Purdue University, Library of Congress, OCLC Medline, OCLC Eric, Psyc Info, OVID Medline e PubMed. As referências indexadas nestas bases foram resgatadas através de diversas buscas e exportadas para uma biblioteca de referências, onde foram manualmente curadas, para a eliminação daquelas que não tinham *MTT* como assunto central. Subsequentemente, os artigos relativos às referências que tinham *MTT* como assunto central foram resgatados na íntegra (mais de noventa por cento dos artigos se encontravam disponíveis, alguns outros conseguimos através do apoio do *staff* do SIBI USP). A bibliografia destes artigos ofereceu-nos ainda a oportunidade de complementar a nossa busca.

Tabelas de metadados dos artigos selecionados foram exportadas para softwares de *data e text mining*. O software Omniviz (Thomson, <http://www.biowisdom.com/tag/omniviz/>) foi utilizado para elaborar um mapa topológico da literatura, dividindo o campo tematicamente. O princípio básico desta divisão por temas (cujas importâncias relativas relacionam-se ao volume ocupado no mapa) é a aplicação de algoritmos para o reconhecimento de padrões constituídos pelos

conceitos contidos nos títulos, resumos e palavras-chaves dos artigos selecionados, o que por sua vez proporciona associações entre conceitos, (*clusters 3D*), desde a força de suas correlações. A representação visual destas associações dá-se na forma de ‘montanhas’, onde o volume traduz a quantidade de publicações que trazem a associação conceitual alinhavada, enquanto a sua altura traduz a concentração temporal e autoral (i.e. um assunto pode ser muito explorado, porém ter uma representação dispersa conquanto seja antigo e frequentemente revisitado por autores diversos).

Todos os artigos de relevo foram lidos (ou relidos), levantamos algumas hipóteses acerca da estrutura desta literatura e utilizamos os softwares Bitola (no modo *closed discovery system*; <http://ibmi.mf.uni-lj.si/bitola/>) e Arrowsmith ([http://arrowsmith.psych.uic.edu/arrowsmith\\_uic/index.html](http://arrowsmith.psych.uic.edu/arrowsmith_uic/index.html)) para auxiliar a avaliação da pertinência destas hipóteses, que deste modo pautaram-se por uma verdadeira fundamentação quantitativa.

Em um segundo momento, propusemos uma divisão deste panorama sobre a literatura, d em ‘aspectos gerais’ e ‘estudos de neuroimagem’, o que se justifica à luz de nossa crença de que estes últimos sejam especialmente pertinentes na atualidade, onde um dos empenhos mais evidentes vem sendo o de compreender como se processa a prospecção do futuro em relação à memória episódica.

### Resultados da Revisão

#### Aspectos Gerais

A nossa pesquisa revelou a existência de cento e trinta e nove artigos especificamente sobre *MTT*, sendo o primeiro de 1997 (Suddendorf & Corballis, 1997) e o segundo de 2003, ano em que cinco artigos no tema foram indexados (este intervalo chamou-nos bastante a atenção). Suddendorf, autor do primeiro artigo indexado, é o que mais publicou como primeiro autor no tema (onze artigos). É interessante notar que só o PubMed resgata cento e quarenta e três referências através das palavras-chave *Mental Time Travel*, mas cerca de um terço não se referem ao assunto, o que pode ser interpretado como reflexo da abrangência das associações que ‘*time*’ e ‘*travel*’ definem.

A revista que mais publicou sobre o tema foi a *Behavioral and Brain Sciences* (dezessete artigos), mas isto reflete a política de sempre publicar um artigo principal (Suddendorf & Corballis, 2007a), seguido de vários outros menores discutindo a posição defendida naquele, para subsequentemente dar aos autores do primeiro, a oportunidade de responder às críticas (Suddendorf & Corballis, 2007b). A revista que publicou mais artigos experimentais no assunto ao longo dos anos foi a *Con-*

*scious and Cognition* (oito artigos experimentais). Isto sugere que a revista seja uma opção a se considerar para o envio de resultados de relevo no tema (fator de

impacto em 22/04/2011: 2.69; fator de impacto médio entre 2006-04/2010: 3.072).

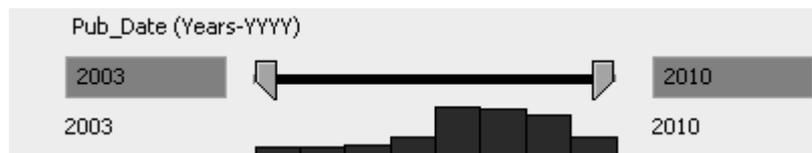


Figura 1. Curva de crescimento do campo, de 2003 a 2010.

A curva de crescimento do campo (que cobriu apenas até o ano de 2010), aliada ao modesto número de publicações, revela que este não é mais um ‘campo em franco crescimento’, sobretudo em se considerando o crescimento da totalidade da literatura indexada nestas bases de dados e o fato de que campos contando com poucos estudos tendem a se multiplicar rápido em seus primeiros anos. Esta vicissitude sugere uma inclinação dos pesquisadores a considerar que as principais questões já foram resolvidas – o que julgamos que deva ser considerado com cautela, desde a perspectiva de que a aplicação do conceito de *MTT* ao campo de tomadas de decisão permanece insipiente, o que talvez deixe de ser o caso no futuro recente, dada a relação (previamente mencionada) entre *MTT* e utilidade esperada.

Usando o software Bitola, não encontramos artigos sobre *MTT* e tomadas de decisão (cruzamento semântico); usando o Arrowsmith, o qual faz uma busca por indexadores de artigos (lista ‘B’), relacionados ao tema ‘A’ (no caso, *MTT*) e ‘C’ (no caso, tomadas de decisão), encontramos as correlações mais significativas para: ‘memória autobiográfica’ e ‘fMRI’, sugerindo que os estudos que fazem esta intersecção são de neuroimagem.

A representação topológica dos resultados desta busca dá uma boa medida da diferença de importância entre os temas (cerca de cento e quarenta e cinco referências para ‘A’ e 50000 para ‘C’), ao mesmo tempo em que sugere que apenas seis estudos em *MTT* tenham uma relação com tomadas de decisão e que esta seja de tipo ‘marginal’.

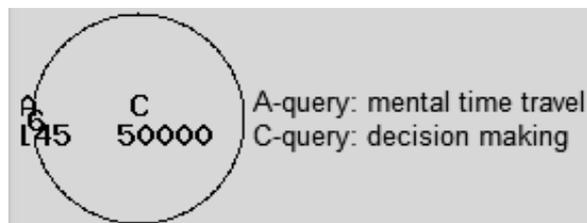


Figura 2. Intersecção entre os campos ‘A’ e ‘B’.

Abandonando o foco sobre os metadados em prol de

uma abordagem panorâmica dos temas em discussão, apresentamos um mapa topológico da totalidade da literatura publicada e compilada em função de nossos critérios de inclusão, o qual se caracteriza por *clusters* semânticos formados desde os conceitos mais importantes, que assim se propõem a retratar as temáticas em desenvolvimento desde uma combinação de conceitos que não necessariamente se faz presente em qualquer um dos artigos publicados, mas que é capaz de aglutinar ideias centrais a vários destes.

Este mapa possui como base um tesouro, onde todos os conceitos utilizados em resumos, títulos e palavras-chave são elencados, em ordem de importância/número de aparições. Conceitos mais recorrentes abrem tesouros secundários e terciários e assim se definem milhares de árvores de possibilidades semânticas, de inspiração hierárquica, as quais ‘competem’ por um *output*.

Para definir a *clusterização*, o software calcula o número de permutações necessárias para ir de um conceito principal a outros e para conceitos secundários e terciários, que assim são fundamentalmente calculados por Kendall tau. Nem todos os *clusters* foram associados a conceitos, porque optamos por incluir na programação o comando para apenas *clusterizar* quando o *output* fosse claro, o que na prática se define pelo número de rodadas de cálculo/termos analisados que você aceita que o software processe até um *output*.

Uma vez determinados os *clusters*, parte-se para a plotagem do mapa, o qual possui como variável do eixo das ordenadas, a importância do conceito em questão no tesouro e, por extensão, no âmbito das publicações utilizadas de base; e como variável determinante do eixo das abscissas, a distância (normalizada para o tamanho da representação gráfica) entre os conceitos *clusterizados* e, por extensão, entre as temáticas representadas. Cabe frisar que o programa permite customização do tesouro, que foi rigorosamente analisado e reconstruído para a eliminação de conceitos irrelevantes ao tema e fusão de sinônimos; vicissitudes as quais o programa não tem a capacidade de detectar.

Nós também testamos o uso de um algoritmo linear para a *clusterização*, disponível no software. Concor-

damos com a empresa quanto à opinião de que este não define *clusters* temáticos adequadamente, ainda

que seja eventualmente melhor na caracterização do volume relativo dos *clusters*.

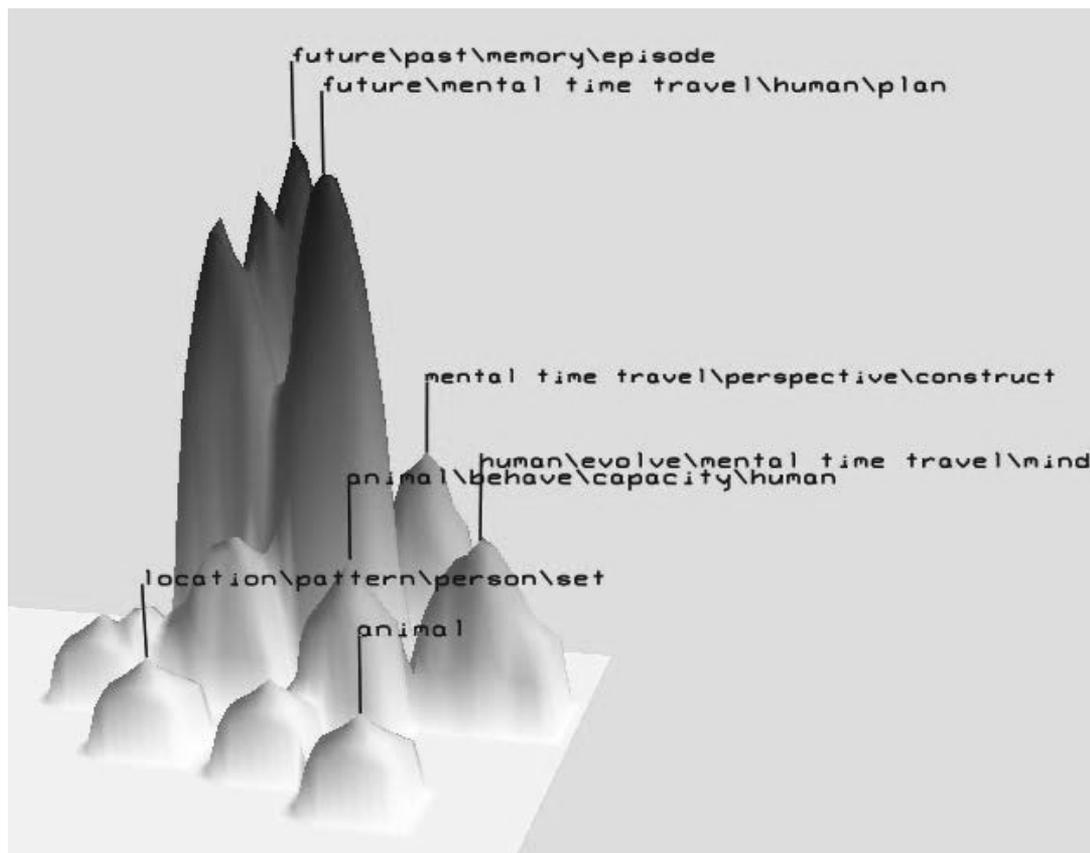


Figura 2. Mapa Topológico do campo dividido de acordo com os assuntos mais discutidos

Como é de se notar, o mapa não especifica caminhos à interpretação, servindo como uma visão panorâmica e aberta da literatura. A nossa experiência com este tipo de modelo de ‘resposta aberta’ sugere que a melhor maneira de se encontrar associações significativas ao longo dos conceitos aglutinados é se considerando inicialmente o conceito do meio de cada grupo, para então se considerar os das pontas, os quais a ele devem se agregar, do mesmo modo como ‘sujeito e ‘objeto’ agregam-se (concordam) em torno do verbo.

Assim, sugere-se que existam duas linhas principais de pesquisa, relativos aos *clusters* maiores: estudos sobre a memória que comparam seu papel na constituição do passado e do futuro mental, à luz do conceito da *MTT* e ‘memória episódica (‘episode’); e *MTT* como parte de um sistema de planejamento do futuro em humanos; acreditamos que os estudos aglutinados em torno deste *cluster* possam servir de via para se pensar diálogos promissores com a neuroeconomia. Há ainda um conjunto significativo de estudos sobre cognição animal e comparações com a cognição humana e um número menor sobre desenvolvimento psicogênico

da *MTT*.

A ideia dominante no campo (regente de grande parte das perspectivas alinhadas sob os dois *clusters* principais) é a de que a capacidade de prospectar conteúdos autobiográficos no futuro seja, em diversos níveis, equiparável à capacidade de resgatar conteúdos autobiográficos de experiências vividas, vicissitude a qual pode ser remetida à constatação de que pacientes amnésicos possuem dificuldade em lembrar compromissos futuros (Tulving, 1985). De maneira oportuna, (Suddendorf, 2010) acrescenta a sugestão de que o material para a construção de modelos mentais prospectivos sejam “peças brutas da memória”.

De nossa parte, sugerimos que seria interessante diferenciar as diversas prospecções em termos do grau de incerteza/indefinição da inferência. Há diferenças cognitivas e fenomenológicas significativas entre se imaginar no futuro, no caso na semana que vem almoçando no mesmo restaurante de sempre e se imaginar em 2050, em um laboratório de neurociências.

Para abordar a *MTT* em qualquer nível, consideramos que seja importante se ter em vista uma epistemologia

para se conceber o ‘tempo mental’. Consideremos para a presente discussão que o tempo mental é a resultante de computações mentais que nos possibilitam ‘desrespeitar’ o tempo dos eventos, convertendo um conjunto de processos discretos em uma experiência de contínuas manifestações<sup>2</sup>.

A distância do dedão da mão ao cérebro é maior do que a distância do dedão do pé, mas ainda assim não há *delay* na percepção de movimentos integrados, o que sugere que esta conversão seja um tipo de construção, caracterizada por sistemas de expectativas e outros tantos subsistemas que preenchem a manifestação ‘real’ das coisas (Dennett & Kinsbourne, 1997, pag. 148).

A percepção de fluidez temporal do momento presente em sentido ao instante seguinte (‘decorrência’) fundamenta o aproveitamento de informações em fluxo contínuo, representando uma característica inexorável do sistema nervoso humano e, no mínimo, de todas as outras espécies que demonstram condicionamentos operantes (i.e., todos os mamíferos), sugerindo-se como um verdadeiro marco na evolução (para uma introdução ao sentido de ‘marco evolucionário’, ver: Mayer, 1998).

Neste mesmo sentido, propomos que a *MTT* seja vista como o *output* de desativações provisórias do sistema de expectativas e preenchimento que insufla esta adaptação, de modo a fazer com que os investimentos energéticos relacionados recaiam sobre cenários aos quais o organismo não esteja se adaptando em moto-contínuo (o que pode significar: ‘passado’, ‘futuro’, ‘futuro condicional’, etc.). Ao menos em humanos, estes cenários parecem trazer o mesmo sistema de expectativas e preenchimento embutido, levando-nos a vivenciá-los como duração, ao mesmo tempo em que nos oferecem uma impressão de continuidade/descontinuidade regulável, na intersecção com o tempo mental do presente.

Em última instância é este caráter regulável que representa a mais evidente medida de ruptura para com ‘a decorrência do momento presente ao instante seguinte’, que se nos é incontrolável.

Já em nível mais sutil, é preciso se pensar a *MTT* a partir das diferenças fenomenológicas definidas em relação à fluidez do tempo presente. Estas diferenças parecem advir de um atenuamento da saliência, convergindo à nossa capacidade de saber que mesmos os mais arrebataadores e involuntários vôos nas rotas do tempo mental não são a realidade que se desvela do

momento presente ao instante seguinte (para um estudo sobre *MTT* não-voluntária: Berntsen & Jacobsen (2008).

Ainda que inexistem estudos sobre as bases biocomputacionais desta atenuação, hipotetizamos que possam se fiar à mecânica do ‘*corollary discharge*’, tal sendo “a capacidade de diferenciar estímulos de origens interna e externa, a qual se coaduna à geração de uma cópia aferente dos estímulos internos, que é transmitida de regiões pré-motoras para regiões sensoriais do córtex pré-frontal<sup>3</sup>” (Dias, 2010, pag. 32).

É possível supor que se esta hipótese tiver correta, ela igualmente se aplicará às diferenças fenomenológicas entre memórias resgatadas da memória de longo prazo e mantidas na memória de trabalho e registros do ‘quase agora’ (i.e. o argumento de outrem com quem se debate). Mais do que simples curiosidade, a exploração destas diferenças pode nos permitir, por exemplo, ascender a uma nova explicação para a capacidade de encaixarmos conteúdos resgatados da memória de longo prazo em argumentos cujo ‘destino intencional’ desenvolve-se em ato, a despeito dos esguios limites informacionais definidos no plano do atendimento imediato.

Em nosso ponto de vista, mesmo não afetando as dimensões sintáticas e semânticas da memória, a diferenciação por atenuamento opera tal como se compartimentasse o registro prospectado, abolindo a necessidade de o mantermos na íntegra na memória de trabalho, posto que se nos abre a possibilidade de o manipularmos mentalmente ‘como uma marca de si mesmo’, até a ocasião mais propícia para que o introduzamos no fulcro do argumento<sup>4</sup>.

Logo, dir-se-ia que a redundância determinada pelas cópias aferentes do estímulo (*corollary discharge*) representa uma maneira extremamente econômica de se tratar grandes quantidades de informação desde um sistema de capacidade limitada – perspectiva a qual igualmente pode vir a representar uma nova via à exploração da função da redundância no cérebro humano, para além de seu valor de estocagem, sob os desígnios canônicos da hipótese de reserva cognitiva (Valenzuela, 2008); para uma discussão sobre as bases evolucionárias da reserva cognitiva: (Allen, 2005). Esta hipótese, atualmente canônica, não preconiza nenhuma função para a redundância que seja anterior ao início da senilidade, período no qual as ‘vantagens’ têm muito pouca influência sobre o *fitness*, conforme são posteriores à fase reprodutiva (para uma discussão sobre a relação entre *fitness* e seleção: Mayer, 1998).

<sup>2</sup> É de se ter em mente que o ponto de partida escolhido não é aceito irrestritamente pelos autores que tratam ou trataram do tempo mental. Maurice Merleau-Ponty, por exemplo, opõe-se em várias obras a esta abordagem, em prol da defesa da hipótese de que a continuidade é inerente ao próprio mundo exterior, não dependendo de construção (para uma discussão exaustiva, ver: Merleau-Ponty (1962).

<sup>3</sup> Tradução adaptada para privilegiar a fluência.

<sup>4</sup> Esta é uma hipótese que dialoga com a teoria fuzzy-trace, a qual enfatiza o papel dos traços não-declarativos (*gists*) das ideias em diversos processos executivos (Brainerd e Reyna, 2002, 2004).

É possível supor que se esta hipótese tiver correta, ela igualmente se aplicará às diferenças fenomenológicas entre memórias resgatadas da memória de longo prazo e mantidas na memória de trabalho e registros do ‘quase agora’ (i.e. o argumento de outrem com quem se debate). Mais do que simples curiosidade, a exploração destas diferenças permite, por exemplo, ascender a uma nova explicação para a capacidade de encaixarmos conteúdos resgatados da memória de longo prazo em argumentos cujo ‘destino intencional’ desenvolve-se em ato, a despeito dos esguios limites informacionais definidos no plano do atendimento imediato.

A melhor maneira de se testar a hipótese que introduzimos é por meio de estudos de conectividade (i.e., DTI), avaliando se desconexões específicas afetam a discriminação de tipos específicos de memória em relação a estímulos sensoriais de características análogas (i.e., se pessoas sofrendo com esquizofrenia associada à desmielinização frontotemporal apresentam tendência aumentada para confundir algo que lhes fora dito ontem com o que ouviram há algumas horas, em relação a outros pacientes sem o mesmo achado e padronizados por nível socioeconômico e desempenho em testes de memória).

É interessante notar que esta linha de estudos baseada na testagem da hipótese do atenuamento poderia, por sua vez, adicionar um novo ingrediente às disseminadas perspectivas de que “as mais devastadoras doenças com prejuízos à *MTT* são, provavelmente, as diversas formas de demência (...) danos ao córtex pré-frontal são a causal potencial da disrupção da *MTT*” (Brune & Brune-Cohrs, 2007, pag. 317).

Em relação à aquisição da *MTT* ao longo da vida humana, a literatura compilada sugere que o desenvolvimento do traço se dê em função de outras tantas capacidades (sobretudo diferenciação instrumental dos tipos memórias e planejamento executivo), seguindo uma dinâmica em certo sentido ‘estruturalista’, que se remete à aquisição da Teoria da Mente – a qual também gira em torno de uma capacidade prospectiva, no caso relativa a intenções e conteúdos projetados na mente de outrem (para um clássico no assunto: Baron-Cohen, 1997). Esta conjuntura sugere que seria interessante se discutir até que ponto a *MTT* é um epifenômeno e até que ponto foi o mote da seleção do endofenótipo que lhe dá escopo.

A literatura compilada revela ainda que poucos estudos foram capazes de discorrer com segurança sobre a dinâmica evolutiva<sup>5</sup> da *MTT* ao longo do desenvolvimento humano, dada a inexistência de instrumentos eficientes para sua avaliação, tal sendo um problema

igualmente significativo no campo de estudos em Teoria da Mente, onde os poucos instrumentos existentes são suscetíveis a variações no processamento verbal e, frequentemente, ao grau de desenvolvimento moral do sujeito, i.e.: Blijd-Hoogewys, van Geert, Serra e Minderaa (2008); Golan, Baron-Cohen, Hill e Rutherford (2007); Torralva, Roca, Gleichgerricht, Bekinschtein e Manes (2009); Wellman, Fang, Liu, Zhu e Liu (2006).

A perspectiva mais disseminada é a de que a *MTT* surja em torno dos 4-5 anos de idade (Atance, 2008; Atance & Jackson, 2009; Atance & Meltzoff, 2005; Atance & O’Neill, 2005), idade semelhante ao surgimento da capacidade de lidar com falsas crenças, basilar à Teoria da Mente, enquanto método de prospecção de modelos mentais (Wimmer & Perner, 1983)<sup>6</sup>.

A discussão relativa à capacidade de prospectar o futuro em outras espécies vem sendo objeto de diversas pesquisas, cujo balanço aponta para a máxima de que a capacidade de utilizar um método de construção sintática para manipular partes de modelos mentais do futuro seja exclusivamente humana, sem que se exclua a hipótese de que outras espécies exibam graus diversos de ‘sensibilidade ao futuro’. Corvos criam ‘anzóis’ para pescar e chimpanzés guardam pedras para quebrar nozes (Mulcahy & Call, 2006), mas o que se diz em relação a isto é que nada garante que eles não estejam satisfazendo necessidades instantâneas, o que nos dois casos apresentados significa que o comportamento não seja obrigatoriamente motivado pela perspectiva de que depois podem ter fome e se beneficiar do comportamento-alvo, mas antes que o eliciam porque estão com fome.

Não obstante, existem duas exceções à afirmação do caráter derradeiramente humano da *MTT*: grandes primatas (bonobos e orangotangos) aprendem a guardar ferramentas para utilizar depois (Mulcahy & Call, 2006) e um tipo de ave azul, denominada *Aphelocoma californica* (*Blue-jay*) exibe a notável capacidade de estocar alimentos quando percebe que vai enfrentar tempos de escassez alimentar (Raby, Alexis, Dickinson & Clayton, 2007). Estudo anterior havia demonstrado que estas aves possuem um marcador temporal para o passado, que é eficiente o bastante para diferenciar tipos de comida e o local onde a mesma fora apanhada, mesmo após 124 horas (Clayton & Dickinson, 1999).

À luz da mesma perspectiva que nos inspira a defender a diferenciação das diversas prospecções em termos do grau de incerteza/indefinição que elas implicam, nossa posição neste debate é a de considerar

<sup>5</sup> ‘Evolutivo’ = da ontogênese; ‘evolucionário’ = da filogênese.

<sup>6</sup> De acordo com (Wimmer & Perner, 1983), a idade crítica é entre 4-6 anos, intervalo no qual mais de 50% das crianças (≈ 57%) conseguem dar um tratamento correto a um teste de falsas crenças famoso, desenvolvido pelos autores.

que, ao invés de cortes dicotômicos, a aquisição da *MTT* possa ser adequadamente compreendida como dinâmica filogeneticamente graduada, em face do que “ela está presente em animais na exata medida em que se faz necessária à sobrevivência em seus respectivos habitats” ((Bar, 2007, pag. 315).

### Estudos de Neuroimagem

Em 22/04/2011 existiam dez estudos experimentais de neuroimagem sobre *MTT* (Abraham, Schubotz & von Cramon, 2008; Addis, Pan, Vu, Laiser & Schacter, 2009; Addis & Schacter, 2008; Addis, Wong & Schacter, 2007; Arzy, Collette, Ionta, Fornari & Blanke, 2009; Botzung, et al., 2008; D’Argembeau, Xue, Lu, Van der Linden & Bechara, 2008; Oddo et al., 2010; Spreng & Grady, 2010; Steinworth, Corkin & Halgren, 2006) e uma meta-análise de neuroimagem (Spreng, Mar & Kim, 2009). É interessante notar que as palavras-chave “*Mental Time Travel and fMRI*” resgatavam cinco referências no PubMed, entre as quais apenas três pertencem à listagem acima; as palavras-chave “*Mental Time Travel and meta-analysis*” não retornavam resultados na mesma base de dados, sugerindo a importância de pesquisas mais amplas para uma visão coerente da literatura publicada sobre o assunto.

Abraham, et al. (2008) criaram um experimento dissociando perguntas pessoais e impessoais, o que por sua vez levou à conclusão de que o caráter pessoal das questões é o grande responsável por alicerçar a atividade em redes neurais bem definidas: “nenhuma região cerebral foi seletivamente ativada para as duas condições impessoais (passado e futuro), em relação às duas condições pessoais (contraste: Não-pessoal > Pessoal). Em contraste, pensar sobre si mesmo no passado e no futuro levou à ativação de diversas regiões cerebrais, incluindo a porção anterior do córtex medial pré-frontal (BA 10), a formação hipocampal esquerda, o giro temporal anterior bilateral (BA 21), o pólo temporal esquerdo (BA 38), a junção temporal-parietal/giro temporal posterior (BA 39) e o cíngulo posterior/precuneus (BA 31/7)” (Abraham, et al., 2008; pag. 107).

Em um artigo em que testaram o método de análise denominado ‘*spatio-temporal partial-least-squares*’ (PLS), (Addis, et al., 2009) concluíram que a *MTT* é, na realidade, processada por duas redes: uma principal que se faz compartilhada pela prospecção do futuro e do passado e outra particularmente relacionada ao resgate de memórias extraídas de contextos ricos em detalhes. “Encontramos que a imaginação de eventos passados ou futuros se escora no mesmo subsistema: o subsistema imaginativo” (Addis, et al., 2009, pag. 2236).

De acordo com as conclusões do estudo (que admitiu ampla equivalência nos resultados analisados por *PLS*

e pelo SPM), o subsistema imaginativo envolve partes extensas do córtex medial pré-frontal bilateral, giro inferior frontal, lobo temporal medial, córtex temporal posterior, medial parietal e cerebelo; ao passo que o resgate de memórias autobiográficas ricamente contextualizadas envolve o hipocampo, o giro parahipocampal e o córtex visual posterior. Este estudo é uma reformulação de (Addis & Schacter, 2008), o qual por sua vez foi claramente influenciado pelo estudo seminal (Addis, et al., 2007). Em nosso entendimento, esta é uma linha de pesquisa interessante, que explora sutilezas que vão além da distinção entre conteúdo autobiográfico e semântico<sup>7</sup>. Para o primeiro estudo sobre a diferenciação dos correlatos cerebrais de ambos os tipos de memória: Steinworth, et al. (2006); para o mais bem desenhado estudo, ver: Oddo, et al. (2010).

Ainda que se repitam consideravelmente, os estudos capitaneados por Addis são os únicos a explorar a gradativa diferenciação no engajamento intencional envolvido na prospecção do passado, quando temos que lembrar algo que preenche um cenário pontualmente (‘como uma peça em um quebra-cabeça quase inteiramente montado’), até o ponto em que temos que recriar quase que a totalidade da situação para caracterizar propriamente lembrança (modo imaginativo).

Esta distensão é muito interessante porque rompe com falsos simplismos, assumindo implicitamente que a *MTT* possa ter limites mecânicos e epistemológicos incertos, na medida em que se espraia da prospecção de conteúdos discretos integrados em sistemas representacionais previamente estruturados (para o qual se falar em ‘viagem mental’ é no mínimo um exagero), até prospecções em zonas mentais de incerteza, a serem convertidas em modelos mentais ricamente orquestrados, através de um crescente biocomputacional alinhado ao refinamento do empenho para trazer à tona as dimensões necessárias para que conteúdos discretos adquiram derradeira conotação. Esta perspectiva poderia dar origem ao primeiro instrumento psicométrico para a avaliação do desempenho em *MTT*.

Aliás, é possível que a atual inexistência de instrumentos do tipo se coadune ao fato de que as pessoas tendem a pensar a mecânica da *MTT* muito mais em função da semelhança com a memória de conteúdos forjados em convergência a um sistema de expectativas (a peça que completa o quebra-cabeça), do que em função da imaginação e seu potencial para ser ‘ricamente orquestrada’.

Em outro estudo caracterizado por um desenho bastante interessante, (D’Argembeau, et al., 2008)

<sup>7</sup> Esta diferenciação, originalmente relativa apenas a tipos distintos de memória, foi proposta por (Endel Tulving, 1984).

avaliaram as diferenças ativacionais na prospecção de eventos emocionais no futuro recente e remoto, chegando à conclusão de que a principal diferença é de que estes envolvem mais a ativação da porção anterior do córtex pré-frontal ventromedial, enquanto aqueles envolvem mais ativação do núcleo caudado esquerdo, sugerindo que o córtex ventromedial possui derradeira importância em situações em que o sujeito tem que utilizar informações recentemente adquiridas para atingir objetivos e tomar decisões.

Finalmente, a única meta-análise no tema, apontou que memórias autobiográficas, prospecção, Teoria da Mente, e *default mode* envolvem redes neurais comuns, que abrangem as porções mediais do córtex pré-frontal, temporal e parietal, em face do que memórias autobiográficas e prospecção implicam maior ativação da porção medial do córtex pré-frontal e parietal do que Teoria da Mente (Spreng, et al., 2009). De maneira estratégica, os autores usaram exatamente o mesmo paradigma, desta vez experimentalmente (N = 16) confirmando os resultados meta-analíticos *in loco* (Spreng & Grady, 2010). Nós não conseguimos apontar quais seriam os estudos de neuroimagem que o Arrowsmith sugere na interface entre *MTT* e tomadas de decisão.

### Conclusão

Nesta revisão introduzimos uma nova definição de *MTT* e discutimos estudos de relevo, a partir de uma caracterização geral da literatura, a qual se pautou por técnicas de *data* e *text mining*. Pudemos perceber que *MTT* é uma dimensão do processamento mental que vem sendo relativamente pouco explorada pela ciência cognitiva que, ao menos neste âmbito, furta-se ao estabelecimento de interfaces enriquecedoras com a psicologia da criatividade e da imaginação.

Em termos de sua vertente endereçada à prospecção de cenários futuro, destaca-se a inexistência de testes psicométricos voltados à avaliação de desempenhos concernentes à aptidão para se prospectar/construir cenários hipotéticos dependentes de diferentes graus de estruturação. A esta conjuntura alinha-se o fato de que, até o presente, nenhum estudo de neuroimagem tenha se vertido sobre vicissitudes elementares como as diferenças individuais entre diferentes sujeitos alinhavados por critérios socioeconômicos e intelectuais; e a dinâmica de amplificação do potencial bio-computacional para a realização da habilidade em face do estágio psicogênico alcançado, o que poderia ser feito desde indagações como ‘que transformação ocorre no cérebro por volta dos cinco anos que se faz derradeira significativa para a emergência da *MTT*?’.

Também notamos a ausência de estudos explorando os diferentes tempos e modo temporais mentais (futuro perfeito, futuro do pretérito, modo subjuntivo), o que

conjuntamente aponta para um campo em que há muito a se explorar.

### Referências

- Abraham, A., Schubotz, R. I., & von Cramon, D. Y. (2008). Thinking about the future versus the past in personal and non-personal contexts. *Brain Research*, 1233, 106-119.
- Addis, D. R., Pan, L., Vu, M.-A., Laiser, N., & Schacter, D. L. (2009). Constructive episodic simulation of the future and the past: Distinct subsystems of a core brain network mediate imagining and remembering. *Neuropsychologia*, 47(11), 2222-2238.
- Addis, D. R., & Schacter, D. L. (2008). Constructive episodic simulation: Temporal distance and detail of past and future events modulate hippocampal engagement. *Hippocampus*, 18(2), 227-237.
- Addis, D. R., Wong, A. T., & Schacter, D. L. (2007). Remembering the past and imagining the future: Common and distinct neural substrates during event construction and elaboration. *Neuropsychologia*, 45(7), 1363-1377.
- Arzy, S., Collette, S., Ionta, S., Fornari, E., & Blanke, O. (2009). Subjective mental time: the functional architecture of projecting the self to past and future. *European Journal of Neuroscience*, 30(10), 2009-2017.
- Atance, C. M. (2008). Future thinking in young children. *Current Directions in Psychological Science*, 17(4), 295-298.
- Atance, C. M., & Jackson, L. K. (2009). The development and coherence of future-oriented behaviors during the preschool years. *Journal of Experimental Child Psychology*, 102(4), 379-391.
- Atance, C. M., & Meltzoff, A. N. (2005). My future self: Young children's ability to anticipate and explain future states. *Cognitive Development*, 20(3), 341-361.
- Atance, C. M., & O'Neill, D. K. (2005). The emergence of episodic future thinking in humans. *Learning and Motivation*, 36(2), 126-144.
- Bar, M. (2007). The continuum of “looking forward,” and paradoxical requirements from memory. *Behavioral and Brain Sciences*, 30(03), 315-316.
- Baron-Cohen, S. (1997). *Mindblindness: An essay on autism and theory of mind*: The MIT Press.
- Berntsen, D., & Jacobsen, A. S. (2008). Involuntary (spontaneous) mental time travel into the past and future. *Consciousness and Cognition*, 17(4), 1093-1104.
- Blijd-Hoogewys, E., van Geert, P., Serra, M., & Minderaa, R. (2008). Measuring Theory of Mind in Children. Psychometric Properties of the ToM Storybooks. [10.1007/s10803-008-0585-3]. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(10), 1907-1930.
- Botzung, A., Denkova, E., & Manning, L. (2008). Experiencing past and future personal events: Functional neuroimaging evidence on the neural bases of mental time travel. *Brain and Cognition*, 66(2), 202-212.
- Brune, M., & Brune-Cohrs, U. (2007). The costs of mental time travel. *Behavioral and Brain Sciences*, 30(3), 317.
- Clayton, N. S., & Dickinson, A. (1999). Scrub jays (*Aphelocoma coerulescens*) remember the relative time of caching as well as the location and content of their caches. [Article]. *Journal of Comparative Psychology*, 113(4), 403-416.
- D'Argebeau, A., Xue, G., Lu, Z.-L., Van der Linden, M., & Bechara, A. (2008). Neural correlates of envisioning emotional events in the near and far future. [doi: DOI: 10.1016/j.neuroimage.2007.11.025]. *NeuroImage*, 40(1), 398-407.

- Dennett, D., & Kinsbourne, M. (1997). Time and the observer: The where and when of consciousness in the brain. In N. Block, O. Flanagan & G. Güzeldere (Eds.), *The Nature of Consciousness: Philosophical Debates* (pp. 141-174). Cambridge: MIT Press.
- Dias, A. M. (2010). The Causes of Schizophrenic Voice Hallucinations. *German Journal of Psychiatry*, 13(1), 31-36.
- Golan, O., Baron-Cohen, S., Hill, J. J., & Rutherford, M. D. (2007). The 'Reading the Mind in the Voice' test-revised: a study of complex emotion recognition in adults with and without autism spectrum conditions. *J Autism Dev Disord*, 37(6), 1096-1106.
- John S. Allen, J. B. H. D. (2005). The aging brain: The cognitive reserve hypothesis and hominid evolution. *American Journal of Human Biology*, 17(6), 673-689.
- Mayer, E. (1998). *This Is Biology: The Science of the Living World*. Cambridge: Harvard University Press.
- Merleau-Ponty, M. (1962). *Phenomenology of Perception* (1945). Trans. Colin Smith. London: Routledge.
- Mulcahy, N. J., & Call, J. (2006). Apes Save Tools for Future Use. *Science*, 312(5776), 1038-1040.
- Oddo, S., Lux, S., Weiss, P. H., Schwab, A., Welzer, H., Markowitsch, H. J., et al. (2010). Specific role of medial prefrontal cortex in retrieving recent autobiographical memories: An fMRI study of young female subjects. *Cortex*, 46(1), 29-39.
- Raby, C. R., Alexis, D. M., Dickinson, A., & Clayton, N. S. (2007). Planning for the future by western scrub-jays. *Nature*, 445(7130), 919-921.
- Spreng, R. N., & Grady, C. L. (2010). Patterns of Brain Activity Supporting Autobiographical Memory, Propection, and Theory of Mind, and Their Relationship to the Default Mode Network. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(6), 1112-1123.
- Spreng, R. N., Mar, R. A., & Kim, A. S. N. (2009). The Common Neural Basis of Autobiographical Memory, Propection, Navigation, Theory of Mind, and the Default Mode: A Quantitative Meta-analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(3), 489-510.
- Steinvorth, S., Corkin, S., & Halgren, E. (2006). Ecphory of autobiographical memories: an fMRI study of recent and remote memory retrieval. *NeuroImage*, 30(1), 285-298.
- Suddendorf, T. (2010). Episodic memory versus episodic foresight: Similarities and differences. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(1), 99-107.
- Suddendorf, T., & Corballis, M. C. (1997). Mental time travel and the evolution of the human mind. *Genetic Social and General Psychology Monographs*, 123(2), 133-167.
- Suddendorf, T., & Corballis, M. C. (2007a). The evolution of foresight: What is mental time travel, and is it unique to humans? *Behavioral and Brain Sciences*, 30(3), 299-317.
- Suddendorf, T., & Corballis, M. C. (2007b). Mental time travel across the disciplines: The future looks bright. *Behavioral and Brain Sciences*, 30(3), 335-351.
- Torralva, T., Roca, M., Gleichgerrcht, E., Bekinschtein, T., & Manes, F. (2009). A neuropsychological battery to detect specific executive and social cognitive impairments in early frontotemporal dementia. *Brain*, 132(5), 1299-1309.
- Tulving, E. (1984). Précis of Elements of episodic memory. *Behavioral and Brain Sciences*, 7(2), 223-268.
- Tulving, E. (1985). Memory and consciousness. *Canadian Psychology-Psychologie Canadienne*, 26(1), 1-12.
- Valenzuela, M. J. (2008). Brain reserve and the prevention of dementia. *Curr Opin Psychiatry*, 21(3), 296-302.
- Wellman, H. M., Fang, F., Liu, D., Zhu, L., & Liu, G. (2006). Scaling of Theory-of-Mind Understandings in Chinese Children. *Psychological Science*, 17(12), 1075-1081.
- Wimmer, H., & Perner, J. (1983). Beliefs about beliefs: Representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition*, 13(1), 103-128.

Received: 02/15/2012

Accepted: 01/25/2013

**Álvaro Machado Dias.** Universidade Federal de São Paulo, Brazil

