

Efeito da predição de erro na reconsolidação de memória motora: desafios e possibilidades

Najara Nader Zago
Faculdade de Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brazil
ORCID: 0000-0002-1712-4451

Gabriel Fernandes Cyrino
Faculdade de Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brazil
ORCID: 0000-0001-7307-0171

Roberta da Silva Aramaki
Faculdade de Engenharia Biomédica
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brazil
ORCID: 0000-0002-8343-1046

Alcimar Barbosa Soares
Faculdade de Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brazil
ORCID: 0000-0003-1100-3533

Resumo — O processo de reativação de uma memória gera um estado transiente durante o qual o conteúdo desta fica acessível e susceptível a modificações, podendo ser alterado e atualizado por meio do processo de reconsolidação. Durante esse período de instabilidade, o traço de memória se torna susceptível a modificações, o que fornece uma potencial oportunidade terapêutica com objetivo de alterar o conteúdo dessa memória. Apesar da reativação da memória ser amplamente aceita na literatura como requisito para iniciar o processo de reconsolidação da memória humana, a desestabilização não ocorre se a memória for reativada de maneira idêntica a tarefa original. Dessa forma, a predição de erro é vista como uma condição necessária que conduz a aquisição e a reconsolidação da memória. A indução de níveis adequados de predição de erro durante a reconsolidação tem se mostrado uma condição importante para disparar o processo de desestabilização/reconsolidação da memória humana. Nesse artigo, analisamos em detalhes as condições limites para desencadear o processo de reconsolidação da memória motora. De maneira geral, destacamos a relação entre as etapas do processo e as diferentes possibilidades de reativação, necessária para iniciar o processo responsável pela atualização e fortalecimento da memória motora. Com isso, o objetivo desse estudo é verificar se a indução de predição de erro proveniente de uma intervenção comportamental caracterizada por uma adequada variabilidade sensoriomotora proporciona o fortalecimento da memória motora via reconsolidação.

Palavras-Chaves — Habilidade Motora, Memória Motora, Predição de Erro, Reconsolidação da Memória.

I. INTRODUÇÃO

A reconsolidação da memória consiste em um processo no qual memórias inativas (estáveis) previamente consolidadas retornam temporariamente a um estado ativo (instável) quando são reativadas, necessitando de serem reestabilizadas, ou reconsolidadas, para que possam persistir na memória de longo prazo [1]-[3]. O processo de reativação de uma memória gera um estado transiente durante o qual o conteúdo desta fica acessível e susceptível a modificações, podendo ser alterado e atualizado por meio do processo de reconsolidação [4], [5].

Esse conceito foi melhor abordado na representação esquemática abaixo. Inicialmente, o traço de memória formado é consolidado e armazenado na memória de longo prazo em um estado inativo. Quando a memória é reativada, ela retorna a um estado instável, necessitando ser reestabilizado por meio do processo de reconsolidação. Após a reconsolidação, o traço de memória é atualizado e

armazenado novamente na memória de longo prazo. Na Figura 1 foram representados os processos associados a consolidação e reconsolidação da memória baseado no modelo proposto por [6].



Fig. 1. Representação esquemática dos processos e estágios associados a reconsolidação da memória baseado no modelo esquemático proposto por [6]. As linhas pontilhadas representam os estados instáveis da memória e linhas sólidas retratam os estados estáveis.

Durante esse período de instabilidade, o traço de memória se torna susceptível a modificações, o que fornece uma potencial oportunidade terapêutica com objetivo de alterar o conteúdo dessa memória que pode resultar na degradação, atualização ou fortalecimento desta [4], [5], [7]. Apesar da reativação da memória ser amplamente aceita na literatura como requisito para iniciar o processo de reconsolidação da memória humana, a desestabilização não ocorre se a memória for reativada de maneira idêntica a tarefa original [8]-[13]. A indução de níveis adequados de predição de erro durante a reconsolidação tem se mostrado uma condição necessária para disparar o processo de desestabilização/reconsolidação da memória humana [9], [14].

Nos últimos anos, a reconsolidação ganhou destaque em diferentes domínios da memória humana [10]-[12], incluindo a memória motora [13]. No contexto da memória humana, o objetivo de alterar o conteúdo da memória, por meio do efeito de degradação foi amplamente utilizado para obtenção do efeito amnésico para memórias de medo [15], fobias [16] e tratamento de desordens emocionais, tais como transtorno de estresse pós-traumático [17] e transtorno de ansiedade [18]. Esse enfoque também foi utilizado para as memórias motoras. Vários estudos relacionados a reconsolidação da memória motora [19]-[21] direcionaram seus esforços para verificar o efeito da degradação da memória motora após a reativação.

O primeiro estudo a destacar o efeito do processo de reconsolidação no desempenho motor foi desenvolvido por [15]. Em seu estudo, [15] propôs a possibilidade de um lembrete ou “reativação” de uma memória motora previamente consolidada, e o conceito que a reativação desestabiliza essa memória retornando-a temporariamente a seu estado ativo e suscetível a interferência, exigindo, portanto, um período de reconsolidação. O protocolo de reconsolidação de memória motora desenvolvido foi mediado pela aplicação de uma intervenção de interferência comportamental após a reativação da memória. A realização de uma interferência da tarefa após a reativação da memória induziu a um processo de diminuição do desempenho motor da habilidade motora previamente aprendida, evidenciando que a reativação é uma condição importante para desencadear o processo de reconsolidação.

Estudos posteriores [21], [22] evidenciaram resultados divergentes, além de relatarem dificuldades em replicar a metodologia, apesar de utilizarem o protocolo idêntico e o mesmo projeto de tarefa motora usado por [15]. Esses achados refletem um debate científico em curso sobre o papel da reconsolidação na modificação de memórias armazenadas [3]. O objetivo de alterar o conteúdo da memória motora, por meio do efeito de degradação foi amplamente utilizado nos estudos, apesar da sua baixa aplicabilidade clínica e, visto que o alvo terapêutico é aumento do desempenho motor, funcional e a capacidade de otimização de treinamentos. Além disso, várias questões sobre as condições que desencadeiam a reconsolidação da memória motora humana não foram elucidadas nesses estudos e muitas outras questões, como o papel e o limiar de predição de erro durante a reativação da memória e sua relevância clínica, ainda não foram respondidas [6]. Sob tais perspectivas, o objetivo do presente estudo foi verificar se a indução da predição de erro proveniente de uma intervenção comportamental caracterizada por uma adequada variabilidade sensoriomotora proporciona o fortalecimento da memória motora via reconsolidação.

II. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão de literatura sobre o efeito da predição de erro na reconsolidação da memória motora. Todo o conteúdo foi pesquisado na base de dado Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Periódicos CAPES), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Virtual Health Library* (BVL), PubMed e banco de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Esta escolha ocorreu por serem bases facilmente acessíveis e que publicam estudos relacionados ao tema proposto. Optou-se pela busca de produção científica em formato eletrônico por garantir acesso a pesquisas recentes e que possibilitam boa visibilidade, sendo um meio de comunicação nacional e internacional.

Foram utilizados os seguintes descritores em português: reconsolidação, habilidade motora, reativação; e em inglês: *reconsolidation*, *motor skill*, *reactivation*. Como critério de inclusão foram considerados os trabalhos expostos na forma de artigo científico, teses de doutorado, dissertações de mestrado, disponibilização *online* na íntegra, trabalhos publicados em português e inglês, com utilização de metodologia quantitativa e ter sido publicado de janeiro 2011 a agosto de 2021.

Inicialmente, o processo de filtragem dos estudos, foi realizado através da leitura dos títulos e resumos (*abstract*) e, posterior leitura dos artigos na íntegra, para confirmação se os conteúdos ali presentes estavam condizentes com a temática proposta e, se eram incluídos nos critérios de inclusão anteriormente citados. Foram excluídos aqueles artigos que apresentaram registro repetido nas diferentes bases de dados e assuntos que não mencionassem o tema em estudo.

III. RESULTADOS

Um total de 74 textos científicos foram, inicialmente, levantado nas bases de dados pesquisadas. O primeiro processo de filtragem dos estudos consistiu na leitura dos títulos e resumos (*abstract*). Foram excluídos 68 artigos, sendo que 21 (30,88%) artigos abordaram outros temas não relacionados a reconsolidação de memória motora, tais como aprendizado, consolidação, dor, doença de Alzheimer, Acidente Vascular Encefálico, entre outros; 18 (26,47%) verificaram os benefícios do sono da reconsolidação da memória; 11 (16,18%) artigos eram de revisão; 8 (11,77%) exploraram outros tipos de memória (episódica, declarativa, semântica); 7 (10,29%) estudos realizaram técnicas de interferência da tarefa original ou após a reativação da memória, levando a degradação da memória; 2 (2,94%) artigos não estavam disponíveis na íntegra; e 1 (1,47%) carta aos autores.

O segundo processo de filtragem consistiu na leitura dos textos científicos na íntegra, para confirmação se os conteúdos ali presentes estavam condizentes com a temática proposta e, se eram incluídos nos critérios de inclusão anteriormente citados. No total, 5 artigos e 1 tese de doutorado foram lidos na íntegra. Desses, 4 artigos foram excluídos por não abordarem a temática da predição de erro e/ou fortalecimento da memória motora via reconsolidação. Dentre as publicações referentes à reconsolidação da memória motora, apenas dois estudos (um artigo e uma tese de doutorado) enfatizaram o efeito da predição de erro e do fortalecimento da memória motora via reconsolidação.

IV. DISCUSSÃO

A predição de erro é caracterizada pela discrepância entre os eventos esperados, baseados na experiência prévia, e os atuais. Essa condição tem sido atribuída como um fator decisivo que desencadeia a aprendizagem (aquisição de memória) e a reconsolidação [8], [23]-[25]. De acordo com [23] a predição de erro desempenha um papel de extrema importância na reconsolidação da memória. Na relação da aprendizagem e memória, a predição de erro regula o comportamento e determina o que e quanto é aprendido, porém quando os mecanismos preditivos de ajuste neuromotor não são ativados, ou seja, quando não ocorre nenhuma “surpresa” ou evento inesperado, não há aprendizagem ou mudança do desempenho motor e os mecanismos de predição não precisam ser ajustados.

Dentre as publicações referentes à reconsolidação da memória motora, apenas dois estudos (um artigo e uma tese de doutorado) enfatizaram o efeito da predição de erro e do fortalecimento da memória motora via reconsolidação. Nos estudos realizados por [26], [27] foi testado um paradigma experimental, de fortalecimento da memória motora, de dois dias consecutivos no qual o primeiro dia foi dedicado à aprendizagem de uma tarefa motora e à reativação de sua memória seguida de uma intervenção e, o segundo dia foi

destinado ao reteste de desempenho da habilidade motora aprendida. A Figura 2 apresenta um esquema do protocolo experimental de dois dias realizados pelos trabalhos selecionados no artigo.

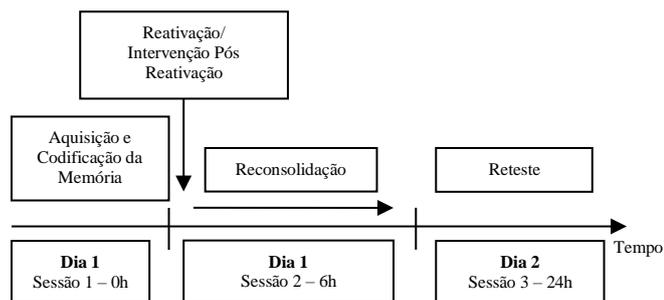


Fig. 2. Paradigma experimental de dois dias utilizado nos estudos realizados por [26] e [27].

No primeiro estudo, os autores testaram a hipótese de que o aumento da variabilidade sensoriomotora da tarefa de maneira sutil e imperceptível para o participante (intervenção da tarefa A') favorece o fortalecimento da memória da habilidade motora previamente aprendida por meio da reconsolidação. Dentre os grupos analisados no artigo três se destacaram. Inicialmente, o protocolo consistiu na aprendizagem de uma nova tarefa motora (tarefa A) que foi denominada "sequência visual controlada pela força isométrica de pinça" (*Sequential Visual Isometric Pinch Task* - SVIPT). Após 6 horas (tempo de consolidação da memória), dois dos grupos realizaram a reativação da memória motora por meio da execução de uma menor quantidade de repetições da tarefa A seguida de uma intervenção caracterizada pelo treinamento da tarefa A para um dos grupos, e pelo treinamento de uma versão modificada da tarefa A (tarefa A') para o outro grupo. A intervenção denominada tarefa A' envolvia variações sutis de quantidade de força que deveria ser exercida para completar a tarefa. O terceiro grupo não foi submetido à reativação nem intervenção [26].

A partir dos resultados verificou-se que os voluntários que participaram do grupo de intervenção modificada pós reativação conseguiram se ajustar rapidamente à variabilidade da tarefa e, portanto, aumentar o desempenho motor. Naqueles os grupos que executaram somente a tarefa A, não foi verificada diferença no desempenho, indicando que a prática adicional e repetitiva da mesma tarefa pode não alcançar melhoria expressiva de performance. Já o grupo que realizou intervenção com a tarefa A' apresentou aumento significativo do desempenho no reteste da habilidade motora aprendida quando comparado aos demais grupos. Dessa forma, os autores sugeriram que o uso de intervenções baseadas na variabilidade sensoriomotora sutil da tarefa direcionam o processo de reconsolidação para atualização e fortalecimento da memória, que por sua vez foi constatado pelo aumento do desempenho motor da habilidade motora. Outros achados importantes envolvem: (1) a reativação de uma memória previamente consolidada; e (2) o tempo para reestabilizar as memórias recém modificadas. Ambos componentes, reativação e tempo entre cada etapa foram necessários para o fortalecimento das habilidades motoras [26].

No segundo estudo desenvolvido por [27], as condições experimentais também consistiram na aprendizagem inicial da tarefa de SVIPT. Essa tarefa consistia em controlar o deslocamento horizontal de um cursor utilizando força isométrica de pinça da mão dominante (célula de carga) para

atingir os alvos dispostos na tela do computador em uma sequência específica. Os participantes aprenderam a controlar o movimento lateral do cursor da posição "inicial" (não mostrada durante o experimento) para um alvo usando a ordem *home-1-home-2-home-3-home-4-home-5*, sendo *home* a posição inicial do cursor e os números e os alvos a serem alcançados. O objetivo do estudo [27] consistiu em avaliar a influência da reativação da memória de uma habilidade motora e da realização de intervenções comportamentais durante o seu processo de reconsolidação sobre o desempenho motor. Para tal, foi utilizado um paradigma experimental de dois dias consecutivos, no qual foram realizadas três sessões de coleta de dados, sendo as sessões 1 e 2 realizadas no mesmo dia com diferença de 6 horas entre elas e a sessão 3 no dia seguinte, 24 horas após a sessão 1. O primeiro dia foi dedicado à aprendizagem de uma tarefa motora (tarefa A) e à reativação de sua memória seguida de uma intervenção de versões modificadas (tarefa A' e A'') da tarefa original e, o segundo dia foi destinado ao reteste de desempenho da habilidade motora A aprendida, como demonstrado na Figura 2.

Os resultados do estudo sugerem que os grupos que realizaram as tarefas modificadas A' e A'' após a reativação apresentaram um maior desempenho motor. A inserção de uma moderada variabilidade sensoriomotora A'' da tarefa modificada após a reativação induziu a um maior fortalecimento da memória, identificado por ganhos expressivos da medida de habilidade. Dessa forma, os resultados demonstraram que, limiares moderados de variabilidade sensoriomotora induzem ganhos muito mais expressivos de desempenho motor quando comparados a variabilidade sensoriomotora sutil da tarefa. Ou seja, a realização de um nível moderado de variabilidade sensoriomotora da tarefa originalmente aprendida impõe uma maior quantidade de erro durante a execução da tarefa e induz maiores ajustes no modelo interno de controle motor e correções dos comandos motores, fortalecendo e atualizando o conteúdo da memória motora durante o seu processo de reconsolidação de modo que quando essa memória é evocada e a tarefa motora é retestada, observa-se melhoria do desempenho durante a sua execução [27]. Outros achados importantes do estudo apontam que a realização de uma sessão exclusivamente dedicada à reativação com a prática do lembrete da tarefa originalmente aprendida não é uma condição determinante para reativação da memória motora.

Nesse estudo foi realizada a comparação dos grupos que realizaram a reativação da memória seguida da prática da tarefa modificada, com o grupo que realizou o mesmo limiar de variabilidade e intensidade da prática adicional da tarefa motora modificada, porém sem reativação, e não foi possível identificar diferenças significativas entre eles. Diante do protocolo experimental realizado nesse estudo, todos os grupos, mesmo os grupos que não realizaram uma sessão formal de reativação sofreram a desestabilização da memória motora, contrariando a hipótese inicial do estudo. Os resultados apontam que a execução de repetições da tarefa originalmente aprendida para reativar a memória motora não é uma condição determinante para desestabilização da memória motora. Algumas hipóteses levantadas por [27], incluem i) a memória reativada foi recém adquirida e consolidada e, portanto, pode ser considerada fraca; ii) a desestabilização da memória após a reativação não foi suficiente para gerar o processo de reconsolidação, apenas de atualização da memória, e iii) a desestabilização da memória

não ocorre se a memória for reativada de maneira idêntica a tarefa original.

Em suma, a reativação da memória é amplamente aceita na literatura como requisito para iniciar o processo de reconsolidação da memória humana, porém, a desestabilização não ocorre se a memória for reativada de maneira idêntica a tarefa original [8]. Por consequência, a dosagem do elemento “surpresa” para induzir o efeito de fortalecimento de uma memória durante a reconsolidação deve ser adequadamente ajustada, uma vez que pouca quantidade de surpresa pode resultar em pequena atualização dos mecanismos de previsão e pouca mudança comportamental e, em contrapartida, uma grande quantidade de surpresa pode conduzir a um efeito de enfraquecimento da memória original ou mesmo um aprendizado inteiramente novo [28].

V. CONCLUSÃO

A busca por estratégias para aumentar o desempenho de habilidades motoras é constante na prática da fisioterapia, especialmente na área de neurorreabilitação e reabilitação ortopédica. Considerando esse contexto, o fortalecimento da memória motora, mediado pelo processo de reconsolidação, com consequente aumento do desempenho motor é uma estratégia com potencial aplicabilidade clínica [6].

Conclui-se que, os estudos selecionados para o artigo confirmam a hipótese de que a indução da previsão de erro, proveniente de uma intervenção comportamental caracterizada por uma adequada variabilidade sensoriomotora, proporciona o fortalecimento da memória motora via reconsolidação. Os resultados direcionam que breves reativações seguidas da inserção leve a moderada de variabilidade sensoriomotora resulta em aumento do desempenho motor. No entanto, a eficácia da reativação após consolidação não foi consistente, quando comparado aos grupos de indivíduos que não realizaram a reativação da memória originalmente aprendida. Nesse contexto, várias questões importantes precisam ser respondidas, visto que, uma sessão exclusivamente dedicada à reativação com a prática do lembrete da tarefa originalmente aprendida não é uma condição determinante para desestabilização da memória motora.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo apoio financeiro. Ao Laboratório de Engenharia Biomédica (BioLab) pelo amparo tecnológico e estrutural e, em particular, ao prof. Dr. Alcimar Barbosa Soares pelas contribuições.

REFERÊNCIAS

- [1] D. J. Lewis, “Psychobiology of active and inactive memory”, *Psychological bulletin*, vol. 86, pp. 1054–1083, 1979. Doi: 10.1037/0033-2909.86.5.1054.
- [2] N. E. Spear, “Retrieval of memory in animals”, *Psychological Review*, vol. 80, pp. 163–194, 1973. Doi: 10.1037/h0034326.
- [3] J. L. Lee, “Reconsolidation: maintaining memory relevance”, *Trends in Neurosciences*, vol. 32, pp. 413–420, 2009. Doi: 10.1016/j.tins.2009.05.002.
- [4] K. Nader, G. E. Schafe, J. E. Le Doux JE, “Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval”, *Nature*, vol. 406, pp. 722–726, 2000. Doi: 10.1038/35021052.
- [5] J. L. C. Lee, K. Nader, D. Schiller, “An Update on Memory Reconsolidation Updating”, *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 21, pp. 531–545, 2017. Doi: 10.1016/j.tics.2017.04.006.
- [6] M. Borges Silva, A. Barbosa Soares, “Reconsolidation of human motor memory: From boundary conditions to behavioral interventions—How far are we from clinical applications?”, *Behavioural brain research*, vol. 353, pp. 83–90, 2018. Doi: 10.1016/j.bbr.2018.07.003.
- [7] S. J. Sara, “Retrieval and reconsolidation: toward a neurobiology of remembering”, *Learning & Memory*, vol. 7, pp. 73–84, 2000. Doi: 10.1101/lm.7.2.73.
- [8] D. Sevenster, T. Beckers, M. Kindt, “Prediction error demarcates the transition from retrieval, to reconsolidation, to new learning”, *Learning & Memory*, vol. 15, pp. 580–584, 2014. Doi: 10.1101/lm.035493.114.
- [9] C. Forcato, R. S. Fernandez, M. E. Pedreira, “Strengthening a consolidated memory: The key role of the reconsolidation process”, *Journal of Physiology-Paris*, vol. 108, p p. 323–333, 2014. Doi: 10.1016/j.jphysparis.2014.09.001.
- [10] L. Schwabe, K. Nader, J. C. Pruessner, “Reconsolidation of human memory: brain mechanisms and clinical relevance”, *Biological Psychiatry*, vol. 76, pp. 274–280, 2014. Doi: 10.1016/j.biopsych.2014.03.008.
- [11] D. Schiller, E. A. Phelps, “Does reconsolidation occur in humans?” *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, vol. 5, pp. 24, 2011. Doi: 10.3389/fnbeh.2011.00024.
- [12] J. W. B. Elsey, V. A. Van Ast, M. Kindt, “Human memory reconsolidation: A guiding framework and critical review of the evidence”, *Psychological Bulletin*, vol. 144, pp. 797–848, 2018. Doi: 10.1037/bul0000152.
- [13] W. P. Walker, T. Brakefield, J. A. Hobson, R. Stickgold, “Dissociable stages of human memory consolidation and reconsolidation”, *Nature*, vol. 425, pp. 616–620, 2003. Doi: 10.1038/nature01930.
- [14] Y. Dudai, “Predicting not to predict too much: how the cellular machinery of memory anticipates the uncertain future”, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 364, pp. 1255–1262, 2009. Doi: 10.1098/rstb.2008.0320.
- [15] S. R. Makkar, S. Q. Zhang, J. Cranney, “Behavioral and neural analysis of GABA in the acquisition, consolidation, reconsolidation, and extinction of fear memory”, *Neuropsychopharmacology*, vol. 35, pp. 1625–1652, 2010. Doi: 10.1038/npp.2010.53.
- [16] S. Kida, “Reconsolidation/destabilization, extinction and forgetting of fear memory as therapeutic targets for PTSD”, *Psychopharmacology*, vol. 236, pp. 49–57, 2019. Doi: 10.1007/s00213-018-5086-2.
- [17] R. S. Fernández, M. E. Pedreira, M. M. Boccia., “Does reconsolidation occur in natural settings? Memory reconsolidation and anxiety disorders”, *Clinical Psychology Review*, vol. 57, pp. 45–58, 2017. doi: 10.1016/j.cpr.2017.08.004.
- [18] S. A. Steenen, A. J. van Wijk, G. J. van der Heijden, R. van Westrhenen, J. de Lange, A. de Jongh, “Propranolol for the treatment of anxiety disorders: Systematic review and meta-analysis”, *Journal of Psychopharmacology*, vol. 30, pp. 128–139, 2016. Doi: 10.1177/0269881115612236.
- [19] N. Censor, E. Dayan, L. G. Cohen, “Cortico-subcortical neuronal circuitry associated with reconsolidation of human procedural memories”, *Cortex*, vol. 58, pp. 281–288, 2014 Doi: 10.1016/j.cortex.2013.05.013.
- [20] N. Censor, E. R. Buch, K. Nader, L. G. Cohen, “Altered Human Memory Modification in the Presence of Normal Consolidation”, *Cerebral Cortex*, vol. 26, pp. 3828–3837, 2016. Doi: 10.1093/cercor/bhv180.
- [21] T. T. de Beukelaar, D. G. Woolley, K. Alaerts, S. P. Swinnen, N. Wenderoth, “Reconsolidation of Motor Memories Is a Time-Dependent Process”, *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 10, pp. 408, 2016. Doi: 10.3389/fnhum.2016.00408.
- [22] T. E. Hardwicke, M. Taqi, D. R. Shanks, “Postretrieval new learning does not reliably induce human memory updating via reconsolidation”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113, pp. 5206–5211, 2016. Doi: 10.1073/pnas.1601440113.
- [23] M. Agustina López, M. Jimena Santos, S. Cortasa, R. S. Fernández, M. Carbó Tano, M. E. Pedreira, “Different dimensions of the prediction error as a decisive factor for the triggering of the reconsolidation process”, *Neurobiology of Learning and Memory*, vol. 136, pp. 220–219, 2016. Doi: 10.1016/j.nlm.2016.10.016.

- [24] R. S. Fernández, M. M. Boccia, M. E. Pedreira, “The fate of memory: reconsolidation and the case of prediction error”, *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, vol. 68, pp. 423–441, 2016. Doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.06.004.
- [25] M. T. J. Exton-Mcguinness, J. L. C. Lee, A. C. Reichelt, “Updating memories— The role of prediction errors in memory reconsolidation”, *Behavioural Brain Research*, vol. 278, pp. 375–384, 2015. Doi: 10.1016/j.bbr.2014.10.011.
- [26] N. F. Wymbs, A. J. Bastian, P. A. Celnik, “Motor skills are strengthened through reconsolidation”, *Current Biology*, vol. 26, pp. 338–343, 2016. Doi: 10.1016/j.cub.2015.11.066.
- [27] M. Borges Silva, Efeito da indução de predição de erro durante a reconsolidação da memória humana no desempenho de habilidades motoras, Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2018.814>.
- [28] M. C. Krawczyk, R. S. Fernández, M. E. Pedreira, M. M. Boccia, “Toward a better understanding on the role of prediction error on memory processes: From bench to clinic”, *Neurobiology of Learning and Memory*, vol. 142, pp. 13–20, 2017. Doi: 10.1016/j.nlm.2016.12.011.