

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

Isabelle Rodrigues Nery

**INTERFERÊNCIA RETROATIVA E ESFORÇO COGNITIVO VIA DILATAÇÃO
PUPILAR NA CONSOLIDAÇÃO DA MEMÓRIA NA APRENDIZAGEM MOTORA**

Belo Horizonte

2025

Isabelle Rodrigues Nery

**INTERFERÊNCIA RETROATIVA E ESFORÇO COGNITIVO VIA DILATAÇÃO
PUPILAR NA CONSOLIDAÇÃO DA MEMÓRIA NA APRENDIZAGEM MOTORA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Esporte (PPGCE) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage

Linha de Pesquisa: Aspectos Psicobiológicos do Desempenho Humano.

Belo Horizonte

2025

N456i Nery, Isabelle Rodrigues
2025 Interferência retroativa e esforço cognitivo via dilatação pupilar na consolidação da memória na aprendizagem motora [recurso eletrônico] / Isabelle Rodrigues Nery. - 2025.
1 recurso online (72 f. : il.) : pdf.

Orientador: Guilherme Menezes Lage

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Inclui bibliografia.

1. Aprendizagem motora – Teses. 2. Memória – Teses. 3. Consolidação da memória – Teses. I. Lage, Guilherme Menezes. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 796.072.2

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Sheila Margareth Teixeira Adão, CRB 6: nº 2106, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO ESPORTE

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

ISABELLE RODRIGUES NERY

Às **14:00 horas** do dia **26 de agosto de 2025**, a comissão examinadora, indicada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte, reuniu-se no Miniauditório da Universidade Federal de Minas Gerais, para julgar, em exame final, a dissertação intitulada "**Interferência retroativa e esforço cognitivo via dilatação pupilar na consolidação da memória na aprendizagem motora**". Abrindo a sessão, o presidente da comissão, Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage (UFMG), orientador, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares de Defesa do Trabalho Final, passou a palavra para a candidata, que realizou a apresentação da sua dissertação. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a comissão se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado.

Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage (UFMG) - Orientador
Prof. Dr. Maicon Rodrigues de Albuquerque (UFMG)
Prof. Dr. Tércio Apolinário de Souza (UFRGS)

Após as indicações, a candidata foi considerada: **APROVADA**.

Nada mais havendo a tratar, eu, Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage, presidente da comissão examinadora, dei por encerrada a reunião, da qual, para constar, lavrei a presente ata, que, lida e aprovada, vai por todos assinada eletronicamente.

Belo Horizonte, 26 de agosto de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Tércio Apolinário de Souza, Usuário Externo**, em 10/10/2025, às 08:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maicon Rodrigues Albuquerque, Professor do Magistério Superior**, em 15/10/2025, às 07:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme Menezes Lage, Professor do Magistério Superior**, em 17/12/2025, às 09:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site: https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4494272** e o código CRC **01FDAA20**.

*Dedico este trabalho à minha mãe e à minha irmã,
pelo amor e apoio incondicional em cada etapa desta jornada.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha mãe, Mônica, e à minha irmã, Mariane. Vocês foram meu porto seguro durante toda esta jornada, oferecendo amor, paciência e apoio incondicional. Vocês são a razão pela qual jamais desisti e este trabalho também é de vocês.

Agradeço aos meus avós maternos, pelo suporte e carinho. Um agradecimento especial à minha querida avó paterna, Nina, que infelizmente, partiu durante este processo. Sua memória segue viva em meu coração, e levo comigo a força e os valores que ela me ensinou.

Agradeço à minha namorada, Vitória, sua presença me proporcionou confiança nos momentos de dúvida e leveza nos momentos de cansaço. Seu apoio foi indispensável e sou profundamente grata por tê-la ao meu lado.

Agradeço aos meus amigos e colegas do GEDAM e do NNEUROM, por toda a parceria e suporte, pelas risadas, desabafos e aprendizados que tornaram esta jornada mais leve e significativa. Cada conversa e cada troca de ideias foi um passo a mais rumo à conclusão deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador, **Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage**, que desde a iniciação científica esteve ao meu lado, guiando-me com paciência, dedicação e sabedoria. O senhor é o meu maior exemplo de competência, integridade e comprometimento. Muito obrigada!

Agradeço ao **Prof. Dr. Tércio Apolinário-Souza**, que acompanhou meus primeiros passos na pesquisa sempre com muita disponibilidade, dedicação exemplar e uma inspiradora capacidade de despertar o interesse por novos conhecimentos. Sua contribuição foi fundamental para minha trajetória e para a concretização desta etapa!

Agradeço a todos os professores no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte (PPGCE), e em especial ao **Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque**, pelas valiosas sugestões, parceria, ensinamentos, carinho e, claro, pela televisão! Agradeço aos funcionários da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), bem como a cada voluntário que cedeu seu tempo e disposição para participar deste estudo.

Por fim, agradeço à população brasileira e órgãos competentes, por tornar possível através do investimento público, a realização deste trabalho. Sem a colaboração de vocês, este trabalho não seria possível.

“A ciência será sempre uma busca e jamais uma descoberta.
É uma viagem, nunca uma chegada.”
(Karl Popper)

RESUMO

A consolidação da memória é determinante para a retenção da aprendizagem motora. Entretanto, é passível de interferências. A Interferência Retroativa (IR), que ocorre quando memórias mais recentes interferem na recuperação das mais antigas, afeta negativamente a consolidação da aprendizagem motora. Contudo, ela também pode fortalecer a consolidação se as informações de interesse e as intervenientes forem adquiridas e evocadas em conjunto. Outro fator envolvido na consolidação é o nível de esforço cognitivo empregado, sendo mais exigido em estágios iniciais e menos exigido em estágios finais na aprendizagem motora. Assim, mensurar o esforço cognitivo ao longo da aprendizagem pode oferecer uma compreensão mais precisa da carga mental envolvida em cada fase, contribuindo para a interpretação dos mecanismos de consolidação e retenção da memória motora. O objetivo do estudo foi investigar o efeito da interferência retroativa na consolidação de uma habilidade motora e sua relação com o esforço cognitivo. A amostra contou com 66 universitários, idade média de 22,5 anos, de ambos os sexos, destros e inexperientes nas tarefas. Foram realizadas duas tarefas: uma motora, tempo de reação em série (aprendizagem alvo) e uma cognitiva, Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (tarefa interferente). Os participantes foram aleatorizados em 3 grupos: efeito positivo da IR (GRI+), efeito negativo da IR (GRI-) e sem efeito da IR (GSI). O estudo foi desenvolvido em uma fase de aquisição e um teste de retenção, com intervalo de 24 horas entre elas. Na fase de aquisição, os 3 grupos realizaram a tarefa motora (72 tentativas). Em seguida, GRI+ e GRI- realizaram a tarefa cognitiva. No teste de retenção, o GRI+ realizou novamente a tarefa cognitiva, seguida da tarefa motora, enquanto o GRI- e GSI apenas realizaram a tarefa motora. Durante toda a prática um eye-tracker foi utilizado para rastrear a dilatação pupilar. As variáveis motoras analisadas foram tempo de reação (Tr), tempo de movimento (Tm), tempo de resposta (Tresp) e aprendizagem *offline*. O grupo GRI+ apresentou um desempenho significativamente superior ao grupo GRI- e ao GSI no teste de retenção para todas as variáveis. A variável cognitiva analisada foi a dilatação pupilar e foi significativamente menor no grupo GRI+, refletindo menor esforço cognitivo empregado. Discute-se que ao executar a tarefa cognitiva novamente no teste de retenção, criou-se uma situação contextual semelhante à praticada que contribuiu para a evocação da memória motora. Tais achados evidenciam a relação entre o âmbito contextual e a estabilização de uma habilidade motora adquirida, indicando que as características contextuais desempenham um papel fundamental tanto na consolidação quanto na evocação da memória motora, assim como nos diferentes níveis de esforço cognitivo demandados durante o processo de aprendizagem.

Palavras-chave: Aprendizagem Motora; Interferência Retroativa; Consolidação da Memória; Esforço Cognitivo; Dilatação Pupilar.

ABSTRACT

Memory consolidation is crucial for the retention of motor learning. However, it is susceptible to interference. Retroactive Interference (RI), which occurs when more recent memories interfere with the retrieval of older ones, negatively affects the consolidation of motor learning. Nevertheless, it can also strengthen consolidation if the target and interfering information are acquired and recalled together. Another factor involved in consolidation is the level of cognitive effort employed, which is higher in the early stages and lower in the later stages of motor learning. Thus, measuring cognitive effort throughout learning can provide a more accurate understanding of the mental load involved in each phase, contributing to the interpretation of the mechanisms of motor memory consolidation and retention. The aim of the study was to investigate the effect of retroactive interference on the consolidation of a motor skill and its relationship with cognitive effort. The sample consisted of 66 university students, average age of 22.5 years, of both sexes, right-handed, and inexperienced in the tasks. Two tasks were performed: one motor task, serial reaction time (target learning), and one cognitive task, the Rey Auditory Verbal Learning Test (interfering task). Participants were randomized into 3 groups: positive RI effect (GRI+), negative RI effect (GRI-), and no RI effect (GSI). The study was developed in an acquisition phase and a retention test, with a 24-hour interval between them. In the acquisition phase, all 3 groups performed the motor task (72 trials). Afterwards, GRI+ and GRI- performed the cognitive task. In the retention test, GRI+ again performed the cognitive task, followed by the motor task, while GRI- and GSI only performed the motor task. Throughout the practice, an eye tracker was used to monitor pupillary dilation. The variables analyzed were reaction time (RT), movement time (MT), total time (TT) and offline learning. The GRI+ group showed significantly better performance than the GRI- and GSI groups in the retention test for all variables. Pupil dilation was also significantly lower in the GRI+ group, reflecting less cognitive effort employed. It is discussed that performing the cognitive task again in the retention test created a contextual situation similar to that practiced, which contributed to the retrieval of motor memory. These findings highlight the relationship between contextual factors and the stabilization of an acquired motor skill, indicating that contextual characteristics play a fundamental role in both the consolidation and retrieval of motor memory, as well as in the different levels of cognitive effort required during the learning process.

Keywords: Motor Learning; Retroactive Interference; Memory Consolidation; Cognitive Effort; Pupil Dilation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estágios da aprendizagem motora, esforço cognitivo e dilatação pupilar ...	20
Figura 2 - Esquema das vias neurais envolvidas no controle do tamanho da pupila ..	22
Figura 3 - Engramas motores	26
Figura 4 - Processo de extinção da memória	27
Figura 5 - Paradigmas clássicos da Teoria da Interferência	28
Figura 6 - Paradigma clássico da Teoria da Interferência Retroativa	29
Figura 7 - Hipótese da Integração da memória	30
Figura 8 - Instrumentos e disposição da mão não-dominante na tarefa motora.....	35
Figura 9 - Tarefa motora (SRTT)	36
Figura 10 - Delineamento da tarefa cognitiva (RAVLT)	37
Figura 11 - Eye-tracker Pupil Core	40
Figura 12 - Disposição das câmeras e captura do globo ocular e pupila	41
Figura 13 - Posicionamento padrão dos voluntários durante a coleta de dados	42
Figura 14 - Delineamento experimental.....	43
Figura 15 - Variáveis motoras.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média e desvio padrão da idade dos grupos	33
Tabela 2 - Média do quociente de lateralidade no EHI dos grupos	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tempo de reação	47
Gráfico 2 - Tempo de movimento.....	48
Gráfico 3 - Tempo de resposta	49
Gráfico 4 - Recorte ampliado dos resultados (tempo de reação, tempo de movimento e tempo de resposta).....	50
Gráfico 5 - Aprendizagem <i>offline</i>	51
Gráfico 6 - Dilatação pupilar	52
Gráfico 7 - Correlação entre a Qualidade do Sono (1 ^a e 2 ^a noite) e variáveis motoras .	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACC	Anterior Cingulate Cortex (Córtex Cingulado Anterior)
B	Bloco de Tentativas
C8	Raiz cervical 8 da medula espinhal
DP	Desvio Padrão
EEFTO	Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
EHI	Inventário de Lateralidade de Edimburgo
FEF	Frontal Eye Field (Campo Ocular Frontal)
GEDAM	Grupo de Estudos em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora
GRI+	Grupo de Efeito Positivo da Interferência
GRI-	Grupo de Efeito Negativo da Interferência
GSI	Grupo sem Efeito da Interferência
GSQS	Questionário de Qualidade do Sono de Groningen
IR	Interferência Retroativa
LC	Lócus Cerúleos
LQ	Quociente de Lateralidade
LTP	Potenciação de Longo-Prazo
ms	Milissegundos
mm	Milímetros
NNEUROM	Núcleo de Neurociências do Movimento da UFMG
PPGCE	Programa de Pós-graduação em Ciências do Esporte
REC	Lista de reconhecimento
RET	Teste de Retenção
rho	Coefficiente de Correlação de <i>Spearman</i>
RAVLT	Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey
SC	Superior Coliculus (Colículo Superior)
SRTT	Tarefa de Tempo de Reação em Série
T2	Raiz torácica 2 da medula espinhal
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TR	Tempo de Reação
TM	Tempo de Movimento
Tresp	Tempo de Resposta
UFMG	Universidade Federal De Minas Gerais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Aprendizagem Motora.....	18
2.2 Esforço Cognitivo.....	21
2.3 Memória.....	24
2.4 Teoria da Interferência	28
2.5 Hipótese da Integração da Memória.....	30
3 OBJETIVOS	32
3.1 Objetivo Geral	32
3.2 Objetivos Específicos	32
4 METÓDO	33
4.1 Participantes	33
4.2 Cuidados Éticos.....	34
4.3 Instrumentos e Tarefas	34
4.3.1 <i>Tarefa de Tempo de Reação em Série (SRTT)</i>	35
4.3.2 <i>Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (RAVLT)</i>	36
4.3.3 <i>Inventário de Lateralidade de Edimburgo (EHI)</i>	38
4.3.4 <i>Questionário de Qualidade do Sono de Groningen (GSQS)</i>	38
4.3.5 <i>Eye-tracker</i>	40
4.4 Delineamento e Procedimentos.....	41
4.5 Variáveis	44
4.5 Análise Estatística.....	45
5 RESULTADOS	46
5.1 Tempo de Reação.....	46
5.2 Tempo de Movimento.....	47
5.3 Tempo de Resposta	48
5.4 Aprendizagem <i>Offline</i>	51
5.5 Dilatação Pupilar.....	51
5.6 Qualidade do Sono	53
6 DISCUSSÃO	54
7 CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS	59
APÊNDICE I	68
ANEXO I	69
ANEXO II	70
ANEXO III	71
ANEXO IV	72

1 INTRODUÇÃO

Aprendizagem motora pode ser conceituada como o conjunto de processos associados com prática ou experiência, conduzindo às mudanças relativamente permanentes na capacidade de executar um comportamento habilidoso (Schmidt; Lee, 1999). A nível do sistema nervoso central, para além dos processos neurais relacionadas ao planeamento e automatização do movimento, os mecanismos e processos subjacentes relacionados às mudanças que caracterizam aprendizagem motora se relacionam com a reorganização de processos cognitivos que formam a base de várias explicações teóricas sobre o motivo pelos quais o comportamento muda com a prática, como a atenção, a percepção, a tomada de decisão e a formação de memória (Lage, 2010). De modo geral, para que aprendizagem seja inferida, a investigação experimental desse fenómeno demanda estabelecer a diferença entre o desempenho observado durante a fase de aquisição (prática) e aquele avaliado em testes posteriores (retenção e/ou transferência).

A aprendizagem motora apresenta determinadas características que permitem sua classificação por estágios. No modelo clássico proposto por Fitts e Posner (1967), um dos mais difundidos na literatura sobre estágios de aprendizagem motora, os autores sugerem que a aprendizagem envolve uma transição gradual por três estágios: cognitivo, associativo e autônomo. No estágio inicial, o estágio cognitivo, o indivíduo precisa descobrir o que deve ser feito, experimentando possibilidades de ação e formulando hipóteses sobre como executar a ação de maneira eficiente com base nos resultados obtidos após cada tentativa. Nesse estágio, o desempenho é inconsistente e marcado por muitos erros, com alta demanda de atenção consciente. No estágio intermediário, o estágio associativo, o indivíduo começa a associar pistas ambientais ao movimento necessário para atingir a meta da habilidade, aumentando sua capacidade de corrigir erros, cometendo menos erros grosseiros e diminuindo a inconsistência na execução da habilidade. No estágio final, o estágio autônomo, o desempenho torna-se consistente e a habilidade mais automatizada, permitindo que o indivíduo detecte e corrija seus próprios erros de forma independente, com uma demanda atencional consciente significativamente reduzida, além de ser caracterizado por uma menor demanda cognitiva (Dayon; Cohen, 2012). Esse processo de automação está diretamente relacionado à redução do esforço cognitivo observado nesse estágio, uma vez que, com a habilidade mais refinada, a quantidade

de recursos cognitivos necessários para executá-la diminuir, permitindo que o indivíduo opere com maior eficiência e menor gasto de energético do sistema.

Segundo Jiang *et al.* (2015), o esforço cognitivo é um recurso mental individual e finito que o indivíduo utiliza para interpretar, planejar, monitorar e regular o desempenho motor a fim de solucionar o problema da tarefa. Fontes perceptivas, atencionais e mnemônicas envolvidas na prática da habilidade motora influenciam o nível de esforço cognitivo demandado. De acordo com Riestchel *et al.* (2014), à medida que o indivíduo aprende a habilidade, ele vai se tornando mais eficiente na utilização de recursos fisiológicos e, ainda que as exigências da tarefa sejam mantidas as mesmas durante a prática, isto resulta em uma queda no esforço cognitivo empregado na aquisição da habilidade. O esforço cognitivo gerado em uma tarefa, por sua vez, pode ser inferido a partir de diferentes medidas biológicas, como as obtidas por meio da eletroencefalografia, eletrocardiograma e da dinâmica pupilar. De forma geral, os estudos têm demonstrado que conforme o aumento do nível de dificuldade imposta por uma tarefa cognitiva, maior o diâmetro pupilar (Klingner *et al.*, 2011).

A aprendizagem de habilidades motoras pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo a qualidade do sono e a relação do indivíduo com o contexto em que a habilidade é praticada (Tani; Correa, 2004; Chee; Chuah, 2008). Esses fatores não apenas afetam o desempenho durante a execução da tarefa, mas também desempenham um papel importante nas interações mnemônicas, que são fundamentais para o aprendizado motor. Aprender novas habilidades e informações em sequência pode ser desafiador, visto que a consolidação da memória de uma informação pode ser prejudicada pela aprendizagem de outra. Após a sua formação, a memória passa por um período de instabilidade e isto permite que informações interajam com esta memória (Robertson, 2018). Esse processo de instabilidade ser compreendido à luz da Teoria da Interferência, que postula que informações adquiridas tendem a disputar espaço na memória e se sobrepõem nos sistemas de memória (Dudai, 2004; Wixted, 2004), havendo também a possibilidade da interação de diferentes tipos de memória entre si (Brown; Robertson, 2007; Robertson, 2012). Segundo a Teoria da Interferência, quando uma informação ou tarefa secundária é inserida entre a apresentação de uma primeira informação e sua recordação, uma Interferência Retroativa (IR) é causada, no qual a nova informação interfere na capacidade de recordar a anterior (Cowan; Beschin; Sala, 2004; Dewar; Cowan; Sala,

2007). O paradigma experimental clássico para o estudo da IR consiste em apresentar um esquema A-B de aquisição. Neste esquema, somente a informação-alvo (A) seria evocada no momento de recordação. A segunda informação adquirida (B) interferiria na consolidação da primeira. Em congruência com este paradigma, a influência do contexto de aprendizagem foi observada também na aprendizagem motora, no qual a mudança de contexto durante a tarefa afeta a execução e a consolidação da habilidade adquirida (Abrahamse; Verwey, 2007; Gisquet-Verrier *et al.*, 2015).

No entanto, alguns estudos sugerem que a instabilidade da memória pode promover uma generalização ao permitir que a memória se adapte a novos estímulos ou condições, sem perder a informação original, onde a instabilidade não necessariamente acarretaria perdas, aumentando a capacidade de integrar novos dados e facilitar a aplicação de habilidades aprendidas em contextos diferentes (Dudai, 2004). Uma possível explicação desse efeito se baseia na hipótese de Integração da Memória. Essa hipótese propõe que a inserção de uma nova informação enquanto a memória inicial ainda está instável acarretaria uma consolidação integrada entre a nova informação e a informação recém-adquirida (Gisquet-Verrier *et al.*, 2015; Robertson, 2018). Nesse sentido, a informação interveniente se tornaria parte do estado interno em que a informação-alvo foi adquirida, e o sucesso da evocação dessa informação dependeria da reprodução desse estado interno, ou parte dele, no momento de recordação. O mesmo pode ser entendido como a correspondência entre o estado neuro-humoral presente durante a formação inicial da memória e aquele presente durante a evocação (Overton, 1978).

Assim, é possível especular que a interferência negativa observada nos estudos de IR poderia ser também explicada pelo fato de que a segunda informação não é recuperada em conjunto com a primeira no momento de evocação. Na Aprendizagem Motora, o primeiro estudo que verificou essa hipótese, Nery *et al.* (submetido), demonstrou que a aquisição de uma informação secundária pode não interferir negativamente na evocação da primeira. Os resultados indicaram que os participantes que foram reapresentados à tarefa pressuposta interveniente no momento da evocação apresentaram um desempenho superior àqueles que não passaram por essa reapresentação.

Entretanto, um possível avanço metodológico em relação ao estudo de Nery *et al.* (submetido), seria a análise de um grupo sem interferência retroativa. Assim, como sequência deste trabalho supracitado e buscando avançar na investigação, faz-se

necessário então verificar se, para além da reapresentação ou não de uma tarefa pressuposta como interferente no momento de evocação da habilidade, a ausência de uma tarefa interferente (grupo controle) resultaria em diferenças significativas no desempenho observado. Além disso, a compreensão desse comportamento com o auxílio da mensuração do esforço cognitivo e sua dinâmica já conhecida em relação a aprendizagem, se apresenta relevante, permitindo uma análise mais detalhada dos fatores que influenciam a consolidação e a evocação de habilidades em diferentes contextos e sua interação com o esforço cognitivo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta a revisão da literatura que fundamenta o presente estudo, abordando os principais conceitos relacionados à aprendizagem motora, esforço cognitivo, memória e interferência. Inicialmente, são discutidos os pressupostos da aprendizagem motora, seus estágios e características ao longo da prática. Em seguida, é apresentado o conceito de esforço cognitivo, com ênfase em sua relação com o desempenho motor e na mensuração por meio da dilatação pupilar.

Na sequência, são abordados os processos de memória, incluindo aquisição, consolidação, evocação e extinção, com foco na memória procedimental e na formação da memória motora. Por fim, discutem-se a Teoria da Interferência e a Hipótese da Integração da Memória, destacando seus impactos nos processos de consolidação e recuperação de habilidades motoras.

2.1 Aprendizagem Motora

Segundo Schmidt; Lee (1999), a aprendizagem motora é conceituada como o conjunto de processos associados com prática ou experiência, conduzindo às mudanças relativamente permanentes na capacidade de executar um comportamento habilidoso. Já para Magill (2000), a aprendizagem motora é conceituada como uma alteração na capacidade do indivíduo de desempenhar uma habilidade, inferida como uma melhoria relativamente permanente no desempenho, devido à prática ou à experiência. Trata-se de um conjunto de processos internos que reflete o nível de capacidade de performance do indivíduo, podendo ser avaliado por demonstrações de performances relativamente estáveis. Essa mudança na capacidade de resposta ou execução de habilidades motoras ocorre como decorrência de melhora e

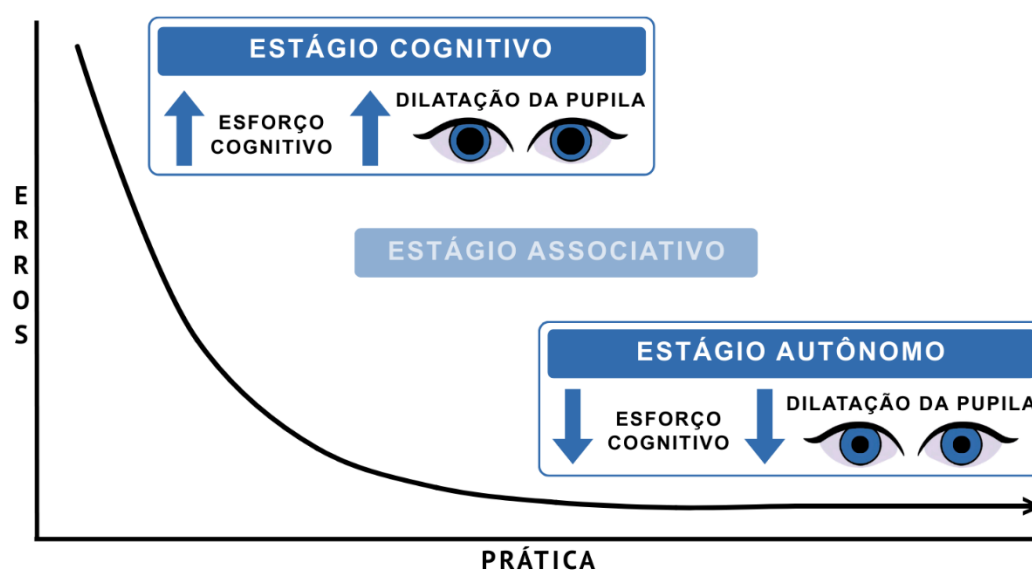
reorganização de processos e mecanismos internos neuronais subjacentes, dentre eles, a formação e consolidação de novas memórias (Chiviacowsky; Tani, 1993). A aquisição de habilidades motoras produz mudanças de representação, assim como de participação, em diferentes estruturas cerebrais durante o curso da aprendizagem (Doyon; Penhune; Ungerleider, 2003). Essas transformações no curso da aprendizagem ocorrem durante a prática da tarefa (mudanças on-line) e após o seu término (mudanças off-line). Processos off-line, incluindo estabilização e melhoria de habilidades, refletem a consolidação da memória motora (Dayan; Cohen, 2012).

A aprendizagem de habilidades motoras possui determinadas características em comum que permitem sua classificação por estágios. Vários autores já propuseram modelos para identificar e descrever esses estágios, entre eles Fitts e Posner (1967), Bernstein (1967), Adams (1971), Gentile (1972) e Newell (1985). Em geral, esses modelos compartilham características em comum e convergem na ideia de que o processo de aprendizagem motora envolve uma transição gradual em direção a movimentos mais precisos, coordenados, eficientes e flexíveis, com menor dependência de controle consciente. Esse processo reflete um progresso contínuo, partindo de um desempenho inconsistente para uma execução adequada, automática e adaptável.

O modelo clássico proposto por Fitts e Posner (1967) é um dos mais difundidos na literatura sobre estágios de aprendizagem motora. Os autores sugerem que a aprendizagem envolve uma transição gradual por três estágios: cognitivo, associativo e autônomo. No estágio inicial, o estágio cognitivo, o indivíduo precisa descobrir o que deve ser feito, experimentando possibilidades de ação e formulando hipóteses sobre como executar a ação de maneira eficiente com base nos resultados obtidos após cada tentativa. Nesse processo, ele se envolve na atividade cognitiva, ouvindo instruções e recebendo feedback do professor ou instrutor. Nesse estágio, o desempenho é inconsistente e marcado por muitos erros, com alta demanda de atenção consciente. No estágio intermediário, o estágio associativo, o indivíduo começa a associar pistas ambientais ao movimento necessário para atingir a meta da habilidade, aumentando sua capacidade de corrigir erros, cometendo menos erros grosseiros e diminuindo a inconsistência na execução da habilidade. No estágio final, o estágio autônomo, o desempenho torna-se consistente, pouco variável, e a habilidade se torna praticamente automática, com baixa demanda de atenção consciente. O indivíduo passa a detectar seus próprios erros e ajustá-los, conseguindo

até realizar outras tarefas simultaneamente. O estágio autônomo, particularmente, é caracterizado por um menor esforço mental (Wulf *et al.*, 2001) e de forma geral, os estudos têm demonstrado que conforme o aumento do nível de dificuldade imposta por uma tarefa cognitiva, maior o diâmetro pupilar (Klingner *et al.*, 2011). A Figura 1 ilustra essa relação, demonstrando a diminuição dos erros ao longo da prática e as variações no esforço cognitivo e na dilatação pupilar ao longo dos diferentes estágios da aprendizagem motora.

Figura 1 - Estágios da aprendizagem motora, esforço cognitivo e dilatação pupilar



Legenda: A figura ilustra a redução de erros e da dilatação pupilar ao longo da prática motora e sua associação com os estágios da aprendizagem. Fonte: elaboração própria.

À medida que o processo de aprendizagem de uma habilidade motora avança, diferentes características são passíveis de serem observadas: a consistência, a adaptabilidade e a automaticidade (Magill, 2000). A consistência, está relacionada à capacidade do aprendiz em reproduzir um padrão ao longo do tempo ou de tentativas (Lai; Shea, 1998). A adaptabilidade, está relacionada à capacidade do aprendiz em realizar mudanças paramétricas na estrutura da habilidade sem que ocorra a descaracterização da mesma (Lai; Shea, 1998). E a automaticidade que vem sendo associada a mudanças que ocorrem a nível cognitivo, ou mais especificamente à redução do esforço cognitivo e à manutenção de processos menos conscientes durante a prática de uma habilidade motora (Wulf, 2013; Wulf *et al.*, 2015). De acordo com Riestchel *et al.* (2014), à medida que o indivíduo aprende a habilidade, ele vai se tornando mais eficiente na utilização de recursos fisiológicos e, ainda que as exigências da tarefa sejam mantidas as mesmas.

2.2 Esforço Cognitivo

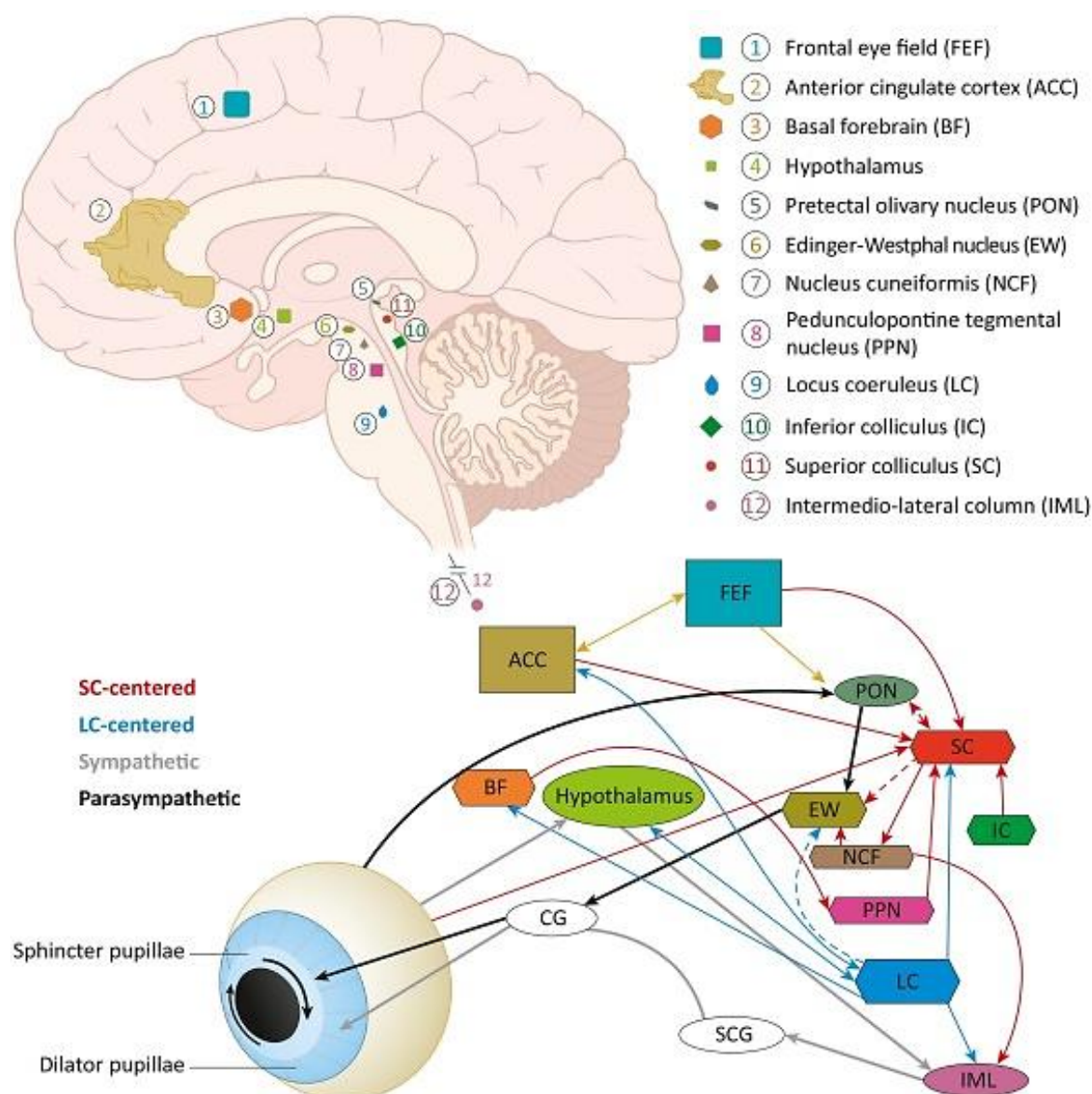
O esforço cognitivo pode ser conceituado como o recurso mental individual e finito que o indivíduo utiliza para interpretar, planejar, monitorar e regular o desempenho motor a fim de solucionar o problema da tarefa. Fontes perceptivas, atencionais, motoras e mnemônicas envolvidas na prática da habilidade motora influenciam o nível de esforço cognitivo demandado (Jiang *et al.*, 2015). O esforço cognitivo pode ser inferido a partir de diferentes medidas biológicas como medidas eletroencefalográficas, eletrocardiográficas e dinâmica pupilar (Kahneman, 1973; Beatty, 1982; Gevins; Smith, 2003). A inferência do esforço cognitivo a partir de respostas pupilares é reconhecida como pupilometria. Estudos demonstram que o diâmetro pupilar é aumentado conforme o nível de exigência cognitiva imposta pela tarefa (Tao *et al.*, 2019).

A dilatação da pupila é um fenômeno neurofisiológico resultante da interação complexa entre o sistema nervoso autônomo e circuitos centrais envolvidos na atenção e na regulação da excitação. De forma geral, à nível pupilar, o esforço cognitivo atua excitando a via simpática do dilatador da pupila, inibindo o complexo Edinger-Westphal do núcleo oculomotor, provocando o relaxamento do esfíncter e, conseqüentemente, contribuindo com a dilatação pupilar (Granholm; Steinhauer, 2004; Samuels; Szabadi, 2008). A inferência do esforço cognitivo a partir de respostas pupilares é reconhecida como pupilometria e vem sendo estudada desde o início dos anos 60 (Hess; Polt, 1964; Kahneman; Beatty, 1966).

A Figura 2 ilustra os principais circuitos neurais envolvidos no controle do tamanho da pupila, conforme descrito por Strauch *et al.* (2022). A pupila é uma abertura circular localizada no centro da íris, responsável por regular a quantidade de luz que atinge a retina, sendo controlada pelo sistema nervoso autônomo e sensível não apenas a estímulos luminosos, mas também a processos cognitivos e emocionais (Laeng; Sirois; Gredebäck, 2012). A pupila é controlada por dois músculos antagonistas localizados na íris: o músculo dilatador da pupila, responsável pela dilatação, e o músculo esfíncter pupilar, responsável pela constrição. A dilatação ocorre pela ativação do músculo dilatador, que é inervado por fibras pós-ganglionares do sistema simpático (Loewenfeld, 1999; McDougal; Gamlin, 2015). O controle da dilatação inicia-se no hipotálamo, que integra informações sensoriais e sinais corticais superiores ligados a estados de atenção e excitação. A partir do hipotálamo, os

impulsos viajam até a coluna intermediolateral da medula espinhal, situada nos segmentos cervicais inferiores (C8) até torácicos superiores (T2), local onde está o centro ciliospinal. As fibras pré-ganglionares ascendem até o gânglio cervical superior, situado no pescoço, e as fibras pós-ganglionares oriundas deste gânglio inervam o músculo dilatador da pupila promovendo sua contração, o que resulta na dilatação pupilar (McDougal; Gamlin, 2015; Strauch *et al.*, 2022).

Figura 2 - Esquema das vias neurais envolvidas no controle do tamanho da pupila



Legenda: Esquema das principais estruturas e circuitos que regulam a dilatação e constrição pupilar. O músculo dilatador (via simpática, em cinza) e o músculo esfíncter (via parassimpática, em preto) controlam diretamente o tamanho da pupila. Os circuitos do lócus cerúleo (em azul) e do colículo superior (em vermelho) modulam estados de alerta e orientação atencional, respectivamente. Áreas corticais como o córtex cingulado anterior (ACC) e campo ocular frontal (FEF) (em retângulos) exercem controle superior sobre esses circuitos, ajustando a pupila conforme demandas cognitivas. Linhas contínuas indicam conexões estabelecidas; linhas tracejadas, conexões plausíveis. Fonte: Strauch *et al.*, 2022).

A partir do hipotálamo, os impulsos viajam até a coluna intermediolateral da medula espinhal, situada nos segmentos cervicais inferiores (C8) até torácicos superiores (T2), local onde está o centro ciliospinal. As fibras pré-ganglionares ascendem até o gânglio cervical superior, situado no pescoço, e as fibras pós-ganglionares oriundas deste gânglio inervam o músculo dilatador da pupila promovendo sua contração, o que resulta na dilatação pupilar (McDougal; Gamlin, 2015; Strauch *et al.*, 2022).

Além dessas vias simpáticas básicas, existem circuitos intermediários que modulam a dilatação pupilar em resposta a estados de alerta e esforço cognitivo. O núcleo do lócus cerúleos (LC), localizado no tronco encefálico, libera norepinefrina e tem papel fundamental na regulação da vigília, alerta e esforço mental, projetando para diversas regiões do cérebro e para o centro ciliospinal. A ativação do LC aumenta a ativação simpática, resultando em dilatação pupilar que está associada ao estado de alerta (Joshi *et al.*, 2016; Murphy *et al.*, 2014; Strauch *et al.*, 2022). Outro circuito intermediário importante envolve o colículo superior (SC), que integra informações sensoriais multimodais e coordena a resposta de orientação atencional, incluindo movimentos oculares e pupilares. A ativação do SC pode induzir dilatação pupilar via projeções para o núcleo reticular mesocefálico central e estruturas relacionadas que modulam os sistemas simpático e parassimpático, sendo predominante a resposta pupilar de orientação rápida e curta duração (Wang; Boehnke; Munoz, 2012; Corneil; Munoz, 2014; Strauch *et al.*, 2022).

Por fim, o controle da dilatação pupilar é modulado por áreas corticais superiores, especialmente o córtex cingulado anterior (ACC) e o campo ocular frontal (FEF), que exercem controle top-down sobre os circuitos intermediários do LC e SC. Essas regiões frontais são responsáveis pelo planejamento executivo, pela atenção focal e pelo direcionamento do foco de atenção para estímulos específicos. Ao modular as atividades dos circuitos do LC e SC, estas áreas ajustam o tamanho da pupila em função da carga cognitiva, esforço mental e estado emocional, permitindo que a dilatação pupilar reflita não apenas estímulos externos, mas também processos internos complexos como tomada de decisão e foco atencional (Ebitz; Platt, 2015; Wang; Munoz, 2018; Strauch *et al.*, 2022).

Dessa forma, o controle da dilatação pupilar ocorre em uma hierarquia funcional integrada, na qual o nível mais baixo corresponde à ativação direta dos músculos da íris por vias autonômicas reflexas, o nível intermediário compreende os circuitos

centrais do lócus cerúleo e córtex superior, que modulam o tônus pupilar segundo estados internos de alerta e respostas a estímulos sensoriais, e o nível superior abrange as regiões corticais pré-frontais que regulam as respostas pupilares conforme funções executivas e cognitivas. Essa cascata integrada de controle neurológico permite que a dilatação pupilar seja um marcador sensível e multifacetado de estados atencionais e emocionais, refletindo desde funções básicas autonômicas até processos cognitivos superiores (Strauch *et al.*, 2022; Petersen; Posner, 2012).

2.3 Memória

A memória pode ser definida enquanto processo: aquisição, formação, consolidação e evocação de informações; e enquanto propriedade de um sistema: armazenamento de informações (Izquierdo, 2011). A aquisição, por vezes também chamada de aprendizagem, corresponde ao momento em que os estímulos são percebidos e codificados e se dá por meio das estruturas sensoriais, as quais enviam a informação recebida até o cérebro (Kandel, 2006). A consolidação corresponde a estabilização e armazenamento desta informação, através de alterações bioquímicas, eletrofisiológicas, morfológicas e funcionais na circuitaria neural, como a formação de novas espinhas dendríticas (as quais permitem que um determinado neurônio receba mais aferências de outros neurônios), a formação de novos prolongamentos axonais (os quais permitem que um dado neurônio transmita mais sinais para os neurônios com os quais ele se conecta), a criação de novos circuitos que anteriormente não existiam, e a formação novos canais iônicos ou novas proteínas sinalizadoras, que otimizam a transmissão sináptica (Purves *et al.*, 2010). A evocação (ou recuperação) corresponde ao retorno espontâneo ou voluntário das informações armazenadas e envolve a organização dos traços de memória em uma sequência coerente no tempo (Cousins; Fernandez, 2019).

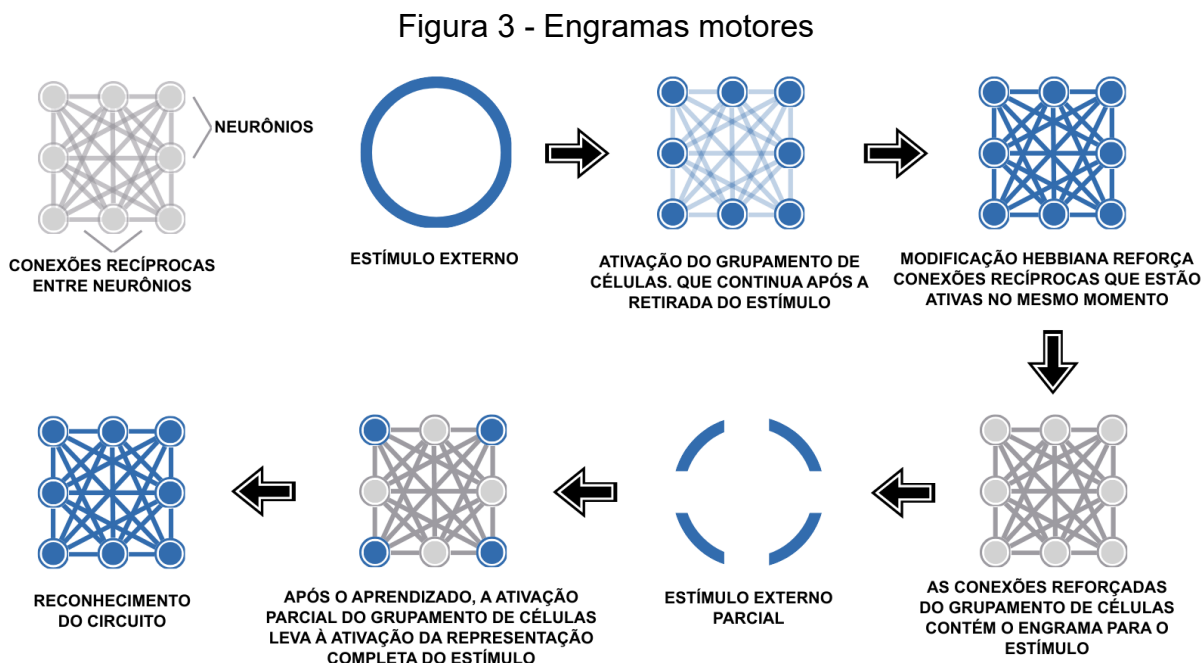
Segundo Izquierdo (2018), as memórias são classificadas de acordo com a sua função (memória de trabalho), com a sua duração (curto e longo prazo) e com seu conteúdo (declarativas/explicitas e procedurais/implícitas). A memória declarativa, também denominada explícita, refere-se ao armazenamento consciente de informações que podem ser verbalizadas, como fatos e eventos. A memória declarativa caracteriza-se pela capacidade de recuperação consciente e intencional de informações previamente codificadas. Tulving (1972) propôs uma subdivisão fundamental deste sistema em duas categorias: memória episódica e memória

semântica. A memória episódica refere-se ao armazenamento de experiências pessoais específicas, contextualizadas temporal e espacialmente. Este subsistema permite a recuperação de eventos autobiográficos, por exemplo. Em contraste, a memória semântica engloba o conhecimento factual sobre o mundo, desprovido de contexto temporal ou espacial específico. Este sistema armazena informações conceituais, linguísticas e conhecimento geral que pode ser acessado independentemente das circunstâncias de sua aquisição original (Tulving, 1972).

A memória procedimental, ou implícita, refere-se à informação sobre regras e procedimentos que são aplicáveis a uma variedade de circunstâncias diferentes (Cohen, 1984). Está relacionada à aquisição e retenção de habilidades motoras e se expressam por meio do desempenho, sem a necessidade de recordação consciente, não podendo ser evocadas por palavras, mas sim por ações (Lent, 2010). A aquisição e retenção deste tipo de informação decorreria da plasticidade inerente às estruturas de processamento que se modificam em cada ocasião em que a informação é processada, o que requer múltiplas tentativas de aprendizagem e permite pouca elaboração sobre o que foi aprendido.

As memórias não são adquiridas imediatamente em sua forma mais estável. Durante os primeiros minutos ou horas após sua aquisição, são suscetíveis à interferência de outras memórias, substâncias ou outros tratamentos (McGaugh, 2000; Izquierdo, 1989). A formação de uma memória de longa duração envolve uma série de processos metabólicos no hipocampo e outras estruturas cerebrais que compreendem diversas fases e que requerem entre 3 e 6 horas (Izquierdo; Medina, 1997; Izquierdo *et al.*, 2006). Enquanto esses processos não estiverem concluídos, as memórias de longa duração são lábeis. O conjunto desses processos e seu resultado denominam-se consolidação (Izquierdo, 1989). Estudos realizados sobre mecanismos de memórias procedurais revelaram, mecanismos bastante semelhantes aos das memórias declarativas, porém ocasionalmente em outras áreas cerebrais (estriado, cerebelo) distintas das utilizadas para as memórias declarativas (Kandel; Squire, 2000; Routtenberg, 2000). Os processos que compreendem a maneira pela qual o conhecimento adquirido é embasado pela neuroplasticidade, que pode ser definida como a capacidade que o cérebro tem de se transformar e se adaptar diante estímulos do ambiente (Fortuna, 2022), e consolidação da memória, processo através do qual as informações tornam-se estáveis (Dudai, 2012; Nadel; Bohbot, 2001), é possível graças à neuroplasticidade.

A memória exerce um papel fundamental no estudo da aprendizagem motora. Através da prática de uma habilidade, formam-se novas sinapses e terminações dendríticas, sendo produzidas pequenas unidades neurais denominadas engramas motores, que são o substrato neural da memória motora (Figura 3) (Xivry; Shadmehr, 2014).

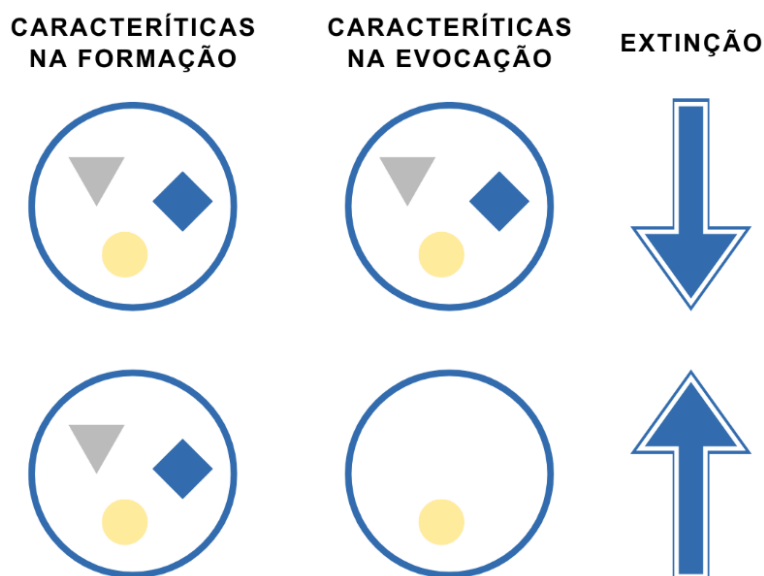


Legenda: Mecanismo para formação de memória proposto por Hebb (1949). A partir da apresentação de estímulos a neurônios não comunicantes, esse grupo de neurônios sincroniza-se, levando a modificações no grupo de neurônios, fortalecendo-o. Fonte adaptada de Bear; Connors; Paradiso, 2002.

Quanto mais evocações forem realizadas com características mais fidedignas à da primeira prática, mais os processos de memória se fortalecem (Roediger; Dudai; Fitzpatrick, 2007). Porém, com a alteração de estímulos ou de elementos do contexto, pode promover a extinção da memória. Esse processo não envolve estímulo de reforço como no processo de evocação. Portanto, devido ao baixo grau de similaridade entre as características do conjunto de estímulos presentes durante a formação da memória e durante o momento da evocação, ocorrem falhas no processo de recuperação (Izquierdo, 1989).

A extinção, portanto, não se trata de uma forma de esquecimento de memórias, mas sim da inibição de alguns elementos durante a evocação que ocorreu em contexto diferente (Figura 4). A extinção pode passar a constituir um novo aprendizado. Se a repetição da tarefa motora em condições diferentes gera o processo de extinção, a simples reativação da memória em contextos de evocação próximos aos de treino pode levar à sua reconsolidação (Nader; Ledoux, 2000).

Figura 4 - Processo de extinção da memória



Legenda: Quando as características presentes na formação da memória são semelhantes às existentes no momento de evocação, o processo de extinção da memória tende a ser diminuto ou inexistente. Fonte: adaptado de Fortuna, 2022.

Espera-se que quanto mais semelhante os contextos das práticas, maior consolidação da memória e maior generalização do conhecimento. Ao passo em que, quanto mais diferentes os contextos, menores serão esses processos (Roediger; Dudai; Fitzpatrick, 2007). Assim, o contexto exerce relação fundamental no estudo de aprendizagem motora e processos de memória.

Outro fator que influencia a aprendizagem motora é o sono. Entre suas múltiplas funções, destaca-se o papel que desempenha na formação e, especialmente, na consolidação mnemônica, etapa fundamental para a estabilização e o fortalecimento das informações adquiridas (Dielkmann; Born, 2010). O sono tem um papel fundamental no processo de retenção de memórias selecionadas e sua integração com memórias preexistentes (Giuditta, 2014), relacionado à plasticidade sináptica e à formação de representações neuronais de longo prazo (Feld *et al.*, 2013). O sono NREM, após o treinamento motor, promove a formação de espinhas dendríticas em áreas do córtex motor, processo envolvido na formação e fortalecimento de sinapses envolvendo novas memórias motoras conforme a Figura 3 (Brodt *et al.*, 2023). Sendo assim, a característica sequencial dos ciclos do sono de ondas lentas (NREM) para as sequências de sono REM possui papel fundamental na plasticidade sináptica, na consolidação e recuperação da memória.

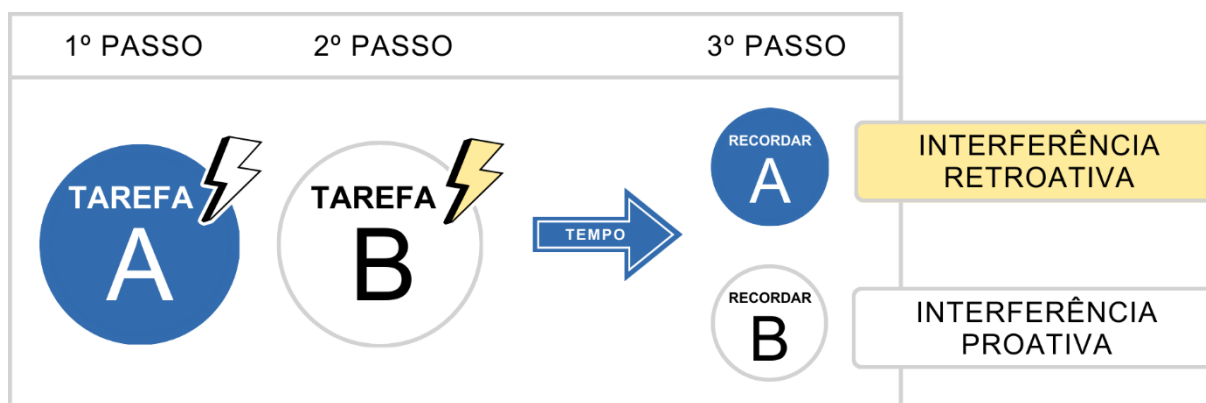
2.4 Teoria da Interferência

Um processo importante no campo do estudo da memória é o do esquecimento. Uma das teorias mais proeminentes para o estudo do esquecimento e da perda de informações atualmente é a Teoria da Interferência, que diz que o esquecimento é proveniente de informações intervenientes que causam uma interferência na informação-alvo (Lechner; Squire; Byrne, 1999; Wixted, 2004).

A Teoria da Interferência consiste na proposição de que informações teriam a tendência a disputar sua existência, sobrepondo-se nos sistemas de memórias (Dudai, 2004; Wixted, 2004). Por muitos anos esta teoria era o paradigma mais utilizado para explicar o esquecimento, priorizando a explicação do esquecimento a partir da competição de itens aprendidos a priori (Interferência Proativa) ou a posteriori (Interferência Retroativa), como esquematizado na Figura 5 (Alves, 2013).

Alguns pesquisadores atribuem a mecanismos inibitórios da cognição, relacionados ao Córtex Pré-Frontal, a existência da Interferência (Anderson; Green; McCulloch, 2000; Anderson, 2003), mas há também a hipótese de que a formação hipocampal, importante para a consolidação, também esteja relacionada com a perda de informação nesse fenômeno (Andrejko; Balla; Bereczki, 2013).

Figura 5 - Paradigmas clássicos da Teoria da Interferência

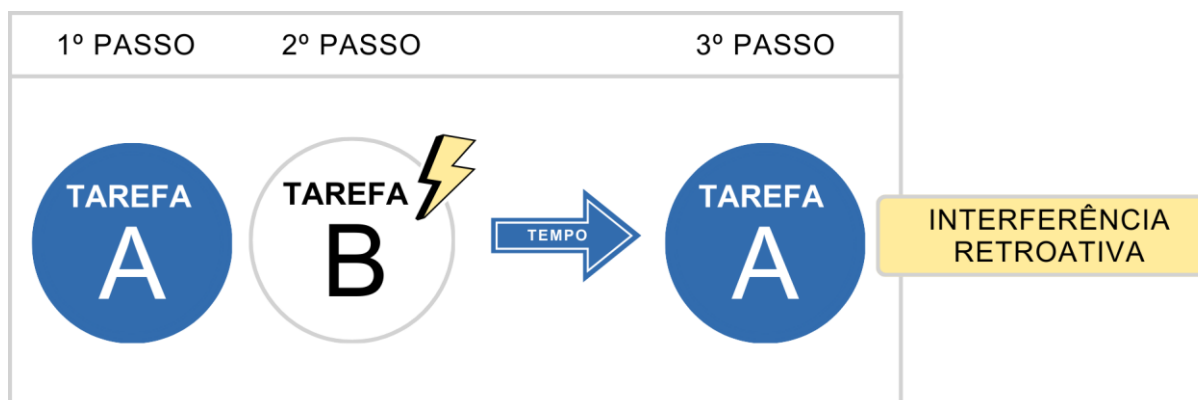


Legenda: Os paradigmas clássicos para experimentos com interferência são: ao se apresentar um esquema A-B de recordação, a primeira informação (A) e a segunda (B) disputam sua existência, quando A interfere em B, a interferência é proativa; e quando B interfere em A, a interferência é retroativa. Fonte: Adaptado de Alves, 2013.

A Interferência Retroativa, em específico, foi inicialmente definida como a interferência que ocorre quando uma informação ou tarefa é inserida entre a apresentação de outra informação que deverá ser recordada e a posterior recordação desta informação (Figura 6) (Cowan; Beschin; Sala, 2004; Dewar; Cowan; Sala, 2007). A IR aconteceria não só com a aprendizagem de novas memórias, mas também com

qualquer estímulo posterior à aprendizagem que possuiria a capacidade de interromper ou desregular o processo de consolidação em uma esfera molecular, celular ou de empreendimento cognitivo (Dudai, 2004; McGaugh, 1966; McGaugh, 2000; Robertson, 2012).

Figura 6 - Paradigma clássico da Teoria da Interferência Retroativa



Fonte: Adaptado de Alves, 2013.

Os efeitos que podem conduzir a um aumento ou diminuição da IR são variáveis; muito da informação perdida pelos indivíduos se deve a condições não específicas provenientes da IR, como o tipo de tarefa realizada nessa interferência, o contexto na realização dos testes ou o tipo de codificação no sistema de memória requerido para a realização das tarefas e para a recordação da informação-alvo (Robertson, 2012; Unsworth; Brewer; Spiller, 2013; Wixted, 2004), e embora a gama de possibilidades de interferência seja extensa (similaridade, esforço cognitivo, agentes amnésicos, drogas etc.), aparentemente os resultados obtidos nos estudos de IR parecem ser bem parecidos e podem ser interpretados como consequências de estímulos intervenientes que afetam o processo de consolidação (Alves, 2017).

Historicamente, estudos têm reportado um comprometimento na evocação da informação-alvo devido à interferência retroativa da informação interveniente (Fischer *et al.*, 2005; Dewar *et al.*, 2007). Estudos na aprendizagem motora têm encontrado resultados semelhantes (Cohen, 2016; Rhein; Vakil, 2018; Meyer *et al.*, 2016). Estudos com listas de palavras com pacientes com amnésia anterógrada revelaram que, quando uma informação é apresentada para a posterior recordação é seguida de um intervalo onde não há realização de tarefa nenhuma, ocorre uma maior recordação da informação-alvo (Cowan; Beschin; Sala, 2004). Argumenta-se que este efeito exista devido às características da consolidação memória. Uma particularidade desse tipo de condição seria a de que pacientes com déficits relacionados à amnésia possuem

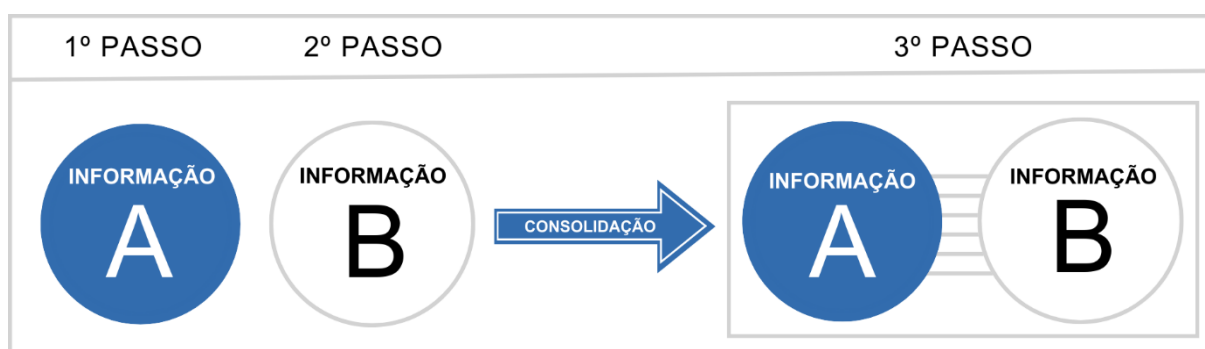
menores recursos para a consolidação, o que faz com que os efeitos de degradação dos traços de memória provenientes da IR sejam consideravelmente mais visíveis (Brown, 2002; Cowan; Beschin; Sala, 2004; Dewar *et al.*, 2010). Além disso, tais resultados seriam uma indicação de que um intervalo no qual nenhuma atividade cognitiva é empenhada possibilitaria a ocorrência de processos neurais necessários para a consolidação. Assim, o esforço cognitivo empenhado em tarefas posteriores à aprendizagem surge como um possível fator de considerável influência na consolidação memória (Cowan; Beschin; Sala, 2004; Dewar *et al.*, 2010).

Logo, a IR aconteceria não só com a aprendizagem de novas memórias concorrentes, mas também com qualquer estímulo posterior à aprendizagem que possua a capacidade de interromper ou desregular o processo de consolidação (Dudai, 2004; Dewar; Cowan; Sala, 2007; Robertson, 2012).

2.5 Hipótese da Integração da Memória

A instabilidade da memória pode promover uma generalização ao permitir que a memória se adapte a novos estímulos ou condições, sem perder a informação original, onde a instabilidade não necessariamente acarretaria perdas, aumentando a capacidade de integrar novos dados e facilitar a aplicação de habilidades aprendidas em contextos diferentes (Dudai, 2004). Uma possível explicação desse efeito se baseia na hipótese de Integração da Memória (Figura 7). Essa hipótese propõe que a inserção de uma nova informação enquanto a memória inicial ainda está instável acarretaria uma consolidação integrada entre a nova informação e a informação recém-adquirida (Gisquet-Verrier *et al.*, 2015; Robertson, 2018). O mesmo pode ser entendido como a correspondência entre o estado neuro-humoral presente durante a formação inicial da memória e aquele presente durante a evocação (Overton, 1978).

Figura 7 - Hipótese da Integração da memória



Fonte: elaboração própria.

O acesso da memória motora através da retomada do estado interno da aquisição parece evidenciar a criação de uma interação entre as memórias. De acordo com a regra de Hebb, a formação da memória acontece por meio da formação de uma rede de neurônios específica à informação adquirida, e sua evocação acontece quando um estímulo ou parte de um estímulo consegue ativar os neurônios da rede neural da memória (Hebb, 1949).

Enquanto a memória está sendo formada, o aprendiz lida constantemente com informações intervenientes. De acordo com Lee (1988), a similaridade entre os contextos de aquisição e evocação proporciona um maior sucesso no desempenho da habilidade motora. Aprendizes têm apresentado um pior desempenho na aprendizagem de habilidades motoras quando o contexto em que a habilidade foi adquirida é alterado no momento de teste (Apolinário-Souza *et al.*, 2021).

À luz da hipótese da integração, uma informação interveniente passa a compor o estado interno no qual a informação-alvo foi originalmente adquirida. Assim, o êxito na evocação dessa informação dependeria da reprodução desse mesmo estado interno no momento da recordação, já que os processos de armazenamento e evocação estão intimamente relacionados e a forma como a informação quando a mesma é armazenada influenciará de maneira decisiva a facilidade ou dificuldade de recuperá-la posteriormente.

Diante disso, e buscando avançar na investigação sobre os mecanismos de consolidação e evocação de habilidades motoras, torna-se relevante verificar se a presença ou ausência de uma tarefa interferente no momento da evocação influencia o desempenho observado. Ademais, a análise do esforço cognitivo associado a esses processos permite uma compreensão mais detalhada da dinâmica entre memória, aprendizagem e contexto de execução, contribuindo para a identificação de fatores que modulam a consolidação e a recuperação de habilidades motoras em diferentes situações experimentais.

3 OBJETIVOS

Este capítulo apresenta os objetivos e as hipóteses (H) do presente estudo, que orientaram a investigação experimental e a análise dos dados.

3.1 Objetivo Geral

Investigar o efeito da interferência retroativa na consolidação de uma habilidade motora e sua relação com o esforço cognitivo.

H1: A interferência retroativa afeta a consolidação de uma habilidade motora e está associada a alterações no esforço cognitivo durante o momento da evocação.

3.2 Objetivos Específicos

1. Verificar o efeito da interferência retroativa na consolidação da habilidade motora, comparando o desempenho entre as condições de reapresentação ou não da tarefa interferente no momento da evocação, além da condição sem interferência.

H2: A reapresentação da tarefa interferente no momento da evocação resultará em um desempenho superior no teste de retenção e aprendizagem *offline*.

2. Mensurar o esforço cognitivo empregado, via dilatação pupilar, no momento da evocação, entre as condições de reapresentação ou não da tarefa interferente, além da condição sem interferência.

H3: Haverá uma relação inversa entre o desempenho e o esforço cognitivo empregado no momento da evocação.

3. Analisar a relação entre o esforço cognitivo empregado e o desempenho entre as condições de reapresentação ou não da tarefa interferente no momento da evocação, além da condição sem interferência.

H4: A reapresentação da tarefa interferente no momento da evocação resultará em um menor esforço cognitivo.

4 METÓDO

Trata-se de uma pesquisa de abordagem quantitativa, de natureza básica e caráter experimental, com delineamento controlado entre grupos. O estudo foi conduzido em ambiente laboratorial, com participantes aleatorizados e contrabalanceados por sexo, permitindo a comparação do desempenho motor e do esforço cognitivo entre três condições experimentais ao longo de uma fase de aquisição e de um teste de retenção com intervalo de 24 horas.

4.1 Participantes

A amostra do foi composta por 66 participantes, de ambos os sexos (12 mulheres e 10 homens contrabalanceados entre os grupos), com idade entre 18 e 40 anos (média $22,54 \pm 3,67$ anos), universitários, destros [quociente médio de lateralidade no Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (EHI) acima de 80 pontos (Oldfield, 1971)], inexperientes nas tarefas (Serial Reaction Time Task e Rey's Auditory Verbal Learning Test), não instrumentistas, não digitadores, com acuidade visual normal ou corrigida e que declararam não apresentar nenhum comprometimento neurológico, transtornos psiquiátricos ou fazer uso de medicamentos capazes de alterar funções neurais (Haufler *et al.*, 2000). Os participantes foram aleatorizados em três grupos: grupo de efeito positivo IR (GRI+), grupo efeito negativo da IR (GRI-) e grupo sem interferência (GSI). Cada grupo representa uma condição distinta: o GRI+ está associado à reapresentação da tarefa interferente no momento de evocação; o GRI- está associado à não reapresentação da tarefa interferente no momento de evocação; e o GSI está associado à condição sem interferência.

Tabela 1 - Média e desvio padrão da idade dos grupos

Grupo	n	μ	σ
GRI+	22	22.00	3.31
GRI-	22	23.20	2.81
GSI	22	22.40	4.84
=	66	22.54	3.67

Legenda: μ : média; σ : desvio padrão. Fonte: elaboração própria.

Tabela 2 - Média do quociente de lateralidade no EHI dos grupos

Grupo	LQ
GRI+	95,41
GRI-	95,45
GSI	88,82
=	93,23

Legenda: LQ: quociente de lateralidade. Fonte: elaboração própria.

Os participantes foram recrutados por meio de convite pessoal e anúncios na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Todos foram previamente orientados a evitar o consumo de cafeína e/ou nicotina imediatamente antes da coleta, bem como a comparecerem com os cabelos secos e sem o uso de brincos e/ou outros acessórios metálicos durante os procedimentos.

4.2 Cuidados Éticos

O estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais e aprovado sob o parecer CAAE 83242324.9.0000.5149 (Anexo IV). Foram respeitadas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde (Res. 466/12) envolvendo pesquisas com seres humanos. Os participantes foram instruídos previamente sobre os objetivos e procedimentos do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice I). A coleta de dados foi realizada pela própria discente.

4.3 Instrumentos e Tarefas

Foram utilizados neste estudo um notebook Dell modelo Inspiron 15 3520 (Dell Technologies, 2024), um notebook Lenovo modelo IdeaPad 3i I7 (Lenovo, 2024), um monitor Dell modelo P2213T de 21 polegadas (Dell Technologies, 2012), um teclado alfanumérico C3TECH modelo KB-11BK (C3Tech, 2024), uma televisão LG modelo 49UH6100 de 49 polegadas (LG Electronics, 2024), um eye-tracker modelo Pupil Core (Pupil Labs, 2024) e os softwares PupilCapture v3.5.1 e PupilPlayer v3.5.1 para captura e processamento dos dados pupilares, o Inventário de Lateralidade de Edimburgo (Oldfield, 1971) para a determinação do índice de lateralidade do voluntário, o Questionário de Qualidade do Sono de Groningen (Meijman; De Vries-Griever; De Vries, 1988) para a determinação da qualidade do sono da noite anterior do voluntário, o teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (RAVLT) (Rey, 1958) validado para a população brasileira (Malloy-Diniz *et al.*, 2000) como tarefa cognitiva e a Tarefa de Tempo de Reação em Série (SRTT) como tarefa motora do estudo (adaptado de Apolinário-Souza *et al.*, 2021).

4.3.1 Tarefa de Tempo de Reação em Série (SRTT)

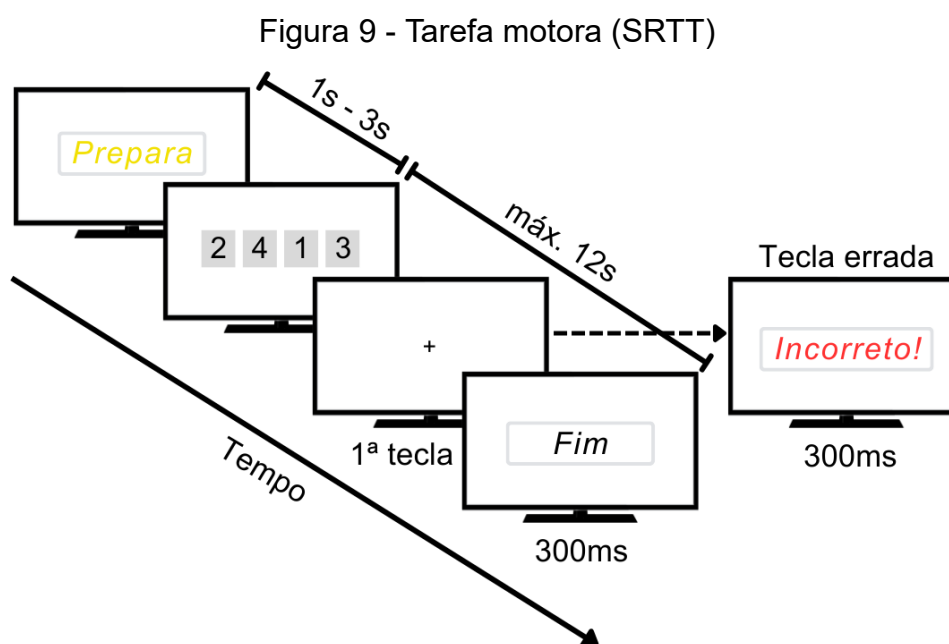
A tarefa motora de tempo de reação em série (tarefa primário do estudo) é uma tarefa de medida simples de habilidade que mede a redução gradual no tempo de resposta que ocorre nos testes sequenciais. Neste estudo, o software customizado (acesso gratuito: https://github.com/apolinario-souza/Serial_reaction_time_task) foi usado para controlar a tarefa motora. Inicialmente, os voluntários foram posicionados sentados à mesa, de frente para um monitor de televisão, com a mão não dominante (esquerda) e os dedos mínimo, anelar, médio e indicador posicionados, respectivamente, sobre as teclas "A", "S", "D" e "F" do teclado de computador (Figura 8). Durante a tarefa, uma sequência de quatro números, de 1 a 4, foi apresentada na tela. Cada número correspondia a uma tecla específica: o número "1" representava a tecla "A", o número "2" representava a tecla "S", o número "3" representava a tecla "D" e o número "4" representava a tecla "F". Os voluntários foram instruídos a pressionar as teclas correspondentes o mais rápido e precisamente possível em todas as tentativas. Essa conversão de números para letras foi adotada com o intuito de aumentar a complexidade da tarefa, exigindo do voluntário a criação de uma representação visomotora da sequência, aumentando, assim, a demanda cognitiva envolvida na tarefa.

Figura 8 - Instrumentos e disposição da mão não-dominante na tarefa motora



Legenda: Para a tarefa motora foi utilizado um monitor de televisão 49" e um teclado alfanumérico contendo apenas as teclas "a", "s", "d" e "f". As demais teclas foram removidas e cobertas por um pedaço de papel emborrachado preto. Fonte: elaboração própria.

A cada tentativa, um estímulo visual preparatório ("Prepara") era apresentado no centro da tela, com duração variando aleatoriamente entre um e três segundos. Imediatamente após o desaparecimento desse estímulo, a sequência de números a ser pressionada surgia na tela, funcionando como estímulo imperativo para o início da execução da tarefa. A sequência de números desaparecia assim que os voluntários pressionavam a primeira tecla da sequência. Se o voluntário pressionasse uma tecla errada durante a sequência, um estímulo visual de alerta ("Errado!") era exibido no centro da tela por até 300 ms e ele deveria então, repetir aquela sequência novamente até acertá-la. Ao término de cada tentativa, um estímulo visual de conclusão ("Fim") era apresentado por 300 ms. Cada tentativa tinha duração máxima de 12 segundos. Foram realizadas 72 tentativas na fase de aquisição e 8 tentativas no teste de retenção, totalizando 80 tentativas. A sequência apresentada se manteve a mesma ("2 4 1 3") durante todo o teste (Figura 9).



Legenda: Delineamento da tarefa motora. Cada tentativa começava com o estímulo "Prepara", seguido da sequência de números a ser executada. Se houvesse erro, aparecia "Errado!" e a sequência era repetida. Ao final, surgia "Fim". Tentativa máxima de 12 segundos. Fonte: adaptada de Apolinário-Souza *et al.*, 2021.

4.3.2 Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (RAVLT)

A tarefa cognitiva (tarefa secundária do estudo) utilizada foi o teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (RAVLT) (Rey, 1958) validado para a população brasileira (Malloy-Diniz *et al.*, 2000). O RAVLT (Anexo I) utiliza uma lista de palavras simples de alta frequência no português brasileiro com etapas de evocação imediata,

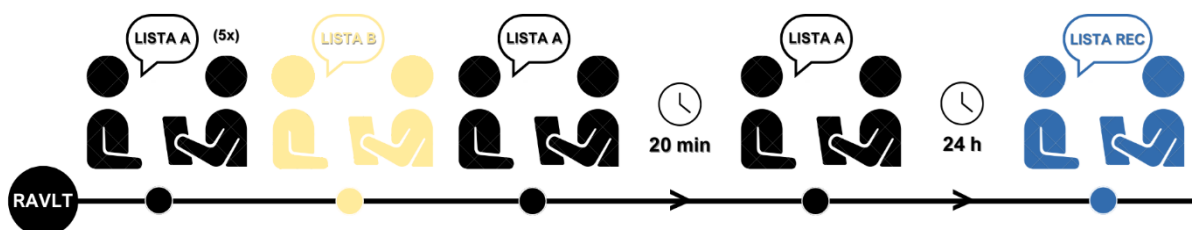
evocação tardia e tarefa de reconhecimento tardio. As etapas de evocação imediata e de evocação tardia foram utilizadas na fase de aquisição do experimento e a etapa de reconhecimento tardio foi utilizada no teste de retenção, 24 horas após a fase de aquisição (Figura 10).

O teste é composto por duas listas de 15 substantivos cada (lista A e lista B) e uma lista de reconhecimento (lista REC). A lista de reconhecimento contém 15 palavras da lista A, 15 palavras da lista B e 20 palavras distratoras. As palavras distratoras apresentam semelhanças fonológicas ou semânticas com as palavras das listas A e B. O teste conta com um manual para o aplicador.

A primeira etapa, evocação imediata, consiste em ler a lista A em voz alta para o voluntário em cinco repetições consecutivas, com um intervalo de aproximadamente um segundo entre as palavras. Após cada leitura, o voluntário deve recordar e repetir todas as palavras que conseguir, enquanto o aplicador registra as respostas. Concluídas as cinco repetições da lista A, procede-se à leitura única da lista B seguida de sua recordação, que atua como lista de interferência. O propósito dessa etapa é avaliar o impacto de um novo conjunto de estímulos sobre a consolidação e a evocação do material previamente aprendido (lista A). Após a apresentação da lista B, ocorre um intervalo de aproximadamente 20 minutos, período em que podem ser realizadas atividades que não exijam raciocínio verbal. Em seguida, tem início a etapa de evocação tardia, na qual o voluntário deve recordar novamente as palavras da lista A, sem que esta seja relida.

Por fim, após um intervalo de 24 horas, realiza-se a etapa de reconhecimento tardio. Nesse momento, a lista de reconhecimento é apresentada ao voluntário, que deve indicar se cada palavra pertence ou não à lista A (Rey, 1958).

Figura 10 - Delineamento da tarefa cognitiva (RAVLT)



Legenda: Delineamento da tarefa cognitiva. O voluntário ouve a lista A cinco vezes, recordando as palavras após cada apresentação. Em seguida, ouve a lista B uma vez e tenta recordá-la. Sem nova apresentação, o voluntário recorda novamente as palavras da lista A. Após um intervalo de 20 minutos, deve recordar as palavras da lista A. Passadas 24 horas, realiza-se a etapa de reconhecimento (REC), em que o voluntário identifica as palavras pertencentes à lista A. Fonte: elaboração própria.

4.3.3 Inventário de Lateralidade de Edimburgo (EHI)

O Inventário de lateralidade de Edimburgo (EHI) (Anexo II) é uma escala de medição quantitativa usada para avaliar a dominância da mão direita ou esquerda de uma pessoa nas atividades cotidianas, também chamada de lateralidade, bastante utilizado em trabalhos neuropsicológicos e outros contextos clínicos e experimentais de triagem (Oldfield, 1971). O questionário lista 10 atividades comuns como escrever, desenhar, arremessar, utilizar tesouras, escovar os dentes, cortar com faca, usar colher, segurar a parte superior de uma vassoura, riscar fósforos e abrir a tampa de uma caixa. Cada item do inventário é acompanhado por duas colunas, denominadas "esquerda" e "direita", nas quais o voluntário deve indicar sua preferência manual para a execução de cada atividade. Cada item é respondido na coluna "esquerda" ou "direita" com "++" (forte preferência), "+" (fraca preferência) ou "+" em ambas as colunas se a preferência for indiferente. "++" é pontuado com 2 pontos e "+" com 1 ponto.

As respostas são pontuadas para gerar um Quociente de Lateralidade (LQ) que mede o grau de preferência por uma das mãos, segundo a equação 1:

$$LQ = \frac{R-L}{R+L} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

LQ = quociente de lateralidade

R = pontuação total da mão direita

L = pontuação total da mão esquerda

O intervalo de pontuações varia entre -100 (forte preferência pela mão esquerda) a +100 (forte preferência pela mão direita) (Espírito-Santo *et al.*, 2017). Foram considerados destros aqueles voluntários que se autodeclararem destros e que apresentaram índice de preferência manual para a mão direita acima de 80 pontos no inventário.

4.3.4 Questionário de Qualidade do Sono de Groningen (GSQS)

Avaliar a qualidade do sono dos participantes torna-se essencial para controlar possíveis variações que possam influenciar os resultados relacionados à consolidação

da aprendizagem motora. A título de controle e na tentativa de garantir que diferenças na qualidade do sono não interfiram diretamente nas análises do desempenho, foi aplicado aos participantes o Questionário de Qualidade do Sono de Groningen (GSQS) (Anexo III) destinado a avaliar a qualidade do sono da noite anterior do voluntário. O objetivo dessa medida foi identificar possíveis alterações ou que pudessem influenciar o desempenho durante o teste. Dessa forma, buscou-se assegurar que eventuais variações nos resultados não estivessem associadas a uma má qualidade de sono da noite anterior, garantindo maior validade interna ao experimento.

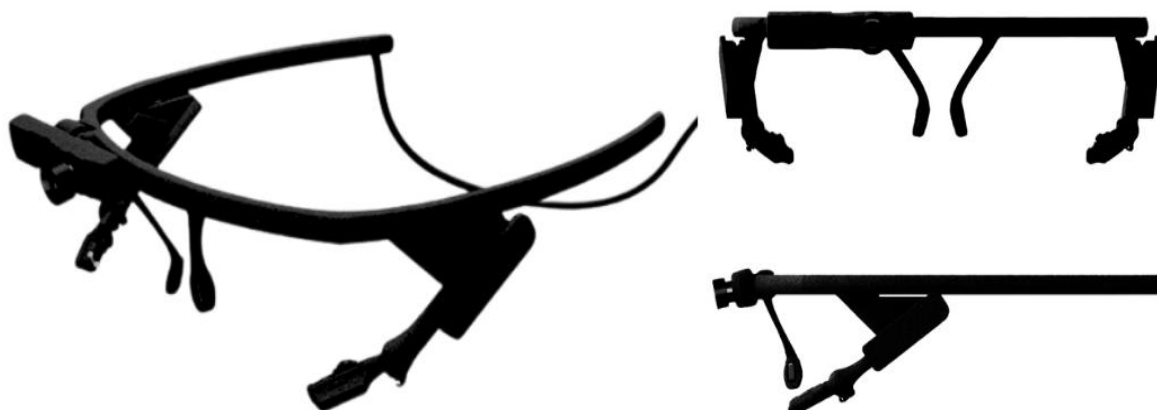
O GSQS é um instrumento desenvolvido para avaliar a qualidade do sono da noite anterior. Sua aplicação é rápida, levando aproximadamente dois minutos para ser preenchida e as respostas são categorizadas em opções de verdadeiro ou falso (Meijman *et al.*, 1990). O questionário investiga a percepção subjetiva da qualidade do sono e abrange diversos aspectos, como qualidade geral do sono, insuficiência de sono, dificuldades para adormecer, interrupções durante a noite e sensação ao despertar. Ele é composto por 15 perguntas: “1. Eu dormi profundamente ontem à noite”, “2. Sinto que dormi mal ontem à noite”, “3. Demorei mais de meia hora para adormecer ontem à noite”, “4. Acordei várias vezes ontem à noite”, “5. Eu me senti cansado depois de acordar esta manhã”, “6. Sinto que não dormi o suficiente na noite passada”, “7. Eu me levantei no meio da noite”, “8. Eu me senti descansado depois de acordar esta manhã”, “9. Sinto que só dormi algumas horas ontem à noite”, “10. Sinto que dormi bem ontem à noite”, “11. Não dormi nada ontem à noite”, “12. Não tive problemas para dormir ontem à noite”, “13. Depois que acordei ontem à noite, tive dificuldade para dormir novamente”, “14. Eu me virei e me revirei a noite toda ontem à noite”, “15. Não dormi mais do que 5 horas ontem à noite”.

A pontuação do questionário é calculada atribuindo-se um ponto para cada resposta "verdadeiro" nas perguntas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13, 14 e 15, e um ponto para cada resposta "falso" nas perguntas 8, 10 e 12. A primeira pergunta não é contabilizada na pontuação total. A soma máxima é de 14 pontos, onde pontuações mais altas indicam uma pior qualidade do sono na noite anterior (Meijman *et al.*, 1990). Uma pontuação de 6 ou mais indica sono perturbado durante a noite anterior, enquanto uma pontuação de 0-2 indica sono normal e revigorante (Weil, 2004).

4.3.5 Eye-tracker

O eye-tracker Pupil Core (Pupil Labs, 2024) (Figura 11), é um sistema de rastreamento ocular de código aberto, projetado para capturar dados precisos sobre o movimento ocular e a dilatação pupilar em tempo real.

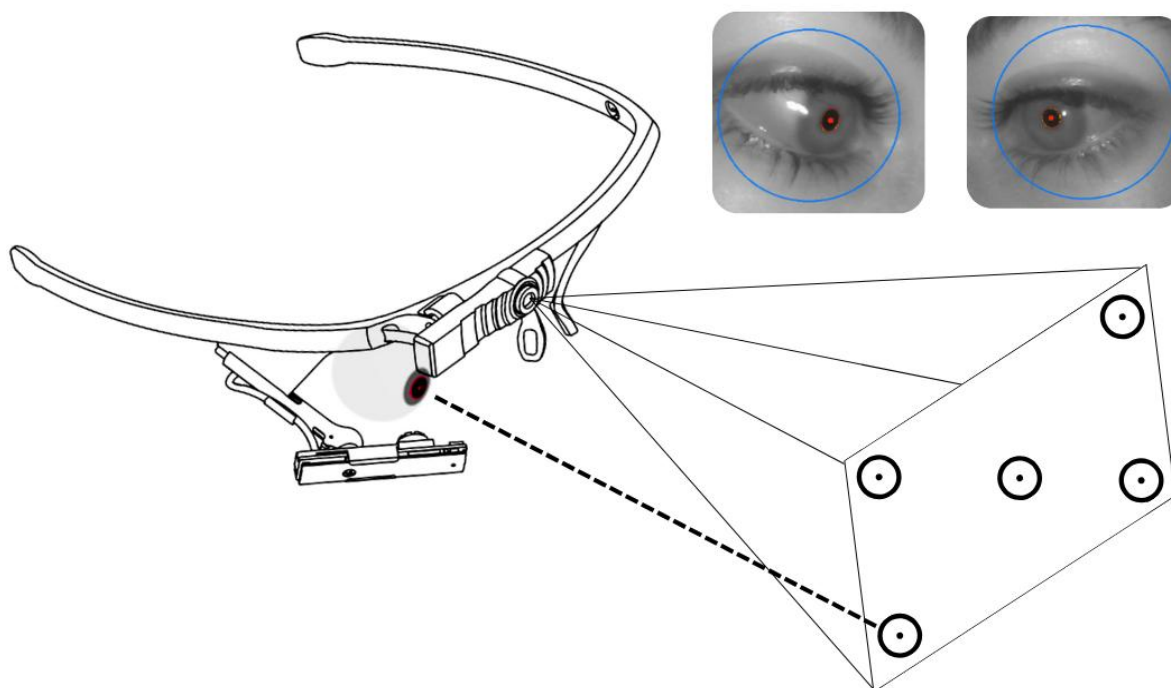
Figura 11 - Eye-tracker Pupil Core



Legenda: eye-tracker utilizado no estudo. Fonte: adaptada de Pupil Labs, 2024.

O sistema é composto por um óculos equipado com câmeras infravermelhas voltadas para os olhos, responsáveis por capturar imagens da pupila e do reflexo corneano (Figura 12), além de uma câmera de cena (ou câmera mundo) montada na parte frontal dos óculos, que grava o campo de visão do voluntário, possibilitando o mapeamento da direção do olhar em ambientes reais. Os dados são processados em tempo real pelo software Pupil Capture, que também oferece visualizações e exportação para análises posteriores com o software Pupil Player. O Pupil Core permite a coleta de métricas como a posição do olhar, a variação do diâmetro pupilar e a frequência de piscadas, com frequências de amostragem que geralmente variam entre 60 e 200 Hz, dependendo das configurações escolhidas. Entre suas principais vantagens destacam-se a flexibilidade proporcionada pelo código aberto, que permite personalização e integração com outras ferramentas, a portabilidade, devido ao seu design leve e fácil de transportar, e a alta precisão na coleta de dados, especialmente em ambientes controlados (Kassner *et al.*, 2014).

Figura 12 - Disposição das câmeras e captura do globo ocular e pupila



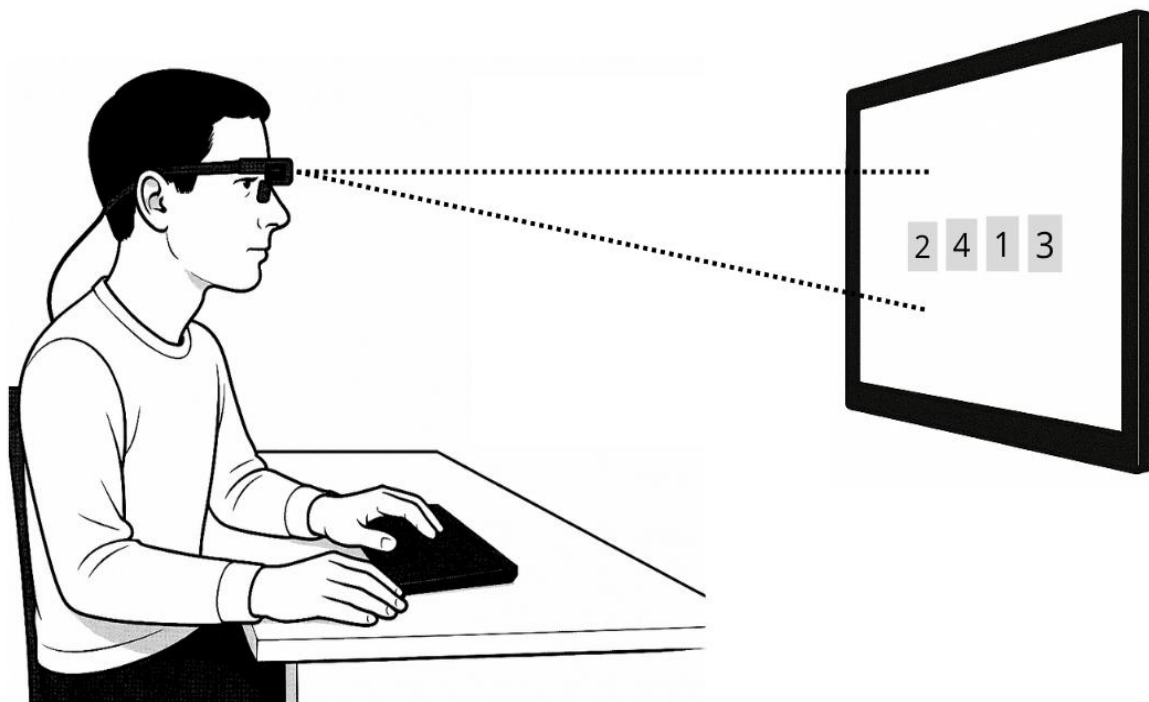
Legenda: Captura do eye-tracker. Fonte: adaptada de Pupil Labs, 2024.

4.4 Delineamento e Procedimentos

O experimento foi delineado em duas fases: aquisição (primeiro dia) e teste de retenção (segundo dia), com um intervalo de 24 horas entre elas. No primeiro dia, os voluntários inicialmente assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e, em seguida, responderam ao Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (IDL) e ao Questionário de Qualidade do Sono de Groningen (GSQS). Após essa etapa, os voluntários foram posicionados sentados à mesa, de frente para o monitor da televisão (49”), com a mão não dominante sobre o teclado e com o eye-tracker devidamente posicionado (Figura 13).

O eye-tracker foi posicionado e ajustado individualmente para cada voluntário, seguido da calibração necessária para a aplicação do baseline. Para realizar a calibração, os voluntários foram orientados a fixarem o olhar em 6 pontos visuais marcados nos vértices do monitor. O baseline foi realizado solicitando ao voluntário que fixasse o olhar no monitor da TV por um minuto. Na tela, foi apresentada uma imagem semelhante àquela que ele veria durante os testes (sem revelar a sequência). Nesse período, as métricas pupilares foram registradas para posterior comparação (subtração do pico de dilatação máxima) com aquelas obtidas durante a execução do teste.

Figura 13 - Posicionamento padrão dos voluntários durante a coleta de dados

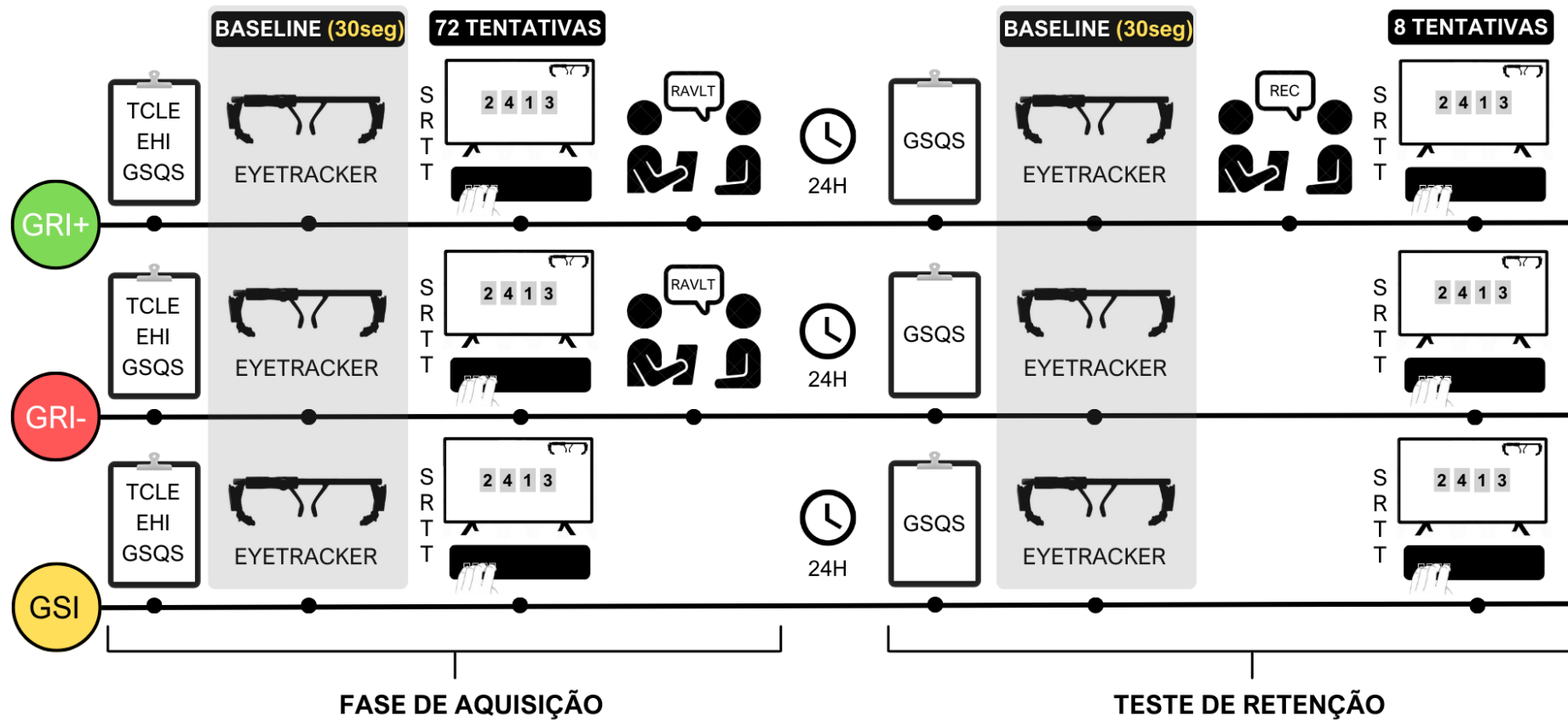


Legenda: posição do voluntário em relação ao monitor durante a coleta. Fonte: elaboração própria.

Após o baseline, foram passadas as instruções da tarefa motora seguida da sua realização (72 tentativas) para todos os grupos (GRI+, GRI- e GSI). Imediatamente após a conclusão da tarefa motora, os grupos GRI+ e GRI- passaram pelas etapas de evocação imediata e evocação tardia do RAVLT (Figura 14).

No segundo dia, os voluntários responderam novamente ao Questionário de Qualidade do Sono de Groningen e em seguida, o eye-tracker foi posicionado e ajustado individualmente novamente, seguido também da calibração necessária para a aplicação do baseline. Durante o teste de retenção, o grupo GRI+ realizou a etapa de reconhecimento tardio do RAVLT antes de executar a tarefa motora (8 tentativas), utilizando a mesma sequência praticada na fase de aquisição. Os grupos GRI- e GSI, por outro lado, não realizaram a tarefa cognitiva no teste de retenção, realizando apenas a tarefa motora (8 tentativas) (Figura 14). Por fim, ao final da sessão de prática, os aparelhos foram desligados e retirados do voluntário.

Figura 14 - Delineamento experimental



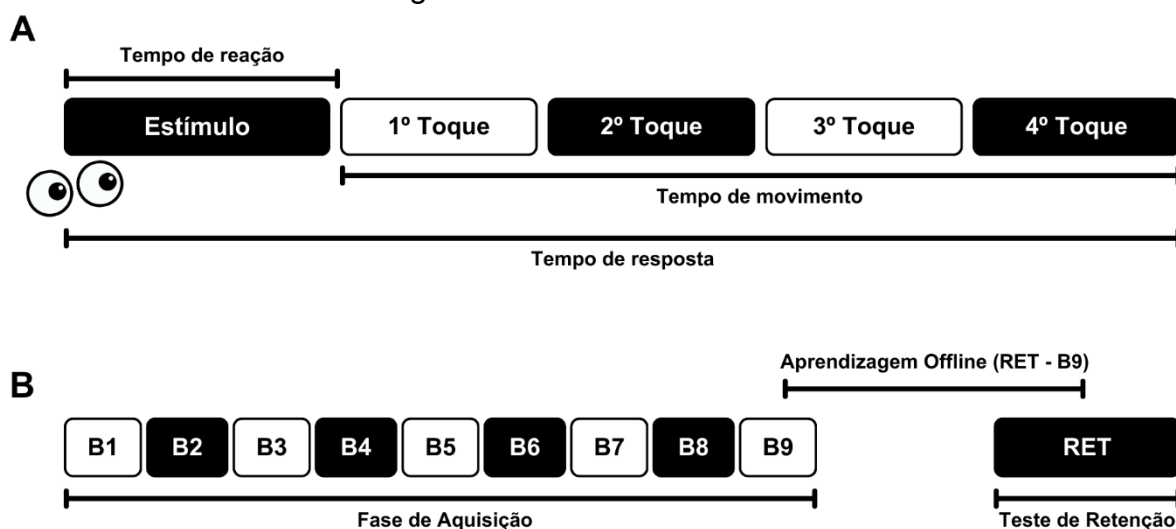
Legenda: Delineamento experimental. GRI+: grupo de efeito positivo da interferência retroativa; GRI-: grupo de efeito negativo da interferência retroativa; GSI: grupo sem interferência; SRTT: tarefa de tempo de reação em série; RAVLT: tarefa de aprendizagem-verbal de Rey; GSQS: questionário de qualidade do sono de Groningen; REC: lista de reconhecimento do RAVLT. Fonte: elaboração própria.

4.5 Variáveis

A variável independente do estudo foi: recuperação ou não recuperação do estímulo interferente. As variáveis dependentes do estudo se dividem entre variáveis de desfecho primário (motoras) e variáveis de desfecho secundário (cognitivas).

As variáveis dependentes motoras foram: tempo de reação [intervalo entre o surgimento do estímulo (sequência de números) na tela e o início do primeiro movimento (primeiro toque)], tempo de movimento [intervalo de tempo entre o início do movimento (primeiro toque) e o fim do movimento (último toque)], tempo de resposta [(intervalo entre o surgimento do estímulo (sequência de números) e fim do movimento (último toque)] e aprendizagem *offline* [teste de retenção (RET) - último bloco da fase de aquisição (B9)] (Figura 15).

Figura 15 - Variáveis motoras



Legenda: posição do voluntário em relação ao monitor durante a coleta. Fonte: elaboração própria.

A variável dependente cognitiva foi: dilatação pupilar. Para investigar o esforço cognitivo, o nível de dilatação pupilar foi avaliado o diâmetro pupilar no primeiro e no último bloco de tentativas da fase de aquisição e no teste de retenção. Para estimar as mudanças no diâmetro da pupila nos diferentes momentos, foi realizado um baseline, no qual foi registrado o pico de dilatação pupilar de cada indivíduo. Esse valor de referência foi então comparado com as médias obtidas posteriormente, permitindo uma avaliação precisa das variações na dilatação pupilar.

4.5 Análise Estatística

Os dados das variáveis motoras (tempo de reação, movimento e resposta) foram organizados em 9 blocos de 8 tentativas na fase de aquisição e 1 bloco de 8 tentativas no teste de retenção. A análise descritiva foi conduzida através de média e desvio padrão. Os pressupostos de normalidade dos dados foram verificados, grupo a grupo, pelo teste de *Shapiro-Wilk* ($p > 0,05$), a homogeneidade dos dados através de *Levene* ($p > 0,05$) e esfericidade através de *Mauchly* ($p > 0,05$) quando necessário.

Na análise inferencial entre os grupos (GRI+, GRI-, GSI) na fase de aquisição, foi conduzida uma ANOVA *Two-way* com medidas repetidas no segundo fator na fase de aquisição (3 grupos x 9 blocos) seguido do *post hoc* de Tukey. Mesmo com algumas variáveis não apresentando distribuição normal ou violação do pressuposto de esfericidade, optou-se por manter a escolha do teste, acrescentando a correção de Greenhouse-Geisser; (Tanizaki, 1997; Zimmerman, 1998; Schmider *et al.*, 2010; Zoia *et al.*, 2019; Blanca *et al.*, 2023).

No teste de retenção foi conduzida uma ANOVA *One-way* com correção de *Welch* seguido do *post hoc Games-Howell* para comparação entre grupos, devido à violação do pressuposto de homogeneidade ou distribuição normal em alguns casos.

Optou-se por utilizar a ANOVA *One-way* com correção de *Welch*, de modo a reduzir o impacto da heterogeneidade de variâncias sobre a análise e garantir maior confiabilidade nos resultados. A mesma é uma alternativa robusta que ajusta os graus de liberdade para minimizar o impacto da heterocedasticidade, sendo indicada especialmente quando os tamanhos amostrais são semelhantes, mas as variâncias entre grupos são desiguais (Field, 2013; Maxwell; Delaney, 2004). Considerando que essa abordagem é robusta para amostras com tamanhos iguais e que a interpretação dos resultados poderia ser comprometida frente a outros testes mais conservadores. Essa escolha foi feita para manter a consistência da análise e facilitar a interpretação dos efeitos observados (Field, 2013).

Para análise da aprendizagem *offline* foi conduzida uma ANOVA *One-way* com correção de *Welch* seguido do *post hoc Games-Howell* para comparação entre grupos. O teste *post hoc* de *Games-Howell* foi aplicado devido ao ajuste da ANOVA *One-way* com correção de *Welch*.

Para analisar o nível de dilatação pupilar entre o primeiro ao último bloco de aquisição foi conduzida através de uma ANOVA *Two-way* com medidas repetidas no

segundo fator (3 grupos x 2 blocos) seguido do *post hoc* Tukey. Para o teste de retenção, foi conduzido uma ANOVA *One-way* com correção de *Welch* seguido do *post hoc Games-Howell* para comparação entre grupos.

Para análise de possíveis relações entre a qualidade de sono, através do score GSQS de cada grupo e desempenho na tarefa motora, foi conduzido o teste de Correlação de *Spearman* (score 1ª noite X aquisição) e (score 2ª noite X retenção) e uma Anova *One-way* (score 1ª noite X grupos) e score (2ª noite X grupos).

O nível de significância estatística adotado foi de $p < 0,05$. O tamanho de efeito foi calculado como η^2 (eta quadrado) para a ANOVA *One-way* e como η^2 parcial (partial eta squared) para a ANOVA *Two-way* com medidas repetidas. As análises foram realizadas utilizando o software *Jamovi* versão 2.6 (Jamovi, 2023).

5 RESULTADOS

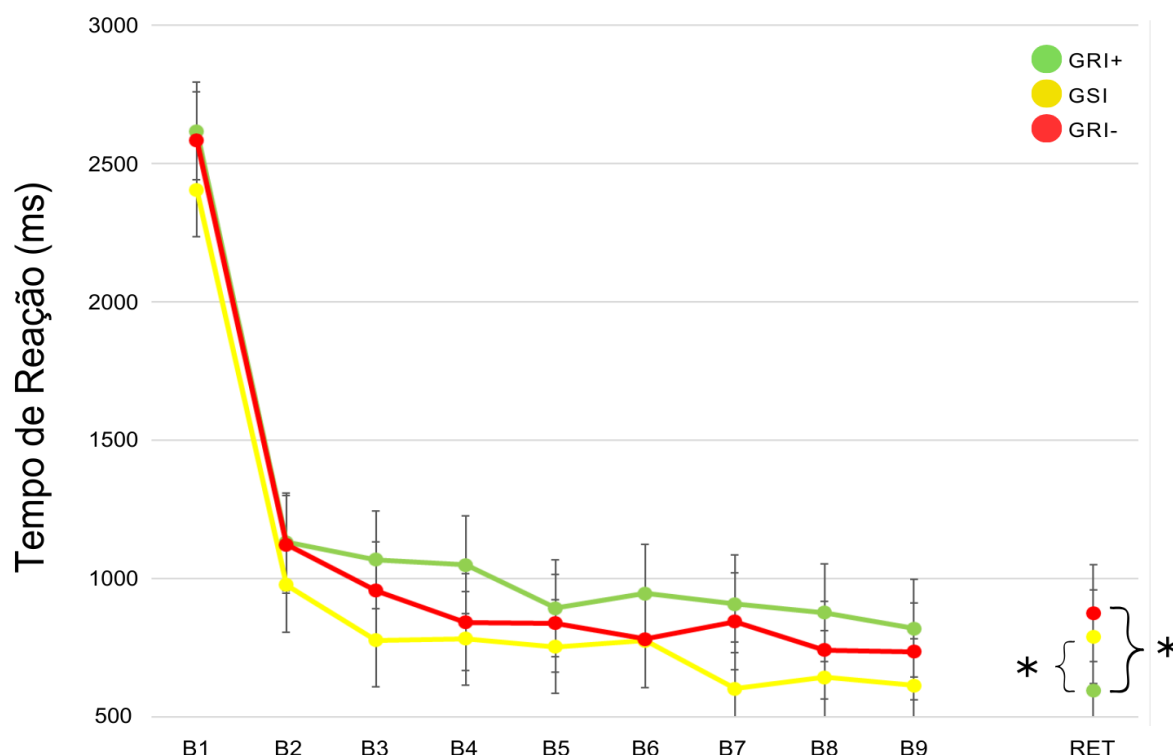
Neste capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir da metodologia adotada, buscando relacioná-los com os objetivos propostos e com o referencial teórico que fundamenta a pesquisa.

5.1 Tempo de Reação

A estatística descritiva é apresentada no Gráfico 1. Na fase de aquisição, a análise inferencial indicou que os três grupos apresentaram uma melhora estatisticamente significativa no desempenho ($p < 0,01$, $\eta^2 = 0.450$). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os três grupos ($p = 0,238$, $\eta^2 = 0,013$). Também não houve interação significativa entre os grupos e os blocos ao longo da tarefa ($p = 0,881$, $\eta^2 = 0,002$).

No teste de retenção, a análise inferencial indicou diferença estatisticamente significativa entre os grupos no tempo de reação ($F(2, 39.47) = 7.587$, $p = 0,002$, $\eta^2 = 0.159$). O teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* indicou violação da normalidade, com $p < 0,01$. Devido à violação da homogeneidade das variâncias (*Levene*: $p = 0,038$), foi adotado o teste *post hoc* de *Games-Howell*. Os resultados mostraram que o grupo GRI+ apresentou tempos de reação significativamente menores em comparação aos grupos GRI- ($p = 0,003$) e GSI ($p = 0,042$). Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos GRI- e GSI ($p = 0.628$).

Gráfico 1 - Tempo de Reação



Legenda: Médias do tempo de reação, tempo de movimento e tempo de resposta (ms) na fase de aquisição e no teste de retenção. GRI+: grupo de efeito positivo da interferência retroativa; GRI-: grupo de efeito negativo da interferência retroativa; GSI: grupo sem interferência; RET: teste de retenção; * = $p < 0,05$.

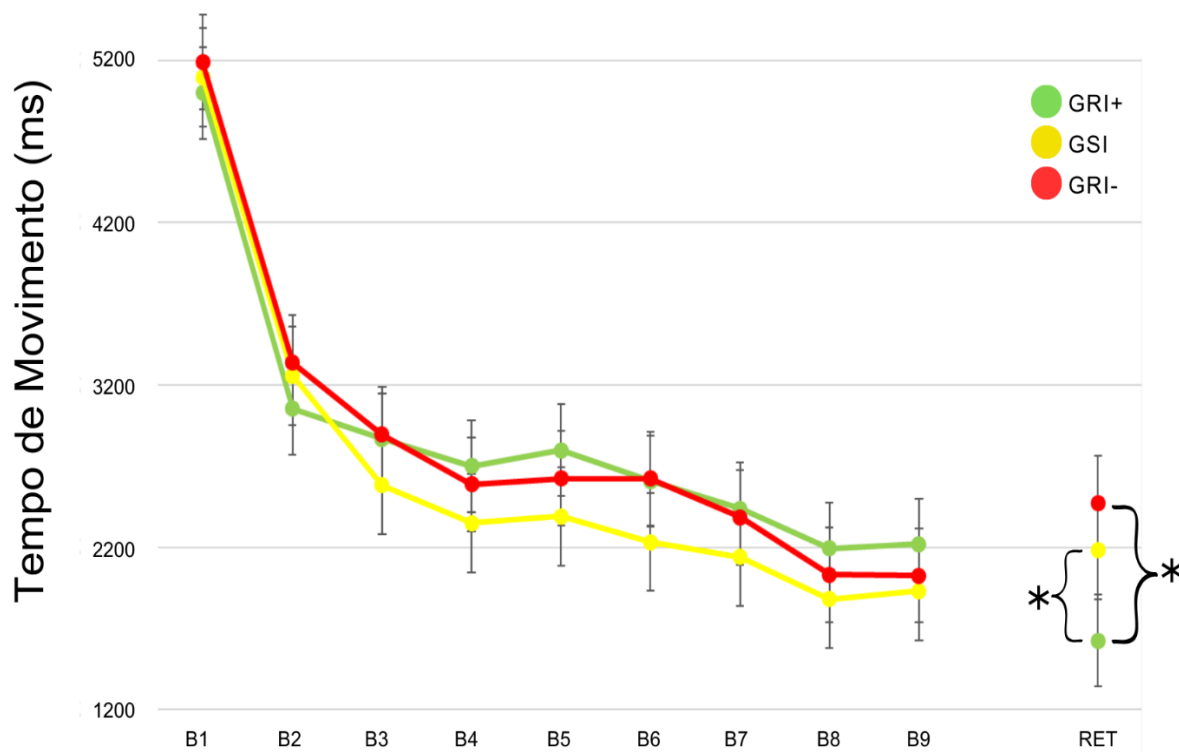
5.2 Tempo de Movimento

A estatística descritiva é apresentada no Gráfico 2. Na fase de aquisição, a ANOVA *two-way* com medidas repetidas no segundo fator indicou que houve uma melhora estatisticamente significativa no desempenho ao longo dos blocos ($p < 0,001$, $\eta^2 = 0,332$). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p = 0,736$, $\eta^2 = 0,004$). Também não houve interação significativa entre grupos e blocos ($p = 0,920$, $\eta^2 = 0,002$).

No teste de retenção, A ANOVA *one-way* com correção de *Welch* revelou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos no tempo de movimento ($F(2, 41.23) = 10.553$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0.216$). O teste de normalidade de Shapiro-Wilk indicou violação da normalidade, com $p < 0,02$. O teste de homogeneidade das variâncias de *Levene* indicou que a suposição de homogeneidade foi atendida ($p = 0.618$). O teste *post hoc* de *Games-Howell* foi aplicado devido ao ajuste da ANOVA *One-way* com correção de *Welch*. Os resultados mostraram que o grupo GRI+ apresentou tempos de movimento significativamente menores em comparação aos

grupos GRI- ($p < 0,001$) e GSI ($p = 0,028$). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos GRI- e GSI ($p = 0,405$).

Gráfico 2 - Tempo de Movimento



Legenda: Médias do tempo de reação, tempo de movimento e tempo de resposta (ms) na fase de aquisição e no teste de retenção. GRI+: grupo de efeito positivo da interferência retroativa; GRI-: grupo de efeito negativo da interferência retroativa; GSI: grupo sem interferência; RET: teste de retenção; * = $p < 0,05$.

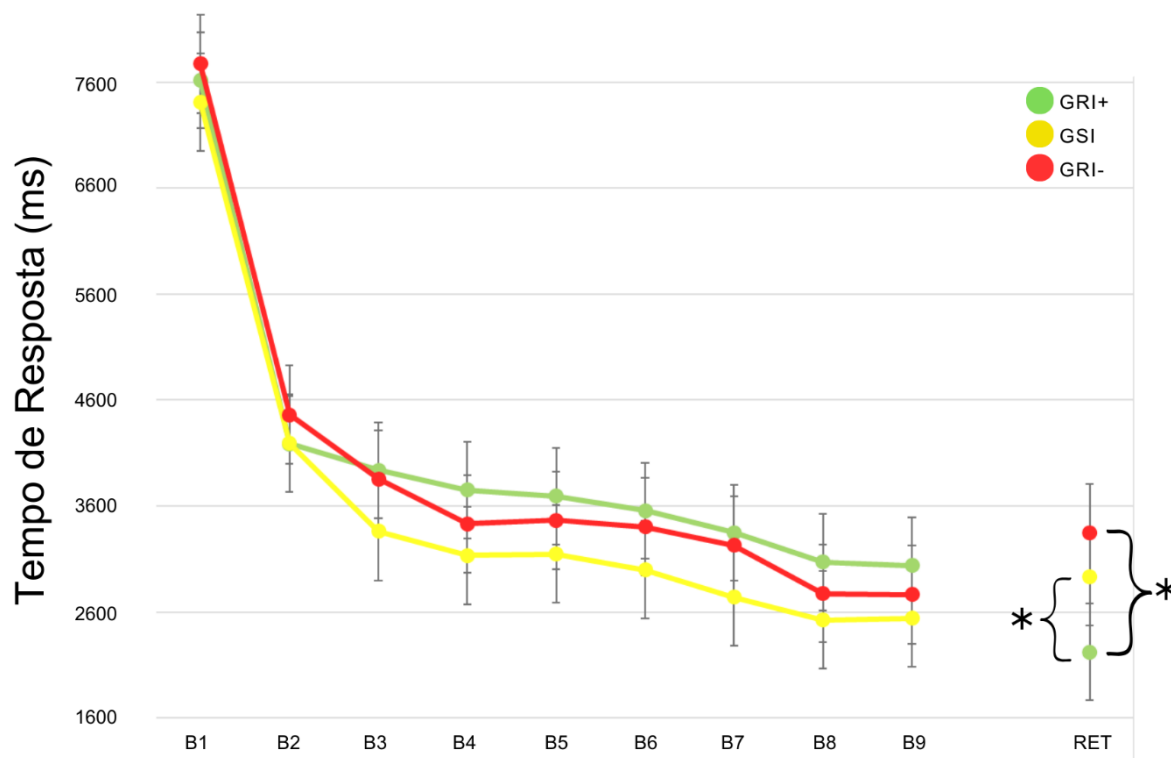
5.3 Tempo de Resposta

A estatística descritiva é apresentada no Gráfico 3. Na fase de aquisição, a ANOVA *two-way* com medidas repetidas no segundo fator indicou que houve melhora estatisticamente significativa ao longo dos blocos ($p < 0,001$, $\eta^2 = 0,423$). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p = 0,519$, $\eta^2 = 0,008$). Não houve interação significativa entre os grupos e os blocos ao longo da tarefa ($p = 0,914$, $\eta^2 = 0,002$).

No teste de retenção, a ANOVA *one-way* indicou diferença estatisticamente significativa entre os grupos no tempo de resposta ($F(2, 63) = 9,343$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,229$). Não houve violação da homogeneidade das variâncias (*Levene*: $p = 0,410$). O teste *post hoc* de *Games-Howell* foi aplicado devido ao ajuste da ANOVA *one-way* com correção de *Welch*. Os resultados mostraram que o grupo GRI+ apresentou

tempos de resposta significativamente menores em comparação aos grupos GRI- ($p < 0,001$) e GSI ($p = 0,033$). Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos GRI- e GSI ($p = 0.320$).

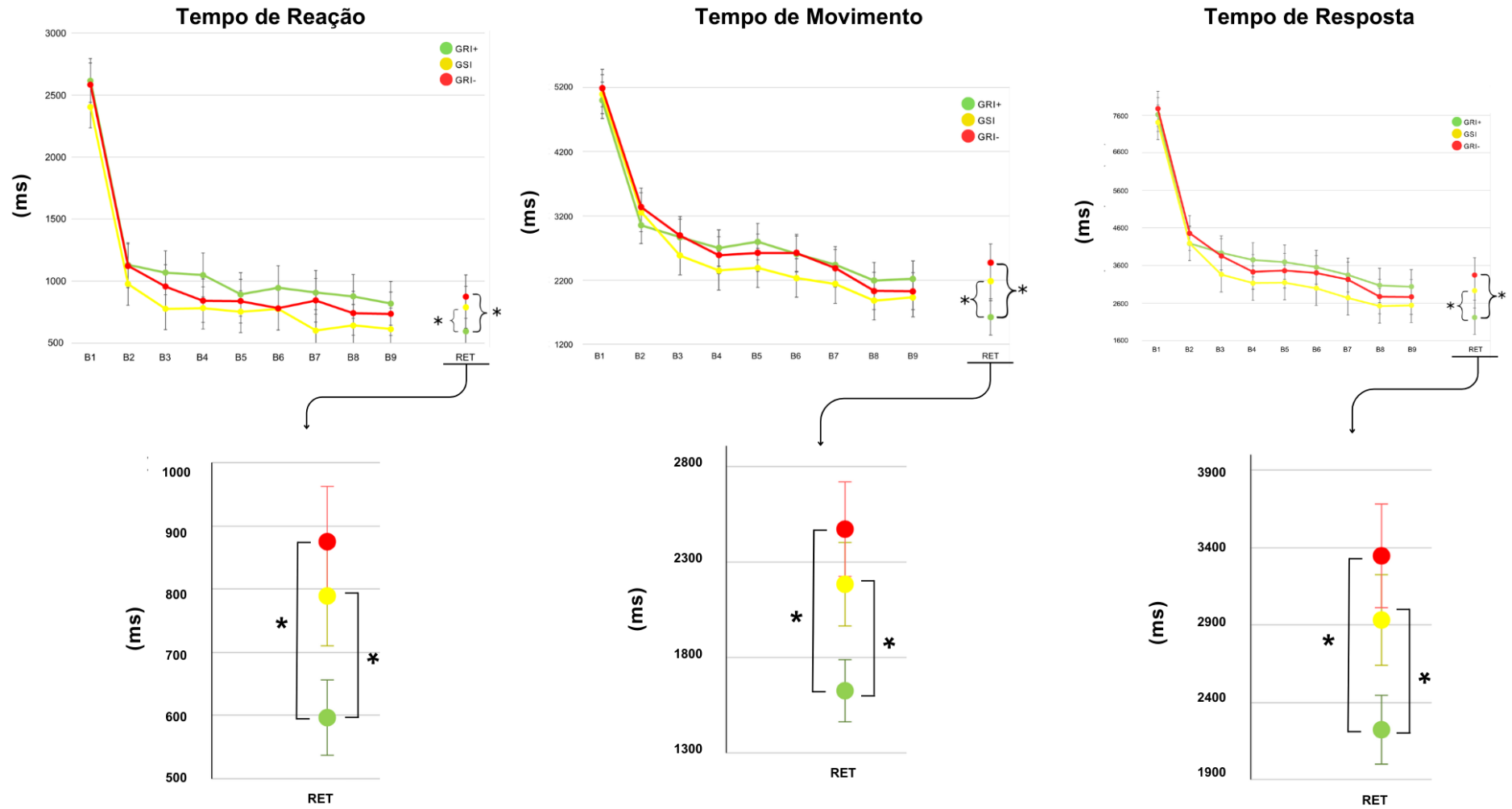
Gráfico 3 - Tempo de Resposta



Legenda: Médias do tempo de reação, tempo de movimento e tempo de resposta (ms) na fase de aquisição e no teste de retenção. GRI+: grupo efeito positivo da interferência retroativa; GRI-: grupo de efeito negativo da interferência retroativa; GSI: grupo sem interferência; RET: teste de retenção; * = $p < 0,05$.

O gráfico suplementar apresentado a seguir (Gráfico 4) exibe um recorte ampliado, focado no desempenho dos grupos no teste de retenção, proporcionando uma visualização mais detalhada das diferenças entre os grupos nas variáveis analisadas.

Gráfico 4 - Recorte ampliado dos resultados (tempo de reação, tempo de movimento e tempo de resposta)

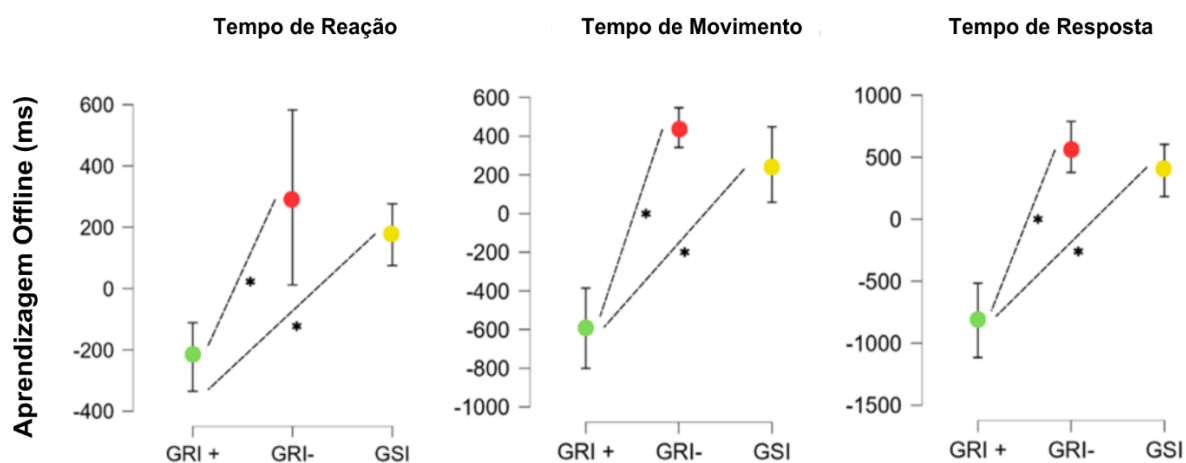


Legenda: Médias do tempo de reação, tempo de movimento e tempo de resposta (ms) na fase de aquisição e no teste de retenção. GRI+: grupo de efeito positivo da interferência retroativa; GRI-: grupo de efeito negativo da interferência retroativa; GSI: grupo sem interferência; RET: teste de retenção; * = $p < 0,05$.

5.4 Aprendizagem *Offline*

A estatística descritiva é apresentada no Gráfico 5. A análise inferencial indicou diferença estatisticamente significativa entre os grupos para a aprendizagem *offline* no TR ($F(2, 38.7) = 15.2, p < 0,001$), no TM ($F(2, 37.6) = 37.9, p < 0,001$) e no Tresp ($F(2, 41.1) = 29.7, p < 0,001$). Os testes *post hoc* de *Games-Howell* revelaram que o grupo GRI+ apresentou uma aprendizagem *offline* significativamente maior quando comparado ao GRI- ($p < 0,001$) para TR ($p = 0,007$), TM ($p < 0,001$) e Tresp ($p < 0,001$). O grupo GRI+ também apresentou uma aprendizagem *offline* significativamente maior quando comparado ao GSI para TR ($p < 0,001$), TM ($p < 0,001$) e Tresp ($p < 0,001$). Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos GSI e GRI-.

Gráfico 5 - Aprendizagem *Offline*



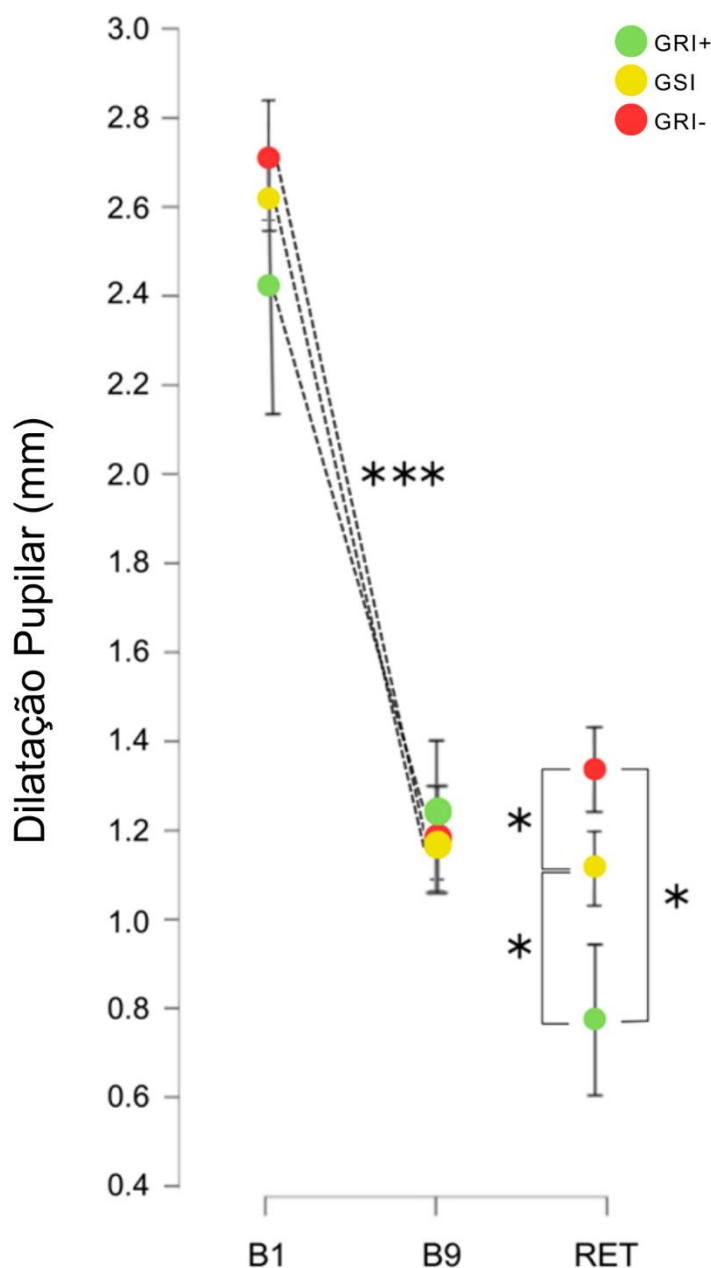
Legenda: Médias e desvio padrão do tempo de reação, tempo de movimento e tempo de resposta (ms) na aprendizagem online. GRI+: grupo de efeito positivo da interferência retroativa; GRI-: grupo de efeito negativo da interferência retroativa; GSI: grupo sem interferência; RET: teste de retenção; * = $p < 0,05$.

5.5 Dilatação Pupilar

A estatística descritiva é apresentada no Gráfico 6. A análise inferencial detectou um efeito principal significativo para o fator bloco ($F(1, 63) = 360.16, p < 0,001, \eta^2 = 0.767$), indicando que houve uma diferença significativa entre o primeiro e último bloco da aquisição. Não houve interação significativa para o fator bloco x grupos ($F(2, 63) = 1.91, p = 0.156, \eta^2 = 0,008$), indicando que a mudança observada nos blocos foi similar entre os grupos. Não houve interação significativa para o fator grupos ($F(2, 63) = 1.38, p = 0.258, \eta^2 = 0,004$).

No teste de retenção, a análise inferencial revelou diferenças significativas entre os grupos ($F(2, 39.8) = 17.408, p < 0,001, \eta^2 = 0.402$). Os testes *post hoc* de *Games-Howell* revelaram que o grupo GRI+ apresentou dilatação pupilar significativamente menor comparado ao GRI- ($p < 0,001$) e GSI ($p = 0,003$). o grupo GRI- apresentou dilatação pupilar significativamente maior comparado ao GSI ($p < 0,004$).

Gráfico 6 - Dilatação pupilar



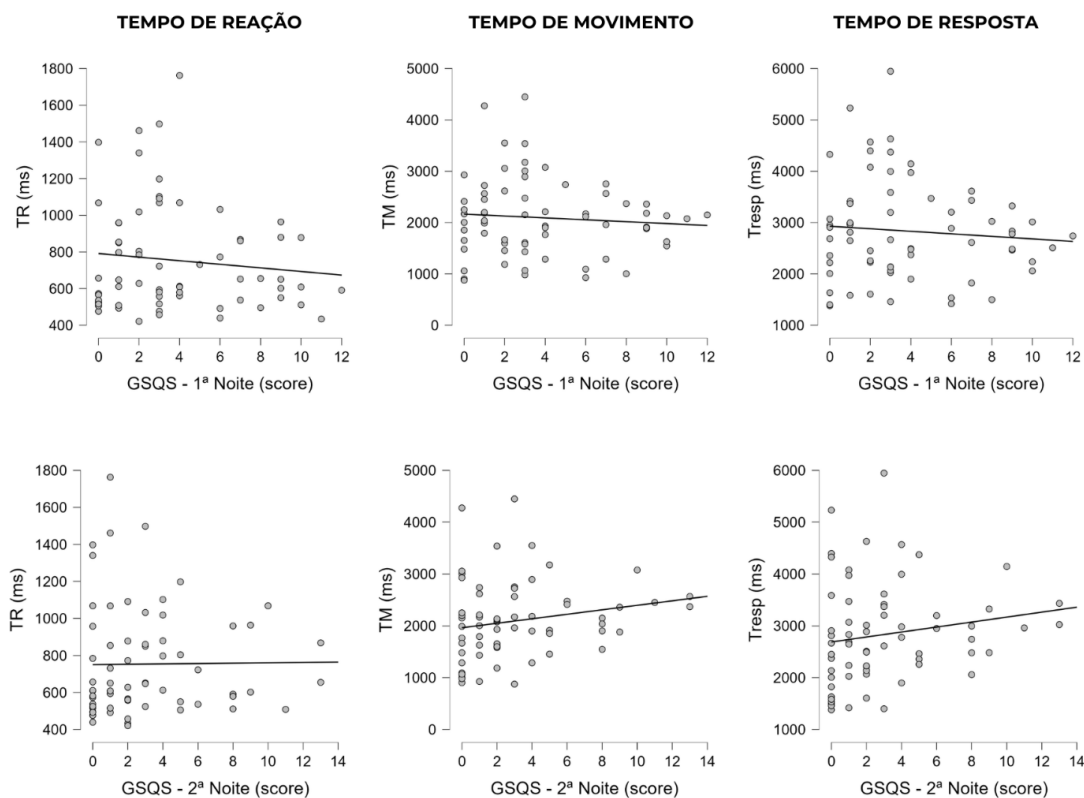
Legenda: Média e desvio padrão da dilatação média da pupila: GRI+: grupo de efeito positivo da interferência retroativa; GRI-: grupo de efeito negativo da interferência retroativa; GSI: grupo sem interferência; B1: primeiro bloco da aquisição; B9: último bloco na aquisição; * = $p < 0,05$; *** = $p < 0,01$ nos três grupos.

5.6 Qualidade do Sono

Não foi encontrada diferença significativa nos escores do questionário GSQS entre os três grupos, tanto no que se refere a qualidade do sono do primeiro dia de coleta ($F(2,63) = 1,13$, $p = 0,329$) quanto no segundo dia ($F(2,63) = 2,49$, $p = 0,091$).

A análise de correlação de *Spearman*, indicou que os escores do GSQS no primeiro dia não se correlacionaram significativamente com o tempo de reação ($\rho = -0,087$, $p = 0,490$) nem com o tempo de resposta ($\rho = 0,192$, $p = 0,125$ na fase de aquisição). Contudo, foi observada correlação positiva e estatisticamente significativa com o tempo de movimento ($\rho = 0,256$, $p = 0,039$), sugerindo que participantes com pior qualidade de sono apresentaram tempos de movimento mais elevados. De forma semelhante, no segundo dia, a análise de correlação de *Spearman*, indicou que os escores do GSQS não houve correlação significativa com o tempo de reação ($\rho = 0,148$, $p = 0,241$), mas observou-se correlação positiva e significativa tanto para o tempo de movimento ($\rho = 0,260$, $p = 0,036$) quanto para o tempo de resposta ($\rho = 0,282$, $p = 0,023$) (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Correlação entre a Qualidade do Sono (1ª e 2ª noite) e variáveis motoras



Legenda: Correlação de Pearson entre os escores de qualidade do sono obtidos pelo *Groningen Sleep Quality Scale* (GSQS) e as variáveis motoras considerando a 1ª e a 2ª noite.

Assim, em ambos os momentos, maiores escores no GSQS, indicativos de pior qualidade de sono, estiveram associados a desempenho mais lento na execução da tarefa.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar o efeito da interferência retroativa na consolidação de uma habilidade motora e sua relação com o esforço cognitivo. Buscou-se compreender como a reapresentação ou não de uma tarefa interferente no momento da evocação (retomada do estado interno) influencia o desempenho e o esforço cognitivo envolvida. Os resultados encontrados confirmaram as todas três hipóteses levantadas. O grupo GRI+ apresentou desempenho significativamente superior aos grupos GRI- e GSI em todas as variáveis analisadas (TR, TM, Tresp, aprendizagem *offline* e dilatação pupilar).

O melhor desempenho do GRI+ sugere que a reapresentação da tarefa interferente antes do teste de retenção possibilitou a retomada do estado interno presente durante a fase de aquisição, facilitando a evocação da memória motora. Essa interpretação está alinhada com a literatura que aponta que pistas contextuais, sejam ambientais, sensoriais ou cognitivas, podem reativar redes neurais associadas ao momento original de codificação da memória (Overton, 1978; Smith; Vela, 2001). No presente estudo, a execução do RAVLT imediatamente antes da tarefa motora no teste de retenção parece ter facilitado a reativação da circuitaria formada, com as informações (tarefa motora + tarefa cognitiva) armazenadas de forma integrada durante a fase de aquisição, favorecendo a evocação da habilidade. Tais achados também se alinham com os achados de Nery *et al.* (2025), que demonstraram que a aquisição de uma informação secundária pode não interferir negativamente na evocação da primeira.

Sob a perspectiva neurobiológica, essa reativação pode ser explicada pela hipótese de integração da memória (Robertson, 2018) que propõe que informações adquiridas em sequência, enquanto a primeira ainda está instável, podem ser consolidadas de forma conjunta, na qual a introdução de informações adicionais durante a janela de instabilidade da memória não necessariamente prejudicaria sua consolidação, podendo levar a uma integração funcional. Nesse contexto, a tarefa interferente não atuou como competidora da memória motora, mas como um elemento complementar que reforçou a rede mnemônica formada.

Sob a perspectiva neurofisiológica, esse processo pode ser compreendido à luz da Teoria de Hebb (Hebb, 1949). Hebb propõe que quando um axônio de uma célula A está perto o suficiente para excitar a célula B e repetidamente ou persistentemente participa do disparo de B, alguns processos de crescimento ou mudanças metabólicas ocorrem em uma ou ambas as células de forma que a eficiência de A, como uma das células que dispara B, é aumentada. Esse fenômeno ocorrendo em uma ampla rede de neurônios é o que podemos chamar de grupamento celular. Um grupamento de células, inicialmente com suas conexões fracas, seria ativado por um estímulo forte. Mesmo após a retirada desse estímulo, há uma reverberação da atividade entre os neurônios, com vários processos moleculares ativos que levarão o antes fraco grupamento a um novo patamar de conectividade. Futuramente, quando o estímulo, ou mesmo parte desse estímulo surgir, todo o grupamento fortalecido será mais fortemente ativado (Albuquerque; Fortes; Lage, 2023). Ao submeter os aprendizes novamente à tarefa secundária antes da tarefa motora no teste de retenção, é possível que esta condição tenha servido como um estímulo ativador da rede de neurônios criada na formação da memória motora.

Já o desempenho inferior do GSI em relação ao GRI+ pode parecer contraintuitivo, já que o GSI não foi exposto a nenhuma interferência entre aquisição e retenção. No entanto, os dados indicam que a reapresentação da tarefa interferente no momento da evocação (caso do GRI+) proporcionou uma vantagem contextual decisiva, que o GSI não teve.

Sob a perspectiva neurofuncional, uma explicação alternativa para o melhor desempenho do GRI+ pode estar associada à complexidade da tarefa cognitiva empregada (RAVLT). Essa tarefa demanda múltiplos processos, atenção sustentada, codificação e evocação verbal, memória de trabalho e tomada de decisão, gerando elevada ativação cortical e subcortical durante sua execução. Essa alta demanda cognitiva pode ter promovido um aumento da atividade hemodinâmica cerebral, incluindo maior fluxo sanguíneo favorecendo mecanismos de LTP nas redes neurais envolvidas (McGaugh, 2000; Sara, 2009). Nesse sentido, a interferência retroativa, quando associada a tarefas cognitivas de alta complexidade, pode não apenas servir como pista contextual ou fortalecimento dos engramas, mas também como um gatilho fisiológico para otimizar a recuperação de memórias motoras.

O menor esforço cognitivo observado no GRI+ durante o teste de retenção, refletido pela menor dilatação pupilar, reforça essa interpretação e confirma a H2 do

estudo. Trabalhos anteriores já demonstraram que o esforço cognitivo tende a diminuir à medida que a habilidade é consolidada (Rietschel *et al.*, 2014). Em contrapartida, os grupos GRI- e GSI mantiveram maiores níveis de dilatação pupilar na retenção, possivelmente devido ao menor grau reativação de redes neurais já estabelecidas previamente, limitado a eficiência da evocação.

Esse padrão sugere que a interação entre a consolidação da memória motora e a similaridade do contexto no momento de evocação pode ser um fator determinante para a aprendizagem motora, com a tarefa cognitiva atuando como uma estratégia de reativação dos circuitos envolvidos na aquisição e consolidação da habilidade, que também pode ser inferida através do significativamente menor custo de troca do GRI+ quando comparado ao GSI, que não foi exposto a tarefa secundária em nenhum momento do experimento.

Os dados de aprendizagem *offline*, calculados através da diferença entre o desempenho no teste de retenção e o último bloco da fase de aquisição (RET - B9), também confirmaram a H1 e indicaram uma melhora significativa no desempenho do grupo GRI+ em comparação aos grupos GRI- e GSI. Especificamente, o grupo GRI+ apresentou valores negativos de aprendizagem *offline*, refletindo um tempo de resposta menor no teste de retenção em relação ao final da aquisição. Por outro lado, o grupo GRI- mostrou um aumento significativo no tempo de resposta, caracterizando um claro declínio de desempenho. Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos GSI e GRI-, sugerindo que a variável independente do estudo de fato foi a responsável pelo comportamento observado.

Os resultados obtidos neste estudo reforçam a importância de considerar a qualidade do sono como um fator potencialmente modulador da aprendizagem motora e da formação de memória. Evidências na literatura indicam que o sono exerce papel fundamental nos processos de consolidação, facilitando a estabilização e a otimização das memórias motoras recém-adquiridas (Walker; Stickgold, 2004). Alterações na qualidade ou quantidade do sono podem comprometer esse processo, resultando em prejuízos no desempenho subsequente (Walker *et al.*, 2002).

Ainda que não tenham sido encontradas diferenças estatisticamente significativas na qualidade do sono entre os grupos, foi observada uma associação positiva entre escores mais elevados no GSQS (indicativos de pior qualidade de sono) e maiores tempos de movimento e de resposta em determinadas fases da tarefa, corroborando a necessidade de seu monitoramento e controle em experimentos dessa

natureza. No entanto, como não houve diferença significativa entre os grupos quanto à qualidade do sono, é possível afirmar que tal variável não atuou como fator de confusão relevante na comparação dos resultados entre condições experimentais, garantindo que as conclusões principais do estudo não foram comprometidas.

O estudo apresenta algumas possíveis limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Uma limitação importante do presente estudo diz respeito à escolha do RAVLT como tarefa interferente. Embora esse teste seja amplamente utilizado para avaliar memória verbal e apresente boa validade ecológica, ele envolve predominantemente processamento auditivo-verbal e estratégias mnemônicas específicas. É possível que a natureza da tarefa interferente tenha favorecido uma integração particular com a memória motora, potencializando o efeito positivo observado no GRI+. Também é importante considerar que a dilatação pupilar, utilizada como medida de esforço cognitivo, pode ser influenciada por variáveis externas como luminância, fadiga, emoção, frequência de piscadas e pequenas imprecisões na calibração do equipamento. Apesar de terem sido adotados procedimentos de controle, não é possível excluir totalmente esses fatores como potenciais fontes de variação. Além disso, embora a qualidade do sono tenha sido avaliada e controlada, outros aspectos fisiológicos e psicológicos podem ter atuado como moduladores da consolidação e evocação, como a motivação e estresse.

Com base nessas limitações, alguns caminhos se destacam para estudos futuros. Em primeiro lugar, a variação do tipo de tarefa interferente permitiria verificar se o efeito positivo da rerepresentação é específico de atividades verbais ou se se estende a outros domínios cognitivos e motores. Outra direção seria a mensuração direta da hemodinâmica cerebral e da atividade neural, combinando fNIRS ou fMRI para quantificar respostas funcionais. Além destas, investigar se o efeito da interferência retroativa pode ser modulado com a organização da prática, visto que práticas mais variáveis resultam maior consolidação da habilidade, exigindo mais dos processos mnemônicos e apresentando uma maior consistência e flexibilidade quando comparada às práticas mais repetitivas (Lage *et al.*, 2017; Lage *et al.*, 2021).

Em suma, os achados indicam que a manipulação contextual na fase de evocação pode modular a recuperação de memórias e, na aprendizagem motora, pode reverter ou transformar a interferência retroativa em benefício quando o contexto interferente é rerepresentado no teste de retenção. Ademais, os achados trazem novos conhecimentos sobre a interferência retroativa no campo da aprendizagem motora.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar o efeito da interferência retroativa na consolidação de uma habilidade motora e sua relação com o esforço cognitivo. Através dos achados, observou-se que a tarefa interferente, longe de prejudicar a consolidação da memória motora, pode servir como um estímulo contextual que facilita a reativação das redes neurais associadas à aprendizagem memória motora, refletindo um esforço cognitivo menor durante o teste de retenção. Além disso, a mensuração do esforço cognitivo, por meio da dilatação pupilar, se mostrou uma ferramenta valiosa para entender os processos subjacentes à aprendizagem e à consolidação da memória.

Em resumo, a manipulação do contexto de evocação e a interação entre tarefas motoras e cognitivas oferecem novas perspectivas para o campo da aprendizagem motora, revelando que a interferência retroativa pode ser um recurso potencialmente benéfico para a consolidação e evocação de habilidades motoras, desde que seja estrategicamente administrada.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAMSE, E. L.; VERWEY, W. B. Context dependent learning in the serial RT task. **Psychological Research**, v. 74, n. 2, p. 153-163, 2007.
- ADAMS, J. A. A closed-loop theory of motor learning. **Journal of Motor Behavior**, v. 3, n. 2, p. 111-149, 1971.
- ALBUQUERQUE, M. R.; FORTES, L. S.; LAGE, G. M. **Neurociências do comportamento motor, atividade física & esportes: conceitos e aplicações**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora Ampla, 2023.
- ALVES, M. V. C. **Interferência retroativa de diferentes demandas cognitivas na consolidação da memória**. 2013. Dissertação (Mestrado em Psicobiologia) - Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina, São Paulo, 2013.
- ALVES, M. V. C. **Esforço mental e suscetibilidade à interferência na recuperação da memória episódica**. 2017. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina, São Paulo, 2017.
- ANDERSON, M. C. Rethinking interference theory: Executive control and the mechanisms of forgetting. **Journal of Memory and Language**, v. 49, n. 4, p. 415-445, 2003.
- ANDERSON, M. C.; GREEN, C.; McCULLOCH, K. C. Similarity and inhibition in long-term memory: Evidence for a two-factor theory. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, v. 26, n. 5, p. 1141-1159, 2000.
- ANDREJKOVICS, M.; BALLA, P.; BERECZKI, D. Susceptibility to interference and intrusion errors in consequence of the dominant hemisphere's hippocampal infarct: A case report. **Neurocase**, v. 20, n. 2, p. 226-230, 2013.
- APOLINÁRIO-SOUZA, T.; PEREIRA, G. S.; LELIS-TORRES, N.; NERY, I. R.; SILVA, R. J. A.; LAGE, G. M. The effect of context variability on motor learning. **Human Movement Science**, v. 78, p. 102794, 2021. DOI: 10.1016/j.humov.2021.102794.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- BEATTY, J. Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources. **Psychological Bulletin**, Washington, DC, v. 91, n. 2, p. 276-292, 1982.
- BERNSTEIN, N. **The co-ordination and regulation of movement**. Oxford: Pergamon Press, 1967.
- BLANCA, M. J.; ARNAU, J.; GARCÍA-CASTRO, F. J.; ALARCÓN, R.; BONO, R. Non-normal data in repeated measures ANOVA: impact on type I error and power. **Psicothema**, v. 35, n. 1, p. 21-39, 2023.
- BRODT, S.; INOSTROZA, M.; NIETHARD, N.; BORN, J. Sleep - A brain-state serving systems memory consolidation. **Neuron**, v. 111, n. 7, p. 1050-1075, 2023.

BROWN, R. M.; ROBERTSON, E. M. Off-Line Processing: Reciprocal Interactions between Declarative and Procedural Memories. **The Journal of Neuroscience**, v. 27, n. 39, p. 10468-10475, 2007.

BROWN, R. Forgetting to remember: The functional relationship of decay and interference in memory. **Journal of Memory and Language**, v. 46, n. 2, p. 160-170, 2002.

C3TECH. **Teclado USB Multimídia KB-M40BK Preto**. São Paulo: C3Tech, 2024. Disponível em: <https://www.c3tech.com.br>.

CHEE, M. W. L.; CHUAH, L. Y. M. Functional neuroimaging insights into how sleep and sleep deprivation affect memory and cognition. **Current Opinion in Neurology**, v. 21, n. 4, p. 417-423, 2008.

CHIVIACOWSKY, S.; TANI, G. Efeitos da frequência do conhecimento de resultados na aprendizagem de uma habilidade motora em crianças. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 7, n. 1, p. 45-57, 1993.

COHEN, N. J. Preserved learning capacity in amnesia: evidence for multiple memory systems. In: SQUIRE, L. R.; BUTTERS, N. (Ed.). **Neuropsychology of memory**. New York: Guilford Press, 1984. p. 83-103.

COHEN, N. J. The role of the hippocampus in memory inhibition. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 20, n. 6, p. 409-417, 2016.

CORNEIL, B. D.; MUNOZ, D. P. Overt responses during covert orienting. **Neuron**, v. 82, n. 6, p. 1230-1243, 2014.

COUSINS, J.; FERNÁNDEZ, G. The impact of sleep deprivation on declarative memory. **Progress in Brain Research**, v. 246, p. 27-53, 2019.

COWAN, N.; BESCHIN, N.; SALA, S. D. Verbal recall in amnesiacs under conditions of diminished retroactive interference. **Brain: A Journal of Neurology**, v. 127, n. 1, p. 89-98, 2004.

DAYAN, E.; COHEN, L. G. Neuroplasticity subserving motor skill learning. **Neuron**, v. 72, n. 3, p. 443-454, 2011.

DELL TECHNOLOGIES. **Dell Inspiron 15 3000**. Austin: Dell Technologies, 2024. Disponível em: <https://www.dell.com>.

DELL TECHNOLOGIES. **Dell P2213T**. Austin: Dell Technologies, 2012. Disponível em: <https://www.dell.com>.

DEWAR, M. T.; COWAN, N.; DELLA SALA, S. Delaying interference enhances memory consolidation in amnesic patients. **Journal of Neuroscience**, v. 27, n. 47, p. 13436-13439, 2007.

DEWAR, M. T.; COWAN, N.; SALA, S. D. Forgetting due to retroactive interference: a fusion of Müller and Pilzecker's (1900) early insights into everyday forgetting and recent research on anterograde amnesia. **Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior**, v. 43, n. 5, p. 616-634, 2007.

DEWAR, M. T.; COWAN, N.; DELLASALA, S. Forgetting due to retroactive interference in amnesia: Findings and implications. In: DELLA SALA, Sergio (Ed.). **Forgetting**. Psychology Press, 2010. p. 185-208.

DIEKELMANN, S; BORN, J. The memory function of sleep. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 11, n. 2, p. 114-126, 2010.

DOYON, J.; PENHUNE, V.; UNGERLEIDER, L. G. Distinct contribution of the cortico-striatal and cortico-cerebellar systems to motor skill learning. **Neuropsychologia**, v. 41, n. 3, p. 252-262, 2003.

DOYON, J.; COHEN, L. G. The contribution of neuroimaging to the understanding of human motor learning. **NeuroImage**, Amsterdam, v. 61, n. 3, p. 1127–1136, 2012.

DUDAI, Y. The Consolidation and Transformation of Memory. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 14, n. 2, p. 209-214, 2004.

DUDAI, Y. The restless engram: consolidations never end. **Annual Review of Neuroscience**, v. 35, p. 227-247, 2012.

EBITZ, R. B.; PLATT, M. L. Neuronal activity in primate dorsal anterior cingulate cortex signals task conflict and predicts adjustments in pupil-linked arousal. **Neuron**, v. 85, n. 3, p. 628-640, 2015.

ESPÍRITO-SANTO, H.; PIRES, C. F.; GARCIA, I. Q.; DANIEL, F.; SILVA, A. G.; FAZIO, R. L. Preliminary validation of the Portuguese Edinburgh Handedness Inventory in an adult sample. **Applied Neuropsychology: Adult**, v. 24, n. 3, p. 275-287, 2017.

FIELD, A. **Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics**. 4. ed. London: Sage Publications, 2013.

FELD, G. B.; LANGE, T.; GAIS, S.; BORN, J. Sleep-Dependent declarative memory consolidation - unaffected after blocking NMDA or AMPA receptors but enhanced by NMDA coagonist D-Cycloserine. **Neuropsychopharmacology**, v. 38, p. 2688–2697, 2013.

FISCHER, S.; DROSOPULOS, S.; TSEN, J.; BORN, J. Implicit learning-explicit knowing: A role for sleep in memory consolidation. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, v. 31, n. 1, p. 3-14, 2005.

FITTS, P. M.; POSNER, M. I. **Human performance**. Belmont: Brooks/Cole, 1967.

FORTUNA, B. C. **Efeito da estimulação transcraniana por corrente contínua na aprendizagem motora de curto e longo prazo**. 2022. Dissertação (Mestrado em Neurociências) - Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Neurociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

GENTILE, A. M. A working model of skill acquisition with application to teaching. **Quest**, v. 17, p. 3-23, 1972.

GEVINS, A.; SMITH, M. E. Neurophysiological measures of cognitive workload during human–computer interaction. **Theoretical Issues in Ergonomics Science**, London, v. 4, n. 1-2, p. 113-131, 2003.

GISQUET-VERRIER, P.; LYNCH, J. F.; CUTOLO, P.; TOLEDANO, D.; ULMEN, A.; JASNOW, A. M.; RICCIO, D. C. Integration of new information with active memory accounts for retrograde amnesia: A challenge to the consolidation/reconsolidation hypothesis? **The Journal of Neuroscience**, v. 35, n. 1, p. 311-317, 2015.

GIUDITTA, A. Sleep memory processing: the sequential hypothesis. **Frontiers in Systems Neuroscience**, v. 8, p. 219, 2014.

GRANHOLM, E. E.; STEINHAEUER, S. R. Pupillometric measures of cognitive and emotional processes. **International Journal of Psychophysiology**, v. 52, n. 1, p. 1-6, 2004.

HAUFLER, A. J.; SPALDING, T. W.; SANTA MARIA, D. L.; HATFIELD, B. D. Neuro cognitive activity during a self-paced visuospatial task: comparative EEG profiles in marksmen and novice shooters. **Biological Psychology**, v. 53, n. 2-3, p. 131-160, 2000.

HEBB, D. O. **The organization of behavior**. New York: Wiley, 1949.

HESS, E. H.; POLT, J. M. Pupil size in relation to mental activity during simple problem-solving. **Science**, v. 143, n. 3611, p. 1190-1192, 1964.

IZQUIERDO, I. Different forms of posttraining memory processing. **Behavioral and Neural Biology**, v. 51, n. 2, p. 171-202, 1989.

IZQUIERDO, I. **Memória**. 2. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2011.

IZQUIERDO, I. **Memória**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

IZQUIERDO, I.; MEDINA, J. H. Memory formation: the sequence of biochemical events in the hippocampus and its connection to activity in other brain structures. **Neurobiology of Learning and Memory**, v. 68, n. 3, p. 285-316, 1997.

IZQUIERDO, I.; BEVILAQUA, L. R.; ROSSATO, J. I.; BONINI, J. S.; MEDINA, J. H.; CAMMAROTA, M. Different molecular cascades in different sites of the brain control memory consolidation. **Trends in Neurosciences**, v. 29, n. 9, p. 496-505, 2006.

JIANG, X; ZHENG, B; BEDNARIK, R; ATKINS, M. S. Pupil responses to continuous aiming movements. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 83, p. 1-11, 2015.

JOSHI, S.; LI, Y.; KALWANI, R. M.; GOLD, J. I. Relationships between pupil diameter and neuronal activity in the locus coeruleus, colliculi, and cingulate cortex. **Neuron**, v. 89, n. 1, p. 221-234, 2016.

KAHNEMAN, D. *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1973.

KAHNEMAN, D.; BEATTY, J. Pupil diameter and load on memory. **Science**, v. 154, n. 3756, p. 1583-1585, 1966.

KANDEL, E. R. **In search of memory**: the emergence of a new science of mind. New York: W. W. Norton & Company, 2006.

KANDEL, E. R.; SQUIRE, L. R. Neuroscience: Breaking Down Scientific Barriers to the Study of Brain and Mind. **Science**, v. 290, n. 5494, p. 1113-1120, 2000.

KASSNER, M.; PATERA, W.; BULLING, A. Pupil: an open source platform for pervasive eye tracking and mobile gaze-based interaction. In: PROCEEDINGS of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct Publication. Seattle: ACM, 2014. p. 1151-1160.

KLINGNER, J.; TVERSKY, B.; HANRAHAN, P. Effects of visual and verbal presentation on cognitive load in vigilance, memory, and arithmetic tasks. **Psychophysiology**, v. 48, n. 3, p. 323-332, 2011.

LAENG, B.; SIROIS, S.; GREDEBÄCK, G. Pupillometry: A window to the preconscious? **Perspectives on Psychological Science**, Los Angeles, v. 7, n. 1, p. 18–27, 2012.

LAGE, G. M. **Associação entre impulsividade e controle motor**. 2010. Tese (Doutorado em Neurociências) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

LAGE, G. M.; APOLINÁRIO-SOUZA, T.; ALBUQUERQUE, M. R.; PORTES, L. L.; DA SILVA JANUÁRIO, M.; VIEIRA, M. M.; UGRINOWITSCH, H. The effect of constant practice in transfer tests. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 23, n. 2, p. e101602, 2017.

LAGE, G. M.; FERNANDES, L. A.; APOLINÁRIO-SOUZA, T.; NOGUEIRA, N. G. H. M.; FERREIRA, B. P. Mini-Review: practice organization beyond memory processes. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 15, n. 3, p. 186-197, 2021.

LAI, Q.; SHEA, C. H. Generalized motor program (GMP) learning: Effects of reduced frequency of knowledge of results and practice variability. **Journal of Motor Behavior**, v. 30, n. 1, p. 51-59, 1998.

LECHNER, H. A.; SQUIRE, L. R.; BYRNE, J. H. 100 years of consolidation-remembering Müller and Pilzecker. **Learning & Memory**, v. 6, n. 2, p. 77-87, 1999.

LEE, T. D. Transfer-Appropriate Processing: A Framework for Conceptualizing Practice Effects in Motor Learning. **Advances in Psychology**, v. 50, p. 201-215, 1988. DOI: 10.1016/s0166-4115(08)62557-1.

LEE, Y. Y.; FISHER, B. E. The Effect of Practice Schedule on Context Dependent Learning. **Journal of Motor Behavior**, v. 51, n. 2, p. 121-128, 2019.

LENOVO. **IdeaPad 3i Gen 7 (15" Intel)**. Beijing: Lenovo, 2024. Disponível em: <https://www.lenovo.com>.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios?** conceitos fundamentais de neurociência. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2010.

LGELECTRONICS. **LG 49UH6100**. Seoul: LG Electronics, 2024. Disponível em: <https://www.lg.com>.

LOEWENFELD, I. E. **The Pupil: Anatomy, Physiology, and Clinical Applications**. Detroit: Wayne State University Press, 1993.

MAGILL, R. A. **Aprendizagem Motora - Conceitos e Aplicações**. 5. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

MALLOY-DINIZ, L. F.; DA CRUZ, M. F.; DE MACEDO TORRES, V.; COSENZA, R. M. The Rey auditory-verbal learning test: norms for a brazilian sample. **Revista Brasileira de Neurologia**, v. 36, n. 3, p. 79-83, 2000.

MAXWELL, S. E.; DELANEY, H. D. **Designing Experiments and Analyzing Data: A Model Comparison Perspective**. 2. ed. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2004.

MCDUGAL, D. H.; GAMLIN, P. D. Autonomic control of the eye. **Comprehensive Physiology**, v. 5, n. 1, p. 439-473, 2015.

MCGAUGH, J. L. Memory - a century of consolidation. **Science**, v. 287, n. 5451, p. 248-251, 2000.

MCGAUGH, J. L. Time-dependent processes in memory storage. **Science**, v. 153, n. 3742, p. 1351-1358, 1966.

MEIJMAN, T. F.; DE VRIES-GRIEVER, A. H.; DE VRIES, G. A avaliação da Escala de Qualidade do Sono de Groningen. **Boletim Heymans**, Groningen, 1988.

MEIJMAN, T. F.; THUNNISSEN, M. J.; DE VRIES-GRIEVER, A. G. H. The after-effects of a prolonged period of day-sleep on subjective sleep quality. **Work & Stress**, v. 4, n. 1, p. 65-70, 1990.

MEYER, H. C.; BUCCI, D. J. Neural and behavioral mechanisms of proactive and reactive inhibition. **Learning & Memory**, v. 23, p. 504-514, 2016.

MURPHY, P. R.; VANDEKERCKHOVE, J.; NIEUWENHUIS, S. Pupil-linked arousal determines variability in perceptual decision making. **PLOS Computational Biology**, v. 10, n. 9, p. e1003854, 2014.

NADEL, L.; BOHBOT, V. Consolidation of memory. **Hippocampus**, v. 11, n. 1, p. 56-60, 2001.

NADER, K.; SCHAFE, G. E.; LEDOUX, J. E. Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval. **Nature**, v. 406, n. 6797, p. 722-726, 2000.

NERY, I. R. *et al.* Efeito da interferência retroativa na consolidação de memória. **Journal of Motor Learning and Development**, 2025. [submetido].

NEWELL, K. M. Coordination, control, and skill. In: GOODMAN, D.; WILBERG, R. B.; FRANKS, I. M. (Ed.). **Differing perspectives in motor learning, memory and control**. Amsterdam: North-Holland, 1985. p. 295-317.

OLDFIELD, R. C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. **Neuropsychologia**, v. 9, n. 1, p. 97-113, 1971.

OVERTON, D. A. Basic mechanisms of state-dependent learning. **Psychopharmacological Bulletin**, v. 14, n. 2, p. 67-68, 1978.

PETERSEN, S. E.; POSNER, M. I. The attention system of the human brain: 20 years after. **Annual Review of Neuroscience**, v. 35, p. 73-89, 2012.

PUPILLABS. **Core**. Berlin: Pupil Labs, 2024. Disponível em: <https://pupil-labs.com/products/core>.

PURVES, D.; AUGUSTINE, G. J.; FITZPATRICK, D.; HALL, W. C.; LAMANTIA, A.-S.; McNAMARA, J. O.; WHITE, L. E. **Neurociências**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

REY, A. **L'examen clinique en psychologie**. Paris: Presses Universitaires de France, 1958.

RHEIN, D.; VAKIL, E. The impact of interference on memory performance in older adults. **Journal of Gerontology: Psychological Sciences**, v. 73, n. 1, p. 123-130, 2018.

RIESTCHEL, J. C.; MCDONALD, C. G.; GOODMAN, R. N.; MILLER, M. W.; JONES-LUSH, L. M.; WITTENBERG, G. F.; HATFIELD, B. D. Psychophysiological support of increasing attentional reserve during the development of a motor skill. **Biological Psychology**, v. 103, p. 322-329, 2014.

ROBERTSON, E. M. Memory instability as a gateway to generalization. **PLoS Biology**, v. 16, n. 3, p. e2004633, 2018.

ROBERTSON, E. M. New insights in human memory interference and consolidation. **Current Biology**, v. 22, n. 2, p. R66-R71, 2012.

ROEDIGER III, H. L.; DUDAI, Y.; FITZPATRICK, S. M. **Science of memory: concepts**. New York: Oxford University Press, 2007.

ROUTTENBERG, A. It's about time. In: GOLD, P. E.; GREENOUGH, W. T. (Ed.). **Memory consolidation**. Washington: American Psychological Association, 2000. p. 17-34.

SAMUELS, E. R.; SZABADI, E. Functional neuroanatomy of the noradrenergic locus coeruleus: its roles in the regulation of arousal and autonomic function part I: principles of functional organisation. **Current Neuropharmacology**, v. 6, n. 3, p. 235-253, 2008.

SARA, S. J. The locus coeruleus and noradrenergic modulation of cognition. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 10, n. 3, p. 211-223, 2009.

SCHMIDER, E.; ZIEGLER, M.; DANAY, E.; BEYER, L.; BÜHNER, M. Is it really robust? Reinvestigating the robustness of ANOVA against violations of the normal distribution assumption. **Methodology**, v. 6, n. 4, p. 147-151, 2010.

SCHMIDT, R. A.; LEE, T. D. **Motor control and learning: a behavioral emphasis**. 3. ed. Champaign: Human Kinetics, 1999.

SMITH, S. M.; VELA, E. Environmental context-dependent memory: A review and meta-analysis. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 8, n. 2, p. 203-220, 2001.

STRAUCH, C.; KONIAKOWSKY, I.; HUCKAUF, A. Decision Making and Oddball Effects on Pupil Size: Evidence for a Sequential Process. **Journal of Cognition**, v. 3, n. 1, p. 7, 2020.

STRAUCH, C.; WANG, C. A.; EINHÄUSER, W.; VAN DER STIGCHEL, S.; NABER, M. Pupillometry as an integrated readout of distinct attentional networks. **Trends in Neurosciences**, v. 45, n. 8, p. 635-647, 2022.

TANI, G.; CORRÊA, U. C. Da aprendizagem motora à pedagogia do movimento: novos insights acerca da prática de habilidades motoras. In: LEBRE, E.; BENTO, J. O. (Ed.). **Professor de educação física: Ofícios da profissão**. Universidade do Porto, 2004.92.

TANIZAKI, H. Power comparison of non-parametric tests: Small-sample properties from Monte Carlo experiments. **Journal of Applied Statistics**, v. 24, p. 603-632, 1997.

TAO, D.; TAN, H.; WANG, H.; ZHANG, X.; QU, X.; ZHANG, T. A systematic review of physiological measures of mental workload. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 15, p. 2716, 2019.

THE JAMOVI PROJECT. **Jamovi** (Version 2.3). 2023. Disponível em: <https://www.jamovi.org>.

TULVING, E. Memória episódica e semântica. In: TULVING, E.; DONALDSON, W. (Ed.). **Organização da memória**. New York: Academic Press, 1972. p. 381-403.

UNSWORTH, N; BREWER, G. A.; SPILLERS, G. J. Focusing the search: Proactive and retroactive interference and the dynamics of free recall. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, v. 39, n. 6, p. 1742-1756, 2013.

WALKER, M. P.; STICKGOLD, R. Sleep-dependent learning and memory consolidation. **Neuron**, v. 44, n. 1, p. 121-133, 2004.

WALKER, M. P.; BRAKEFIELD, T.; MORGAN, A.; HOBSON, J. A.; STICKGOLD, R. Practice with sleep makes perfect: sleep-dependent motor skill learning. **Neuron**, v. 35, n. 1, p. 205-211, 2002.

WANG, C.-A.; BOEHNKE, S. E.; WHITE, B. J.; MUNOZ, D. P. Microstimulation of the monkey superior colliculus induces pupil dilation without evoking saccades. *The Journal of Neuroscience*, v. 32, n. 11, p. 3629–3636, 2012.

WANG, C.-A.; MUNOZ, D. P. Neural basis of location-specific pupil luminance modulation. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 115, n. 38, p. 9558-9563, 2018.

WANG, C. A.; BOEHNKE, S. E.; ITTI, L.; MUNOZ, D. P. Transient pupil response is modulated by contrast-based saliency. **Journal of Neuroscience**, v. 34, n. 2, p. 408-417, 2014.

WEIL, J. V. Sleep at high altitude. **High Altitude Medicine & Biology**, v. 5, n. 2, p. 180-189, 2004.

WIXTED, J. T. The Psychology and Neuroscience of Forgetting. **Annual Review of Psychology**, v. 55, p. 235-269, 2004.

WULF, G. Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, v. 6, n. 1, p. 77-104, 2013.

WULF, G.; CHIVIAKOWSKY, S.; DREWS, R. External focus and autonomy support: Two important factors in motor learning have additive benefits. **Human Movement Science**, v. 44, p. 176-184, 2015.

WULF, G.; MCNEVIN, N.; SHEA, C. H. The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 54, n. 4, p. 1143-1154, 2001.

XIVRY, J. O.; SHADMEHR, R. Electrifying the motor engram: effects of tDCS on motor learning and control. **Experimental Brain Research**, v. 232, n. 11, p. 3379-3395, 2014.

ZIMMERMAN, D. W. Invalidation of parametric and nonparametric statistical tests by concurrent violation of two assumptions. **Journal of Experimental Education**, v. 67, p. 55-68, 1998.

ZOIA, S.; BIANCOTTO, M.; GUICCIARDI, M.; LECIS, R.; LUCIDI, F.; PELAMATTI, G. M.; CARROZZI, M.; SKABAR, A.; SUGDEN, D. A.; BARNETT, A. L.; HENDERSON, S. E. An evaluation of the Movement ABC-2 Test for use in Italy: A comparison of data from Italy and the UK. **Research in Developmental Disabilities**, 2019.

APÊNDICE I

EXPERIMENTO 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TÍTULO DA PESQUISA: Aprendizagem Motora e Consolidação Da Memória

Gostaríamos de convidá-lo a participar de nosso estudo. O presente estudo propõe investigar os efeitos da consolidação da memória na aprendizagem de uma habilidade motora. Você realizará uma tarefa de pressionamento de teclas no computador. Além disso, você usará um aparelho similar a um óculos com câmera, denominado eye-tracker, que permite identificar o direcionamento do seu olhar. Também será instalado um equipamento de eletroencefalografia (EEG) para medir a sua atividade cerebral enquanto você pratica a tarefa. Esse equipamento é seguro e indolor.

PROCEDIMENTOS: Os testes serão realizados no Grupo de Estudos em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEDAM), da Faculdade de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional - EEEFTO/UFMG. Você realizará um teste de preferência lateral e receberá as instruções para a realização da tarefa. O experimento consistirá em 2 sessões. Inicialmente, na primeira sessão, você realizará uma tarefa caracterizada por um sequenciamento de 4 teclas utilizando o teclado de um computador e uma tarefa caracterizada pela memorização de listas de palavras. Você será testado na segunda sessão após 24 horas, seguindo procedimentos idênticos em todas as sessões. Os horários para a sua participação serão estabelecidos de acordo com sua disponibilidade. O tempo previsto para realização dos procedimentos é de 45 minutos e 20 minutos nos respectivos primeiro e segundo dia de teste.

RISCOS E DESCONFORTOS: O uso de eletrodos no couro cabeludo, especialmente quando aplicados por um longo período, pode causar desconforto. O gel condutor usado para melhorar a qualidade do sinal também pode causar incômodo.

CONFIDENCIALIDADE E BENEFÍCIOS: Para garantir a confidencialidade da informação obtida, seu nome não será utilizado em qualquer publicação ou material relacionado ao estudo. Não há benefício direto para você. Porém, os benefícios indiretos serão decorrentes da melhor compreensão da aprendizagem motora. Dessa forma, os resultados deste estudo irão contribuir para o avanço do conhecimento na área de Educação Física, Fisioterapia, Terapia Ocupacional e Comportamento Motor, assim como para a prática do profissional que atua com o treinamento e a reabilitação de habilidades motoras.

RECUSA OU DESISTÊNCIA DA PARTICIPAÇÃO: Sua participação é inteiramente voluntária e você está livre para recusar participar ou desistir do estudo em qualquer momento sem que isso lhe acarrete qualquer prejuízo.

GASTOS: o participante de pesquisa tem direito a ressarcimento de gastos e possibilidade de indenização frente a possíveis danos decorrentes de sua participação.

Em qualquer momento da pesquisa, você terá total liberdade para esclarecer qualquer dúvida com o professor Dr. Guilherme Menezes Lage, pelo telefone (031) 988840411 ou pelo e-mail menezeslage@gmail.com. Para dúvidas éticas: Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II, 2º andar, sala 2005, BH/MG), pelo telefone (031) 3409-4592 ou pelo e-mail: coep@prpq.ufmg.br. Em caso de danos provenientes da pesquisa você poderá buscar indenização nos termos da Res.466/12.

TERMO DE CONSENTIMENTO

Eu li e entendi toda a informação acima. Todas as minhas dúvidas foram satisfatoriamente respondidas e eu concordo em ser um voluntário do estudo.

Assinatura do Voluntário

Data

Assinatura do Pesquisador

Data

ANEXO I

TESTE DE APRENDIZAGEM AUDITIVO-VERBAL DE REY

(Versão original: Rey, 1958)

(Adaptação portuguesa: Malloy-Diniz *et al.*, 2000) *

Nome: _____

CPF: _____ Escolaridade: _____

Data de nascimento.: ____ / ____ / ____ Local de nascimento: _____

Idade: _____ Sexo: M F Examinador: _____ Data: ____ / ____ / ____

LISTA A	A1	A2	A3	A4	A5	LISTA B	B1	A6	A7	LISTA A
BALÃO						CARRO				BALÃO
FLOR						MEIA				FLOR
SALA						PATO				SALA
BOCA						FOGO				BOCA
CHUVA						SOFÁ				CHUVA
MÃE						DOCE				MÃE
CIRCO						PONTO				CIRCO
PEIXE						VASO				PEIXE
LUA						LIVRO				LUA
CORPO						PORTA				CORPO
CESTA						ÍNDIO				CESTA
LÁPIS						VACA				LÁPIS
MESA						ROUPA				MESA
CHAPÉU						CAIXA				CHAPÉU
MILHO						RIO				MILHO
SCORE						SCORE				SCORE

A1 + A2 + A3 + A4 + A5: _____ A1 - A5 (5xA1): _____ B1/A1: _____ A6/A5: _____ A7/A6: _____

LISTA PARA O RECONHECIMENTO

___ LUA (A)	___ COR (FA)	___ PONTO (B)	___ VACA (B)	___ MEIA (B)
___ GALO (SB)	___ ÍNDIO (B)	___ FLOR (A)	___ SALA (A)	___ JARDIM (SA)
___ FOGO (B)	___ BALÃO (A)	___ ISCA (SA)	___ FILHO (SA/FA)	___ SOFÁ (B)
___ CHAPÉU	___ RUA (FA)	___ BOCA (A)	___ BOLA (SA)	___ FESTA (FA)
___ VASO (B)	___ PLANTA SA/SB)	___ CHUVA (A)	___ AULA (SA)	___ DOCE (B)
___ MESA (A)	___ ROUPA (B)	___ CAIXA (B)	___ MILHO (A)	___ SOL (SA)
___ LAGO (SB)	___ CORPO (A)	___ ROSA (SA)	___ BOLO (SB)	___ MÃE (A)
___ PORTA (B)	___ PATO (B)	___ CIRCO (A)	___ PEIXE (A)	___ PAPEL (FA)
___ DENTE (SA)	___ CESTA (A)	___ CARRO (B)	___ BOTÃO (FA)	___ MAR (SB)
___ RIO (B)	___ LIVRO (B)	___ LÁPIS (A)	___ LEITE (SA)	___ VENTO (FB)

A = palavra da lista A; B = palavra da lista B; SA = semanticamente semelhante a palavra da lista A; SB = semanticamente semelhante a palavra da lista B; FA = fonologicamente semelhante a palavra da lista A; FB = fonologicamente semelhante a palavra da lista B.

RECONHECIMENTO (50 - nº erros - 35): _____

*: MALLOY-DINIZ, L. F.; CRUZ, M. F.; TORRES, V.; COSENZA, R. The Rey auditory-verbal learning test: norms for a brazilian sample. Revista Brasileira de Neurologia, v. 36, n.3, p. 79-83, 2000. doi:10.1590/S151644462006005000053.

ANEXO II

INVENTÁRIO DE LATERALIDADE DE EDIMBURGO

(Versão original: Oldfield, 1971)

(Adaptação portuguesa: Espírito Santo *et al.*, 2017) *

Indique qual das mãos você usa preferencialmente na execução das atividades que lhe vão ser apresentadas em seguida.

Para tal, coloque um "+" na coluna que corresponde à mão que usa preferencialmente na execução dessas atividades.

Quando a sua preferência for tão forte que nunca usa a outra mão, a não ser que seja forçado/a, marque "++". Se o uso de uma ou de outra mão for indiferente, marque "+" nas duas colunas.

Algumas atividades exigem o uso de ambas as mãos. Nesses casos, o objeto para o qual deve considerar o uso preferencial da mão é indicado entre parêntesis.

Por favor, responda a todas as questões.

Nome: _____

Atividades	Mão	
	Esquerda	Direita
1. Escrever		
2. Desenhar		
3. Atirar/Lançar		
4. Usar a tesoura		
5. Segurar a escova de dentes		
6. Cortar com uma faca		
7. Usar uma colher		
8. Varrer (cimo da vassoura)		
9. Segurar num fósforo para o acender/riscar (fósforo)		
10. Segurar na tampa para abrir uma caixa (tampa)		

Cotação

Contabilizam-se 2 pontos em "++" e 1 ponto em "+".

Quociente de lateralidade: $QL = (D - E / D + E) \times 100$.

*: ESPÍRITO-SANTO, H.; PIRES, C. F.; GARCIA, I. Q.; DANIEL, F., SILVA, A. G.; FAZIO, R. L. (2017). Preliminary validation of the Portuguese Edinburgh Handedness Inventory in an adult sample. *Applied neuropsychology. Adult*, 24(3), 275–287. doi:10.1080/23279095.2017.1290636.

ANEXO III

QUESTIONÁRIO DE QUALIDADE DO SONO DE GRONINGEN

(Versão original: Meijman *et al.*, 1988) *

Nome: _____

Marque Verdadeiro (V) ou Falso (F) para cada pergunta:		
1. Eu dormi profundamente ontem à noite		
2. Sinto que dormi mal ontem à noite		
3. Demorei mais de meia hora para adormecer ontem à noite		
4. Acordei várias vezes ontem à noite		
5. Eu me senti cansado depois de acordar esta manhã		
6. Sinto que não dormi o suficiente na noite passada		
7. Eu levantei no meio da noite		
8. Eu me senti descansado depois de acordar esta manhã		
9. Sinto que só dormi algumas horas ontem à noite		
10. Sinto que dormi bem ontem à noite		
11. Não dormi nada ontem à noite		
12. Não tive problemas para dormir ontem à noite		
13. Depois que acordei ontem à noite, tive dificuldade para dormir novamente		
14. Eu me virei e me revirei a noite toda ontem à noite		
15. Não dormi mais do que 5 horas ontem à noite		

Todos os itens são pontuados como verdadeiro/falso.

A primeira pergunta não conta para a pontuação total.

Um ponto se a resposta for 'verdadeiro': perguntas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13, 14, 15.

Um ponto se a resposta for 'falso': perguntas 8, 10, 12.

Pontuação máxima de 14 pontos, indicando sono ruim na noite anterior.

Pontuação: _____

*: MEIJMAN T. F.; DE VRIES-GRIEVER A. H.; DE VRIES G. The evaluation of the Groningen Sleep Quality Scale. Groningen: Heymans Bulletin (HB 88-13-EX), 1988.

ANEXO IV

PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

 Plataforma Brasil

[Público](#) [Pesquisador](#) [Alterar Meus Dados](#)

Cadastros

DETALHAR PROJETO DE PESQUISA

- DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: APRENDIZAGEM MOTORA E CONSOLIDAÇÃO DA MEMÓRIA
Pesquisador Responsável: Guilherme Menezes Lage
Área Temática:
Versão: 1
CAAE: 83242324.9.0000.5149
Submetido em: 21/12/2024
Instituição Proponente: Escola de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais
Situação da Versão do Projeto: Aprovado
Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio



Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_2394460