



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

**EFEITO DO TREINAMENTO FUNCIONAL *versus*
TREINAMENTO COM DUPLA TAREFA EM DOMÍNIOS DA
FUNÇÃO EXECUTIVA DE MULHERES IDOSAS**

ALAN PANTOJA CARDOSO

São Cristovão
Agosto/ 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

**EFEITO DO TREINAMENTO FUNCIONAL *versus*
TREINAMENTO COM DUPLA TAREFA NA FUNÇÃO
EXECUTIVA DE MULHERES IDOSAS**

ALAN PANTOJA CARDOSO

Defesa de Dissertação de Mestrado do
Programa de Pós-Graduação em Educação
Física da Universidade Federal de Sergipe
como requisito parcial à obtenção do grau de
Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Marzo Edir Da Silva Grigoletto

São Cristovão
Agosto/2023

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

Cardoso, Alan Pantoja
C268e Efeito do treinamento funcional versus treinamento com
dupla tarefa na função executiva de mulheres idosas / Alan Pantoja
Cardoso; orientador Marzo Edir da Silva Grigoletto. – São
Cristóvão, SE, 2023.
105 f.: il.

Dissertação (mestrado em Educação Física) – Universidade
Federal de Sergipe, 2023.

1. Educação física. 2. Exercícios físicos para mulheres. 3.
Saúde e trabalho. 4. Envelhecimento - Mulheres. I. Grigoletto,
Marzo Edir da Silva , orient. II. Título.

CDU 796.012.4:613.86

ALAN PANTOJA CARDOSO

**EFEITO DO TREINAMENTO FUNCIONAL *versus*
TREINAMENTO COM DUPLA TAREFA NA FUNÇÃO
EXECUTIVA DE MULHERES IDOSAS**

Defesa de Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Educação Física.

Aprovado em 21 /08/2023

Prof. Dr. Marzo Edir Da Silva Grigoletto

Prof. Dr. Alan Bruno Silva Vasconcelos

Prof. Dr. Claudio Joaquim Borba-Pinheiro

PARECER

AGRADECIMENTOS

A minha caminhada no mestrado não se resume apenas a escrita e apresentação desta dissertação, vai além, é a construção da pessoa, do homem que saio após esses quase 30 meses, em primeiro lugar, sou grato a tudo que vivi e construí.

Nesta caminhada, além dos artigos originais e resumos em congresso, diretamente relacionados a esta dissertação, que se encontram em anexo, participei da elaboração de vários outros artigos originais e pude vivenciar desde sua gênese a construção de uma revisão sistemática e estamos com a segunda submetida. Conjuntamente com meus colegas, também me envolvi, com muita dedicação, em atividades de extensão universitária de dois grandes projetos do nosso grupo (UFS-Mais Viver e UFS-*Cross Training*).

Por isso, alguns elementos são indissociáveis nesse processo, a construção de amizades, busca quase constante pelo desconhecido e a necessidade de não ter medo de pedir ajuda nos momentos difíceis.

Agradeço primeiramente a Deus, que nos momentos mais difíceis me socorreu e me deu forças para continuar. É muito difícil explicar o que sou hoje, mas, com toda certeza do mundo, sou um ser humano melhor. Jamais imaginei construir amizades tão fiéis e tão justas, que nos momentos mais difíceis me socorreram e me apoiaram sabendo dos meus déficits e tudo que eu estava vivenciando durante este processo.

Agradeço à minha família, em especial a minha mãe, Aurea do Socorro, por sua grandeza e suporte emocional inigualável que, durante os últimos anos, tem lutado bravamente, a meu pai, Valdir Viana, por ser elemento fundamental em minha formação enquanto cidadão e a minha irmã Vivian Pantoja.

Agradeço à minha namorada Elenir Campelo (Meu Amor) que nos momentos de solidão e de maior dificuldade ficou firme ao meu lado e não me deixou desistir.

Eu poderia destacar cada pessoa e o que admiro em cada uma, porém não caberia em só uma página. À família *Functional Training Group* (FTG), quero deixar meu agradecimento especial: Ana Carolina, pelas conversas e amizade sem tamanho. Poliana, pela sua organização e disponibilidade em ajudar, você é sensacional. Jennifer, que fez de tudo para estar as 5:45h para as coletas, sou

muito grato. Raphael, pessoa do grupo que me acolheu quando cheguei em Aracaju, sempre pronto para me ajudar, obrigado mano. Thainá, que tirou tempo para conversar e me motivar nos momentos mais difíceis da minha qualificação, obrigado por tudo. Newton, o rapaz que faz coisas para o bem, te admiro pelo coração bondoso. Salviano, pessoa qual virou amigo depois de um tempo e que foi parte deste processo, tu és fora de série. Por fim, Milena, imprescindível nas coletas e sempre esteve ao meu lado, muito obrigado. Estás são algumas pessoas das quais quero levar para a minha vida e que me ajudaram sem pedir nada em troca.

Não poderia faltar o agradecimento especial ao Prof. José Carlos Aragão-Santos pela amizade e direcionamentos que me fez gostar ainda mais do meio científico, meu amigo você já faz diferença e continua fazendo na vida de muitas pessoas, obrigado por tudo.

Agradeço ao meu orientador e amigo, professor Dr. Marzo E. da Silva Grigoletto por toda dedicação, conversas e pelos puxões de orelha que fizeram toda diferença no meu processo de ensino-aprendizagem.

Além disso, não posso deixar de agradecer aos meus professores de ensino fundamental, médio e graduação que também polinizaram a flor dos conhecimentos e construíram parte do meu processo de aprendizagem.

Agradeço à minha amiga, Silvia, pessoa que me acolheu em minha chegada em Aracaju.

Agradeço aos meus amigos que dividiram apartamento: Zainovan Serrão, Amanda Santos e Jullyane Caldas, obrigado por todas as conversas e troca de experiências, muitas vezes sem sentido.

Agradeço a Heloiana Faro pela ajuda no processo de entendimento das medidas da função executiva e que me deu suporte a muitas dúvidas.

Por fim, agradeço ao meu tio, Manoel e à minha tia, Santana pela ajuda durante toda a minha vida, além das minhas tias Ducarmo, Darci e Zélia que ajudaram a custear minha moradia no período da faculdade e à minha avó Isabel, que tenho enorme carinho e amor.

In memoriam de Manoel Maria Pantoja Quaresma, Pergentino Viana Cardoso, Helena Viana Cardoso, meus avós e pessoas que me conduziram no caminho do bem.



Seguindo as diretrizes do Programa de Pós-graduação em Educação Física, foram publicados dois artigos científicos, diretamente, relacionados com esta dissertação:

Geriatrics – ISSN: **2308-3417**

Functional training and dual-task training improve the executive function of older woman

Aceito para publicação, 2023. (ANEXO A)

Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício – ISSN: **2675-1372**

Pantoja-Cardoso A, Aragão-Santos JC, Monteiro MRP, Santos PJ, Santos AC, Faro H, Heredia-Elvar JR, Fortes LS, Da Silva-Grigoletto ME. Reproducibility of inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility measures in older women. 2023;22:e225470 (ANEXO B)

Adicionalmente, na perspectiva do treinamento funcional e envelhecimento, tema desta dissertação, ainda resultaram os seguintes artigos científicos e participações em congressos:

Artigos:

Monteiro, M.R.P.; Aragão-Santos, J.C.; Vasconcelos, A.B.S.; Resende-Neto, A.G.; Chaves, L.M.S.; Cardoso, A.P.; Nogueira, A.C.; Carnero-Díaz, A.; Marcos-Pardo, P.J.; Corrêa, C.B.; Moura, T.R.; Da Silva-Grigoletto, M.E. Bodyweight and Combined Training Reduce Chronic Low-Grade Inflammation and Improve Functional Fitness of Postmenopausal Women. *Sports* 2022, 10, 143.

Aragão-Santos, José Carlos, et al. "Effects of twenty-eight months of detraining imposed by the COVID-19 pandemic on the functional fitness of older women experienced in concurrent and functional training." *Archives of Gerontology and Geriatrics* 111 (2023): 105005.

Monteiro, M. R. P., Cardoso, A. P., de Resende-Neto, A. G., Vasconcelos, A. B. S., Camargo, E. A., Gobbo, L. A., Maté-Muñoz, J. L., Heredia-Elvar, J. R., Behm, D. G., & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2023). Is functional training an efficient approach to improve body composition in older people? A systematic review. *Frontiers in physiology*, 14, 1156088. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1156088>

Rocha, J. N. S., Vasconcelos, A. B. S., Aragão-Santos, J. C., de Resende-Neto, A. G., Monteiro, M. R. P., Nogueira, A. C., Cardoso, A. P., Corrêa, C. B., de Moura, T. R., & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2023). A single-set functional training program increases muscle power, improves functional fitness, and reduces pro-inflammatory cytokines in postmenopausal women: A randomized clinical trial. *Frontiers in physiology*, 14, 1054424. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1054424>

Trabalhos apresentados em congressos:

XVI Simpósio Nordestino de Atividade Física e Saúde

Ângulo de fase e potência de membros inferiores em mulheres idosas: existe relação?

I Congresso Brasileiro de Saúde Pública On-line: Uma abordagem Multiprofissional

Efeitos do treinamento resistido sobre capacidade funcional e depressão de idosos: uma revisão de literatura

RESUMO

INTRODUÇÃO: A função executiva (FE) manifesta-se nas atividades de vida diária (AVDs) por meio do controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva. Com o processo de envelhecimento há um declínio destas funções, sendo mais evidentes em mulheres. Uma forma de atenuar esse declínio é por meio da realização de exercício físico, dentre as diversas modalidades, o treinamento funcional (TF), o qual baseia-se na aplicação de exercícios neuromusculares com padrões complexos de movimentos voltados ao desenvolvimento e manutenção da funcionalidade e que são semelhantes às AVDs, e o treinamento com dupla tarefa (TDT), no qual se prioriza a realização de duas tarefas simultâneas, são abordagens promissoras para FE em mulheres idosas. **OBJETIVO:** Analisar os efeitos de dezesseis semanas de TF e TDT e de oito semanas de destreinamento no controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva de mulheres idosas. **MATERIAIS E MÉTODOS:** A amostra foi composta por 62 mulheres idosas (idade: 66 ± 5 anos; índice de massa corporal: $27,7 \pm 3,9$ kg/m²; $21,6 \pm 4,1$ pontos do *Montreal Cognitive Assessment*), divididas em dois grupos TF (e.g., atividades de vida diária: agachar, puxar, transportar e empurrar) e TDT (e.g., atividades motoras e cognitivas, andar enquanto fala o nome de frutas e lembrar das tarefas diárias). Estas foram avaliadas em três momentos: pré, após 16 semanas de intervenção e após oito semanas de destreinamento. A avaliação da FE foi realizada por meio do *Stroop Color and Word Test* (Controle Inibitório), Teste do Bloco de Corsi (Memória de Trabalho) e Teste de Trilhas (Flexibilidade Cognitiva). O modelo estatístico Modelo Linear Generalizado (MLZ) foi usado para testar diferentes matrizes de covariância para fornecer coeficientes de regressão e erros padrão. Os efeitos de tempo, grupo e interação grupo*tempo foram analisados. O *post-hoc* de *Bonferroni* foi utilizado para identificar as diferenças entre as médias de todas as variáveis. Além disso, foi calculado o *d* de Cohen para as principais comparações, considerando os valores como trivial ($<0,2$), pequeno (0,2 e 0,49); moderado (0,50 e 0,79) e grande ($\geq 0,8$) (1,2). O nível de significância adotado nos testes foi $p < 0,05$. **RESULTADOS:** No *Stroop Color and Word Test*, ambos os grupos diminuíram o Tempo de Resposta (TR) congruente do Pré-T vs. Pós-

T (TF: $d = -0,29$; $p = 1,000$; TDT: $d = -0,64$; $p < 0,001$) e do Pós-T vs. Dest (TF: $d = -0,11$; $p = 1,000$; TDT: $d = -0,45$; $p = 1,000$). No TR incongruente também detectamos nos dois grupos diminuição do Pré-T vs. Pós-T (TF $d = -0,61$; $p = 0,002$; TDT: $d = -0,59$; $p = 0,002$) e do Pós-T vs. Dest (TF: $d = -0,11$; $p = 1,000$; TDT: $d = -0,24$; $p = 1,000$), sem diferença entre os grupos. Não foram encontradas diferenças significativas no Teste do Bloco de Corsi e no Teste de Trilhas. **CONCLUSÃO:** Dezesesseis semanas de TF e TDT melhoraram o controle inibitório em mulheres idosas e seus efeitos persistem após oito semanas de destreinamento. No entanto, os protocolos experimentais utilizados não tiveram efeitos na memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva.

Palavras-chave: Função executiva; Envelhecimento; Exercício físico; Mulheres Idosas; Senescência.

ABSTRACT

INTRODUCTION: The ability to carry out everyday tasks, known as activities of daily living (ADLs), is influenced by executive function (EF), there includes inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility. With the aging process, there is a decline in these functions, being more evident in women. One way to mitigate this decline is through physical exercise between the various modalities. Neuromuscular exercises are the basis of functional training (FT) with complex movement patterns aimed at the development and maintenance of functionality and which are similar to ADLs and dual-task training (DTT), which prioritizes the performance of two simultaneous tasks, seems to be effective for FE in older women. **OBJECTIVE:** To analyze the effects of sixteen weeks of FT and DTT and eight weeks of detraining on inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility in older women. **MATERIALS AND METHODS:** The sample consisted of 62 older women (age: 66 ± 5 years; body mass index: 27.7 ± 3.9 kg/m²; 21.6 ± 4.1 Montreal Cognitive Assessment scores), divided into two groups TF (e.g., activities of daily living: squatting, pulling, carrying and pushing) and TDT (e.g., motor and cognitive activities, walking while speaking the name of fruits and remembering daily tasks). We assessed these at three time points: pre-intervention, post-intervention (16 weeks), and post-detraining (8 weeks). Executive function was measured using the Stroop Color and Word Test (inhibitory control), Corsi Block Test (working memory), and Trail Making Test (cognitive flexibility). The Generalized Linear Model (GLM) statistical model was used to test different covariance matrices to provide regression coefficients and standard errors. We analyzed the effects of time, group, and group*time interaction. Bonferroni *post-hoc* was used to identify differences between means of all variables. In addition, Cohen's d was calculated for the main comparisons, considering the values as trivial (<0.2), small (0.2 and 0.49), moderate (0.50 and 0.79), and large (≥ 0.8) (1.2). The significance level adopted in the tests was $p < 0.05$. **RESULTS:** In the *Stroop Color and Word Test*, both groups decreased the congruent response time of Pre-T vs. Post-T (TF: $d = -0.29$; $p = 1.000$; TDT: $d = -0.64$; $p < 0.001$) and Post-T vs. Dest (TF: $d = -0.11$; $p = 1.000$; TDT: $d = -0.45$; $p = 1.000$). In the incongruent response time, we also detected in both groups a decrease in the Pre-T vs. Post-T (TF $d = -0.61$; $p = 0.002$; DTT: $d = -0.59$; $p = 0.002$)

and in the Post-T vs. Dest (TF: $d = -0.11$; $p = 1.000$; DTT: $d = -0.24$; $p = 1.000$), with no difference between the groups. We found no significant differences between the Corsi Block Test and Trail Making Test. **CONCLUSION:** Sixteen weeks of FT and DTT improved inhibitory control in older women, and these effects persisted after eight weeks of detraining. However, the experimental protocols used did not affect working memory and cognitive flexibility.

Keywords: Executive function; aging; physical exercise; older women; senescence.

LISTA DE ABREVIATURAS

AVDs- Atividades de vida diária

AVDLs - Atividades de vida laboral

BDNF - *Brain Derived Neurotrophic Factor*

Dest: - Destreinamento

FE – Função Executiva

MLZ – Modelo Linear Generalizado

SCWT– *Stroop Color and Word Test*

TDT – Treinamento com Dupla Tarefa

TF – Treinamento Funcional

TT – Teste de Trilha

TR – Tempo de Resposta

TCC - Teste dos Cubos de Corsi

TM – Treinamento Multicomponente

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. O core da função executiva (FE)	23
Figura 2. Linha do Tempo com o período de treinamento, destreinamento e as avaliações	34
Figura 3. Fluxograma com representação da triagem e alocação das participantes.....	35
Figura 4. Teste de SCWT e Teste dos cubos de corsi adaptado de Silva et al. (2021) (130).	37
Figura 5. Efeitos das Intervenções e períodos de destreinamento nas variáveis da função executiva das idosas. Os valores apresentaram média 95% de intervalo de confiança (IC). Os efeitos são derivados de modelos mistos generalizados usando distribuição Gama. # indica diferença entre grupos;* indica diferença entre tempo; ms: milissegundos; TR: tempo de resposta.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados antropométricos, demográficos, cognitivos e de histórico médico. 47

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão (DP) das variáveis TR Congruente, Incongruente, Escore Composto, TT-A, TT-B e Diferença B-A, TDT e TF nos momentos pré e pós-treinamento e destreinamento; e a diferença (p) quanto ao grupo, tempo e interação grupo*tempo e Intervalo de Confiança (IC). 50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Programa de Treinamento Funcional	40
Quadro 2. Programa de Treinamento com Dupla Tarefa	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	Envelhecimento e declínio cognitivo	21
2.2	Função Executiva	22
2.2.1	Controle Inibitório.....	24
2.2.2	Memória de Trabalho.....	24
2.2.3	Flexibilidade Cognitiva	25
2.3	Exercício físico e saúde cognitiva.....	26
2.4	Métodos de treinamento com ênfase na saúde cognitiva	27
2.4.1	Treinamento Funcional	29
2.4.2	Treinamento com Dupla Tarefa	31
2.4.3	Destreinamento	32
3.	OBJETIVO GERAL	33
3.1	Objetivos Específicos.....	33
4	MATERIAIS E MÉTODOS	34
3	PROCEDIMENTOS DE INTERVENÇÃO.....	39
3.1	Análise Estatística	45
4	RESULTADOS	45
5	DISCUSSÃO	52
6	CONCLUSÃO.....	55
7	APLICAÇÕES PRÁTICAS E PERSPECTIVAS FUTURAS DA DISSERTAÇÃO.....	57
	REFERÊNCIAS DA DISSERTAÇÃO	58
	APÊNDICE A: Anamnese e Índices Antropométricos	68
	APÊNDICE B: Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)	69

APÊNDICE C: Comitê de Ética da Pesquisa	72
ANEXO A: <i>Geriatrics</i> – ISSN: 2308-3417	73
ANEXO B: Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício – ISSN: 2675-1372	89
ANEXO C: Montreal Cognitive Assessment (MOCA).....	103
ANEXO D: Teste de Trilha A	104
ANEXO E: Teste de Trilha B.....	105
ANEXO F: Cálculo amostral	106

1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento ocasiona declínios em diferentes sistemas, dentre estes, o sistema nervoso central, resultando em alterações na função executiva (FE) (3,4). Com base nas evidências, maiores dificuldades nos processos de aprendizagem de novos conceitos, declínios na memória de trabalho e na FE são desencadeados pela redução da plasticidade neuronal (*i.e.*, refere-se à capacidade do cérebro de reorganizar e adaptar sua estrutura e função em resposta a experiências, aprendizado e mudanças ambientais) em pessoas idosas (5–7). A FE refere-se a um conjunto de processos cognitivos necessários para concentração e atenção, facilitando o ato de agir automaticamente, e é entendida ainda como um processo cognitivo de alta demanda ou de alta complexidade que possui maior sensibilidade quando comparado a domínios cognitivos inferiores, tais como linguagem e memória, na detecção de possíveis declínios e demências (8,9), podendo ser dividida em três domínios principais: controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva (10,11).

O controle inibitório é a capacidade de controlar/inibir respostas impulsivas, comportamentos inadequados e agir conforme uma tarefa proposta (11), além disso, esta parece ser a capacidade mais afetada pelo processo de envelhecimento (12). A memória de trabalho se refere a capacidade de armazenar e manipular informações em um curto prazo (13). Por fim, a flexibilidade cognitiva está relacionada com a criatividade em tarefas do dia a dia, sendo relacionada ao controle inibitório e memória de trabalho (10).

A FE está atrelada a realização de tarefas motoras e cognitivas simultaneamente (5,14). Tarefas que combinam esses dois estímulos são nomeadas como ações de dupla tarefa, resultando na capacidade de executar duas tarefas com atenção dividida (15,16). O declínio nos domínios da FE afeta a execução de duplas tarefas relacionadas com as atividades de vida diária (AVDs), como cozinhar enquanto fala ao celular e dirigir enquanto ouve o rádio. Nestes casos, estes declínios podem culminar no aumento do risco de dependência (16,17).

Vale destacar que achados apontam o sexo feminino como mais propenso ao declínio cognitivo ao avançar da idade (18,19), principalmente após a menopausa (20). Esse declínio é observado, por exemplo, na memória de trabalho, atenção e

velocidade de processamento auditivo e visual (5,18,21). O declínio nas habilidades cognitivas frequentemente reflete a um declínio na FE (12,22).

Visando apaziguar este declínio, programas de treinamento motores e cognitivos têm sido propostos, como, por exemplo, o treinamento com dupla tarefa (TDT), sendo eficaz na FE (16,23), porém não há um consenso sobre a melhor forma de implementá-lo, pois há dificuldades na sua reprodutibilidade e ampla utilização entre profissionais do treinamento físico motor (15,16). Pensando nisso, intervenções que combinam a capacidade de realizar duas ou mais atividades cognitivas e/ou motoras simultaneamente, nomeado como TDT (16,24), são cada vez mais investigadas (25–27), apresentando efeitos de magnitude moderada a grande na FE em diferentes populações (28,29).

Especificamente no público idoso, o treinamento multicomponente (TM) tem apresentado efeitos positivos na FE por estimular diferentes capacidades físicas (28,30,31). Apesar dos efeitos positivos, muitas vezes o TM é aplicado de forma analítica sem adição de complexidade no programa de treinamento (32,33) e na utilização de exercícios que tenha transferência para as AVDs (34). Desse modo, o treinamento funcional (TF) surge como uma abordagem multicomponente com foco na melhora da função, pois explora diferentes capacidades físicas, sendo uma alternativa que abrange a complexidade e especificidade do treinamento com AVDs e tem sido bastante investigada (35,36). Esse método de treinamento tem mostrado efeitos positivos sobre a capacidade funcional (37), composição corporal (36) e qualidade de vida de mulheres idosas (38). No entanto, ao nosso melhor conhecimento, não há estudos que abordem os efeitos do TF na FE.

Apesar do exercício físico ter se mostrado uma alternativa eficaz para melhorar a FE (28,39), a maioria dos estudos possui uma limitada descrição metodológica, o que dificulta a reprodução dos métodos publicados. Sabemos que as pessoas idosas não mantêm um longo período de treinamento, esse é apenas um dos processos que pode culminar no declínio da FE (40). Por isso, estudos que abordem os efeitos dos períodos de destreinamento na FE de mulheres idosas são escassos, sendo importante avaliar os efeitos de retenção do exercício após a interrupção das atividades. Desse modo, é necessário um maior detalhamento dos protocolos utilizados, bem como a verificação dos possíveis efeitos residuais do exercício (*i.e.*, TF e TDT) sobre a FE de mulheres idosas (3).

Contudo, não está claro na literatura os efeitos do TF nos diferentes domínios da FE, comparações com o TDT, assim como, os períodos de interrupção no treinamento frente a FE de pessoas idosas. Por isso, investigar intervenções com exercício físico são importantes para promover diretrizes voltadas a saúde física e cognitiva dessa população (30).

Portanto, o objetivo da presente dissertação foi investigar os efeitos de dezesseis semanas de TF *versus* TDT no controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva de mulheres idosas. Além disso, avaliar os efeitos de oito semanas de destreinamento nas mesmas variáveis. Tivemos como hipótese que o TDT terá efeitos superiores ao TF, por este tipo de treinamento estimular de forma específica as subfunções da FE. Ademais, presumimos que as mulheres terão retenção dos efeitos do exercício após oito semanas de destreinamento.

Diante do exposto, a principal pergunta de pesquisa desta dissertação é: o TF e o TDT afetam a FE? Em segundo plano: o destreinamento de oito semanas ocasiona declínio na FE ou ela volta a valores basais?

Acredita-se que a presente pesquisa pode ser relevante no aspecto social, sendo fundamental a execução de estudos que investiguem os efeitos dos métodos de treinamento que tenham como objetivo a manutenção da FE em mulheres idosas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Envelhecimento e declínio cognitivo

A proporção da população com 60 anos ou mais possui de 1 bilhão para 1,4 bilhão em 2020, esta população dobrará para 2,1 bilhões até 2050, já o número de pessoas com 80 anos ou mais deve triplicar entre 2020 e 2050 (41,42).

O processo de envelhecimento causa alterações não só de caráter físico-funcional, mas também no que tange às questões de cunho cognitivo (27), sobretudo no que diz respeito às funções relacionadas à memória episódica (e.g., memória de eventos específicos) (44,45), linguagem, FE, atenção (46,47) e velocidade de processamento.

O declínio cognitivo pode ser definido como a diminuição gradual das habilidades mentais que afetam a memória, o pensamento, a compreensão, o raciocínio e a tomada de decisão (48)., sendo atualmente uma das principais causas

de incapacidade, impactando negativamente a saúde física e mental (49).

Além do processo de envelhecimento, a inatividade física está associada ao aumento desse declínio em pessoas idosas (50). No entanto, este declínio pode ser retardado por meio de um estilo de vida saudável, com atividade física regular, sono, dieta saudável, redução do estresse e permanência socialmente ativa (51). Além disso, é importante manter a realização de atividades mentais desafiadoras para estimular o aprendizado contínuo ao longo da vida (52).

2.2 Função Executiva

A FE é considerada uma componente chave para saúde cognitiva de diferentes populações (10,53), desencadeando ativações em diferentes áreas corticais, entre elas as áreas do córtex cingulado e parietal, seguimentos subcorticais, sendo eles gânglios da base, amígdala e hipocampo (54,55).

Sendo assim, o córtex cingulado anterior desempenha um papel crucial no controle cognitivo, incluindo o monitoramento de conflitos e a regulação do comportamento, além disso, ajuda a controlar a atenção, tomar decisões e regular as emoções (56). O córtex parietal está envolvido no processamento de informações sensoriais e na atribuição de significado a essas informações. Desempenha um papel importante na atenção, consciência espacial e integração sensorial(57). No que se refere, aos gânglios da base são um grupo de estruturas subcorticais envolvidas no planejamento e execução de movimentos voluntários. Eles também são importantes para aprendizado, recompensas e motivação (58). A amígdala é uma estrutura subcortical envolvida na regulação das emoções, principalmente em situações de medo e estresse. Desempenha um papel importante na tomada de decisões emocionais e na memória emocional (59). Por fim, o hipocampo é uma estrutura subcortical envolvida na formação e consolidação da memória, principalmente da memória episódica. Ele desempenha um papel importante na navegação espacial e na recordação de eventos passados (60).

A FE é um conjunto de habilidades cognitivas que permitem ao indivíduo direcionar seu comportamento a metas, inibir respostas impulsivas, mudar hábitos, tomar decisões, avaliar riscos e planejar ações futuras (10). Apesar da FE abranger vários outros domínios cognitivos, como atenção, planejamento, controle inibitório,

flexibilidade cognitiva, atualização, memória de trabalho, resolução de problemas, tomada de decisão e autocontrole, na literatura os domínios mais abordados são: controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva (Figura 1).



Figura 1. O core da função executiva (FE)

Fonte: Autoria própria

Estes domínios estão intimamente relacionadas com o desempenho nas AVDs (61). Os domínios das FE apresentam um perfil instável ao longo do desenvolvimento, na infância, desenvolvendo-se plenamente na idade adulta e declinando com a idade avançada (5,11). Além disso, condições patológicas, como hipertensão arterial, parecem estar associadas ao declínio cognitivo mais grave, que inclui declínio da memória e FE (17,62).

É essencial verificar o processo de integração dos domínios que compõem a FE, pois ela não pode ser tida como um único mecanismo, como, por exemplo, medir somente memória de trabalho com o intuito de reger toda uma avaliação discriminatória de desempenho (10,63). Além disso, FE é um fator que precisa de mais entendimento e pesquisas em países de baixa e média renda, no qual a carga de comprometimento cognitivo é maior e crescente (64), podendo ser entendida como preditora da facilidade ou dificuldade de mudar os comportamentos alimentares e relacionados, por exemplo, a maior adesão a prática de exercício físico (65).

2.2.1 Controle Inibitório

O controle inibitório ou controle atencional é conceituado como a capacidade de direcionar a atenção para estímulos relevantes e inibir o efeito distrator de estímulos irrelevantes no ambiente. Um exemplo disso é quando há necessidade de controlar e inibir ações ou emoções em determinados contextos no dia a dia. (10).

Os testes mais populares que avaliam o controle inibitório são os paradigmas *Go/No-Go* (66), o *Flanker* e o *Stroop Color and Word Test* (SCWT) (67). *Go/No-Go* é uma tarefa em que existem diferentes estímulos aos quais o avaliado deve responder e outros que não. Por exemplo, um sujeito deve responder ao olhar para uma seta à direita, mas não responder ao ver uma seta à esquerda (68). A tarefa de *Flanker*, por sua vez, é baseada no uso de conjuntos de setas ou símbolos que podem ser congruentes (e.g., todas as setas no mesmo sentido “<<<<”), incongruentes (e.g., sentidos diferentes “>><>”), ou neutros (e.g., incluindo setas e outros símbolos “---<-”-) (69). Finalmente, o mais comum é o SCWT, que se baseia em nomes de cores preenchidos com uma palavra da mesma cor (congruente) ou de cor diferente (incongruente) e o sujeito deve relatar a cor de preenchimento, inibindo a cor e ler o que está escrito ou ao contrário, além disso, sendo de rápida aplicação, o teste possui evidências robustas de validade e confiabilidade, o que aumenta a credibilidade dos resultados obtidos (10,67,70).

2.2.2 Memória de Trabalho

A memória de trabalho, também conhecida como memória operacional, é um tipo de memória de curto prazo que envolve o processamento de informações relevantes para lidar com uma tarefa específica (71). Ela objetiva armazenar informações relevantes para executar tarefas com eficiência em um curto período (72,73).

A memória de trabalho desempenha um papel crucial em atividades como aprendizagem, resolução de problemas e tomada de decisão, uma vez que permite que as informações relevantes sejam armazenadas e processadas simultaneamente (74). Ela também é importante para a atenção seletiva e para evitar distrações, uma vez que ajuda a focar na informação mais relevante para a tarefa em questão (71).

A memória de trabalho é uma variável que carece atenção, visto que possui divergência de conceitos, este termo “memória de trabalho” surgiu em 1960, é conceituada como a retenção de uma informação, seja ela visuoespacial ou auditiva, que deve ser manipulada, ou seja, reconstruída a partir do que foi proposto (10). Alguns testes são usados para medi-la, como: o Teste de Cubos de Corsi (TCC) e o *N-Back test* (75,76).

O *N-back test* pode ser explorado por tarefas verbais e não verbais, enquanto o Teste de Cubos de Corsi (TCC) é não verbal (77). No *N-back test* o indivíduo deve lembrar de números anteriores ou imagens, podendo ser chamado *1-back* (e.g., lembrar do número exposto antes do número atual), *2-back* (e.g., lembrar do número exposto antes dos dois últimos números apresentados), e assim sucessivamente, sendo possível avaliar tanto o tempo de resposta (TR) quanto a acurácia (77). O TCC testa a memória de trabalho visuoespacial, ao requerer do participante a seleção de quadrados na mesma sequência em que foram apresentados (ordem direta) ou em uma sequência inversa do último quadrado apresentado até o primeiro. No TCC é possível obter pontuações do escore composto (sequência x número de acertos) ou apenas a sequência de acerto, sendo assim, pode ser adaptado para diferentes faixas etárias, tornando-o adequado para avaliar tanto crianças quanto adultos e idosos. Isso permite que profissionais de saúde identifiquem possíveis diferenças no desenvolvimento cognitivo e ajudem a realizar intervenções precoces, se necessário (78–80).

2.2.3 Flexibilidade Cognitiva

Entre os diferentes conceitos encontrados na literatura sobre a flexibilidade cognitiva, um dos mais aceitos é a definição desse domínio como a habilidade de se adaptar facilmente às mudanças, ajustar-se a novas situações e pensar em diferentes formas para resolver um problema, sendo esta união do controle inibitório e a memória de trabalho (5,10,81). Entre os testes usados para medir este domínio podemos citar o teste de trilha (TT) e tarefa de *Wisconsin* (82). Na tarefa de classificação de cartas de *Wisconsin*, o participante deve combinar cartas de um baralho de 128 cartas com quatro cartas-alvo espalhadas pelo tabuleiro. Elas podem ser combinadas com base nas cores "vermelho, azul, amarelo ou verde" ou formas geométricas "cruzes, círculos,

triângulos ou estrelas". O teste consiste em combinar 10 cartas com cores ou formas geométricas (82). Enquanto o TT é composto por duas partes, A e B. Na parte A, a busca visual e velocidade de processamento visuomotor é mais presente, pois objetiva ligar do número 1 até o 25. Na parte B, por existir, em seu seguimento, alternância entre números e letras de maneira crescente (e.g., A-1-B-2-C-3, etc.), há a presença da flexibilidade cognitiva (11).

2.3 Exercício físico e saúde cognitiva

O exercício físico é definido como uma atividade que visa objetivos claros, para manter ou melhorar as aptidões físicas (e.g., força, velocidade, potência) com planejamento sistematizado, considerando as individualidades dos praticantes (83). Os programas de exercício físico são importantes para o envelhecimento saudável e para o prolongamento da vida da pessoa idosa (84). Nesse sentido, a literatura aponta que o exercício físico pode atenuar a neurodegeneração relacionada à idade e ao declínio da função cognitiva (6,85–87).

No que tange ao treinamento aeróbico, em um ensaio clínico randomizado controlado com 120 pessoas idosas, o treinamento aeróbico aumentou o volume do hipocampo e a memória visuoespacial enquanto o grupo controle diminuiu o volume do hipocampo, esses resultados trazem uma perspectiva de que o exercício tem papel fundamental na manutenção de características cognitivas saudáveis no envelhecimento (88).

Em um estudo randomizado, realizado com pessoas idosas, investigaram-se os efeitos do treinamento: aeróbico, aeróbico + cognitivo, cognitivo e domínios da FE em ações do dia a dia com base em vídeos explicativos. Após as 12 semanas, todos os grupos, exceto o controle, obtiveram resultados significativos no custo de dupla tarefa, que é uma medida de custo atencional e que envolve FE, porém nas medidas de seis semanas, somente o aeróbico + cognitivo apresentou resultados significativos. Nesse sentido, pode-se destacar que somar aspectos cognitivos pode melhorar o desempenho em tarefas duplas em apenas seis semanas (89).

A literatura apresenta intervenções com duração entre seis meses e um ano para resultados com aumento de regiões do hipocampo, núcleo caudado e tálamo, além disso, há aumento na memória de trabalho visuoespacial e maiores

concentrações de *Brain Derived Neurotrophic Factor* (BDNF), quando comparado a grupos controle (55,88). Sendo assim, achados apontam que o exercício físico afeta positivamente o cérebro e que há ativação de diferentes regiões cerebrais: córtex pré-frontal (dorsolateral e ventrolateral), giro cingulado anterior, cerebelo, lobo parietal e estriado (86,90).

Vale destacar que o TM tem se apresentado como um possível programa que pode melhorar o controle inibitório e o tempo de processamento de pessoas idosas (91–93). Outro estudo realizado em 56 mulheres idosas, durante 30 semanas de intervenção, duas vezes por semana, com sessenta minutos por sessão, obteve um tamanho de efeito médio ($d = 0,55$) na condição de incongruência do SCWT do pré para o pós intragrupo, apontando para efeitos positivos do TM no controle inibitório de mulheres idosas (30).

O TM é a abordagem mais promissora se tratando de exercício físico, pois é a combinação de diferentes estímulos abrangendo (*i*, e., força, potência, velocidade, equilíbrio, coordenação e cardiorrespiratório), como, por exemplo, a melhora da aptidão cardiorrespiratória tem influência na FE (94). O modelo de TM é considerado uma modalidade abrangente e eficaz para melhorar a aptidão física geral e a saúde de pessoas idosas, porém, comumente, esse tipo de treinamento é pouco específico para a realidade do público idoso, realizado em máquinas (31,32,95). Pesce (2012) (91) enfatizou a importância de pesquisas futuras para abordar não apenas a especificidade quantitativa do exercício, mas também aspectos qualitativos, como características cognitivas durante a prática.

2.4 Métodos de treinamento com ênfase na saúde cognitiva

Do ponto de vista clínico, o exercício físico é uma atividade que auxilia na proteção e manutenção da reserva cognitiva (97,98). Adaptações neurais são mudanças no sistema nervoso em resposta a estímulos ou mudanças no ambiente, que podem ocorrer em todas as regiões do cérebro e incluem mudanças na estrutura, função e conectividade neural (86). A contração muscular ocasionada pela prática do exercício físico resulta em diversas alterações no SNC como a neurogênese, angiogênese e sinapto gênese (55,86), resultando em melhorados efeitos deletérios ocasionados pelo envelhecimento na função cerebral (86,99).

Neste sentido, uma metanálise de Northey *et al.* (100) no qual incluíram cinco

tipos de exercícios físicos: treinamento aeróbico, treinamento de força, TM, *Tai chi e Yoga*, demonstrou que os exercícios prescritos oferecem diferentes respostas nas FE, sendo o TM o mais promissor por estimular diferentes capacidades físicas, além disso, o estudo demonstrou que a dose do treinamento tem influência nesse efeito.

No estudo de Zhao *et al.* (101) composto por pessoas idosas com diabetes tipo 2, o treinamento de força de alta intensidade três vezes por semana melhorou a função cognitiva global e a FE após 12 meses. Outro estudo, envolvendo 86 mulheres idosas com queixa de esquecimento, demonstrou que tanto o treinamento aeróbico quanto o de resistência melhoraram a memória de trabalho visuoespacial após uma intervenção de 26 semanas (102). As adaptações neurais podem ser provenientes do sistema muscular, o qual tem seu papel principal em promover diferentes efeitos no sistema nervoso central (55,103).

No estudo de Liu-Ambrose *et al.* (104) um total de 155 idosas com idades entre 65 e 75 anos foram divididas aleatoriamente em grupos de treinamento de força, uma vez por semana, duas vezes por semana, e um grupo controle (*i.e.*, treinamento de equilíbrio e propriocepção). A duração de cada intervenção foi de 60 minutos, incluindo aquecimento, treinamento principal e relaxamento, e atenção seletiva e controle inibitório dos participantes foram avaliadas usando o teste de SCWT. Os resultados mostraram que uma intervenção de treinamento de força de 12 meses foi significativa na atenção seletiva e inibição em mulheres idosas. As frequências de treinamento uma vez e duas vezes por semana melhoraram o desempenho dos participantes no teste SCWT em 12,6% e 10,9%, respectivamente, em comparação com uma redução de 0,5% no grupo controle (104).

Um estudo realizado com 80 participantes, divididos em quatro grupos - treinamento de força, aeróbico, equilíbrio e controle, durante um período de 12 semanas, demonstrou que o treinamento aeróbico foi eficiente na melhora da atenção, enquanto o treinamento de força apresentou melhorias apenas nos testes de força. Os autores destacaram a importância de combinar diferentes tipos de treinamento e avaliar seus efeitos na cognição de pessoas idosas, sendo uma intervenção simultânea emergente que combina exercícios físicos e cognitivos (105).

Na revisão sistemática de ensaios clínicos randomizados de doze a vinte e quatro semanas de intervenção que avaliam os efeitos na FE em pessoas saudáveis de meia-idade e pessoas idosas, constatou-se que o exercício tem efeitos positivos

na FE, sendo a intervenção mais eficaz executada duas vezes por semana com 30 a 60 minutos de intervenção única (106). Os autores destacaram que pesquisas futuras não devem se limitar à influência de um único tipo de exercício na FE de pessoas de meia-idade e idosas.

A intervenção de exercícios combinados deve ser considerada, pois os programas de treinamento com um único componente físico ou somente a inserção do treinamento cognitivo não abrangem diferentes demandas cognitivas e físicas, pois não usam diferentes elementos relacionados a este estímulo, como a mudança no foco atencional, estimulando vários aspectos da FE importantes para as atividades de vida diária (16).

Nesse sentido, as recomendações são que os indivíduos acima de 50 anos tenham mais tempo ativo, diminuindo o comportamento sedentário, visto que é um fator importante para atenuar, e em alguns casos reverter declínios cognitivos inerentes do avançar da idade (107)

2.4.1 Treinamento Funcional

O TF é uma abordagem do treinamento físico que se concentra em melhorar a funcionalidade geral, ou seja, a capacidade de realizar atividades diárias e esportivas com mais eficiência e segurança (33). Em vez de se concentrar em exercícios isolados para músculos específicos, o TF envolve exercícios que trabalham vários grupos musculares e padrões de movimento em diferentes planos, comuns no dia a dia e em atividades esportivas. A abordagem do TF tem como premissa estimular, em uma única sessão, diferentes capacidades físicas, além de explorar a complexidade dos exercícios como uma forma de progressão do treinamento (33). O TF é o estímulo de diferentes capacidades de forma simultânea e integrada explorando padrões de movimentos multiarticulares, multiplanares e com caráter de aceleração e desaceleração (34,108).

Pensando especificamente no público idoso, Resende-Neto (108) propôs um método de TF composto por quatro blocos objetivando um estímulo combinado de diferentes aspectos da aptidão física necessárias para a autonomia da pessoa idosa. Inicialmente, um bloco focado na preparação para o movimento explorando mobilidade e estabilidade articular, além de estratégias de ativação para as demandas

dos blocos seguintes. Em seguida, um bloco para estimular capacidades como agilidade, velocidade, potência e coordenação. O terceiro bloco busca enfatizar a força muscular em primeiro plano para executar a máxima velocidade concêntrica em padrões de movimento semelhantes às AVDs. Por fim, estímulos cardiometabólicos como, por exemplo, corrida intervalada (34,108).

Além disso, a literatura aponta diferentes métodos que podem ser úteis para melhor adequar as AVDs ou atividades de vida laboral (AVDLs), como: treinamento em circuito, treinamento intervalado de alta intensidade, treinamento pliométrico, treinamento com peso corporal e treinamento de equilíbrio e estabilidade (109,110). O treinamento em circuito consiste em realizar uma série de exercícios diferentes em uma sequência específica, geralmente em um período determinado. Seu objetivo é trabalhar vários grupos musculares ao mesmo tempo (111). Enquanto o treinamento de intervalos de alta intensidade (HIIT) é um método de treinamento que alterna períodos de alta intensidade com períodos de recuperação ativa ou passiva (112). O treinamento pliométrico é um método de treinamento que utiliza movimentos rápidos e explosivos para aumentar a potência e a velocidade. Os exercícios pliométricos incluem saltos, agachamentos com saltos, arremessos e outros movimentos que enfatizam a explosão e coordenação (113).

O treinamento com peso corporal ou calistenia é um método de treinamento que utiliza apenas o peso do próprio corpo como resistência. Os exercícios incluem flexões, agachamentos, *burpees*, pranchas e outras variações que desafiam a força muscular e a estabilidade (114). E, por fim, o treinamento de equilíbrio e estabilidade, que é um método de treinamento que enfatiza o fortalecimento dos músculos estabilizadores do corpo, como o *core* (centro do corpo) e os músculos da região lombar. Os exercícios incluem pranchas, flexões de perna unilaterais, exercícios de bola suíça e outros movimentos que desafiam o equilíbrio e a estabilidade (115). Estes métodos em conjunto podem dar suporte para o desenvolvimento de sessões de TF.

A literatura científica tem se aprofundado no entendimento sobre TF principalmente em variáveis da composição corporal, capacidade funcional, processos inflamatórios e qualidade do movimento (35,37). Com base nos resultados em diferentes desfechos, pode-se indicar um efeito positivo do TF principalmente na capacidade funcional e composição corporal de mulheres idosas (35,116).

2.4.2 Treinamento com Dupla Tarefa

O conceito de TDT tornou-se cada vez mais popular nos últimos anos, pois tem se mostrado eficaz na melhora do desempenho cognitivo (23,91). O TDT envolve a execução de duas tarefas simultaneamente e é usado para melhorar a capacidade de multitarefa, aumentar velocidade de processamento e a precisão dos processos cognitivos (15). O TDT é uma atividade com a atenção primária seguida de uma atividade com atenção secundária, ela pode ser cognitiva-motora e motora-motora (15). Vale destacar que um dos benefícios mais significativos é poder melhorar a capacidade de multitarefa (117).

Ao realizar duas ou mais tarefas ao mesmo tempo, os indivíduos conseguem gerenciar melhor seu tempo e recursos, permitindo que concluam as tarefas com mais eficiência (16). O TDT também pode ajudar a melhorar concentração e foco, pois exige que os indivíduos prestem atenção em ambas as tarefas simultaneamente (15). Embora o TDT possa ser benéfico, ele também apresenta alguns desafios, um deles é que pode ser difícil para os indivíduos manter o foco em ambas as tarefas simultaneamente (15), além disso, o TDT pode apresentar elevada carga cognitiva, pois exige que os indivíduos alternem constantemente entre as tarefas (118).

Finalmente, o TDT também pode ser fisicamente exigente, pois exige que os indivíduos se movam entre as tarefas com rapidez e precisão como, por exemplo, para que se tenha uma caminhada estável ao mesmo tempo que acessa ao smartphone, exige a manutenção da capacidade física ligada ao equilíbrio dinâmico e estático (119). Por isso, a combinação de desafios físicos e cognitivos são essenciais para preservação e para o aumento da capacidade neural.

O TDT tem sido empregado na literatura em diferentes faixas etárias (120,121), observando-se que as pessoas idosas têm pior desempenho do que os adultos mais jovens quando envolvidos simultaneamente em tarefas cognitivas e de equilíbrio ou de caminhada (122–124).

Nesse sentido, a sessão de TDT deve ser composta por estímulos motores e cognitivos e que tenham como premissa estimular domínios cognitivos relacionados com tarefas do dia a dia (e.g., andar e falar das compras, andar e lembrar o que será realizado em casa), devendo ter progressão, porém é importante observar a maneira como se progride a tarefa (23,122).

2.4.3 Destreinamento

O conceito de destreinamento foi descrito na literatura anterior como a perda parcial ou completa de adaptações anatômicas, fisiológicas e de desempenho induzidas pelo treinamento, como consequência da redução ou cessação do treinamento (125).

O processo de destreinamento ocasiona declínio das FE, que pode ser motivado pelo menor trabalho em ações de vida diária. No estudo de Wilkinson e Yang (126) houve um acompanhamento de até três anos do efeito do treinamento no controle inibitório e os resultados demonstraram durabilidade dos efeitos em até três anos.

No estudo de Donyaei *et al.* (127), 34 mulheres mais velhas com diabetes tipo 2 foram divididas em dois grupos: treinamento combinado (*i.e.*, força e aeróbico) e controle de 12 semanas, e detectou que houve aumento nos níveis de BDNF e no escore de depressão no grupo combinado. Após oito semanas de destreinamento houve diminuição do BDNF, porém houve manutenção no escore de depressão. Já o estudo de Blasco-Lafarga *et al.* (128), que investigou os efeitos do TDT, demonstrou que este método de treinamento pode ajudar na manutenção do controle inibitório durante 8 semanas de destreinamento. Esses achados nos fazem supor que o exercício físico, seja ele combinado ou TDT, pode ajudar a manter por até oito semanas medidas do escore de cognição e de controle inibitório em mulheres idosas.

No estudo de Savikangas *et al.* (129), o treinamento cognitivo não teve efeitos superiores sobre o treinamento físico, após períodos de destreinamento, mas o TM e a FE superior na linha de base apoiam a adaptação e a manutenção de um estilo de vida fisicamente ativo entre pessoas idosas. Nesse sentido, investigações que abordem os efeitos de períodos de destreinamento são importantes para entender se o declínio é atenuado, visto que pode haver ou não retenção.

3. OBJETIVO GERAL

Analisar os efeitos de 16 semanas de TF e TDT e oito semanas de destreinamento sobre a função executiva de mulheres idosas.

Hipótese: O treinamento com dupla tarefa será superior ao treinamento funcional na melhora no desempenho da função executiva de mulheres idosas.

3.1 Objetivos Específicos

Avaliar a influência do treinamento funcional e treinamento com dupla tarefa no controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva de mulheres idosas.

Hipótese: O treinamento com dupla tarefa induzirá melhora no controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva de mulheres idosas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Desenho do estudo

Foi realizado um ensaio experimental de efeito repetido com grupos paralelos e follow-up de oito semanas. O estudo teve duração de 32 semanas (abril de 2022 a fevereiro 2023), do qual destinou 4 semanas (semanas 1 a 4) para avaliações iniciais e familiarização, 16 semanas de intervenção (semana 5 a 20), 2 semanas (semanas 21 e 22) para avaliação do pós-treinamento, 8 semanas de destreinamento (semana 23 a 30) e 2 semanas (semanas 31 e 32) para a avaliação após o destreinamento (Figura 2). Todos os testes e protocolos de treinamento foram realizados no laboratório do Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Sergipe. Por fim, o pesquisador não tinha conhecimento das informações-chave que poderiam afetar sua imparcialidade durante a coleta e análise dos dados. O estudo segue as recomendações propostas pela CONSORT (Figura 3) (130).

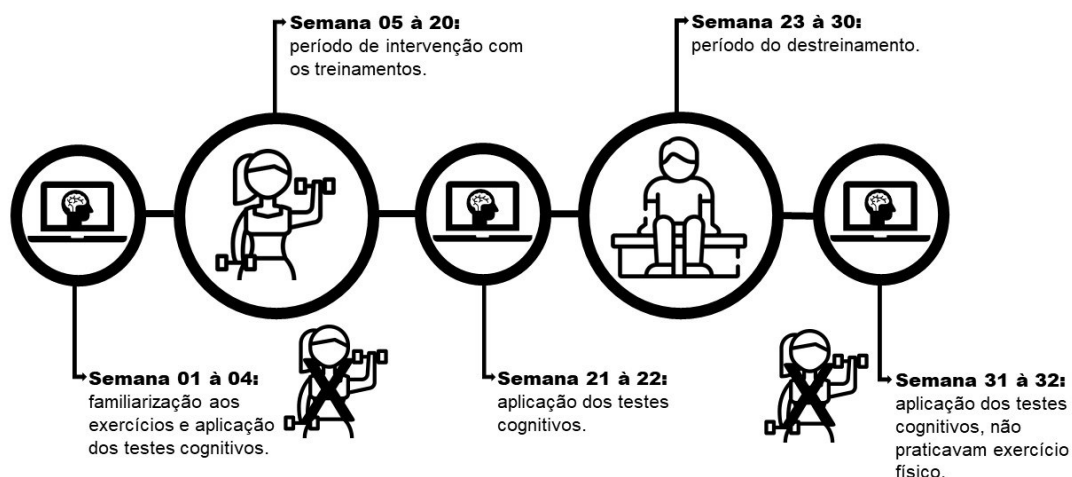


Figura 2. Linha do Tempo com o período de treinamento, destreinamento e as avaliações

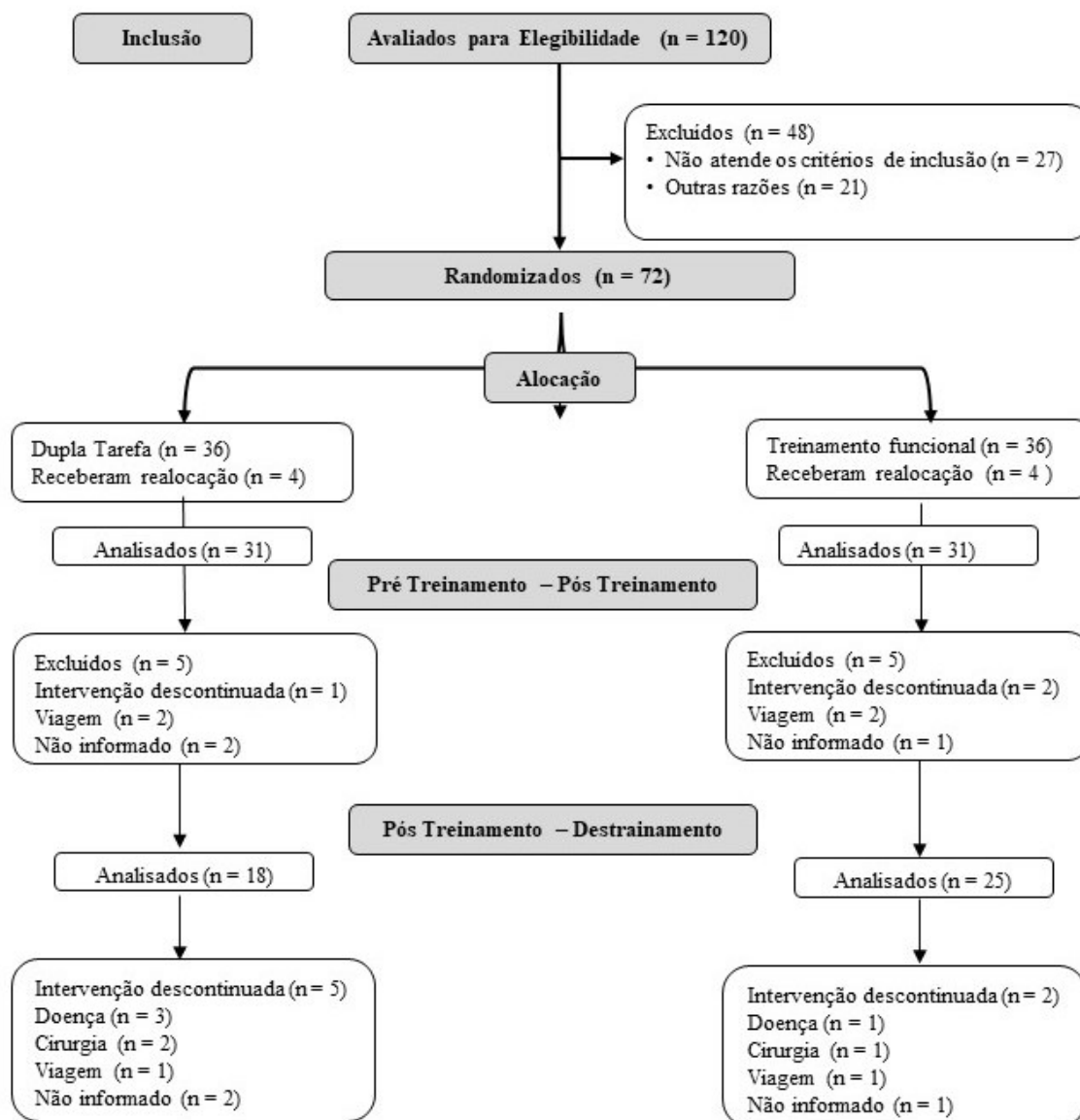


Figura 3. Fluxograma com representação da triagem e alocação das participantes.

Participantes

A amostra da presente pesquisa foi composta por mulheres idosas residentes ao redor do Campus da Universidade Federal de Sergipe, no Bairro Roza Elze, no Município de São Cristóvão, SE. Todas as participantes atenderam aos seguintes critérios de inclusão: 60 anos ou mais; sexo feminino; ausência de menstruação nos últimos doze meses; ausência de contraindicações musculoesqueléticas ou cardiovasculares que impedissem a prática de exercício físico; seis meses sem treinamento físico; que não apresentasse daltonismo; dislexia ou problemas mentais e cognitivos graves mediante apresentação de laudos médicos e possuir no mínimo

12 pontos no *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) (131). Critério de exclusão: não participar da mensuração do pós-teste.

Apenas as participantes que finalizaram o protocolo de intervenção foram analisadas (figura 3). Todas as participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) após serem informadas de todos os procedimentos. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe sob Parecer n.º 5.449.765, registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (Rebec) sob o protocolo RBR-2d56bt (disponível em <https://ensaiosclinicos.gov.br/rgRBR-2d56bt>).

Instrumentos

Características antropométricas

A estatura foi avaliada com estadiômetro portátil (Sanny®, ES2030, São Paulo, Brasil). Para medir o peso corporal, uma balança (Lider®, P150C, São Paulo, Brasil), capacidade de 200 kg, com intervalos de 100g, com a voluntária descalça, usando roupas leves, de pé, com os calcanhares juntos e a cabeça posicionada no plano horizontal. O índice de massa corporal foi calculado conforme os protocolos da Organização Mundial da Saúde (132).

Função Executiva

Stroop Color and Word Test (SCWT)

O SCWT é um teste neuropsicológico amplamente utilizado para fins experimentais e clínicos (figura 4)n(70). Esse teste avalia a capacidade de inibir interferências cognitivas, que ocorrem quando o processamento de uma característica de estímulo afeta o processamento simultâneo de outro atributo (67). Para a construção dos estímulos e a montagem do experimento foi utilizado o programa *PsychoPy*® versão 2022 1.3, com disponibilização online por meio da plataforma *Pavlovía* (<https://pavlovía.org/>), aplicados em computadores com telas de 15 polegadas (0, 38 m) e com teclados com fitas coladas nas letras “A, D, J, L” nas cores:

amarelo, azul, verde e vermelho, respectivamente. A cor da tinta da palavra era indicação para o foco de atenção. Inicialmente as participantes realizaram familiarização dos ensaios com 12 tentativas, no qual foi fornecido feedback de “correto ou incorreto” e informações relacionadas ao teste. Em seguida, foi realizado o teste, que consiste em 120 tentativas, divididas em 60 palavras congruentes (significado da palavra igual a cor da sua fonte) e 60 incongruentes (significado da palavra e da cor da fonte divergente). As variáveis analisadas foram o TR congruente e incongruente, que demonstraram ser reprodutíveis na população idosa ICC = 0,92 e 0,91, respectivamente (133).

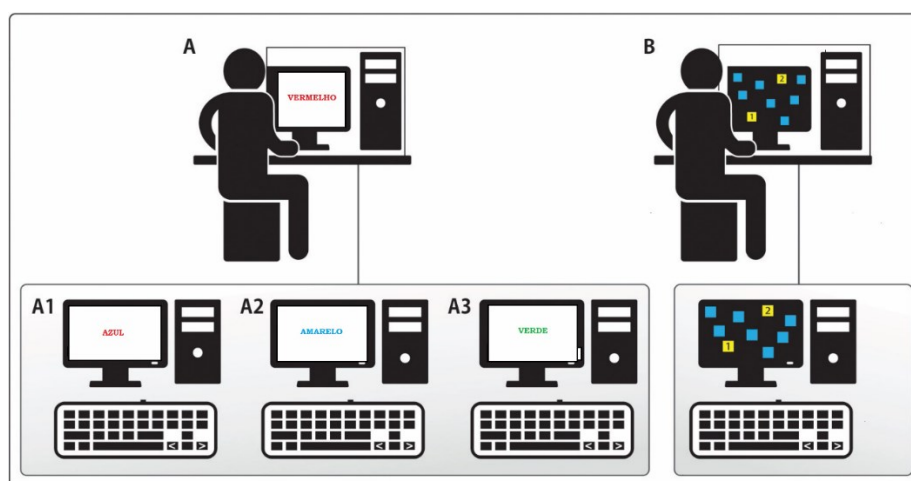


Figura 4. Teste de SCWT e Teste dos cubos de corsi adaptado de Silva *et al.* (2021) (130).

Teste dos Cubos de Corsi (TCC)

O TCC tem como objetivo avaliar a memória de trabalho visuoespacial, que manipula informações importantes no contexto da tarefa (135). Para a aplicação, foi utilizado o *Software PsychoPy®* versão 2022 1.3 em computadores com monitores de 15 polegadas (0,38 m) com Windows 11. O teste consiste em nove cubos distribuídos de forma aleatória e a participante seleciona na ordem, progredindo conforme acerta (136). Os estímulos apareciam a cada 500ms. As participantes foram solicitadas a responder verbalmente indicando na tela do computador a sequência observada e os avaliadores manuseavam o mouse. Para análise da memória de trabalho adotou-se um escore composto (*i.e.*, sequência x número de acertos)(76), que apresentou ICC > 0,80 para a população idosa (133).

Teste de Trilha (TT)

O TT visa avaliar a flexibilidade cognitiva e estratégias de busca visual (137). Este teste possui duas etapas: A e B, na parte A é importante a conexão entre os números de forma crescente, tendo como premissa o seguimento da linha, os números vão de 1 a 25 que estão no círculo, distribuídos de forma aleatória na folha de papel. O TT-A avalia atenção, varredura visual, velocidade motora e coordenação motora fina. No que tange à parte TT-B, há maior processamento cognitivo, nesta fase a maior presença do domínio cognitivo da flexibilidade cognitiva, já que nesta etapa deve-se alternar números e letras, de forma sequencial (1, A, 2, B, 3, C, etc.). Foi orientado que a execução do teste deveria ser realizada no menor tempo possível (138). Para análise da flexibilidade cognitiva, adotamos o TT-B e B-A, que apresentou ICC de 0,84 e 0,77, respectivamente (133).

Reprodutibilidades das medidas

Os testes da FE: SWCT, TCC e TT foram realizados três vezes (*i.e.*, familiarização, teste e reteste).

Obtendo os seguintes resultados: Encontramos uma reprodutibilidade excelente no TR congruente e incongruente do SCWT, baixo CV e baixo viés nas análises de concordância. Em relação aos valores do TCC, foram analisados a sequência e o escore composto, demonstrando que ambas as variáveis possuem boa reprodutibilidade. No que remete a flexibilidade cognitiva, os valores referentes ao TT-A, B e diferença (B-A) apresentaram boa classificação no CCI, já a razão (B/A) apresentou classificação moderada do CCI. Foi publicado pelo nosso grupo de pesquisa: *Functional Training Group* (ANEXO B).

3 PROCEDIMENTOS DE INTERVENÇÃO

Programa de Treinamento Funcional (TF)

O programa TF foi realizado na quadra poliesportiva do Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Sergipe, as aulas foram ministradas por professores qualificados de Educação Física e Fisioterapia. Os estudantes de graduação atuaram como monitores/auxiliares durante as aulas.

Na construção das etapas da sessão, iniciava-se com a preparação para o movimento, seguida de neuromuscular 1, neuromuscular 2 e cardiometabólico. Na progressão do treinamento, a atenção foi voltada para as questões de complexidade do exercício, como referido na literatura (33,34). A densidade das aulas foi baseada em estudos anteriores realizados com o público em questão, os exercícios e suas dificuldades foram prescritas levando em consideração a GSE de 5 a 6 (Semana 0 – 4 e 5 - 8), 7 a 8 (Semana 9 – 12) e 8 a 9 (Semana 13 – 16) (35, 108, 139).

Mediante a indicações de Herold *et al.* (2018) (15), a maiores detalhes da contabilização do tempo total durante as 48 sessões de treinamento, a preparação para o movimento, o neuromuscular 1, neuromuscular 2, cardiometabólico e o relaxamento totalizaram 384, 720, 960, 960 e 96 minutos, respectivamente. O treinamento detalhado pode ser visualizado no quadro 1.

Quadro 1. Programa de Treinamento Funcional

Treinamento Funcional					
Duração		Semana 0 – 4	Semana 5 – 8	Semana 9 - 12	Semana 13 - 16
Preparação para o movimento	8 minutos	Mobilidade simples	Mobilidade ampla e estabilidade	Mobilidade ampla e estabilidade	Mobilidade ampla e estabilidade
		Deslocamento frontal em padrão de marcha	Deslocamento frontal com skipping alto e baixo	Deslocamento lateral e padrões de braço cima e frente	Deslocamento lateral com trocas surpresas
		Skipping baixo	Skipping +	Saltito + Reação baseada em cor para dar um passo para direita ou esquerda	Saltito + Reação para dar um salto ou agachamento, ou passo a frente
		Reação para troca de direção			
Neuromuscular 1	15 minutos	(Coordenação de MMII 1)	(Coordenação de MMII 2)	(Coordenação de MMII 3)	(Coordenação de MMII 4)
		Pés no quadrado antes de avançar	Single leg in and out	Two foot lateral run	Two foward one back
		Icky shuffle (para um único lado)	Icky shuffle	Lateral, pé para frente a cada avanço	Straddle squat hops
		Front in, in, out, out	Icky shuffle + tocar no cone	Lateral in, in, out, out	Straddle squat hops lateral
		(Coordenação de MMSS 1)	(Coordenação de MMSS 2)	(Coordenação de MMSS 3)	(Coordenação de MMSS 4)
		Vertical curto bilateral	Vertical curto unilateral	Horizontal curto bilateral	Circular curto bilateral
		(Arremesso de Medball 1)	(Arremesso de Medball 2)	(Arremesso de Medball 3)	(Arremesso de Medball 4)
		Vertical bilateral	Horizontal bilateral	Horizontal unilateral	Lateral bilateral
		(Subir e descer do step 1)	(Subir e descer do step 2)	(Subir e descer do step 3)	(Subir e descer do step 4)
		Frontal simples	Frontal saltando	Lateral simples	Lateral saltando
		Deslocamento entre cones 1	Deslocamento entre cones 2	Deslocamento entre cones 3	Deslocamento entre cones 4
		Frontal simples sem contornar	Frontal simples contornando	Lateral simples sem contornar	Lateral contornando
	Densidade	40/40 segundos	40/30 segundos	40/20 segundos	40/15 segundos
Neuromuscular 2	20 minutos	(Terra 1)	(Terra 2)	(Terra 3)	(Terra 4)
		Convencional	Parcialmente assimétrico	Convencional: unilateral	Convencional: alternar braço

		(Goblet 1)	(Goblet 2)	(Goblet 3)	(Goblet 4)
		Convencional	Colocar e pegar o peso do chão	Colocar e pegar peso do chão, finalizar na ponta do pé	Colocar o peso no ombro
		(Transportar 1)	(Transportar 2)	(Transportar 3)	(Transportar 4)
		Unilateral	Unilateral trocando o braço	Unilateral mantendo o braço	Convencional, pesos assimétricos
		(Puxar 1)	(Puxar 2)	(Puxar 3)	(Puxar 4)
		Fita de suspensão neutro	Fita de suspensão neutro maior inclinação	Fita de suspensão, pegada supinada	Fita de suspensão, pegada pronada
		(Empurrar 1)	(Empurrar 2)	(Empurrar 3)	(Empurrar 4)
		Convencional elástico	Convencional elástico com elevação do joelho alternado	Unilateral elástico	Unilateral elástico com elevação de joelho
Densidade		40/40 segundos	40/30 segundos	40/20 segundos	40/15 segundos
Cardiometa	05 minutos	(Cardmet 1)	(Cardmet 2)	(Cardmet 3)	(Cardmet 4)
		Revezamento	Revezamento com zig-zag frontal sem contornar	Revezamento com zig-zag lateral sem contornar	Revezamento com zig-zag lateral contornando
Relaxamento	02 minutos	Alongamento simples + respiração	Alongamento simples + respiração	Alongamento simples + respiração	Alongamento simples + respiração

Nota: Cardmet= Cardiometa; MMII=membros inferiores; MMSS=membros superiores

Programa de Treinamento com Dupla Tarefa (TDT)

O programa de TDT foi realizado na sala de dança em formato de circuito, os exercícios realizados consistiam em: mobilidade articular do ombro, coluna torácica, quadril e tornozelo; exercícios de equilíbrio estático e dinâmico; exercícios de coordenação motora; dinâmicas em grupo e alongamento. Cada exercício foi adaptado individualmente, caso a participante necessitasse. As aulas de TDT foram ministradas por professores qualificados, com graduação em Educação Física e Fisioterapia. E graduandos atuando como monitores/auxiliares durante as aulas. O quadro 2 mostra o detalhamento do treinamento realizado. os exercícios e suas dificuldades foram prescritas levando em consideração a GSE de 5 a 6 (Semana 0 – 4 e 5 - 8), 7 a 8 (Semana 9 – 12) e 8 a 9 (139).

No que tange a contabilização do tempo total, seguimos indicações de Herold *et al.*, (2018) (15), durante as 48 sessões de treinamento a preparação para o movimento, equilíbrio, a parte de coordenação, a dinâmica em grupo e o alongamento totalizaram 480, 720, 480, 480 e 240 minutos, respectivamente.

Quadro 2. Programa de Treinamento com Dupla Tarefa

Treinamento com Dupla Tarefa						
	Duração	Função Executiva	Semana 0 - 4	Semana 5 – 8	Semana 9 - 12	Semana 13 -16
Mobilidade	10 minutos	Memória de trabalho	Padrões de alongamento em pé + Mobilidade e estabilidade + Fluência Verbal Semântica	Padrões de alongamento em pé + Mobilidade e estabilidade + Fluência Verbal Semântica	Padrões de alongamento em pé + Mobilidade e estabilidade + Fluência Verbal Semântica	Padrões de alongamento em pé + Mobilidade e estabilidade + Fluência Verbal Semântica
Equilíbrio	20 minutos	Controle inibitório	(Bipodal 1)	(Bipodal 2)	(Bipodal 3)	(Bipodal 4)
			Pés juntos um colado ao outro + Equilibrar uma bola jogando de uma mão para outra na frente	Pés juntos um a frente do outro + Equilibrar uma bola movendo-a na vertical com o olhar acompanhando a bola	Pés juntos um colado ao outro + Equilibrar uma bola na mão movendo-a na horizontal trocando de mão, olhando para frente	Pés juntos um a frente do outro + Equilibrar uma bola na mão variando as direções
		Flexibilidade Cognitiva	(Unipodal 1)	(Unipodal 2)	(Unipodal 3)	(Unipodal 4)
			Convencional com bastão auxiliando, em dupla, evocando nome de uma classe sem repetir o que já foi dito	Convencional com bastão na vertical auxiliando e levantando pé de apoio, evocando nome de uma classe sem repetir o que já foi dito	Convencional sem apoio evocando nome de uma classe sem repetir o que já foi dito	Convencional passando garrafa de uma mão para outra, evocando nome de uma classe sem repetir o que já foi dito
			(Desloc. em Linha 1)	(Desloc. em Linha 2)	(Desloc. em Linha 3)	(Desloc. em Linha 4)
Coordenação	10 minutos	Controle Inibitório	Pés na borda da faixa central equilibrando bastão	Pés em cima da faixa central girando bastão para um lado e para o outro	Pés em cima da faixa central passando objeto de uma mão para a outra	Pés em cima da faixa central e equilibrar bandeja de papelão ou copo com líquido
			(Estático 1)	(Estático 2)	(Estático 3)	(Estático 4)
		Deslocamento lateral	Marcha estacionária + Progressão a cada 2 passos e a cada 3 passos conforme comando	Marcha estacionária com pausa, 1, 2 para e 1, 2, 3 para + Comando visual para alternar entre os dois	Marcha estacionária + Comando sonoro para parar	Marcha estacionária + Comando visual para parar
			(Dinâmico 1)	(Dinâmico 2)	(Dinâmico 3)	(Dinâmico 4)
			Deslocamento lateral	Deslocamento lateral + braços abrindo e fechando	Deslocamento lateral + braços para o lado e para cima	Deslocamento lateral + braços para cima, para o lado e diagonal
	10 minutos		(Cardmet 1)	(Cardmet 2)	(Cardmet 3)	(Cardmet 4)

Dinâmica em grupo	Memória de Trabalho	Passar bola pelo lado (evocando nome de cores) em posição de agachamento isométrico, contando o número de voltas	Passar bola por baixo ou por cima das pernas em filas enquanto evoca alguma classe (frutas, animais, cores)	Passar bola com dois comandos (por cima da cabeça e por baixo das pernas) durante o revezamento enquanto evoca alguma classe (frutas, animais, cores)	Passar bola com três comandos (por cima da cabeça, pelo lado e por baixo das pernas) durante o revezamento enquanto evoca alguma classe (frutas, animais, cores)
Alongamento	10 minutos	Alongamento simples + respiração	Alongamento simples + respiração	Alongamento simples + respiração	Alongamento simples + respiração

Nota: Cardmet= Cardiometabólico

3.1 Análise Estatística

O tamanho amostral foi calculado mediante o programa G*Power versão 3.1.9.7 (Erdfelder *et al.*, 1996, Kiel, Alemanha) (140), utilizando as variáveis de desfecho da FE a partir dos resultados de Coetsee e Terblanche (92), adotando um poder do teste de 0,80%, um alfa de 0,05, com tamanho de efeito 0,69 seriam necessárias, pelo menos, 44 idosas (i.e., 22 participantes por grupo), considerando uma perda amostral de 20% foram adicionadas mais 10 resultando numa amostra total de 54 idosas.

Os dados foram analisados pelo *Software Jamovi* 2.3.16. Os dados das variáveis contínuas foram apresentados descritivamente e as médias dos grupos foram comparadas pelo teste *t* independente para revelar diferenças na linha de base. Para variáveis categóricas usou-se o teste Qui-Quadrado de amostras independentes. Foi realizada uma análise usando o modelo linear generalizado (MLZ) para avaliar diferenças entre pré-treinamento, pós-treinamento e destreinamento entre TDT e TF. O modelo estatístico MLZ foi usado para testar diferentes matrizes de covariância para fornecer coeficientes de regressão e erros padrão (141). Os modelos foram calculados separadamente para cada variável. Os efeitos de tempo, grupo e interação grupo*tempo foram analisados. O *post-hoc* de *Bonferroni* foi utilizado para identificar as diferenças entre as médias de todas as variáveis. Além disso, foi calculado o *d* de Cohen para as principais comparações, interpretando os valores como trivial (<0,2), pequeno (0,2 e 0,49); moderado (0,50 e 0,79); e grande ($\geq 0,8$) (1,2). O nível de significância adotado nos testes foi $p < 0,05$.

4 RESULTADOS

A amostra foi composta por 62 mulheres idosas (66 ± 5 anos; $27,7 \pm 3,9$ kg/m²; $21,6 \pm 4,1$ pontos). Após o período de destreinamento (8 semanas), 43 participantes permaneceram e completaram as avaliações (Figura 3). Ao longo das 48 sessões de treinamento, os grupos mantiveram 86% da amostra ao longo do período de treinamento, após o período de destreinamento 69,4% e 50% das participantes no TF e no TDT, respectivamente, retornaram para realizar as avaliações.

Os achados mostram não haver diferença significativa entre os grupos no início do estudo quanto as características antropométricas, demográficas, cognitivas e de histórico médico (Tabela 1).

	TDT (n = 31)	TF (n = 31)	Total (n = 62)
--	--------------	-------------	----------------

Variáveis	Média ± DP	IC 95%	Média ± DP	IC 95%	Média ± DP	IC 95%	p valor
Idade (anos)	67,5 ± 5,5	65,4 - 69,5	66,3 ± 5,3	64,4 - 68,3	66,9 ± 5,4	65,0 - 68,3	0,405
Massa corporal (kg)	66,3 ± 11,2	62,1 - 70,4	65,4 ± 8,9	62,1 - 68,7	65,8 ± 10,1	63,3 - 68,4	0,745
Estatura (m)	1,53 ± 0,05	1,51 – 1,55	1,55 ± 0,05	1,53 - 1,57	1,54 ± 0,05	1,53 - 1,54	0,112
IMC (kg/m²)	28,3 ± 4,3	26,7 - 29,9	27,1 ± 3,5	25,8 - 28,4	27,7 ± 3,9	26,7 - 28,7	0,250
MoCA(escore)	21,0 ± 4,3	19,4 - 22,6	22,3 ± 3,7	20,9 - 23,7	21,6 ± 4,1	20,6 - 22,7	0,208
Escolaridade (frequência relativa e absoluta)							
Fundamental Incompleto	22,6 (14)		14,5 (9)		37,1 (23)		0,694
Fundamental Completo	3,2 (2)		3,2 (2)		6,5 (4)		
Médio Incompleto	1,6 (1)		1,6 (1)		3,2 (2)		
Médio Completo	19,4 (12)		22,6 (14)		41,9 (26)		
Superior Incompleto	1,6 (1)		1,6 (1)		3,2 (2)		
Superior Completo	1,6 (1)		6,4 (4)		8,5 (5)		
Histórico Médico (frequência relativa e absoluta)							
Hipertensão	59,5 (22)		40,5 (15)		59,7 (37)		0,070
Depressão	80,0 (4)		20,0 (1)		8,1 (5)		0,162
Diabetes	60,0 (9)		40,0 (6)		24,2 (15)		0,374
Dor no corpo	51,2 (22)		48,8 (21)		70,5 (43)		0,632

Nota: IMC=índice de massa corporal; DP=Desvio Padrão; IC=intervalo de confiança; *MoCA*=*Montreal Cognitive Assessment*; TDT=treinamento com dupla tarefa; TF=treinamento funcional

No SCWT, observamos interação grupo*tempo ($\chi^2 (4) = 7,77$; $p = 0,021$), tempo ($\chi^2 (2) = 23,51$; $p < 0,001$) e grupo ($\chi^2 (2) = 4,23$; $p = 0,04$) efeitos no tempo de resposta congruente. Especificamente, detectamos uma pequena redução não significativa ao comparar o pré-teste versus o pós-teste no TF ($d = -0,29$; $p = 1,000$), enquanto a redução foi trivial e não significativa entre o pós-teste e o destreinamento ($d = -0,11$; $p = 1,000$). No grupo TDT, encontramos uma redução significativa moderada no pré-teste versus pós-teste ($d = -0,64$; $p < 0,001$) e uma pequena redução não significativa no pós-teste versus destreinamento ($d = -0,45$; $p = 0,966$) (Figura 3A). O grupo TDT apresentou uma diminuição maior ao longo dos tempos.

Ainda em relação ao SCWT, considerando o tempo de resposta incongruente, detectamos um tempo ($\chi^2 (2) = 23,29$; $p < 0,001$) sem grupo ($\chi^2 (2) = 0,163$; $p = 0,687$) e interação grupo*tempo ($\chi^2 (4) = 2,77$; $p = 0,250$) efeitos. Entre os momentos, detectamos uma redução moderada no pré-teste versus pós-teste no TF ($d = -0,61$; $p = 0,002$) e uma diminuição trivial no pós-teste versus destreinamento ($d = -0,11$; $p = 1,000$). No TDT, encontramos uma redução moderada no pré-teste versus pós-teste ($d = -0,59$; $p = 0,002$) e uma pequena redução no pós-teste versus destreinamento ($d = -0,24$; $p = 1,000$) (Figura 3B).

No TCC, considerando o escore composto, houve grupo ($\chi^2 (2) = 3,422$; $p = 0,03$) sem tempo ($\chi^2 (2) = 3,596$; $p < 0,166$) e interação grupo*tempo ($\chi^2 (4) = 1,202$; $p = 0,548$) efeitos. O tamanho do efeito do TF versus TDT foi moderado no pré-teste ($d = 0,55$; $p = 0,02$), trivial no pós-teste ($d = 0,18$; $p = 1,000$) e pequeno no destreinamento ($d = 0,23$; $p = 1,000$) (Figura 3C).

Em relação ao TMT-A, houve efeito de grupo ($\chi^2 (2) = 8,33$; $p = 0,004$), mas não houve efeito de tempo ($\chi^2 (2) = 3,67$; $p = 0,159$) ou interação grupo*tempo ($\chi^2 (4) = 1,63$; $p = 0,443$) efeitos. O TF versus TDT apresentou um tamanho de efeito pequeno no pré-teste ($d = 0,37$; $p = 0,122$), um tamanho de efeito trivial no pós-teste ($d = 0,18$; $p = 0,005$) e um tamanho de efeito grande no destreinamento ($d = 0,90$; $p = 0,003$) (Figura 3D).

No TMT-B, houve efeito de grupo ($\chi^2 (2) = 47,198$; $p < 0,001$), mas não houve efeito de tempo ($\chi^2 (2) = 5,853$; $p = 0,054$) ou interação grupo*tempo ($\chi^2 (4) = 0,052$; $p = 0,974$). O TF versus TDT apresentou tamanho de efeito médio no pré-teste ($d = 0,76$; $p < 0,001$), enquanto no pós-teste e no destreinamento

apresentaram tamanho de efeito grande ($d = 0,84$; $p < 0,001$; $d = 0,94$; $p < 0,001$) (Figura 3E).

Na diferença TMT B–A, houve efeito de grupo ($\chi^2 (2) = 42,298$; $p < 0,001$), mas não houve efeito de tempo ($\chi^2 (2) = 5,121$; $p = 0,077$) ou interação grupo*tempo ($\chi^2 (4) = 0,510$; $p = 0,775$). O TF versus TDT no pré-teste, pós-teste e destreinamento mostraram grandes tamanhos de efeito ($d = 1,05$, $p = 0,001$; $d = 0,90$, $p = 0,005$; $d = 1,02$, $p = 0,006$, respectivamente) (Figura 3 F).

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão (DP) das variáveis TR Congruente, Incongruente, Escore Composto, TT-A, TT-B e Diferença B-A, TDT e TF nos momentos pré e pós-treinamento e destreinamento; e a diferença (p) quanto ao grupo, tempo e interação grupo*tempo e Intervalo de Confiança (IC).

	Variável	Grupo	Pré-T	Pós-T	Dest	Tamanho de Efeito Pré-T vs. Pós-T	Tamanho de Efeito Pós-T vs. Dest	p interação	p tempo	p grupo
SCWT	TR Congruente (ms)	TF	1250,0 ± 312,3	1163,0 ± 297,3	1130,0 ± 286,3	-0,29	-0,11	0,02	< 0,001	0,04
		95%IC	1144,0 – 1356,0	1062,0 – 1268,0	1024,0 – 1236,0					
		TDT	1432,0 ± 301,2 #	1242,0 ± 291,1#	1122,0 ± 235,3	-0,64	-0,11			
		95%IC	1322,0 – 1542,0	1137,0 – 1347,0	1008,0 – 1237,0					
	TR Incongruente (ms)	TF	1543,0 ± 391,9#	1320,0 ± 336,2 #	1350,0 ± 325,2	-0,61	0,09	0,250	< 0,001	0,687
		95%IC	1406,0 – 1681,0	1202,0 – 1439,0	1220,0 – 1480,0					
		TDT	1604,0 ± 396,9 #	1381,0 ± 363,0 #	1300,0 ± 321,2#	-0,59	-0,24			
		95%IC	1405,0 – 1744,0	1253,0 – 1509,0	1156,0 – 1444,0					
TCC	Escore Composto	TF	55,5 ± 31,0*	58,4 ± 33,9	49,8 ± 27,1	0,09	-0,27	0,498	0,169	0,033
		95%IC	44,6 - 66,4	46,5 – 70,3	38,9 – 60,6					
		TDT	40,8 ± 22,4*	52,9 ± 28,2	43,8 ± 27,1	0,47	-0,33			
		95%IC	32,9 – 48,7	43,0 – 62,9	31,2 - 56,3					
TT	A (s)	TF	52,4 ± 23,7*	48,8 ± 23,4	46,4 ± 21,2	0,15	0,05	0,413	0,189	< 0,001
		95%IC	43,9 – 60,9	40,5 – 57,0	37,8 – 54,9					
		TDT	64,5 ± 25,8*	66,9 ± 27,1	65,8 ± 23,7	0,09	-0,27			
		95%IC	55,2 – 73,7	57,3 – 76,4	55,1 – 76,5					
	B (s)	TF	127,7 ± 73,4*	112,0 ± 72,3	97,9 ± 64,1	-0,22	-0,22	0,941	0,051	< 0,001
		95%IC	91,9 – 144,0	86,5 – 137,0	72,1 – 124,0					
		TDT	185,3 ± 81,5*	176,2 ± 82,3	159,1 ± 70,6	-0,11	-0,21			
		95%IC	154,6 – 216,0	146,2 – 206,0	127,4 – 191,0					
	Diferença B-A (s)	TF	61,5 ± 51,7*	62,5 ± 51,5	47,5 ± 42,7	-0,12	-0,32	0,767	0,026	< 0,001
		95%IC	43,3 – 79,7	44,4 – 80,6	30,4 – 64,6					
		TDT	124,3 ± 72,4*	115,6 ± 71,7	98,2 ± 60,7	0,02	-0,26			
		95%IC	97,0 – 151,6	89,5 – 141,7	70,9– 125,5					

Nota. Os valores apresentaram média $\pm$ desvio padrão e intervalo de confiança de 95% (IC). TR: tempo de reposta; Pré-T: pre-treinamento; Pós-T: pós-treinamento; Dest: destreinamento; TDT= treinamento com dupla tarefa; TF = treinamento funcional; *indica diferença estatisticamente significativa entre os grupos; # indica onde está a diferença encontrada na interação tempo após a aplicação *post hoc* de Bonferroni

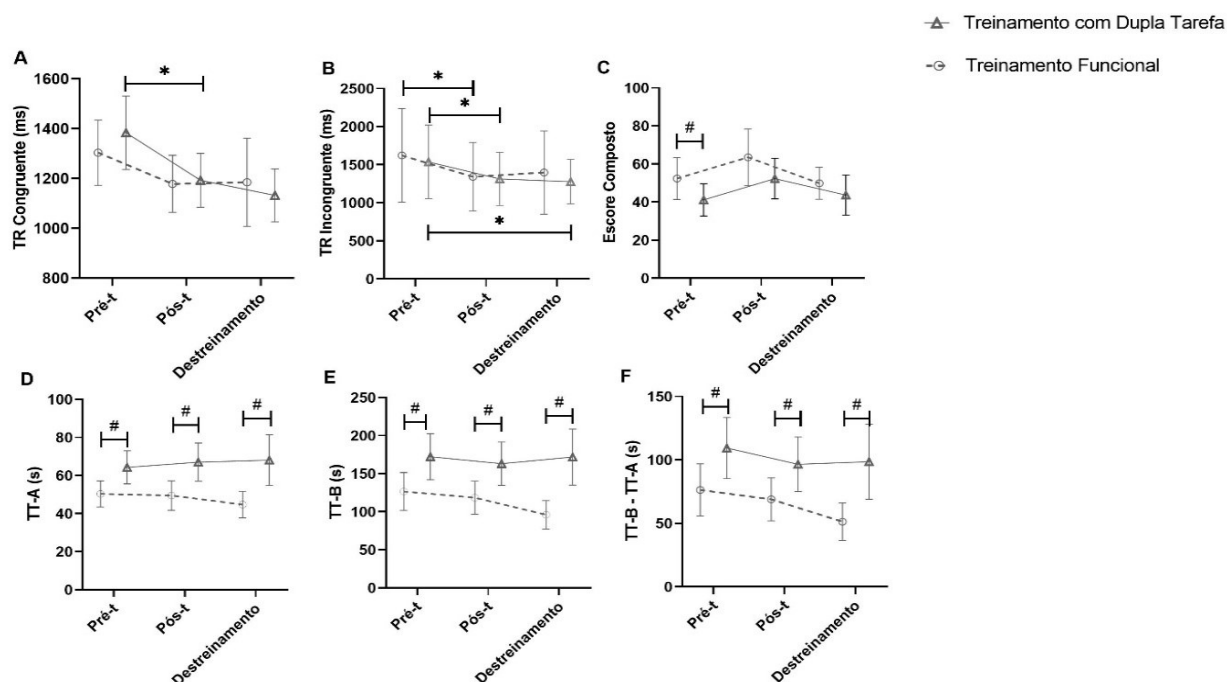


Figura 5. Efeitos das Intervenções e períodos de destreinamento nas variáveis da função executiva das idosas. Os valores apresentaram média 95% de intervalo de confiança (IC). Os efeitos são derivados de modelos mistos generalizados usando distribuição Gama. # indica diferença entre grupos; * indica diferença entre tempo; ms: milissegundos; TR: tempo de resposta.

5 DISCUSSÃO

Para o nosso melhor conhecimento, este é o primeiro estudo a demonstrar que o TF atenua o declínio do controle inibitório e mantém as adaptações mesmo após oito semanas de destreinamento em mulheres idosas. Nosso principal achado foi que os protocolos TF e TDT reduziram o TR incongruente após 16 semanas e seus efeitos duraram até oito semanas de destreinamento. Além disso, observamos que ambos os protocolos não geraram alterações na memória de trabalho e na flexibilidade cognitiva. Dessa forma, não confirmamos a nossa hipótese inicial de que o TDT seria superior ao TF com apenas uma atenuação do declínio da FE no TDT após oito semanas de destreinamento.

Observamos que tanto o TDT como o TF diminuíram o TR incongruente de forma semelhante. Por outro lado, Martinez-Navarro *et al.* (2021) (30) demonstraram que a associação entre treinamento físico e cognitivo apresentou resultados superiores a cada treinamento isoladamente. Em nosso estudo, ambos os protocolos de treinamento possivelmente estimularam diferentes aspectos da FE. No entanto,

especificamente, o TDT teve como objetivo estimular os domínios específicos da FE em cada bloco. O TF, por outro lado, explorou a especificidade do treino utilizando diferentes abordagens para aumentar a intensidade do exercício, possivelmente estimulando áreas cerebrais como o córtex pré-frontal e o córtex cingulado anterior que estão relacionadas com adaptações positivas na FE (96,142).

Embora ambos os grupos tenham reduzido o TR incongruente, o grupo TDT apresentou manutenção desta variável após o destreinamento. ao contrário do grupo TF. Esses achados são semelhantes aos de Blasco-Lafarga *et al.* (2020) (128) que encontraram uma atenuação do declínio do controlo inibitório após 14 semanas de destreinamento em mulheres idosas que praticavam programas de treino físico-cognitivo multicomponente. Assim, possivelmente, a adição de uma segunda tarefa cognitiva favorece o aumento da reserva cognitiva e possibilita a manutenção da FE após períodos de destreinamento.

Não encontramos qualquer efeito na memória de trabalho entre os grupos. No entanto, com base nos tamanhos de efeito, o grupo TDT mostrou um efeito pequeno enquanto o grupo TF produziu um efeito trivial. Chainay *et al.* (2021) (143) descobriram que sequer o grupo cognitivo mais físico e sequer o grupo físico ou cognitivo sozinho apresentaram desempenho superior na memória de trabalho. Jardim *et al.* (2021) (23) investigaram o TDT em intensidade moderada em comparação com um grupo de controle inativo e observaram um aumento da memória de trabalho apenas no grupo TDT. Estes resultados revelam inconsistências na literatura relativas ao impacto real das intervenções de exercício na memória de trabalho e a escassez de estudos que investiguem esta variável (144). Wu *et al.* (145) mostraram em uma meta-análise que as intervenções de tarefa única e dupla tinham a mesma eficácia na memória de trabalho em comparação com grupos sem intervenção, apoiando os nossos resultados relativamente à memória de trabalho visuoespacial.

Além disso, Brown *et al.* (2009) (146) compararam os efeitos das intervenções de exercícios de equilíbrio e força versus o grupo de flexibilidade e relaxamento no teste de extensão de dígitos para a frente para medir a memória de trabalho em pessoas idosas (19 homens e 135 mulheres). O tamanho do efeito da intervenção de equilíbrio e força foi trivial ($d = 0,05$). Em contraste, a intervenção de flexibilidade e relaxamento registrou uma redução no desempenho, tendo um tamanho de efeito pequeno ($d = 0,21$), indicando que a intervenção de equilíbrio e força manteve o desempenho da memória de trabalho. No nosso estudo, que utilizou um método de treinamento

semelhante à intervenção de exercícios de equilíbrio e força, detectamos um pequeno aumento do tamanho do efeito ($d = 0,44$) superior ao de Brown *et al.* (2009) (146). A nossa maior dimensão do efeito deveu-se provavelmente às tarefas cognitivas inseridas no TDT que estimularam a subfunção da memória de trabalho.

Em TT-A e B, não observamos quaisquer alterações significativas. Park (2022) (16) comparou o TDT com intervenções de equilíbrio e verificou uma redução do tempo de execução no TT-B, que mede a flexibilidade cognitiva. Park (2022) (16) observou um pequeno tamanho de efeito para TDT ($d = 0.24$) e um efeito trivial para as intervenções de equilíbrio ($d = 0.09$) indicando um efeito mais impactante para o TDT na flexibilidade cognitiva. No nosso estudo, o TDT apresentou um tamanho de efeito trivial ($d = 0,16$) menor do que o observado por Park (2022) o que pode ser devido à longa duração da nossa intervenção. Park (2022) (16) aplicaram uma intervenção de quatro semanas, enquanto nós aplicamos 16 semanas, talvez indicando um maior potencial de aprendizagem com a proximidade entre as medições.

Em um grupo de idosos saudáveis, a flexibilidade cognitiva aumentou após seis semanas de treino intervalado de alta intensidade, mais do que naqueles que participaram no grupo contínuo de treinamento de intensidade moderada e resistência (147). Relativamente aos efeitos dos exercícios funcionais, o nosso estudo corrobora o de Forte *et al.* (148) que não detectaram uma diminuição do tempo de execução do TT-B, que mede a flexibilidade cognitiva, após 16 semanas de intervenção (148). Mesmo com a ausência de aumento da flexibilidade cognitiva, a manutenção do desempenho nesta variável é um fator importante para a qualidade de vida desse público (149).

Neste contexto, o presente estudo reforça a literatura atual e introduz uma nova abordagem que os profissionais podem utilizar para melhorar o controle inibitório das mulheres idosas. Além disso, acrescentamos informação relativa às consequências do destreinamento, pelo que se justifica a realização de mais investigação a este respeito, abrangendo períodos de destreinamento mais longos, grupos maiores e medidas fisiológicas ligadas à função executiva.

É importante salientar que o TDT e o TF não foram capazes de aumentar a flexibilidade cognitiva das mulheres idosas. No entanto, poderiam ser encontrados resultados diferentes com uma intervenção mais prolongada e com estímulos específicos para este domínio da FE. Porém, a ausência de um grupo de controle é preocupante, uma vez que não se sabe se as alterações observadas ocorreram de

forma aleatória, nomeadamente durante o período de destreinamento. Apesar desta ressalva, os nossos resultados sugerem que as intervenções de TDT e TF podem beneficiar as pessoas idosas.

Uma limitação do presente estudo foi a ausência de testes relacionados com a aptidão física, como a aptidão aeróbica ou a força muscular. No entanto, outros estudos que utilizaram métodos de treinamento semelhantes Aragão-Santos *et al.* (38), Resende-Neto *et al.* (37), Resende-Neto *et al.* (116), Brustio *et al.* (150) e Martinez-Navarro (30) são consistentes no que diz respeito ao aumento da aptidão física através da aplicação de TF e TDT. Além disso, Weinstein *et al.* (151) e Predovam *et al.* (152) encontraram uma relação entre a aptidão aeróbica e a FE em participantes idosos. Isso nos leva a crer que os protocolos de treino que utilizamos são eficazes para melhorar a aptidão aeróbica, uma vez que se verificou um aumento da FE.

A melhora observada na FE dá suporte a esta afirmação. No entanto, são necessárias mais investigações para determinar se esta associação se aplica a outras capacidades físicas para além da capacidade aeróbica. Em segundo lugar, não analisamos medidas fisiológicas, como a frequência cardíaca e a pressão arterial, o que poderá dar mais suporte aos resultados. Terceiro, nosso estudo foi realizado com mulheres idosas de diferentes níveis de escolaridade, indicando heterogeneidade. Apesar dessas limitações, acreditamos que os resultados do nosso estudo são importantes e podem contribuir para o campo de pesquisa.

Com base nos nossos resultados e limitações, vale a pena investigar mais profundamente os efeitos do TDT e do TF nas FE, explorando métodos de avaliação mais semelhantes a cenários da realidade, como o teste de levantar e andar cronometrado ou o teste de velocidade de marcha combinado com uma segunda tarefa que pode ser uma tarefa motora ou cognitiva (30,37,38,116,150). Outro ponto é investigar a relação de diferentes testes de FE com medidas de aptidão física em pessoas idosas. Além disso, futuras investigações devem abordar homens e mulheres para examinar as diferenças entre os sexos na FE e na resposta ao exercício físico. Finalmente, é essencial desenvolver mais protocolos de TDT para utilizar este tipo de treino em diferentes contextos.

6 CONCLUSÃO

Em síntese, é possível afirmar que 16 semanas de TDT e TF são igualmente

eficazes no controle inibitório. Além disso, mesmo após oito semanas de destreinamento os valores foram abaixo do basal no TR congruente e incongruente. O TDT foi eficaz na melhora da memória de trabalho e o destreinamento ocasionou perdas no desempenho voltando ao basal. O grupo TF não melhorou a memória de trabalho, a flexibilidade se manteve após as 16 semanas e após o destreinamento. Esses resultados indicam que ambos os protocolos de treinamento são eficazes para melhorar o controle inibitório em mulheres idosas.

7 APLICAÇÕES PRÁTICAS E PERSPECTIVAS FUTURAS DA DISSERTAÇÃO

Na perspectiva de contribuir com a implementação de políticas públicas e agregar os achados no contexto da prática profissional, os protocolos de treinamento utilizados podem ser aplicados em diferentes contextos devido ao seu baixo custo e benefícios observados. Especificamente, com ambos os treinamentos sendo eficazes para a melhora da FE, é possível dar margem de escolha para o público-alvo de mulheres idosas. Consequentemente, isso pode favorecer a aderência ao treinamento e resultar na otimização dos benefícios do exercício.

Na perspectiva metodológica e científica, os presentes achados favorecem a padronização na mensuração das medidas relacionadas a FE. Desse modo, será possível comparar medidas entre estudos na literatura científica, reduzindo as diferenças na forma de avaliação. Por fim, por serem testes simples que utilizam softwares gratuitos, é possível a sua utilização na prática clínica e profissional para direcionamento de intervenções.

Diante do exposto, novos estudos devem abordar mais grupos, como um de treinamento funcional com dupla tarefa, um grupo TDT e um TF com sessões semanais de duas a três vezes por semana. No mais, a inserção de medidas como questionários de qualidade de sono, depressão, nível de atividade física, além de variáveis moleculares e celulares (e.g., cortisol, dopamina, lactato e BDNF) podem ser interessantes para melhor entendimento dos processos fisiológicos da FE.

REFERÊNCIAS DA DISSERTAÇÃO

1. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioural sciences* (2nd edn.). Hillsdale, NJ: Erlbaum; 1988.
2. Lakens D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Front Psychol* [Internet]. 2013 [citado 27 de março de 2023];4. Disponível em: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2013.00863/abstract>
3. Traut HJ, Guild RM, Munakata Y. Why does cognitive training yield inconsistent benefits? A meta-analysis of individual differences in baseline cognitive abilities and training outcomes. *Front Psychol*. 26 de maio de 2021;12:662139.
4. Albrecht BM, Stalling I, Bammann K. Sex- and age-specific normative values for handgrip strength and components of the Senior Fitness Test in community-dwelling older adults aged 65–75 years in Germany: results from the OUTDOOR ACTIVE study. *BMC Geriatrics*. 2021;21(1).
5. Ferguson HJ, Brunsdon VEA, Bradford EEF. The developmental trajectories of executive function from adolescence to old age. *Sci Rep*. 14 de janeiro de 2021;11(1):1382.
6. Håkansson K, Ledreux A, Daffner K, Terjestam Y, Bergman P, Carlsson R, et al. BDNF Responses in Healthy Older Persons to 35 Minutes of Physical Exercise, Cognitive Training, and Mindfulness: Associations with Working Memory Function HHS Public Access. *J Alzheimers Dis*. 2017;55(2):645–57.
7. Wilson D, Jackson T, Sapey E, Lord JM. Frailty and sarcopenia: The potential role of an aged immune system. *Ageing Research Reviews*. 2017;36:1–10.
8. Baghel MS, Singh P, Srivas S, Thakur MK. Cognitive Changes with Aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - Biological Sciences*. 2019;89(3):765–73.
9. Etner JL, Chang YK. The effect of physical activity on executive function: a brief commentary on definitions, measurement issues, and the current state of the literature. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. agosto de 2009;31(4):469–83.
10. Diamond A. Executive functions. *Annu Rev Psychol*. 2013;64(2):135–68.
11. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager TD. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “Frontal Lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*. agosto de 2000;41(1):49–100.
12. Idowu MI, Szameitat AJ. Executive function abilities in cognitively healthy young and older adults—A cross-sectional study. *Front Aging Neurosci*. 8 de fevereiro de 2023;15:976915.
13. Dziemian S, Appenzeller S, von Bastian CC, Jäncke L, Langer N. Working memory training effects on white matter integrity in young and older adults. *Front Hum Neurosci*. 14 de abril de 2021;15:605213.
14. Fastame MC, Mulas I, Putzu V, Asoni G, Viale D, Mameli I, et al. Executive and motor functions in older individuals with cognitive impairment. *Behavioral Sciences*. 28 de junho de 2022;12(7):214.
15. Herold F, Hamacher D, Schega L, Müller NG. Thinking while moving or moving while thinking – concepts of motor-cognitive training for cognitive performance enhancement. *Front Aging Neurosci*. 6 de agosto de 2018;10:228.

16. Park JH. Is dual-task training clinically beneficial to improve balance and executive function in community-dwelling older adults with a history of falls? *IJERPH*. 17 de agosto de 2022;19(16):10198.
17. Anton SD, Woods AJ, Ashizawa T, Barb D, Buford TW, Carter CS, et al. Successful aging: advancing the science of physical independence in older adults. *Ageing Research Reviews*. novembro de 2015;24:304–27.
18. Barha CK, Galea LA, Nagamatsu LS, Erickson KI, Liu-Ambrose T. Personalising exercise recommendations for brain health: considerations and future directions. *Br J Sports Med*. abril de 2017;51(8):636–9.
19. Levine DA, Gross AL, Briceño EM, Tilton N, Giordani BJ, Sussman JB, et al. Sex differences in cognitive decline among US adults. *JAMA Netw Open*. 25 de fevereiro de 2021;4(2):e210169.
20. Gabriel KP, Mason JM, Sternfeld B. Recent evidence exploring the associations between physical activity and menopausal symptoms in midlife women: perceived risks and possible health benefits. *Women's Midlife Health*. 2015;1:1.
21. Genazzani AR, Pluchino N, Luisi S, Luisi M. Estrogen, cognition and female ageing. *Human Reproduction Update*. 1º de março de 2007;13(2):175–87.
22. Hoshi H, Hirata Y, Kobayashi M, Sakamoto Y, Fukasawa K, Ichikawa S, et al. Distinctive effects of executive dysfunction and loss of learning/memory abilities on resting-state brain activity. *Sci Rep*. 2 de março de 2022;12(1):3459.
23. Jardim NYV, Bento-Torres NVO, Costa VO, Carvalho JPR, Pontes HTS, Tomás AM, et al. Dual-task exercise to improve cognition and functional capacity of healthy older adults. *Front Aging Neurosci*. 20 de fevereiro de 2021;13:589299.
24. Al-Yahya E, Dawes H, Smith L, Dennis A, Howells K, Cockburn J. Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. janeiro de 2011;35(3):715–28.
25. Park DC, Reuter-Lorenz P. The Adaptive Brain: Aging and Neurocognitive Scaffolding. *Annual Review of Psychology*. 2011;89(4):173–96.
26. Sogaard I, Ni R. Mediating Age-related Cognitive Decline Through Lifestyle Activities: A Brief Review Of The Effects Of Physical Exercise And Sports-playing On Older Adult Cognition. *Acta Psychopathologica*. 2018;04(04):1–8.
27. Zhu X, Yin S, Lang M, He R, Li J. The more the better? A meta-analysis on effects of combined cognitive and physical intervention on cognition in healthy older adults. *Ageing Research Reviews*. novembro de 2016;31:67–79.
28. Chen FT, Etnier JL, Chan KH, Chiu PK, Hung TM, Chang YK. Executive functioning as a predictor of weight loss and physical activity outcomes. *Sports Med*. agosto de 2020;50(8):1451–67.
29. Diamond A. Effects of physical exercise on executive functions: going beyond simply moving to moving with thought. 2015;(Studies of interference in serial verbal reactions).
30. Martinez-Navarro I, Cordellat A, Roldán A, Sanchis G, Blasco-lafarga C, Martinez-Navarro I, et al. 120 min / week of neuromotor multicomponent training are enough to improve executive function and functional fitness in older women. *Experimental Gerontology*. 2021;145(December 2020).
31. Izquierdo M, Merchant RA, Morley JE, Anker SD, Aprahamian I, Arai H, et al. International Exercise Recommendations in Older Adults (ICFSR): Expert Consensus Guidelines. *J Nutr Health Aging*. julho de 2021;25(7):824–53.
32. Bouaziz W, Lang PO, Schmitt E, Kaltenbach G, Geny B, Vogel T. Health benefits of multicomponent training programmes in seniors: a systematic review.

- International Journal of Clinical Practice. 2016;70(7):520–36.
33. La Scala Teixeira CV, Evangelista AL, Pereira PE de A, Da Silva-Grigoletto ME, Bocalini DS, Behm DG. Complexity: a novel load progression strategy in strength training. *Front Physiol.* 3 de julho de 2019;10:839.
 34. Da Silva-Grigoletto ME, Brito CJ, Heredia JR. Treinamento funcional: funcional para que e para quem? *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 30 de outubro de 2014;16(6):714.
 35. Aragão-Santos JC, Vasconcelos ABS, de Resende-Neto AG, Rodrigues LS, Silva N de L, Da Silva DN, et al. Functional and concurrent training do not impair immune function and improve functional fitness in postmenopausal women: A randomized controlled trial. *Experimental Gerontology.* 2021;153(July).
 36. de Resende-Neto AG, Oliveira Andrade BC, Cyrino ES, Behm DG, De-Santana JM, Da Silva-Grigoletto ME. Effects of functional and traditional training in body composition and muscle strength components in older women: A randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics.* setembro de 2019;84:103902.
 37. Resende-Neto AG, da Silva Resende M, Oliveira-Andrade BC, da Silva Chaves LM, Brandão LHA, Nogueira AC, et al. Functional training in comparison to traditional training on physical fitness and quality of movement in older women. *Sport Sciences for Health.* 2021;17(1):213–22.
 38. Aragão-Santos JC, De Resende-Neto AG, Nogueira AC, Feitosa-Neta M de L, Brandão LH, Chaves LM, et al. The effects of functional and traditional strength training on different strength parameters of elderly women: A randomized and controlled trial. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* 2019;59(3):380–6.
 39. Leckie RL, Oberlin LE, Voss MW, Prakash RS, Szabo-Reed A, Chaddock-Heyman L, et al. BDNF mediates improvements in executive function following a 1-year exercise intervention. *Front Hum Neurosci [Internet].* 11 de dezembro de 2014 [citado 26 de dezembro de 2022];8. Disponível em: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2014.00985/abstract>
 40. Gray M, Gills JL, Glenn JM, Vincenzo JL, Walter CS, Madero EN, et al. Cognitive decline negatively impacts physical function. *Experimental Gerontology.* 2021;143.
 41. McNicoll G. World Population Ageing 1950-2050. *Population and Development Review.* dezembro de 2002;28(4):814+.
 42. Rudnicka E, Napierała P, Podfigurna A, Męczekalski B, Smolarczyk R, Grymowicz M. The World Health Organization (WHO) approach to healthy ageing. *Maturitas.* setembro de 2020;139:6–11.
 43. Fernández-García ÁI, Moradell A, Navarrete-Villanueva D, Subías-Perié J, Pérez-Gómez J, Ara I, et al. Effects of multicomponent training followed by a detraining period on frailty level and functional capacity of older adults with or at risk of frailty: results of 10-month quasi-experimental study. *IJERPH.* 29 de setembro de 2022;19(19):12417.
 44. Deary IJ, Corley J, Gow AJ, Harris SE, Houlihan LM, Marioni RE, et al. Age-associated cognitive decline. *British Medical Bulletin.* 1º de dezembro de 2009;92(1):135–52.
 45. Souto JJ, Silva GM, Almeida NL, Shoshina II, Santos NA, Fernandes TP. Age-related episodic memory decline and the role of amyloid- β : a systematic review. *Dement neuropsychol.* setembro de 2021;15(3):299–313.

46. Engeroff T, Ingmann T, Banzer W. Physical activity throughout the adult life span and domain-specific cognitive function in old age: a systematic review of cross-sectional and longitudinal data. *Sports Med.* junho de 2018;48(6):1405–36.
47. Ramos V, Carraça EV, Paiva T, Baptista F. Sedentary time, physical activity, fitness, and physical function in older adults: What best predicts sleep quality? *Journal of Aging and Physical Activity.* 2019;27(4):538–44.
48. Henry JD, von Hippel W, Molenberghs P, Lee T, Sachdev PS. Clinical assessment of social cognitive function in neurological disorders. *Nat Rev Neurol.* janeiro de 2016;12(1):28–39.
49. Wu Z, Zhang H, Miao X, Li H, Pan H, Zhou D, et al. High-intensity physical activity is not associated with better cognition in the elder: evidence from the China health and retirement longitudinal study. *Alz Res Therapy.* dezembro de 2021;13(1):182.
50. Ammar A, Boukhris O, Halfpaap N, Labott BK, Langhans C, Herold F, et al. Four weeks of detraining induced by COVID-19 reverse cardiac improvements from eight weeks of fitness-dance training in older adults with mild cognitive impairment. *IJERPH.* 31 de maio de 2021;18(11):5930.
51. Bhatti GK, Reddy AP, Reddy PH, Bhatti JS. Lifestyle modifications and nutritional interventions in aging-associated cognitive decline and alzheimer's disease. *Front Aging Neurosci.* 10 de janeiro de 2020;11:369.
52. Dominguez LJ, Veronese N, Vernuccio L, Catanese G, Inzerillo F, Salemi G, et al. Nutrition, physical activity, and other lifestyle factors in the prevention of cognitive decline and dementia. *Nutrients.* 15 de novembro de 2021;13(11):4080.
53. Friedman NP, Miyake A. Unity and diversity of executive functions: individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex.* janeiro de 2017;86:186–204.
54. Clancy Blair. Educating executive function. *WIREs Cognitive Science.* 2017;8:e1403.
55. Hortobágyi T, Vetrovsky T, Balbim GM, Sorte Silva NCB, Manca A, Deriu F, et al. The impact of aerobic and resistance training intensity on markers of neuroplasticity in health and disease. *Ageing Research Reviews.* setembro de 2022;80:101698.
56. Newman LA, Creer DJ, McGaughy JA. Cognitive control and the anterior cingulate cortex: How conflicting stimuli affect attentional control in the rat. *Journal of Physiology-Paris.* fevereiro de 2015;109(1–3):95–103.
57. Souza-Couto D, Bretas R, Aversí-Ferreira TA. Neuropsychology of the parietal lobe: Luria's and contemporary conceptions. *Front Neurosci.* 20 de outubro de 2023;17:1226226.
58. Lanciego JL, Luquin N, Obeso JA. Functional Neuroanatomy of the Basal Ganglia. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine.* 1º de dezembro de 2012;2(12):a009621–a009621.
59. Šimić G, Tkalčić M, Vukić V, Mulc D, Španić E, Šagud M, et al. Understanding Emotions: Origins and Roles of the Amygdala. *Biomolecules.* 31 de maio de 2021;11(6):823.
60. Lisman J, Buzsáki G, Eichenbaum H, Nadel L, Ranganath C, Redish AD. Viewpoints: how the hippocampus contributes to memory, navigation and cognition. *Nat Neurosci.* 1º de novembro de 2017;20(11):1434–47.
61. Banich MT. Executive Function. *Current Directions in Psychological Science.* 2009;18(2):89–94.
62. Iadecola C, Yaffe K, Biller J, Bratzke LC, Faraci FM, Gorelick PB, et al. Impact of

hypertension on cognitive function: a scientific statement from the american heart association. *Hypertension* [Internet]. dezembro de 2016 [citado 7 de outubro de 2022];68(6). Disponível em:

<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/HYP.0000000000000053>

63. Diamond A. Why improving and assessing EF early in life is critical. *Executive function in preschool-age children: Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research*. 2016;11–43.
64. Chen FT, Etnier JL, Chan KH, Chiu PK, Hung TM, Chang YK. Effects of Exercise Training Interventions on Executive Function in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. agosto de 2020;50(8):1451–67.
65. Butryn ML, Martinelli MK, Remmert JE, Roberts SR, Zhang F, Forman EM, et al. Executive Functioning as a Predictor of Weight Loss and Physical Activity Outcomes. *Annals of Behavioral Medicine*. 29 de agosto de 2019;53(10):909–17.
66. Donders FC. On the speed of mental processes. *Acta Psychol (Amst)*. 1969;30:412–31.
67. Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol Gen*. 1935;18(6):643–62.
68. Verbruggen F, Logan GD. Response inhibition in the stop-signal paradigm. *Trends in Cognitive Sciences*. novembro de 2008;12(11):418–24.
69. Servant M, Logan GD. Dynamics of attentional focusing in the Eriksen flanker task. *Atten Percept Psychophys*. novembro de 2019;81(8):2710–21.
70. Scarpina F, Tagini S. The stroop color and word test. *Frontiers in Psychology*. 2017;8(APR):1–8.
71. Oberauer K. Working memory and attention – a conceptual analysis and review. *Journal of Cognition*. 8 de agosto de 2019;2(1):36.
72. Alloway TP, Alloway R. Working memory: Is it the new IQ? *Nat Prec* [Internet]. 24 de outubro de 2008 [citado 5 de abril de 2023]; Disponível em: <https://www.nature.com/articles/npre.2008.2343.1>
73. Baddeley A. The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*. novembro de 2000;4(11):417–23.
74. Cowan N. Working memory underpins cognitive development, learning, and education. *Educ Psychol Rev*. junho de 2014;26(2):197–223.
75. Gonçalves VT, Mansur LL. N-Back auditory test performance in normal individuals. *Dement neuropsychol*. junho de 2009;3(2):114–7.
76. Kessels RPC, van Zandvoort MJE, Postma A, Kappelle LJ, de Haan EHF. The corsi block-tapping task: standardization and normative data. *Applied Neuropsychology*. dezembro de 2000;7(4):252–8.
77. De Nardi T, Sanvicente-Vieira B, Prando M, Stein LM, Fonseca RP, Grassi-Oliveira R. Tarefa N-back auditiva: desempenho entre diferentes grupos etários. *PSICOL-REFLEX CRIT*. 2013;26(1):151–9.
78. Arce T, McMullen K. The Corsi Block-Tapping Test: Evaluating methodological practices with an eye towards modern digital frameworks. *Comput Hum Behav*. agosto de 2021;4:100099.
79. Corsi PM. Human memory and the medial temporal region of the brain. 1972;
80. White N, Flannery L, McClintock A, Machado L. Repeated computerized cognitive testing: Performance shifts and test–retest reliability in healthy older adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 7 de fevereiro de 2019;41(2):179–91.
81. Howlett CA, Wewege MA, Berryman C, Oldach A, Jennings E, Moore E, et al.

Same room - different windows? A systematic review and meta-analysis of the relationship between self-report and neuropsychological tests of cognitive flexibility in healthy adults. *Clinical Psychology Review*. agosto de 2021;88:102061.

82. Miguel FK. Teste wisconsin de classificação de cartas. *Aval Psicol*. 2005;4(2):203–4.
83. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports (1974-)*. 1985;100(2):126–31.
84. Izquierdo M, Martínez-Velilla N, Casas-Herrero A, Zambom-Ferraresi F, Sáez De Asteasu ML, Lucia A, et al. Effect of exercise intervention on functional decline in very elderly patients during acute hospitalization: a randomized clinical trial. *JAMA Internal Medicine*. 2019;179(1):28–36.
85. Cheng ST. Cognitive reserve and the prevention of dementia: the role of physical and cognitive activities. *Curr Psychiatry Rep*. setembro de 2016;18(9):85.
86. Erickson KI, Hillman C, Stillman CM, Ballard RM, Bloodgood B, Conroy DE, et al. Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2019;51(6):1242–51.
87. Shimada H, Ishii K, Makizako H, Ishiwata K, Oda K, Suzukawa M. Effects of exercise on brain activity during walking in older adults: a randomized controlled trial. *J NeuroEngineering Rehabil*. dezembro de 2017;14(1):50.
88. Erickson KI, Voss MW, Prakash RS, Basak C, Szabo A, Chaddock L, et al. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2011;108(7):3017–22.
89. Raichlen DA, Bharadwaj PK, Nguyen LA, Franchetti MK, Zigman EK, Solorio AR, et al. Effects of simultaneous cognitive and aerobic exercise training on dual-task walking performance in healthy older adults: Results from a pilot randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*. 2020;20(1):1–10.
90. Voss MW, Weng TB, Burzynska AZ, Wong CN, Cooke GE, Clark R, et al. Fitness, but not physical activity, is related to functional integrity of brain networks associated with aging. *NeuroImage*. maio de 2016;131:113–25.
91. Bruderer-Hofstetter M, Rausch-Osthoff AK, Meichtry A, Münzer T, Niedermann K. Effective multicomponent interventions in comparison to active control and no interventions on physical capacity, cognitive function and instrumental activities of daily living in elderly people with and without mild impaired cognition – A systematic review and network meta-analysis. *Ageing Research Reviews*. agosto de 2018;45:1–14.
92. Coetsee C, Terblanche E. The effect of three different exercise training modalities on cognitive and physical function in a healthy older population. *European Review of Aging and Physical Activity*. 2017;14(1):1–10.
93. Wang RY, Wang YL, Cheng FY, Chao YH, Chen CL, Yang YR. Effects of a multicomponent exercise on dual-task performance and executive function among older adults. *International Journal of Gerontology*. junho de 2018;12(2):133–8.
94. Mekari S, Dupuy O, Martins R, Evans K, Kimmerly DS, Fraser S, et al. The effects of cardiorespiratory fitness on executive function and prefrontal oxygenation in older adults. *GeroScience*. outubro de 2019;41(5):681–90.
95. Fragala MS, Cadore EL, Dorgo S, Izquierdo M, Kraemer WJ, Peterson MD, et al.

- Resistance training for older adults: position statement from the national strength and conditioning association. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2019;33(8):2019–52.
96. Pesce C. Shifting the focus from quantitative to qualitative exercise characteristics in exercise and cognition research. *J Sport Exerc Psychol*. dezembro de 2012;34(6):766–86.
 97. Prakash RS, Voss MW, Erickson KI, Kramer AF. Physical activity and cognitive vitality. *Annual Review of Psychology*. 2015;66(September):769–97.
 98. Arida RM, Teixeira-Machado L. The contribution of physical exercise to brain resilience. *Front Behav Neurosci*. 20 de janeiro de 2021;14:626769.
 99. Stillman CM, Esteban-Cornejo I, Brown B, Bender CM, Erickson KI. Effects of exercise on brain and cognition across age groups and health states. *Trends in Neurosciences*. julho de 2020;43(7):533–43.
 100. Northey JM, Cherbuin N, Pumpa KL, Smee DJ, Rattray B. Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: A systematic review with meta-Analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2018;52(3):154–60.
 101. Zhao RR, Mavros Y, Meiklejohn J, Anderberg KA, Singh N, Kay S, et al. Effect of high-intensity power training on cognitive function in older adults with type 2 diabetes: secondary outcomes of the GREAT2DO study. Le Couteur D, organizador. *The Journals of Gerontology: Series A*. 6 de outubro de 2022;77(10):1975–85.
 102. Nagamatsu LS, Chan A, Davis JC, Beattie BL, Graf P, Voss MW, et al. Physical activity improves verbal and spatial memory in older adults with probable mild cognitive impairment: a 6-month randomized controlled trial. *Journal of Aging Research*. 2013;2013:1–10.
 103. Borzuola R, Giombini A, Torre G, Campi S, Albo E, Bravi M, et al. Central and peripheral neuromuscular adaptations to ageing. *JCM*. 9 de março de 2020;9(3):741.
 104. Liu-Ambrose T. Resistance training and executive functions: a 12-month randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*. 2010;170(2):170.
 105. Iuliano E, di Cagno A, Aquino G, Fiorilli G, Mignogna P, Calcagno G, et al. Effects of different types of physical activity on the cognitive functions and attention in older people: a randomized controlled study. *Experimental Gerontology*. outubro de 2015;70:105–10.
 106. Zheng J, Su X, Xu C. Effects of exercise intervention on executive function of middle-aged and elderly people: A systematic review of randomized controlled trials. *Front Aging Neurosci*. 12 de agosto de 2022;14:960817.
 107. Balachandran A, Martins MM, De Faveri FG, Alan O, Cetinkaya F, Signorile JF. Functional strength training: seated machine vs standing cable training to improve physical function in elderly. *Experimental Gerontology*. 2016;82(2016):131–8.
 108. Resende-Neto AG. Conceptualizing the functional training exercise for older people. *International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2019;7(5):2–3.
 109. Beckham SG, Ph D, Harper M, Ed M. Functional training: fad or here to stay? *ACSM's HEALTH & FITNESS JOURNAL*. 2010;14(6):24–30.
 110. Sondell A, Rosendahl E, Gustafson Y, Lindelöf N, Littbrand H. The applicability of a high-intensity functional exercise program among older people with dementia living in nursing homes. *Journal of Geriatric Physical Therapy*. outubro de 2019;42(4):E16–24.

111. Avers D. Exercise and physical activity for older adults. Em: Guccione's Geriatric Physical Therapy [Internet]. Elsevier; 2020 [citado 5 de abril de 2023]. p. 166–200. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780323609128000087>
112. Billat LV. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Sports Med. 2001;
113. Young W. Training for speed/strength: heavy vs. light loads. Strength & Conditioning Journal [Internet]. 1993;15(5). Disponível em: https://journals.lww.com/nsca-scj/Fulltext/1993/09000/RESISTANCE_TRAINING__Training_for_Speed_Strength_6.aspx
114. Tsourlou T, Gerodimos V, Kellis E, Stavropoulos N, Kellis S. The effects of a calisthenics and a light strength training program on lower limb muscle strength and body composition in mature women. 2003;17(3).
115. Hibbs AE, Thompson KG, French D, Wrigley A, Spears I. Optimizing performance by improving core stability and core strength. Sports Medicine. 2008;38(12):995–1008.
116. Resende-Neto AG de R, Santos MS, Silva RJS, de Santana JM, da Silva-Grigoletto ME. Effects of different neuromuscular training protocols on the functional capacity of elderly women. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2018;24(2):140–4.
117. Fraser SA, Li KZH, Berryman N, Desjardins-Crépeau L, Lussier M, Vadaga K, et al. Does combined physical and cognitive training improve dual-task balance and gait outcomes in sedentary older adults? Front Hum Neurosci [Internet]. 18 de janeiro de 2017 [citado 12 de janeiro de 2023];10. Disponível em: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2016.00688/full>
118. Fuster J, Caparrós T, Capdevila L. Evaluation of cognitive load in team sports: literature review. PeerJ. 2021;9:1–26.
119. Shin SS, An DH. The effect of motor dual-task balance training on balance and gait of elderly women. J Phys Ther Sci. 2014;26(3):359–61.
120. Armieri A, Holmes JD, Spaulding SJ, Jenkins ME, Johnson AM. Dual task performance in a healthy young adult population: results from a symmetric manipulation of task complexity and articulation. Gait & Posture. fevereiro de 2009;29(2):346–8.
121. Wollesen B, Voelcker-Rehage C. Training effects on motor–cognitive dual-task performance in older adults: a systematic review. Eur Rev Aging Phys Act. abril de 2014;11(1):5–24.
122. Schaefer S. The ecological approach to cognitive motor dual-tasking: findings on the effects of expertise and age. Front Psychol [Internet]. 14 de outubro de 2014 [citado 4 de abril de 2023];5. Disponível em: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2014.01167/abstract>
123. Voelcker-Rehage C, Stronge AJ, Alberts JL. Age-related differences in working memory and force control under dual-task conditions. Aging, Neuropsychology, and Cognition. dezembro de 2006;13(3–4):366–84.
124. Wickens CD. Multiple resources and performance prediction. Theoretical Issues in Ergonomics Science. janeiro de 2002;3(2):159–77.
125. Mujika I, Padilla S. Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part II. Sports Medicine. 2000;30(3):145–54.
126. Wilkinson AJ, Yang L. Long-term maintenance of inhibition training effects in older

- adults: 1- and 3-year follow-up. 71(4):622–9.
127. Donyaei A, Kiani E, Bahrololoum H, Moser O. Effect of combined aerobic–resistance training and subsequent detraining on brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and depression in women with type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled trial. *Diabet Med*. 28 de julho de 2023;e15188.
 128. Blasco-Lafarga C, Cordellat A, Forte A, Roldán A, Monteagudo P. Short and long-term trainability in older adults: Training and detraining following two years of multicomponent cognitive—physical exercise training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(16):1–16.
 129. Savikangas T, Törmäkangas T, Tirkkonen A, Alen M, Fielding RA, Kivipelto M, et al. The effects of a physical and cognitive training intervention vs. physical training alone on older adults' physical activity: A randomized controlled trial with extended follow-up during COVID-19. Abdelbasset WK, organizador. *PLoS ONE*. 13 de outubro de 2021;16(10):e0258559.
 130. Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 statement: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *International Journal of Surgery*. 2011;9(8):672–7.
 131. Cesar KG, Yassuda MS, Porto FHG, Brucki SMD, Nitrini R. MoCA test: normative and diagnostic accuracy data for seniors with heterogeneous educational levels in Brazil. *Arq Neuro-Psiquiatr*. novembro de 2019;77(11):775–81.
 132. Bailey KV, Ferro-Luzzi A. Use of body mass index of adults in assessing individual and community nutritional status. *Bulletin of the World Health Organization*. 1995;73(5):673–80.
 133. Pantoja-Cardoso A, Aragão-Santos JC, Pereira MRM, Santos P de J, Dos-Santos AC, Faro H, et al. Reproducibility of inhibitory control measures, working memory and cognitive flexibility of older women. *Rev Bras Fisiol Exerc [Internet]*. 12 de fevereiro de 2023;22(1). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/369367276_REPRODUCIBILITY_OF_INHIBITORY_CONTROL_WORKING_MEMORY_AND_COGNITIVE_FLEXIBILITY_MEASURES_IN_OLDER_WOMEN
 134. Silva DNFB, Faro HKC, Tavares MPM, Nascimento Neto LID, Agrícola PMD, Machado DGDS. Influence of workplace exercise on workers' cognitive performance. *Rev Bras Med Trab*. 2021;19(02):157–64.
 135. Vandierendonck A, Kemps E, Fastame MC, Szmalec A. Working memory components of the corsi blocks task. *British Journal of Psychology*. 2004;95(1):57–79.
 136. De Paula JJ, Malloy-Diniz LF, Romano-Silva MA. Reliability of working memory assessment in neurocognitive disorders: A study of the digit span and corsi block-tapping tasks. *Revista Brasileira de Psiquiatria*. 2016;38(3):262–3.
 137. Reitan RM. The relation of the Trail Making Test to organic brain damage. *Journal of Consulting Psychology*. 1955;19(5):393–4.
 138. Voos MC, Custódio EB, Malaquias J. Relationship of executive function and educational status with functional balance in older adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*. 2011;34(1):11–8.
 139. Da Silva Grigoletto ME, Viana-Montaner BH, Heredia JR, Mata F, García-Orea GP, Brito C, et al. Validación de la escala de valoración subjetiva del esfuerzo OMNI-GSE para el control de la intensidad global en sesiones de objetivos múltiples en personas mayores. *Kronos Actividad Física y Salud*. 2013;12(1):32–40.

140. Erdfelder E, Faul F, Buchner A. GPOWER: A general power analysis program. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*. março de 1996;28(1):1–11.
141. Guimarães LSP, Hirakata VN. Use of the Generalized Estimating Equation Model in longitudinal data analysis. 2012;
142. Belleville S, Mellah S, de Boysson C, Demonet JF, Bier B. The pattern and loci of training-induced brain changes in healthy older Adults are predicted by the nature of the intervention. Chao L, organizador. *PLoS ONE*. 13 de agosto de 2014;9(8):e102710.
143. Chainay H, Joubert C, Massol S. Behavioural and ERP effects of cognitive and combined cognitive and physical training on working memory and executive function in healthy older adults. *ACP*. março de 2021;17(1):58–69.
144. Guo W, Wang B, Lu Y, Zhu Q, Shi Z, Ren J. The relationship between different exercise modes and visuospatial working memory in older adults: a cross-sectional study. *PeerJ*. 20 de julho de 2016;4:e2254.
145. Wu Y, Zang M, Wang B, Guo W. Does the combination of exercise and cognitive training improve working memory in older adults? a systematic review and meta-analysis. *PeerJ*. 10 de abril de 2023;11:e15108.
146. Brown AK, Liu-Ambrose T, Tate R, Lord SR. The effect of group-based exercise on cognitive performance and mood in seniors residing in intermediate care and self-care retirement facilities: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*. 1º de agosto de 2009;43(8):608–14.
147. Mekari S, Neyedli HF, Fraser S, O'Brien MW, Martins R, Evans K, et al. High-intensity interval training improves cognitive flexibility in older adults. *Brain Sciences*. 29 de outubro de 2020;10(11):796.
148. Forte, Boreham, Costa Leite, De Vito G, Brennan, Gibney, et al. Enhancing cognitive functioning in the elderly: multicomponent vs resistance training. *CIA*. janeiro de 2013;19.
149. Mahmoudpour A, Ferdousi Kejani K, Karami M, Toosi M, Ahmadboukani S. Cognitive flexibility and emotional self-regulation of the elderly with Empty nest syndrome: benefits of acceptance and commitment therapy. *Health Science Reports*. julho de 2023;6(7):e1397.
150. Brustio PR, Rabaglietti E, Formica S, Liubicich ME. Dual-task training in older adults: The effect of additional motor tasks on mobility performance. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. março de 2018;75:119–24.
151. Weinstein AM, Voss MW, Prakash RS, Chaddock L, Szabo A, White SM, et al. The association between aerobic fitness and executive function is mediated by prefrontal cortex volume. *Brain, Behavior, and Immunity*. julho de 2012;26(5):811–9.
152. Predovan D, Berryman N, Lussier M, Comte F, Vu TTM, Villalpando JM, et al. Assessment of the Relationship Between Executive Function and Cardiorespiratory Fitness in Healthy Older Adults. *Front Psychol*. 3 de novembro de 2021;12:742184.

APÊNDICE A: Anamnese e Índices Antropométricos

Nome: _____

Telefone: _____

Telefone para emergência: _____

Idade: _____

Peso: _____

Estatura: _____

IMC: _____

Possui algum tipo de problema cardíaco? () sim () não

É diabético? () sim () não

É hipertenso? () sim () não

Possui algum tipo de problema respiratório? () sim () não

É fumante? () sim () não

Consome bebidas alcoólicas regularmente? () sim () não

Faz algum tipo de reposição hormonal? () sim () não

Faz uso de medicamento para perda de peso? () sim () não

Participou regularmente de algum programa de exercícios físicos nos últimos 3 meses? () sim () não

Realizou alguma cirurgia nos últimos seis meses? () sim () não

Possui algum tipo de problema articular (dores no ombro, joelho, coluna)?

() sim () não. Se sim onde? _____

APÊNDICE B: Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

A senhora está sendo convidada a participar da pesquisa “Efeitos do treinamento funcional e do treinamento com dupla tarefa sobre a função executiva de mulheres idosas, que tem como objetivo acrescentar conhecimentos a respeito dos impactos do treinamento funcional sobre o público de mulheres idosas.

Será avaliado os efeitos do treinamento funcional e do treinamento com dupla tarefa em mulheres mais velhas.

Procedimentos a serem utilizados: será primeiramente realizada uma avaliação inicial por um membro da equipe para identificar a adequação aos critérios de seleção do estudo.

Forma de Obtenção da Amostra: a amostra foi obtida em grupos de terceira idade de atividade física do setor público, e se for preciso buscar seus cadastros no SUS. O público-alvo será composto por mulheres pós menopausa com idade entre 60 e 80 anos, não praticantes regulares de exercício nos últimos 3 meses, para participar de forma voluntária do estudo.

Uso de Placebo: Não haverá uso de placebo neste estudo.

Direito de Acessibilidade: Os dados individuais levantados do participante no desenvolvimento da presente pesquisa ficarão integralmente disponíveis para consulta, assim como é garantida a necessária interpretação de informações cabíveis sobre elas. Os resultados alcançados no estudo lhe serão disponibilizados, como uma alternativa humana de agradecimento por sua participação de forma voluntária. Em qualquer estágio da pesquisa, a voluntária terá acesso garantido aos profissionais responsáveis pelo seu desenvolvimento, nos locais e telefones indicados.

Garantias asseguradas: não deverá ocorrer nenhum tipo de desconforto ou constrangimento durante o desenvolvimento da pesquisa. Em qualquer etapa do estudo e a qualquer participante, fica garantido o direito de esclarecimento de todas as dúvidas que possam surgir. É assegurada a privacidade de todos os dados que serão coletados das voluntárias e eles serão mencionados somente de forma anônima

na pesquisa. Será oportunizado aos voluntários do estudo conhecer sua condição funcional, composição corporal, aptidão cardiorrespiratória e força de membros inferiores. Caso aconteça eventos adversos, os pesquisadores são responsáveis pela condução ao departamento de saúde da instituição e na ausência deste ligar para emergência 192, ou mesmo transportar a voluntária a uma unidade de pronto atendimento. Fica também garantida sua liberdade para se ausentar da investigação em qualquer etapa do seu desenvolvimento.

Direito de Confidencialidade: Os dados coletados no presente estudo serão utilizados para subsidiar a confecção de trabalhos científicos. Entretanto, os pesquisadores garantem a total privacidade e o estrito anonimato das participantes, garantindo, desde já a confidencialidade, a privacidade e a proteção da imagem, escusando-se de utilizar as informações geradas pelo estudo em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígio ou de quaisquer outras formas de discriminação.

Despesas e Compensações: As despesas da pesquisa serão de inteira responsabilidade dos pesquisadores. Não há qualquer previsão de compensação financeira as voluntárias.

Após a leitura do presente Termo, e estando de posse de minha plenitude mental e legal, ou da tutela legalmente estabelecida sobre a participante da pesquisa, declaro expressamente que entendi o propósito do referido estudo e, estando em perfeitas condições de participação, dou meu consentimento para participar livremente do mesmo.

Eu, _____ fui informada dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e alterar minha decisão se assim o desejar. O professor orientador Dr. Marzo Edir Da Silva Grigoletto certificou-me de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais.

O pesquisador certificou-me de que todos os dados desta pesquisa serão sigilosos e de que poderei retirar meu consentimento de participação caso eu desejar.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi proporcionada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Nome da Voluntária

Nome do Pesquisador

 Rubrica da Voluntária
 Data: _____

 Rubrica do Pesquisador
 Data: _____

Assinatura da Participante			
Nome Completo (legível)			
Identidade nº		C PF nº	

Em atendimento à Resolução nº 196, de 10 de outubro de 2016, atualizada na Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, o presente Termo é confeccionado e assinado em duas vias, uma de posse do avaliado e outra que será encaminhada ao Comitê de Ética da Pesquisa (CEP) do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Sergipe.

Comitê de ética em pesquisa envolvendo seres humanos, prédio do ambulatório do campus da saúde Prof João Cardoso Nascimento Junior. Rua Claudio Batista S/N, Bairro Sanatório. Fone 31947208. cep@acadêmico.ufs.br

APÊNDICE C: Comitê de Ética da Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: TREINAMENTO FUNCIONAL, IMUNOSSENESCÊNCIA E FUNCIONALIDADE DE MULHERES IDOSAS

Pesquisador: JOSE CARLOS ARAGAO SANTOS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 58046822.3.0000.5546

Instituição Proponente: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.449.765

Apresentação do Projeto:

Introdução:

O treinamento funcional (TF) é caracterizado por estimular diferentes capacidades físicas dentro de uma mesma sessão (multicomponente) e, principalmente, por utilizar exercícios semelhantes as atividades cotidianas (específico) do praticante com foco na funcionalidade. Essas características fazem do TF uma alternativa útil para adultos em geral e sobretudo para a população idosa considerando a importância dada ao treinamento multicomponente e a funcionalidade para o idoso. Em estudos do nosso grupo de pesquisa (Functional Training Group) observamos que o TF é eficaz no aumento da força e potência muscular, redução de citocinas pró inflamatórias, manutenção da saúde imunológica e aumento do desempenho em testes físicos semelhantes as atividades cotidianas entre mulheres idosas. Portanto, os nossos achados fortalecem o uso do TF como uma alternativa útil e eficaz para a promoção da saúde entre mulheres idosas que requerem uma atenção diferenciada pelas alterações decorrentes da menopausa. Os benefícios promovidos pelo TF entre idosos favorecem o crescente interesse por esse tipo de treinamento na literatura

Endereço: Rua Cláudio Batista s/nº

Bairro: Sanatório

CEP: 49.060-110

UF: SE

Município: ARACAJU

Telefone: (79)3194-7208

E-mail: cep@academico.ufs.br

ANEXO A: *Geriatrics* – ISSN: **2308-3417**

Article

Functional Training and Dual-Task Training Improve the Executive Function of Older Women

Alan Pantoja-Cardoso ^{1,*}, Jose Carlos Aragão-Santos ², Poliana de Jesus Santos ³, Ana Carolina Dos-Santos ⁴,
Salviano Resende Silva ³, Newton Benites Carvalho Lima ², Alan Bruno Silva Vasconcelos ³,
Leonardo de Sousa Fortes ⁵ and Marzo Edir Da Silva-Grigoletto ^{1,2,3}

¹ Postgraduate Program in Physical Education, Federal University of Sergipe, São Cristovao 49100-000, Brazil; dasilvame@gmail.com

² Postgraduate Program in Health Sciences, Federal University of Sergipe, São Cristovao 49100-000, Brazil; prof.josecarlosaragao@gmail.com (J.C.A.-S.); newtonbenites@academico.ufs.br (N.B.C.L.)

³ Postgraduate Program in Physiological Science, Federal University of Sergipe, São Cristovao 49100-000, Brazil; polianasantos.28@hotmail.com (P.d.J.S.); salvianoresende77@hotmail.com (S.R.S.); abs.vasconcelos@gmail.com (A.B.S.V.)

⁴ Graduation in Physiotherapy, Federal University of Sergipe, São Cristovao 49100-000, Brazil; anacarolinaif94@gmail.com

⁵ Associate Graduate Program in Physical Education, Federal University of Paraiba, João Pessoa 58051-900, Brazil; leodesousafortes@hotmail.com

* Correspondence: alan_pantoja1996@hotmail.com

Abstract: Functional training (FT) is a type of multicomponent training with emphasis on activities of daily living that stimulate different physical capacities in only one session. Dual-task training (DTT) is a type of training that simultaneously applies cognitive and motor stimuli. We investigated the effects of sixteen weeks of FT and DTT and eight weeks of detraining on older women's inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility. Sixty-two older women (66.9 ± 5.4 years; 27.7 ± 3.9 kg/m²) completed a 16-week intervention program comprising the FT ($n = 31$) and DTT ($n = 31$), and 43 returned after the detraining period. We used the Stroop Color Word Color test to evaluate inhibitory control, the Corsi Block Test to assess working memory, and the Trail Making Test to evaluate cognitive flexibility. Only DTT reduced the congruent response time between the pre-test and post-test ($d = -0.64$; $p < 0.001$), with no difference between the post-test and the detraining values ($d = 1.13$; $p < 0.001$). Both groups reduced the incongruent response time between the pre-test and post-test (FT: $d = -0.61$; $p = 0.002$; DTT: $d = -0.59$; $p = 0.002$) without a difference between groups. There were no significant differences in working memory and cognitive flexibility. Sixteen weeks of FT and DTT increased the inhibitory control of older women but not the working memory and cognitive flexibility, and these effects persisted after eight weeks of detraining.

Keywords: aging; physical exercise; cognitive training; functional status; cognition



Citation: Pantoja-Cardoso, A.; Aragão-Santos, J.C.; Santos, P.d.J.; Dos-Santos, A.C.; Silva, S.R.; Lima, N.B.C.; Vasconcelos, A.B.S.; Fortes, L.d.S.; Da Silva-Grigoletto, M.E. Functional Training and Dual-Task Training Improve the Executive Function of Older Women. *Geriatrics* **2023**, *8*, 83. <https://doi.org/10.3390/geriatrics8050083>

Academic Editors: Madhuchhanda Mohanty and Prakash Kumar

Received: 25 July 2023

Revised: 13 August 2023

Accepted: 16 August 2023

Published: 22 August 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

The main domains of executive function (EF) are inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility [1]. Inhibitory control can prevent the allocation of focused attention on irrelevant or distracting information in internal or external environments, thus, allowing a person to keep focused on the task performed or relevant goal to be achieved [2]. Inhibitory control is essential for coping with the demands of daily life, such as avoiding distractions while walking or other daily activities [3]. Working memory constitutes the storage of information that will be manipulated and used to comprehend a task (e.g., listing, in order, a list of household objects or a market list for shopping) [4]. It is possible to note the importance of working memory for older people in language comprehension tasks and adherence to the use of medications [5,6]. Cognitive flexibility is an executive process that combines inhibitory control and working memory to adapt the course of thoughts or

actions according to a situation's changing demands without clear instructions [7]. Cognitive flexibility is fundamental to the mental health of older adults, which determines their ability to adapt to pressure situations or even daily threats related to conscious and unconscious behaviors. It is also known as the central point of an effective function in the control of internal states, controlling impulses to achieve higher goals [8].

Women are more susceptible to cognitive decline, especially after menopause [9,10]. This decline is observed in several cognitive domains, including working memory, attention, and processing speed for visual and auditory stimuli [10–12]. The reduction in cognitive abilities frequently indicates decreased EF [13]. EF encompasses a range of essential cognitive processes for concentration and attention. These processes allow for performing tasks automatically, quickly, and efficiently [1,14]. Thus, inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility are important for older adults to perform daily activities. EF is associated with successful management of activities of daily living and social skills, contributing to health promotion, functional independence, autonomy, and improvement of the quality of life of older people [15,16].

Exercise effectively improves cognition and attenuates performance declines [17,18]. Adding cognitive tasks to training programs has shown significant benefits for different populations [19,20]. Multicomponent training has been particularly effective for the older population by stimulating brain areas such as the prefrontal cortex and dorsolateral cortex, besides promoting neurogenesis through increased brain-derived neurotrophic factor (BDNF) secretion by the skeletal muscle [18,21,22]. Despite the positive effects, multicomponent training is often applied analytically without approaching the specificity [23,24]. Thus, functional training (FT) is an alternative that explores the specificity of approaching exercises similar to the activities of daily living, with several positive effects to the older women population [25,26]. To the best of our knowledge, however, there have been no studies investigating the possible effects of FT on EF in older women.

Another option is the performance of two or more cognitive and motor activities or two different motor activities simultaneously, known as dual-task training (DTT) [27,28]. Gavelin et al. (2020) [29] investigated DTT protocols used in the literature and found significant effects on global cognition in older adults. Despite the considerable number of studies regarding this type of training, however, the comprehension of the effects of DTT on EF is challenging due to the heterogeneity among training protocols and the inconsistencies between studies [30]. This variation results from the limited methodological explanation provided in the scientific literature regarding DTT protocols.

Additionally, to the best of our knowledge, there is only one study examining the consequences of detraining on inhibitory control in older women [31]. Also, few studies compared DTT and single-task training protocols on all three main EF domains [30]. Therefore, we investigated the effects of sixteen weeks of DTT compared with FT and eight weeks of detraining on the inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility of older women. We hypothesized that DTT would improve inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility more efficiently than FT due to the training specificity principle. Furthermore, we assumed that the exercise effects on executive function would be maintained after eight weeks of detraining.

2. Materials and Methods

2.1. Study Design

The experimental study had repeated measures and parallel groups [32] lasting 32 weeks (June 2022 to February 2023). The first four weeks were used for initial measurements (pre-test) followed by 16 weeks for the training protocols, two weeks for the post-training measurements (post-test), eight weeks for detraining, and two weeks for the final measures (Figure 1). All tests and training procedures were conducted at the Department of Physical Education. Experienced professionals, blinded to the protocol performed by the participants, conducted all the tests. Also, one blinded researcher performed the

data analysis. During the pre-test and post-test period, the participants were asked to not perform any type of physical exercise besides the testing procedures.

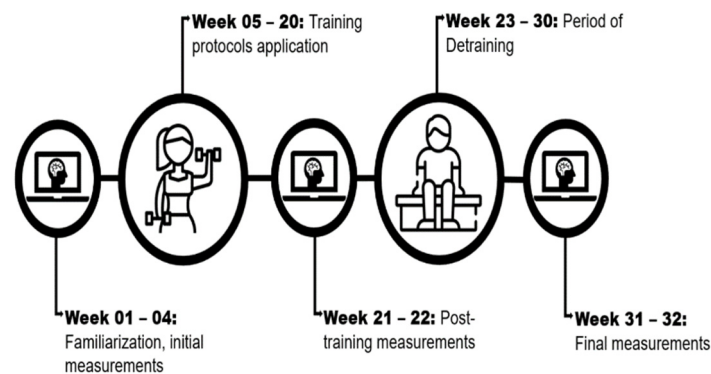


Figure 1. Experimental design.

2.2. Participants

We recruited participants by disseminating posters and leaflets in the University surroundings using non-probabilistic recruitment methods (Figure 2). We randomized the participants with a 1/1 allocation rate based on their Stroop Color Word Test (SCWT) values, which were ordered in ascending order using Microsoft Excel software (Corp, Redmond, WA, USA). Participants were organized in ascending order based on the SCWT. From this, they were allocated into blocks and each assigned random values using Microsoft Excel software. Participants with the highest random value in each block were allocated to FT and those with lower values to DTT.

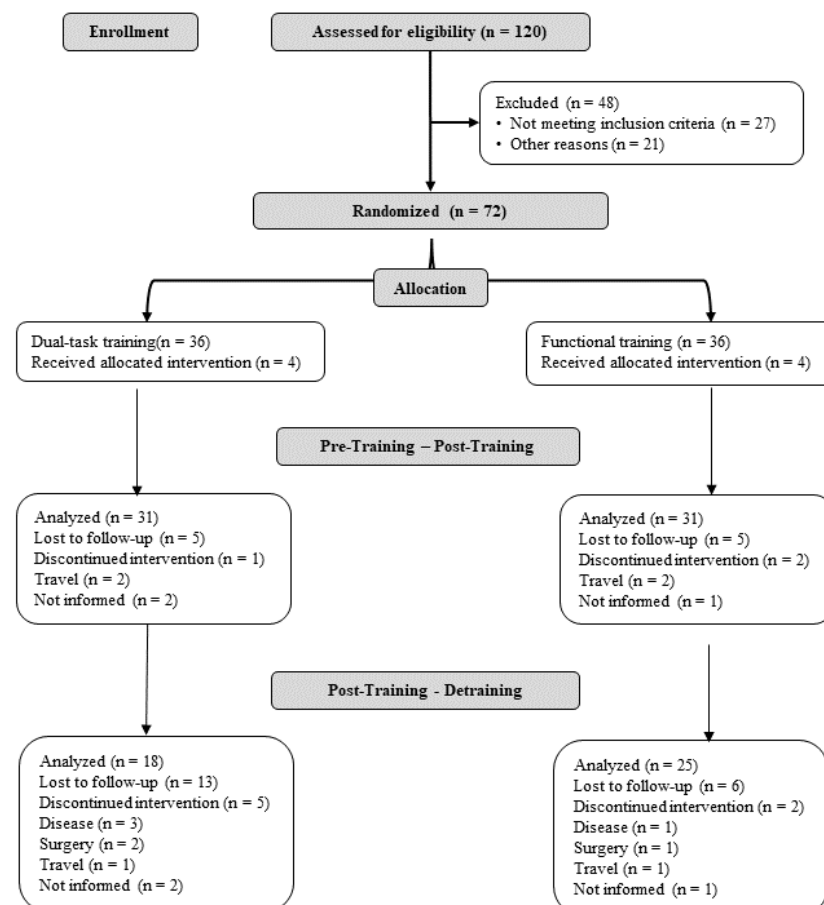


Figure 2. Flowchart of the screening and allocation of the participants.

All participants fulfilled the following inclusion criteria: ≥ 60 years old; female; had no menstrual bleeding in the preceding 12 months; had no musculoskeletal or cardiovascular contraindications that would preclude exercise; had not undergone physical training for at least six months; had no color blindness, dyslexia, or severe mental or cognitive problems with medical report and achieved a minimum of 12 Montreal Cognitive Assessment scores [33,34]; and no previous experience in physical exercises. Afterward, all participants signed the informed consent form after all the procedures were explained. This study was approved by the Research Ethics Committee of the Federal University of Sergipe report no. 5.449.765 and registered in the Brazilian Registry of Clinical Trials under protocol RBR-2d56bt (available at <https://ensaiosclinicos.gov.br/RBR-2d56bt> (accessed on 1 November 2020)).

2.3. Intervention Procedures

Professionals experienced in physical training for older people supervised the FT and DTT interventions. The professionals applied the protocols in different spaces within the Physical Education Department facilities of the university. There was at least one professional for every six participants to guarantee the participants' safety and proper exercise executions.

The training intensity was monitored and adjusted based on the rate of perceived effort [35]. Both groups performed a total of 48 sessions with 3 weekly sessions from 42 to 72 h per session. During each FT session, five parts were completed: the first part included joint mobility and basic movements for preparation; the second part stimulated agility, speed, coordination, and muscle power; the third part explored muscle strength in basic patterns such as the squat, pull, push, and transfer; the fourth part stimulated the cardiorespiratory fitness using intermittent activities. Finally, breathing and stretching exercises were used as cool-down (Table 1; full table in supplementary material: Table S1).

Table 1. Functional training and dual-task training Program description.

	1st Part	2nd Part	3rd Part	4th Part	5th Part
FT	Frontal run skipping in a walking pattern High-knee skips	Latter agility Battle rope Med ball throw Climbing on and off the step Agility between cones	Deadlift Goblet squat Farmer's walk Rowing Pushing	Relay	Single stretching + breathing
DTT	Standing Stretch Patterns + Mobility and Stability + Evocation	Bipodal balance with feet together, one glued to the other + Balancing a ball, throwing from one hand to the other in front Unipodal balance with assisting stick, in pairs, evoking the name of a class without repeating what has already been said Straight line walking with feet on edge of center strip balancing baton	Stationary march + Progression of steps from 2 to 2 and from 3 to 3 according to the command Lateral displacement with side shift	Pass the ball to the side (calling for colors) in an isometric squat position, counting the number of turns	Single stretching + breathing

Note: DTT = dual-task training; FT: functional training.

Every DTT session was divided into five parts: the first one focused on joint mobility and basic patterns combined with memory tasks; the second part used static and dynamic balance exercises combined with arithmetic and memory tasks; the third explored motor coordination exercises associated with reaction time and memory tasks; the fourth was based on group dynamics (coordinating activities with implement) with arithmetic and memory tasks; the fifth part was similar to the FT session with breathing and stretching exercises (Table 1; full table in supplementary material: Table S2).

2.4. Procedures

2.4.1. Anthropometric Characteristics

We assessed height using a portable stadiometer (Sanny, ES2030, São Paulo, Brazil). To measure body weight, we used a Lider P150C scale (São Paulo, Brazil) with a capacity of 200 kg and 100 g accuracy. The volunteer stood barefoot, wearing light clothes, with their heels together, and looking forward. We calculated the body mass index according to the protocols set by the World Health Organization's calculation of weight (kg)/height (m²) [36].

2.4.2. Executive Function

Inhibitory Control

The Stroop Color and Word Test (SCWT) is a neuropsychological test widely used for experimental and clinical purposes [34,37]. This test evaluates the ability to inhibit cognitive interferences, which occur when the processing of a stimulus' characteristics affects another attribute's simultaneous processing [35,38]. PsychoPy[®] polarization version 2022 1.3 (<https://pavlovia.org/> (accessed on 10 January 2022)) was used to construct the experiment's stimuli and assembly.

The researchers applied the test on 15-inch screen computers using keyboards with yellow, blue, green, and red tapes attached to the letters "A", "D", "J", and "L", respectively. The participants were instructed to focus on the color of the word rather than the word itself. To familiarize the participants with the test, they initially performed 12 trials with feedback indicating whether their responses were correct or incorrect, along with relevant information about the test. Afterward, the participants completed 120 trials without receiving feedback.

These trials consisted of 60 congruent words (where the word's meaning matched the ink color) and 60 incongruent words (where the word's meaning and ink color diverged). The variables analyzed in the study were response time for congruent and incongruent trials, which showed good reliability for older women with an intraclass correlation coefficient of 0.92 and 0.91, respectively [39,40].

Memory Working

The Corsi Block Test (CBT) aims to assess visuospatial working memory, which retains, processes, and manipulates important information in the task context [37]. The software (PsychoPy[®] version 2022 1.3) and devices used in the SCWT were used for the application. The test consisted of nine cubes distributed randomly on the screen; the participant selected them in the proposed order, progressing as she performed the task correctly [38].

Each cube was shown in an interval of 500 milliseconds for the task requirements. The participants were instructed to provide verbal responses and use gestures to indicate the sequence of cubes shown on the computer screen while the evaluators controlled the cursor. The composite score calculated by multiplying the sequencing (i.e., the number of levels achieved) by the number of correct responses was used to measure working memory. This score demonstrated an intraclass correlation coefficient greater than 0.80 for older people [39,40].

Cognitive Flexibility

The Trail Making Test (TMT) assesses cognitive flexibility and visual search strategies [41]. This test consists of two phases: A and B. In phase A (TMT-A), the participant should connect the numbers (i.e., 1 to 25) randomly distributed on the paper following the ascending order. The TMT-A test evaluates attention, visual scanning, speed, and fine motor coordination. In phase B (TMT-B), the participant should alternate between numbers and words sequentially (e.g., 1, A, 2, B, 3, and C until 25) to measure cognitive flexibility. In both phases, the participant was asked to perform the test as quickly as possible [42]. Phases A and B showed an intraclass correlation coefficient of 0.84 and 0.77, respectively [39].

2.4.3. Sample Size

The sample size was calculated using the program G*Power version 3.1.9.7 (Erdfelder, Faul & Buchner, 1996, Kiel, Alemanha) [43], using the SCWT as the main outcome from the results of Coetsee & Terblanche (2017) [44]. Considering a repeated measures design with time $\times$ group interaction, we achieved a minimum of 44 older women (i.e., 22 participants per group) adopting a power of 80%, an alpha of 0.05, and an effect size of 0.69. Considering a possible sample loss of up to 20%, ten more participants were added, resulting in a total sample of 54 older women.

2.4.4. Statistical Analysis

All the data were analyzed using the statistical software Jamovi 2.3.18.0 (The Jamovi project, 2022) [45]. The descriptive statistics were based on estimated marginal means, standard deviations, 95% confidence intervals for continuous variables, and absolute and relative frequencies for categorical variables. We performed a visual inspection of the variables to check the data distribution. Assuming normality (Shapiro–Wilk) and homogeneity (Levene) of the variables, we compared the groups (i.e., FT and DTT) at the baseline using an independent t-test for continuous variables and the chi-square test for categorical variables.

Considering the experimental design, inferential analyses were performed using generalized linear mixed models, adopting groups and time (i.e., pre-test, post-test, and detraining) as fixed effects and participants' values as a random effect to address individual variations in the repeated measures model. Based on that model, we investigated the interaction between time and group and the time and group effect separately. If a significant effect was observed (i.e., $p < 0.05$), pairwise comparisons were made using Bonferroni adjustment. Additionally, we calculated Cohen's d for the main comparisons, interpreting the effect sizes as trivial (<0.2), small (0.2 to 0.49), moderate (0.50 to 0.79), and large (≥ 0.80) [46,47].

3. Results

After 16 weeks of training, 86% (62) of the participants performed the post-test measurements and no adverse effects or accidents were reported. After the detraining phase, 43 participants remained and completed the evaluations, with 69.4% from the FT group and 50% of the DTT group. Figure 3 presents the withdrawals that occurred throughout the protocol. Table 2 provides an overview of the participants' anthropometric, sociodemographic, cognitive level, and medical history characteristics at the baseline, indicating no significant differences between the groups.

In the SCWT, we observed group*time interaction ($\chi^2(4) = 7.77$; $p = 0.021$), time ($\chi^2(2) = 23.51$; $p < 0.001$), and group ($\chi^2(2) = 4.23$; $p = 0.04$) effects in the congruent response time. Specifically, we detected a small non-significant reduction when comparing pre-test versus post-test in the FT ($d = -0.29$; $p = 1.000$), while the reduction was trivial and non-significant between post-test and detraining ($d = -0.11$; $p = 1.000$). In the DTT group, we found a moderate significant reduction in pre-test versus post-test ($d = -0.64$; $p < 0.001$) and a small non-significant reduction in post-test versus detraining ($d = -0.45$; $p = 0.966$) (Figure 3A). The DTT group showed a larger decrease across times.

Still regarding the SCWT, considering the incongruent response time, we detected a time ($\chi^2(2) = 23.29$; $p < 0.001$) without a group ($\chi^2(2) = 0.163$; $p = 0.687$) and group*time interaction ($\chi^2(4) = 2.77$; $p = 0.250$) effects. Between the time points, we detected a moderate reduction in the pre-test versus post-test in FT ($d = -0.61$; $p = 0.002$) and a trivial decrease in the post-test versus detraining ($d = -0.11$; $p = 1.000$). In the DTT, we found a moderate reduction in the pre-test versus post-test ($d = -0.59$; $p = 0.002$) and a small reduction in the post-test versus detraining ($d = -0.24$; $p = 1.000$) (Figure 3B).

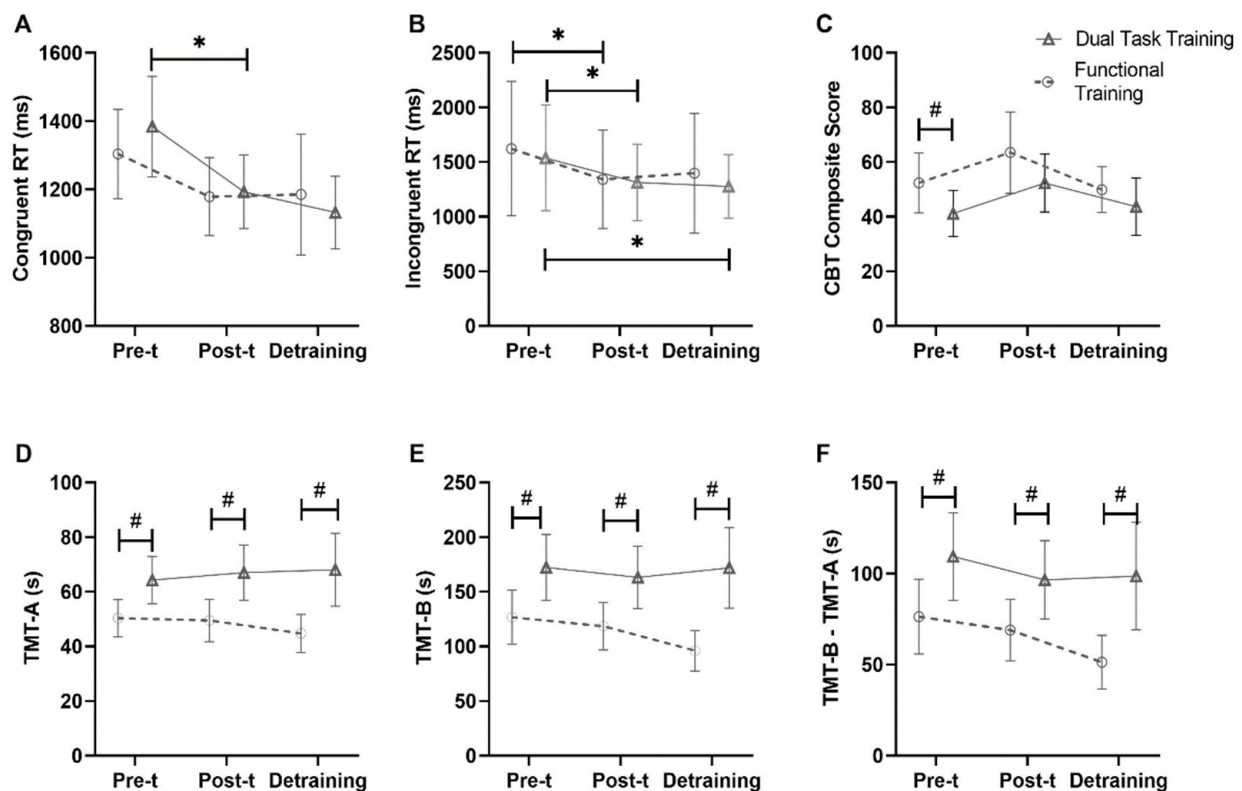


Figure 3. Effects of interventions and detraining period on executive function variables in older women. Specifically, Congruent RT (A) and Incongruent RT (B) for the inhibitory control, CBT composite score (C) for the working memory, and TMT-A (D), TMT-B (E), and TMT-B–TMT-A (F) for the cognitive flexibility. Values showed as means $\pm$ 95% confidence intervals (CI). Effects are derived from generalized mixed models using Gamma distribution. * Indicates between-times differences; # indicates between-groups differences for the same time point. CBT: Corsi Block Test; RT: response time. Pre-t: Pre-training; Post-t: Post-training.

In the CBT, considering the composite score, there was a group ($\chi^2(2) = 3.422$; $p = 0.03$) without time ($\chi^2(2) = 3.596$; $p = 0.166$) and group*time interaction ($\chi^2(4) = 1.202$; $p = 0.548$) effects. The effect size of FT versus DTT was moderate at the pre-test ($d = 0.55$; $p = 0.02$), trivial at the post-test ($d = 0.18$; $p = 1.000$), and small at the detraining ($d = 0.23$; $p = 1.000$) (Figure 3C).

Regarding TMT-A, there was a group effect ($\chi^2(2) = 8.33$; $p = 0.004$) but no time effect ($\chi^2(2) = 3.67$; $p = 0.159$) or group*time interaction ($\chi^2(4) = 1.63$; $p = 0.443$) effects. The FT versus DTT showed a small effect size at the pre-test ($d = 0.37$; $p = 0.122$), a trivial effect size at the post-test ($d = 0.18$; $p = 0.005$), and a large effect size at the detraining ($d = 0.90$; $p = 0.003$) (Figure 3D).

In TMT-B, there was a group effect ($\chi^2(2) = 47.198$; $p < 0.001$) but no time effect ($\chi^2(2) = 5.853$; $p = 0.054$) or group*time interaction ($\chi^2(4) = 0.052$; $p = 0.974$). The FT versus DTT showed a medium effect size at the pre-test ($d = 0.76$; $p < 0.001$), while at the post-test and the detraining they showed a large effect size ($d = 0.84$; $p < 0.001$; $d = 0.94$; $p < 0.001$) (Figure 3E).

In the TMT B–A difference, there was a group effect ($\chi^2(2) = 42.298$; $p < 0.001$) but no time effect ($\chi^2(2) = 5.121$; $p = 0.077$) or group*time interaction ($\chi^2(4) = 0.510$; $p = 0.775$). The FT versus DTT at the pre-test, post-test, and detraining showed large effect sizes ($d = 1.05$, $p = 0.001$; $d = 0.90$, $p = 0.005$; $d = 1.02$, $p = 0.006$, respectively) (Figure 3F).

Table 2. Descriptive anthropometric, sociodemographic, cognitive level, and medical history data of the participants at the baseline.

Variables	DTT (n = 31)		FT (n = 31)		Total (n = 62)		p-Value
	Mean $\pm$ SD	CI 95%	Mean $\pm$ SD	CI 95%	Mean $\pm$ SD	CI 95%	
Age (years)	67 $\pm$ 5	65–69	66 $\pm$ 5	64–68	66 $\pm$ 5	65–68	0.405
Body Mass (kg)	66.3 $\pm$ 11.2	62.1–70.4	65.4 $\pm$ 8.9	62.1–68.7	65.8 $\pm$ 10.1	63.3–68.4	0.745
Height (m)	1.53 $\pm$ 0.05	1.51–1.55	1.55 $\pm$ 0.05	1.53–1.57	1.54 $\pm$ 0.05	1.53–1.54	0.112
BMI (kg/m ²)	28.3 $\pm$ 4.3	26.7–29.9	27.1 $\pm$ 3.5	25.8–28.4	27.7 $\pm$ 3.9	26.7–28.7	0.25
MoCA (score)	21.0 $\pm$ 4.3	19.4–22.6	22.3 $\pm$ 3.7	20.9–23.7	21.6 $\pm$ 4.1	20.6–22.7	0.208
Education (relative and absolute frequency)							
Incomplete Elementary	22.6 (14)		14.5 (9)		37.1 (23)		0.694
Complete Elementary	3.2 (2)		3.2 (2)		6.5 (4)		
Incomplete High School	1.6 (1)		1.6 (1)		3.2 (2)		
Complete High School	19.4 (12)		22.6 (14)		41.9 (26)		
Incomplete Undergraduate degree	1.6 (1)		1.6 (1)		3.2 (2)		
Complete Undergraduate degree	1.6 (1)		6.4 (4)		8.5 (5)		
Medical History (relative and absolute frequency)							
Hypertension	59.5 (22)		40.5 (15)		59.7 (37)		0.07
Depression	80.0 (4)		20.0 (1)		8.1 (5)		0.162
Diabetes	60.0 (9)		40.0 (6)		24.2 (15)		0.374
Body pain	51.2 (22)		48.8 (21)		70.5 (43)		0.632

Note: BMI = body mass index; SD = standard deviation; CI = confidence interval; MoCA = Montreal Cognitive Assessment; DTT = dual-task training; FT = functional training.

4. Discussion

To our best knowledge, this is the first study to demonstrate that FT attenuates the decline in inhibitory control and keeps the adaptations even after eight weeks of detraining of older woman. Our main finding was that the FT and DTT protocols reduce incongruent response time after 16 weeks and their effects last for up to eight weeks of detraining. Furthermore, we observed that both protocols did not change in working memory and cognitive flexibility. Thus, we did not confirm our initial hypothesis that DTT would be superior to FT but we found an attenuation of the decline in the executive function of the DTT after eight weeks of detraining.

We observed that both DTT and FT decreased the incongruent response time similarly. Martinez-Navarro et al. (2021) [22], on the other hand, pointed out that the association between physical and cognitive training showed superior results compared with each training alone. In our study, both training protocols possibly stimulated different aspects of executive function. The DTT, however, aimed to stimulate the specific domains of executive function in each block, whereas FT explored training specificity using different approaches to increase the exercise intensity, possibly stimulating brain areas such as the prefrontal cortex and anterior cingulate cortex that are related to positive adaptations in executive function [48,49].

Although both groups reduced incongruent response time, the DTT group maintained this variable after the detraining, unlike the FT group. We stated that the effects lasted up to 8 weeks since there was no difference between the post-test and post-detraining measurement, indicating that the values between these points were not different, and the effect size was small ($d = -0.24$), thus reinforcing this statement. Our findings corroborate those of Blasco-Lafarga et al. (2020) [31], who found an attenuation of the decline in inhibitory control after 14 weeks of detraining in older women that practiced multicomponent physical–cognitive training programs. Thus, adding a second cognitive task would possibly increase the cognitive reserve and maintain the executive function after detraining periods. We did not find any effect on the working memory between the groups. Based on the

effect sizes examination, however, the DTT group showed a small effect while the FT group produced a trivial effect. Chainay et al. (2021) [50] showed that neither the cognitive or physical isolated group nor even cognitive and physical stimuli together demonstrated superior working memory performance. Jardim et al. (2021) [51] investigated DTT at moderate intensity compared to an inactive control group and observed an increase in immediate memory only in the DTT group.

These results reveal inconsistencies in the literature regarding the actual impact of exercise interventions on working memory and the scarcity of studies investigating this variable [52]. Wu et al. (2023) [30] showed in a meta-analysis that single- and dual-task interventions had equal efficacy on working memory compared to non-intervention groups, supporting our findings regarding visuospatial working memory.

Brown et al. (2009) [53], in addition, compared the effects of the balance and strength exercise interventions versus the flexibility and relaxation group on the forward digit extension test to measure working memory in older people (19 men and 135 women). The effect size of the balance and strength intervention was trivial ($d = 0.05$). In contrast, flexibility and relaxation intervention reduced the performance, with a small effect size ($d = 0.21$), indicating that the balance and strength intervention at least maintained the working memory performance. Here, we used a training method similar to the balance and strength exercise intervention and found a small effect size increase ($d = 0.44$), higher than that of Brown et al. (2009) [53]. Our larger effect size was likely due to the cognitive tasks inserted in the DTT that stimulated the working memory subfunction.

In TT-A and -B, we did not observe any significant changes. Park (2022) [28] compared DTT to balance interventions and found a reduced execution time on the TMT-B that measures cognitive flexibility. Park (2022) [28] found a small effect size for DTT ($d = 0.24$) and a trivial effect for balance interventions ($d = 0.09$), indicating a more impactful effect of the DTT on cognitive flexibility. In our study, the DTT showed a negligible effect size ($d = 0.16$), smaller than the one observed by Park (2022) [28], which might be due to the lengthy duration of our intervention. Park (2022) [28] applied a four-week intervention while we applied 16 weeks, perhaps indicating an increased potential for learning with the proximity between measurements.

In a group of healthy older adults, cognitive flexibility increased after six weeks of high-intensity interval training to a greater extent than in those who participated in the continuous group of moderate intensity and resistance training [54]. Regarding the effects of functional exercises, our study corroborates that of Forte et al. (2013) [54,55], who did not detect a decrease in the execution time in the TMT-B, used to measure cognitive flexibility after 16 weeks of intervention [55]. Even without the increase in cognitive flexibility, maintaining performance in this variable is an important factor for the quality of life of this public [8].

In this context, the present study reinforces the current literature and introduces a novel approach that professionals can use to improve the inhibitory control of older women. Moreover, we add information concerning the consequences of detraining; additional research is warranted in this regard, encompassing longer detraining periods, larger groups, and physiological measures linked to the executive function.

It must be noted that both DTT and FT did not enhance the cognitive flexibility of older women. However, we could possibly find different results after an extended intervention with specific stimulus for this executive function domain. Nonetheless, the lack of a control group is a concern since it is unknown whether the observed changes happened randomly, particularly during the detraining period. Despite this limitation, our findings suggest that DTT and FT interventions could benefit seniors.

A limitation of the present study was the absence of tests related to physical fitness, such as aerobic fitness or muscle strength. However, other studies using similar training methods such as that of Aragão-Santos et al. [56], Resende-Neto et al. [26], Resende-Neto et al. [57], Brustio et al. [58], and Martínez-Navarro [22] are consistent regarding the increase in physical fitness through the application of FT and DTT. In addition, Weinstein et al. [59]

and Predovam et al. [60] found a connection between aerobic fitness and executive function in older participants. This leads us to believe that the training protocols we used are effective for improving aerobic fitness since there was an increase in EF. This observed improvement in EF provides support for this statement. Nevertheless, further investigations are required to establish whether this association applies to other physical capabilities besides aerobic capacity. Second, we did not analyze physiological measures, such as heart rate and blood pressure, which may provide further support for the findings. Third, our study was conducted with older women of varying educational status, indicating heterogeneity. Despite these limitations, we believe that the results of our study are important and can contribute to the field of research.

Based on our results and limitations, it is worthwhile to research further the effects of DTT and FT on EF by exploring evaluation methods more similar to real-life scenarios, such as the timed-up and go test or the walking speed test combined with a second task, which could be a motor or cognitive task [22,26,56–58]. Another point is to investigate the relationship of different EF tests with physical fitness measures in older people. Besides, future research should approach men and women to examine sex differences in EF and response to physical exercise. Finally, developing more DTT protocols to use this type of training in different contexts is essential.

5. Conclusions

Sixteen weeks of FT and DTT effectively increased inhibitory control; however, only the DTT maintained this effect after eight weeks of detraining in older women. Both training programs, however, could not enhance working memory and cognitive flexibility. Nevertheless, exercise protocols are suitable for older women, showing safety and efficacy with improvement of at least one domain of executive function.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/geriatrics8050083/s1>, Table S1: Functional training program description; Table S2: Dual-task training program description.

Author Contributions: Concept and design, A.P.-C., J.C.A.-S., P.d.J.S. and M.E.D.S.-G.; development of methodology/data acquisition, A.P.-C., A.C.D.-S., S.R.S., N.B.C.L., A.B.S.V. and L.d.S.F.; analysis, J.C.A.-S.; interpretation of the data: A.P.-C. and J.C.A.-S.; writing/revision and approval of the final version: A.P.-C., J.C.A.-S., P.d.J.S., A.B.S.V. and M.E.D.S.-G.; wupervision: L.d.S.F. and M.E.D.S.-G. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research did not receive any external funding.

Institutional Review Board Statement: This study was conducted according to the guidelines of Declaration of Helsinki, and ethical approval was obtained from the Ethical Review Committee, Federal University of Sergipe (n° 5.449.765).

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: Data are available upon request.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Diamond, A. Executive Functions. *Annu. Rev. Psychol.* **2013**, *64*, 135–168. [CrossRef] [PubMed]
2. Kang, W.; Wang, J.; Malvaso, A. Inhibitory Control in Aging: The Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis. *Front. Aging Neurosci.* **2022**, *13*, 771885. [CrossRef] [PubMed]
3. Rabi, R.; Chow, R.; Paracha, S.; Hasher, L.; Gardner, S.; Anderson, N.D.; Alain, C. The Effects of Aging and Time of Day on Inhibitory Control: An Event-Related Potential Study. *Front. Aging Neurosci.* **2022**, *14*, 821043. [CrossRef] [PubMed]
4. Baddeley, A. Working Memory: Theories, Models, and Controversies. *Annu. Rev. Psychol.* **2012**, *63*, 1–29. [CrossRef]
5. Sattari, N.; Whitehurst, L.N.; Ahmadi, M.; Mednick, S.C. Does Working Memory Improvement Benefit from Sleep in Older Adults? *Neurobiol. Sleep Circadian Rhythm.* **2019**, *6*, 53–61. [CrossRef]

6. Borella, E.; Carretti, B.; Riboldi, F.; De Beni, R. Working Memory Training in Older Adults: Evidence of Transfer and Maintenance Effects. *Psychol. Aging* **2010**, *25*, 767–778. [\[CrossRef\]](#)
7. Pieruccini-Faria, F.; Lord, S.R.; Toson, B.; Kemmler, W.; Schoene, D. Mental Flexibility Influences the Association Between Poor Balance and Falls in Older People—A Secondary Analysis. *Front. Aging Neurosci.* **2019**, *11*, 133. [\[CrossRef\]](#)
8. Mahmoudpour, A.; Ferdousi Kejani, K.; Karami, M.; Toosi, M.; Ahmadboukani, S. Cognitive Flexibility and Emotional Self-regulation of the Elderly with Empty Nest Syndrome: Benefits of Acceptance and Commitment Therapy. *Health Sci. Rep.* **2023**, *6*, e1397. [\[CrossRef\]](#)
9. Gabriel, K.P.; Mason, J.M.; Sternfeld, B. Recent Evidence Exploring the Associations between Physical Activity and Menopausal Symptoms in Midlife Women: Perceived Risks and Possible Health Benefits. *Women's Midlife Health* **2015**, *1*, 1. [\[CrossRef\]](#)
10. Barha, C.K.; Davis, J.C.; Falck, R.S.; Nagamatsu, L.S.; Liu-Ambrose, T. Sex Differences in Exercise Efficacy to Improve Cognition: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials in Older Humans. *Front. Neuroendocrinol.* **2017**, *46*, 71–85. [\[CrossRef\]](#)
11. Ferguson, H.J.; Brunsdon, V.E.A.; Bradford, E.E.F. The Developmental Trajectories of Executive Function from Adolescence to Old Age. *Sci. Rep.* **2021**, *11*, 1382. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
12. Genazzani, A.R.; Pluchino, N.; Luisi, S.; Luisi, M. Estrogen, Cognition and Female Ageing. *Hum. Reprod. Update* **2007**, *13*, 175–187. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
13. Salthouse, T. Consequences of Age-Related Cognitive Declines. *Annu. Rev. Psychol.* **2012**, *63*, 201–226. [\[CrossRef\]](#)
14. Miyake, A.; Friedman, N.P.; Emerson, M.J.; Witzki, A.H.; Howerter, A.; Wager, T.D. The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cogn. Psychol.* **2000**, *41*, 49–100. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
15. Nguyen, C.M.; Copeland, C.T.; Lowe, D.A.; Heyanka, D.J.; Linck, J.F. Contribution of Executive Functioning to Instrumental Activities of Daily Living in Older Adults. *Appl. Neuropsychol. Adult* **2020**, *27*, 326–333. [\[CrossRef\]](#)
16. Davis, J.C.; Marra, C.A.; Najafzadeh, M.; Liu-Ambrose, T. The Independent Contribution of Executive Functions to Health Related Quality of Life in Older Women. *BMC Geriatr.* **2010**, *10*, 16. [\[CrossRef\]](#)
17. Leckie, R.L.; Oberlin, L.E.; Voss, M.W.; Prakash, R.S.; Szabo-Reed, A.; Chaddock-Heyman, L.; Phillips, S.M.; Gothe, N.P.; Mailey, E.; Vieira-Potter, V.J.; et al. BDNF Mediates Improvements in Executive Function Following a 1-Year Exercise Intervention. *Front. Hum. Neurosci.* **2014**, *8*. [\[CrossRef\]](#)
18. Chen, F.-T.; Etnier, J.L.; Chan, K.-H.; Chiu, P.-K.; Hung, T.-M.; Chang, Y.-K. Executive Functioning as a Predictor of Weight Loss and Physical Activity Outcomes. *Sports Med.* **2020**, *50*, 1451–1467. [\[CrossRef\]](#)
19. Ghai, S.; Ghai, I.; Effenberg, A.O. Effects of Dual Tasks and Dual-Task Training on Postural Stability: A Systematic Review and Meta-Analysis. *CIA* **2017**, *12*, 557–577. [\[CrossRef\]](#)
20. Marusic, U.; Verghese, J.; Mahoney, J.R. Cognitive-Based Interventions to Improve Mobility: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* **2018**, *19*, 484–491.e3. [\[CrossRef\]](#)
21. Izquierdo, M.; Merchant, R.A.; Morley, J.E.; Anker, S.D.; Aprahamian, I.; Arai, H.; Aubertin-Leheudre, M.; Bernabei, R.; Cadore, E.L.; Cesari, M.; et al. International Exercise Recommendations in Older Adults (ICFSR): Expert Consensus Guidelines. *J. Nutr. Health Aging* **2021**, *25*, 824–853. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
22. Martinez-Navarro, I.; Cordellat, A.; Roldán, A.; Sanchis, G.; Blasco-lafarga, C.; Martinez-Navarro, I.; Cordellat, A.; Roldán, A.; Sanchis, G.; Blasco-lafarga, C. 120 Min / Week of Neuromotor Multicomponent Training Are Enough to Improve Executive Function and Functional Fitness in Older Women. *Exp. Gerontol.* **2021**, *145*, 111199. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
23. Bouaziz, W.; Lang, P.O.; Schmitt, E.; Kaltenbach, G.; Geny, B.; Vogel, T. Health Benefits of Multicomponent Training Programmes in Seniors: A Systematic Review. *Int. J. Clin. Pract.* **2016**, *70*, 520–536. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
24. La Scala Teixeira, C.V.; Evangelista, A.L.; Pereira, P.E.d.A.; Da Silva-Grigoletto, M.E.; Bocalini, D.S.; Behm, D.G. Complexity: A Novel Load Progression Strategy in Strength Training. *Front. Physiol.* **2019**, *10*, 839. [\[CrossRef\]](#)
25. Aragão-Santos, J.C.; de Resende-Neto, A.G.; Da Silva-Grigoletto, M.E. Different Types of Functional Training on the Functionality and Quality of Life in Postmenopausal Women: A Randomized and Controlled Trial. *J. Sports Med. Phys. Fitness* **2020**, *60*, 1283–1290. [\[CrossRef\]](#)
26. Resende-Neto, A.G.; da Silva Resende, M.; Oliveira-Andrade, B.C.; da Silva Chaves, L.M.; Brandão, L.H.A.; Nogueira, A.C.; Mota, M.M.; DeSantana, J.M.; Da Silva-Grigoletto, M.E. Functional Training in Comparison to Traditional Training on Physical Fitness and Quality of Movement in Older Women. *Sport Sci. Health* **2021**, *17*, 213–222. [\[CrossRef\]](#)
27. Al-Yahya, E.; Dawes, H.; Smith, L.; Dennis, A.; Howells, K.; Cockburn, J. Cognitive Motor Interference While Walking: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neurosci. Biobehav. Rev.* **2011**, *35*, 715–728. [\[CrossRef\]](#)
28. Park, J.-H. Is Dual-Task Training Clinically Beneficial to Improve Balance and Executive Function in Community-Dwelling Older Adults with a History of Falls? *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 10198. [\[CrossRef\]](#)
29. Gavelin, H.M.; Dong, C.; Minkov, R.; Bahar-Fuchs, A.; Ellis, K.A.; Lautenschlager, N.T.; Mellow, M.L.; Wade, A.T.; Smith, A.E.; Finke, C.; et al. Combined Physical and Cognitive Training for Older Adults with and without Cognitive Impairment: A Systematic Review and Network Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Ageing Res. Rev.* **2020**, *66*, 101232. [\[CrossRef\]](#)
30. Wu, Y.; Zang, M.; Wang, B.; Guo, W. Does the Combination of Exercise and Cognitive Training Improve Working Memory in Older Adults? A Systematic Review and Meta-Analysis. *PeerJ* **2023**, *11*, e15108. [\[CrossRef\]](#)

31. Blasco-Lafarga, C.; Cordellat, A.; Forte, A.; Roldán, A.; Monteagudo, P. Short and Long-Term Trainability in Older Adults: Training and Detraining Following Two Years of Multicomponent Cognitive—Physical Exercise Training. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 5984. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
32. Schulz, K.F.; Altman, D.G.; Moher, D. CONSORT 2010 Statement: Updated Guidelines for Reporting Parallel Group Randomised Trials. *Int. J. Surg.* **2011**, *9*, 672–677. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
33. Cesar, K.G.; Yassuda, M.S.; Porto, F.H.G.; Brucki, S.M.D.; Nitrini, R. MoCA Test: Normative and Diagnostic Accuracy Data for Seniors with Heterogeneous Educational Levels in Brazil. *Arq. Neuro-Psiquiatr.* **2019**, *77*, 775–781. [\[CrossRef\]](#)
34. Scarpina, F.; Tagini, S. The Stroop Color and Word Test. *Front. Psychol.* **2017**, *8*, 557. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
35. Stroop, J.R. Studies of Interference in Serial Verbal Reactions. *J. Exp. Psychol. Gen.* **1935**, *18*, 643–662. [\[CrossRef\]](#)
36. Bailey, K.V.; Ferro-Luzzi, A. Use of Body Mass Index of Adults in Assessing Individual and Community Nutritional Status. *Bull. World Health Organ.* **1995**, *73*, 673–680.
37. Vandierendonck, A.; Kemps, E.; Fastame, M.C.; Szmalec, A. Working Memory Components of the Corsi Blocks Task. *Br. J. Psychol.* **2004**, *95*, 57–79. [\[CrossRef\]](#)
38. De Paula, J.J.; Malloy-Diniz, L.F.; Romano-Silva, M.A. Reliability of Working Memory Assessment in Neurocognitive Disorders: A Study of the Digit Span and Corsi Block-Tapping Tasks. *Rev. Bras. De Psiquiatr.* **2016**, *38*, 262–263. [\[CrossRef\]](#)
39. Pantoja-Cardoso, A.; Aragão-Santos, J.C.; Pereira, M.R.M.; Santos, P.d.J.; Dos-Santos, A.C.; Faro, H.; Heredia-Elvar, J.R.; Fortes, L.d.S.; Silva-Grigoletto, M.E.D. Reproducibility of Inhibitory Control Measures, Working Memory and Cognitive Flexibility of Older Women. *Rev. Bras. Fisiol. Exerc.* **2023**, *22*, e225470. [\[CrossRef\]](#)
40. Kessels, R.P.C.; van Zandvoort, M.J.E.; Postma, A.; Kappelle, L.J.; de Haan, E.H.F. The Corsi Block-Tapping Task: Standardization and Normative Data. *Appl. Neuropsychol.* **2000**, *7*, 252–258. [\[CrossRef\]](#)
41. Reitan, R.M. The Relation of the Trail Making Test to Organic Brain Damage. *J. Consult. Psychol.* **1955**, *19*, 393–394. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
42. Voos, M.C.; Custódio, E.B.; Malaquias, J. Relationship of Executive Function and Educational Status with Functional Balance in Older Adults. *J. Geriatr. Phys. Ther.* **2011**, *34*, 11–18. [\[PubMed\]](#)
43. Erdfelder, E.; Faul, F.; Buchner, A. GPOWER: A General Power Analysis Program. *Behav. Res. Methods Instrum. Comput.* **1996**, *28*, 1–11. [\[CrossRef\]](#)
44. Coetsee, C.; Terblanche, E. The Effect of Three Different Exercise Training Modalities on Cognitive and Physical Function in a Healthy Older Population. *Eur. Rev. Aging Phys. Act.* **2017**, *14*, 13. [\[CrossRef\]](#)
45. *The Jamovi Project. Jamovi Version 2.3.21* (Computer Software). 2022. Available online: <https://www.jamovi.org> (accessed on 30 June 2023).
46. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioural Sciences*, 2nd ed.; Hillsdale, N.J., Ed.; Lawrence Erlbaum Associates: Mahwah, NJ, USA, 1988.
47. Lakens, D. Calculating and Reporting Effect Sizes to Facilitate Cumulative Science: A Practical Primer for t-Tests and ANOVAs. *Front. Psychol.* **2013**, *4*, 863. [\[CrossRef\]](#)
48. Belleville, S.; Mellah, S.; de Boysson, C.; Demonet, J.-F.; Bier, B. The Pattern and Loci of Training-Induced Brain Changes in Healthy Older Adults Are Predicted by the Nature of the Intervention. *PLoS ONE* **2014**, *9*, e102710. [\[CrossRef\]](#)
49. Pesce, C. Shifting the Focus from Quantitative to Qualitative Exercise Characteristics in Exercise and Cognition Research. *J. Sport Exerc. Psychol.* **2012**, *34*, 766–786. [\[CrossRef\]](#)
50. Chainay, H.; Joubert, C.; Massol, S. Behavioural and ERP Effects of Cognitive and Combined Cognitive and Physical Training on Working Memory and Executive Function in Healthy Older Adults. *ACP* **2021**, *17*, 58–69. [\[CrossRef\]](#)
51. Jardim, N.Y.V.; Bento-Torres, N.V.O.; Costa, V.O.; Carvalho, J.P.R.; Pontes, H.T.S.; Tomás, A.M.; Sosthenes, M.C.K.; Erickson, K.I.; Bento-Torres, J.; Diniz, C.W.P. Dual-Task Exercise to Improve Cognition and Functional Capacity of Healthy Older Adults. *Front. Aging Neurosci.* **2021**, *13*, 589299. [\[CrossRef\]](#)
52. Guo, W.; Wang, B.; Lu, Y.; Zhu, Q.; Shi, Z.; Ren, J. The Relationship between Different Exercise Modes and Visuospatial Working Memory in Older Adults: A Cross-Sectional Study. *PeerJ* **2016**, *4*, e2254. [\[CrossRef\]](#)
53. Brown, A.K.; Liu-Ambrose, T.; Tate, R.; Lord, S.R. The Effect of Group-Based Exercise on Cognitive Performance and Mood in Seniors Residing in Intermediate Care and Self-Care Retirement Facilities: A Randomised Controlled Trial. *Br. J. Sports Med.* **2009**, *43*, 608–614. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
54. Mekari, S.; Neyedli, H.F.; Fraser, S.; O'Brien, M.W.; Martins, R.; Evans, K.; Earle, M.; Aucoin, R.; Chiekwe, J.; Hollohan, Q.; et al. High-Intensity Interval Training Improves Cognitive Flexibility in Older Adults. *Brain Sci.* **2020**, *10*, 796. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
55. Forte, R.; Boreham, C.A.; Leite, C.; De Vito, G.; Brennan, L.; Gibney, E.R.; Pesce, C. Enhancing Cognitive Functioning in the Elderly: Multicomponent vs Resistance Training. *CIA* **2013**, *8*, 19–27. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
56. Aragão-Santos, J.C.; De Resende-Neto, A.G.; Nogueira, A.C.; Feitosa-Neta, M.d.L.; Brandão, L.H.; Chaves, L.M.; Da Silva-Grigoletto, M.E. The Effects of Functional and Traditional Strength Training on Different Strength Parameters of Elderly Women: A Randomized and Controlled Trial. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **2019**, *59*, 380–386. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
57. Resende-Neto, A.G.d.R.; Santos, M.S.; Silva, R.J.S.; de Santana, J.M.; da Silva-Grigoletto, M.E. Effects of Different Neuromuscular Training Protocols on the Functional Capacity of Elderly Women. *Rev. Bras. De Med. Do Esporte* **2018**, *24*, 140–144. [\[CrossRef\]](#)
58. Brustio, P.R.; Rabaglietti, E.; Formica, S.; Liubicich, M.E. Dual-Task Training in Older Adults: The Effect of Additional Motor Tasks on Mobility Performance. *Arch. Gerontol. Geriatr.* **2018**, *75*, 119–124. [\[CrossRef\]](#)

59. Weinstein, A.M.; Voss, M.W.; Prakash, R.S.; Chaddock, L.; Szabo, A.; White, S.M.; Wojcicki, T.R.; Mailey, E.; McAuley, E.; Kramer, A.F.; et al. The Association between Aerobic Fitness and Executive Function Is Mediated by Prefrontal Cortex Volume. *Brain Behav. Immun.* **2012**, *26*, 811–819. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
60. Predovan, D.; Berryman, N.; Lussier, M.; Comte, F.; Vu, T.T.M.; Villalpando, J.M.; Bherer, L. Assessment of the Relationship Between Executive Function and Cardiorespiratory Fitness in Healthy Older Adults. *Front. Psychol.* **2021**, *12*, 742184. [[CrossRef](#)]

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

ANEXO B: Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício – ISSN: **2675-1372**

Reproducibility of inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility measures in older women

Reprodutibilidade de medidas do controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva em mulheres idosas

Alan Pantoja-Cardoso¹ , José Carlos Aragão-Santos¹ , Marcos Raphael Pereira Monteiro¹ , Poliana de Jesus Santos¹ , Ana Carolina Dos-Santos¹ , Heloiana Faro² , Juan Ramon Heredia-Elvar³ , Leonardo de Sousa Fortes² , Marzo Edir Da Silva-Grigoletto¹ 

1. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brazil

2. Universidade Federal de Paraíba, Brazil

3. Universidad Alfonso X El Sabio, Madrid, Spain

ABSTRACT

Introduction: Executive Function is expressed in day-to-day activities through inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility. Despite the importance of evaluating these measures, there are disagreements about the reproducibility of the tests. **Objective:** To test the reproducibility of the Stroop Color-Word Test, Corsi Block-Tapping Test, and Trail Making Test in older women. **Methods:** Thirty-five older women performed the Stroop Color-Word Test (Inhibitory Control), Corsi Block-Tapping Test (Working Memory), and Trail Making Test (Cognitive Flexibility) within one week between the test and retest. The reproducibility of the tests was determined by the intraclass correlation coefficient, coefficient of variation, standard error of measurement, and visual inspection of the Bland-Altman graphs. **Results:** The Stroop Color-Word Test showed satisfactory reproducibility values only for congruent and incongruent measures, with excellent intraclass correlation coefficient values. Corsi Block-Tapping Test showed reproducible values with a moderate and good intraclass correlation coefficient for the sequence and composite score, respectively. The Trail Making Test showed reproducible values for parts A, B, and the ratio (B/A), with intraclass correlation coefficients between moderate and good. Visual inspection of the Bland-Altman plots showed low bias in all variables. **Conclusion:** The results of the Stroop Color-Word Test, for congruent and incongruent trials, the sequence and the composite score of the Corsi Block-Tapping Test, as well as the part A, B, and the ratio (B/A) of the Trail Making Test, are reproducible measurements for older women.

Keywords: test-retest reliability; executive function; old people; neuropsychological tests.

RESUMO

Introdução: A Função Executiva é expressa nas atividades do dia a dia por meio do controle inibitório, memória de trabalho e da flexibilidade cognitiva. Apesar da importância de avaliar essas medidas, existem divergências sobre a reprodutibilidade dos testes. **Objetivo:** Testar a reprodutibilidade do Stroop Color-Word Test, Teste dos Cubos de Corsi e Teste de Trilhas em mulheres idosas. **Métodos:** Trinta e cinco mulheres idosas realizaram o Stroop Color-Word Test (Controle Inibitório), Teste dos Cubos de Corsi (Memória de Trabalho) e Teste de Trilhas (Flexibilidade Cognitiva) com uma semana entre o teste e reteste. A reprodutibilidade dos testes foi determinada pelo coeficiente de correlação intraclasse, coeficiente de variação, erro padrão da medida e inspeção visual dos gráficos de Bland-Altman. **Resultados:** O Stroop Color-Word Test apresentou valores satisfatórios quanto à reprodutibilidade apenas para as medidas congruentes e incongruentes, com valores excelentes de coeficiente de correlação intraclasse. O Teste dos Cubos de Corsi apresentou valores reprodutíveis com coeficiente de correlação intraclasse moderado e bom para a sequência e escore composto, respectivamente. O Teste de Trilhas apresentou valores reprodutíveis para as partes A, B e a razão (B/A), com coeficientes de correlação intraclasse entre moderado e bom. A inspeção visual nos gráficos de Bland-Altman demonstrou baixo viés em todas as variáveis. **Conclusão:** Os resultados do Stroop Color-Word Test, para ensaios congruentes e incongruentes, a sequência e o escore composto do Teste dos Cubos de Corsi, assim como a parte A, B e a razão (B/A) do Teste de Trilhas são medidas reprodutíveis para mulheres idosas.

Palavras-chave: confiabilidade do teste-reteste; função executiva; pessoas idosas; testes neuropsicológicos.

Introduction

Executive Function (EF) is about higher mental processes that ensure a person engages in day-to-day behaviors [1]. EF includes necessary skills when attentional resources are required throughout a task, in addition to being used for automatic and intuitive cognitive processes [1]. It allows the individual to reflect before acting, work on different ideas, solve unexpected challenges, think from different perspectives, reconsider divergent opinions, and avoid distractions [2]. The proper functioning of the EF is essential for maintaining the quality of life [3, 4]. Among the EF domains, the most studied are inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility.

Inhibitory control is responsible for inhibiting mental and behavioral processes to the detriment of an objective, such as adapting actions to external objections; for example, in a conversation, we do not say everything we think and feel. It is necessary to choose what to say according to the social context [5]. Working memory, in turn, is seen as the manipulation of memory according to the required demand; for example, when cooking according to a recipe, it is necessary to follow steps properly to achieve the desired result [6]. Finally, cognitive flexibility is the mental process related to adapting to challenges or events, being used to make adjustments to previously planned actions or to create something in a context; for example, when we have several options and need to choose only a few of them to achieve a result [1].

The literature presents several tasks to assess inhibitory control. The most popular ones are the Go/No-Go paradigms [7], the Flanker task [8], and the Stroop Color-Word Test (SCWT) [9]. The Go/No-Go is a task with different stimuli, some that must be answered and some that must not. For example, the subject must react when viewing an arrow to the right, while he must not react to seeing an arrow to the left [10]. The Flanker task, in turn, is based on the use of sets of arrows or symbols that can be congruent (e.g., all arrows in the same direction “<<<<”), incongruent (e.g., different directions “>> <>>”), or neutral (e.g., including arrows and other symbols “--<--”) [8]. Finally, the most common is the SCWT, which is based on names of colors that are filled in by the same color as the word indicates (congruent) or a different color (incongruent), and the subject must indicate the filling color, not inhibiting the reading of the which is written [9]. The SCWT has a vast literature, but there are divergences regarding the scoring and reproducibility of this test [11–14]. In this sense, it is necessary to evaluate the reproducibility of the SCWT in a computerized way in elderly individuals, standardizing its form of execution and scoring.

Working memory, in turn, can be assessed through verbal or non-verbal tasks. The N-back test explores verbal and non-verbal tasks, while the Corsi Block-Tapping Test (CBTT) is non-verbal [15–17]. In the N-back test, the individual must remember previous numbers or images, which can be called 1-back (remembering the displayed number before the current number), 2-back (remembering the displayed number before the last two numbers presented), and so on, making it possible to assess both response time and accuracy [15]. The CBTT assesses visuospatial working memory,

asking the participant to select squares in the same order in which they were presented (direct order) or in reverse order, starting from the last square presented to the first. In the CBTT, it is possible to evaluate the composite score (sequence x number of correct answers) or only the sequence of correct answers. However, the literature still differs on the best score to be adopted, besides not presenting good reproducibility values even when performing six tests with one-week intervals, mainly with older people [18–20].

Cognitive flexibility is understood as a result of inhibitory control and working memory since it is necessary to inhibit a premeditated action (inhibitory control) and check alternatives to act differently compared to previous experiences (working memory) [1]. The Trail Making Test (TMT) and the Wisconsin Card Sorting Task are two approaches to assessing cognitive flexibility [1,21,22]. In the Wisconsin card sorting task, the participant must match cards from a deck totaling 128 with four target cards dealt on the table. Cards can be combined based on their colors “red, blue, yellow or green” or geometric shapes “crosses, circles, triangles or stars”. The test combines ten cards based on colors or geometric shapes [23]. The TMT, in turn, consists of a task divided into two parts, A and B. The TMT-A assesses the processing speed by considering the time the participant uses to connect 25 dots in ascending numerical order. The TMT-B represents the visual search and the cognitive flexibility when evaluating the connection of numbers, and letters in ascending and intercalated order (e.g., a number and a letter) arranged randomly. Thus, the TMT-B includes inhibitory control when verifying the non-linking of a letter with a letter or number with a number and working memory when needing to remember the increasing numerical and alphabetic sequence after each connection. Among the ways of analyzing the TMT score is the difference (B-A) and the ratio (B/A) in the execution time [19,24,25]. In this sense, the study by Wang *et al.* [25] showed moderate reproducibility for TMT-A and excellent reproducibility for TMT-B in elderly individuals. However, they do not address other measures such as the difference (B-A) and the ratio (B/A), in addition to the fact that the literature does not present a consensus on its use for the public of older women and the interval between test and retest applications.

In this sense, it is necessary to analyze what is more relevant considering the evaluation of EF: evaluating only one domain in isolation or applying different tests to different domains. Consequently, the application of various EF tests in sequence, as well as the reapplication interval and target audience, may affect the reproducibility of EF tests. Therefore, we aimed to test the reproducibility of SCWT, CBTT, and TMT in older women sequentially using a seven-day interval between measurements. We believe that, when considering the sample involved in the study, seven days is the most appropriate to minimize the learning effect and ensure better reproducibility in the tests. Additionally, we believe that even when applied sequentially, the tests will present good reproducibility compared to the values shown in the literature, allowing a consistent evaluation of the main EF domains.

Methods

Participants

A total of 70 women were recruited through leafleting around the Prof. José Aloísio de Campos campus from the Federal University of Sergipe in São Cristovão. Inclusion criteria were: having at least 12 Montreal Cognitive Assessment (MoCA) points; being physically independent; being aged between 60 and 79 years; being literate. In turn, the exclusion criteria were: having color blindness; neurological and/or psychiatric disorders (e.g., Parkinson's disease); hearing or visual impairment incompatible with the neuropsychology of the tests; and not having a fine motor impairment that could interfere with the performance of cognitive and motor tasks.

After the screening, 40 participants met the inclusion criteria, and 35 participants performed the three tests proposed in the study sequentially and with an interval of seven days between the test and the retest (Figure 1). Before data collection, the participants signed the informed consent form (TCLE) after explaining all the procedures. The research was submitted to the institution's ethics committee, approved under opinion 3.225.938, and followed the Declaration of Helsinki for research with human beings.

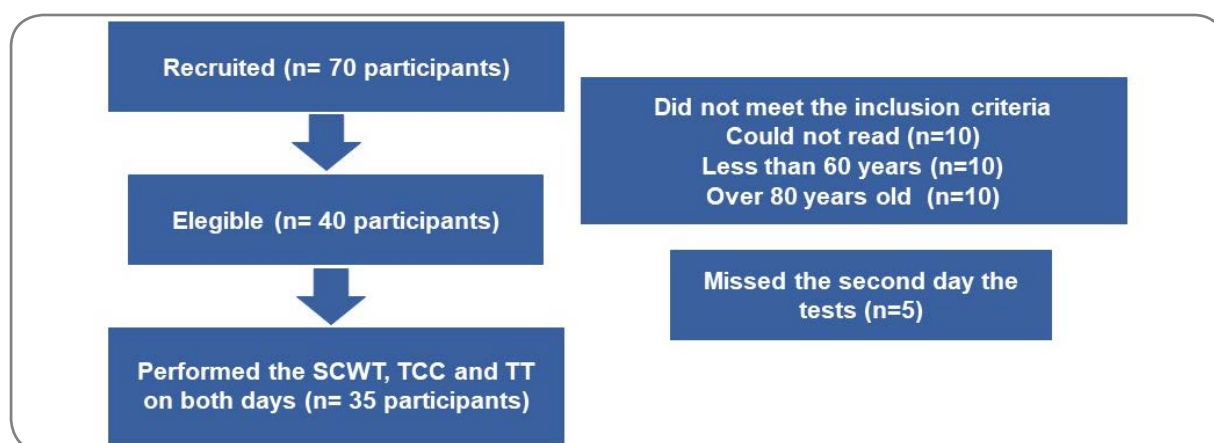


Figure 1- Participants' flowchart

Executive Function Protocol

Initially, body mass and height measurements were obtained to calculate the body mass index (BMI). The MoCA questionnaire was applied, which involves EF, visuospatial working memory, episodic memory, and attention to assess the global cognition of older people [26,27].

Each participant visited the laboratory in three different sessions: the first for sample characterization and two with an interval of seven days between them to perform the tests in the morning. Each session lasted 30 minutes. Aiming to keep the participants, a reminder was given three days before the sessions to confirm participation. Before the measurements, the participants were familiarized with the devices used to carry out the tests.

On the day before the tests, the participants were instructed through a call and message to abstain from alcohol and vigorous physical activity for 24 hours, in addition to not smoking or ingesting caffeine within two hours before the experiment. The tests were conducted between March and November 2022 and were always applied by the same evaluator.

The SCWT and CBTT tests were performed on computers with a 15-inch screen. The PsychoPy® program version 2022 1.3 (<https://www.psychopy.org/>) was used to build the stimuli and set up the experiment, and it was made available online through the Pavlovia platform (<https://pavlovia.org/>). The participants used keyboards with yellow, blue, green, and red stickers on the A, D, J, and L keys to perform commands during the tests.

The participant rested for five minutes before the tests, and then the tests started. For this, the participant remained seated, facing a monitor at a distance of 50 cm. Then, the tests were applied in the following order: SCWT, CBTT, and TMT. Instructions for each task were provided verbally and in writing on the computer screen.

Stroop Color-Word Test (SCWT)

SCWT assesses inhibitory control [11]. The test has congruent (word meaning equal to its font color) and incongruent (word meaning and font color divergent) responses. First, the participant performed 10% of the trials for familiarization with the experiment, resulting in 12 trials out of 120. Then, the participants completed 120 trials, 60 congruent and 60 incongruent. During the test, participants were asked to respond as quickly as possible. The response time (RT) for congruent stimuli and the RT for incongruent stimuli that expresses inhibitory control were analyzed. Furthermore, we analyzed the mean difference in performance between congruent and incongruent trials, commonly called the Stroop effect, which is yet another measure of inhibitory control [14]. The test was considered valid when the participant obtained an accuracy of at least 80%.

Corsi Block-Tapping Test (CBTT)

This test evaluates visuospatial working memory [19]. At the beginning of the test, there were four familiarization trials with only two squares, in which they got hit-or-miss feedback. Our test consisted of nine squares (2 cm x 2 cm) in blue, and every 500 ms, a square changed color, turned yellow, and then returned to blue at random. Then, the participant was asked to indicate which changed color in the same order in which the changes occurred (direct order). The participants received no feedback regarding the successes and errors in the test. If the participant got the sequence right, the test progressed by increasing the number of squares. On the other hand, if the participant made a mistake twice in a row, the test was terminated. In this test, the applicator helped the participants by using the mouse to select the sequence they indicated since they were unfamiliar with the mouse. The values referring to the sequence the participant reached in a given trial and the composite score

calculated by multiplying the number of correct answers obtained in all trials by the sequence score were used for analysis.

Trail Making Test (TMT)

This test assesses cognitive flexibility [22]. The TMT consisted of two parts: in part A, participants were asked to continuously call, using a ballpoint pen, numbers from 1 to 25 randomly arranged on a sheet of paper. In part B, participants were asked to continuously connect numbers and letters alternately (e.g., 1-A, 2-B, etc.). The score on both parts is defined by the time to run the test correctly. Then, the difference (B-A) is taken as an index of cognitive flexibility, and the higher the score, the lower the participant's cognitive flexibility [28]. In addition, the ratio (B/A) was calculated, which is also an estimate of cognitive flexibility. In the test application, we followed Reitan's recommendation [22], in which errors were not accounted for. In case of error, the evaluator indicated that the participant returned to the last number or letter and continued the test [28].

Statistical analysis

The sample size was calculated using the G*Power 3.1.9.7 software based on an unpublished pilot study, considering an alpha error of 0.05, power of 0.95, and the ratio between the alternative and null hypothesis equivalent to 0.35 resulting in a minimum sample of 27 participants [29,30]. This sample calculation method was previously used by Fontes *et al.* [31]. All data were analyzed using the JAMOVI software, version 2.3.16. Data normality was tested using the Shapiro-Wilk test. The reproducibility of SCWT, CBTT, and TMT was determined by the two-way intraclass correlation coefficient (ICC). The ICC was interpreted according to the Koo *et al.* [32] classification system for reproducibility: < 0.50 = poor; 0.50-0.75 = moderate; 0.75-0.90 = good; and > 0.90 = excellent. In addition, the coefficient of variation (CV) and standard error of measurement (SEM) were calculated. The level of agreement between sessions was analyzed using the Bland-Altman plot, considering the systematic bias and its limits of agreement of 95% (LoA = Bias) [33]. Additionally, data on the sum of the differences between the means on the two evaluation days were analyzed to visualize the agreement between the measurements better. Graphs were constructed using GraphPad Prism software version 8.

Results

Namely, the sample analyzed had an average age of 66.4 ± 5.4 years, a body mass of 67.1 ± 11.5 kg, a height of 1.55 ± 0.05 m, and a BMI of 28.0 ± 4.2 kg/m². In addition, the participants had an average score of 21.9 ± 3.83 points on the MoCA.

Regarding the Congruent and Incongruent RT of the SCWT, an excellent ICC, low CV, and SEM within the expected range were observed (Table I). We detected low bias for the two measures based on the agreement analysis with only two individuals

beyond the agreement interval (Figure 2). Regarding SE, we observed a moderate ICC and SEM within the expected range but a high CV (Table I). In addition, the agreement between measurements showed a bias close to zero, and only three individuals were outside the limits of agreement (Figure 2).

Table I - Test values and reproducibility indicators of EF tests between sessions

Executive Function Tests		Day 1	Day 2	Day 2-1	Day 2 and 1		
		Mean SD	Mean SD	MD (CI 95%)	ICC (CI 95%)	VC%	SEM
SCWT	RT	1173.92	1074.54	99.37	0.92	5.56	87.64
	Congruent (ms)	± 319.10	± 264.19	(56.79 – 141.95)	(0.75 $\pm$ 0.96)		
	RT	1322.04	1202.42	119.62	0.91	6.94	122.07
	Incongruent (ms)	± 379.29	± 351.41	(60.31 – 178.92)	(0.77 $\pm$ 0.96)		
	Stroop Effect	147.03	128.57	18.45	0.59	60.55	100.00
		± 141.27	± 122.27	(-30.41 – 67.33)	(0.28 $\pm$ 0.77)		
CBTT	Sequence	3.00	3.29	-0.28	0.72	12.46	0.50
		± 0.76	± 0.82	(-0.53, – 0.04)	(0.51 $\pm$ 0.84)		
	Composite Score	51.60	61.77	-10.17	0.79	24.42	18.95
		± 34.64	± 33.23	(-19.37 – 0.96)	(0.63 $\pm$ 0.88)		
TMT	A (s)	54.77	45.87	8.89	0.78	12.39	12.39
		± 23.01	± 21.26	(2.87 – 14.91)	(0.57 $\pm$ 0.88)		
	B (s)	122.39	128.21	-5.81	0.84	24.43	43.67
		± 86.60	± 82.61	(-27.24 – 15.61)	(0.72 $\pm$ 0.91)		
	Diference (B-A)	67.62	82.33	-14.70	0.77	42.21	42.21
		± 70.16	± 71.52	(-35.21 – 5.80)	(0.61 $\pm$ 0.87)		
	Ratio (B/A)	2.22	2.04	-0.43	0.59	21.89	0.65
		± 0.88	± 0.90	(-0.75 – -0.11)	(0.28 $\pm$ 0.76)		

SD = Standard Deviation; MD = Mean Difference; CI = Confidence Interval; ICC = Intraclass Correlation Coefficient; CV = Coefficient of Variation; SEM = Standard Error of Measurement; RT = Response Time; SCWT = Stroop Color-Word Test; TMT = Trail Making Test; CBTT = Corsi Block-Tapping Test

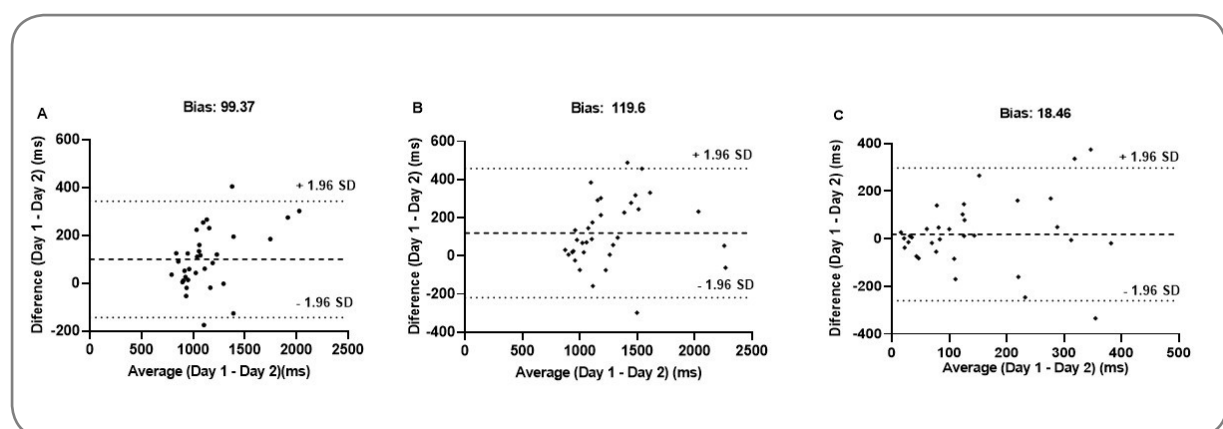


Figure 2 - Bland-Altman plots of differences between Day 1 and Day 2 as a function of the mean of paired measurements for RT Congruent (A) and RT Incongruent (B) and the Stroop effect (C). The dotted line represents the systemic bias, and the dashed lines represent the upper and lower limits of agreement

Regarding the CBTT, the sequence analysis results showed moderate ICC, low CV, and SEM within the expected range (Table I). There was a bias close to zero in

the agreement between measurements, and only one individual exceeded the limits of agreement (Figure 3). The composite score demonstrated a good ICC, low CV, and within the expected SEM (Table I). Finally, the agreement between the measures had a bias close to zero, and only one individual was outside the limits of agreement (Figure 3).

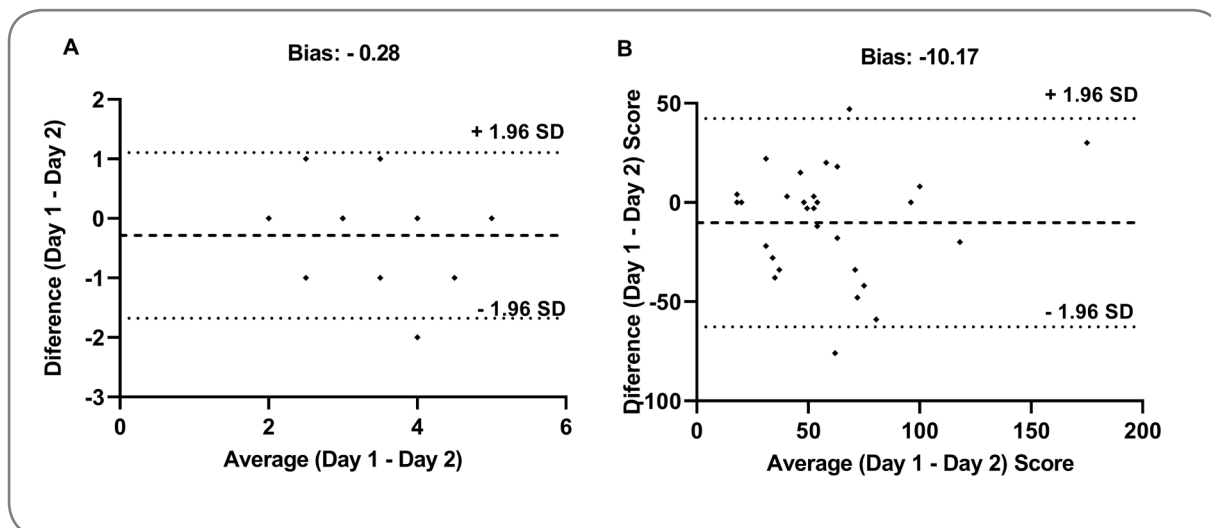


Figure 3 - Bland-Altman plots of differences between Day 1 and Day 2 as a function of the mean of paired measures for the CBTT sequence (A) and the CBTT composite score (B). The dotted line represents the systemic bias and the dashed lines represent the upper and lower limits of agreement

Regarding TMT-A and TMT-B, a good ICC, low CV, and SEM within the expected range were verified (Table I). Regarding the agreement between measurements, we found a bias close to zero in both variables, with two individuals exceeding the limit of agreement in the TMT-B (Figure 4). Using other measures of cognitive flexibility, specifically, the difference (B-A), good ICC, high CV, and within expected SEM were observed (Table I). The agreement between measurements showed a bias close to zero with two individuals outside the agreement limit. In the ratio (B/A), a moderate ICC, low CV, and SEM within the expected range were detected (Table I). The agreement between measurements showed a bias close to zero, and only one individual was outside the limits of agreement (Figure 4).

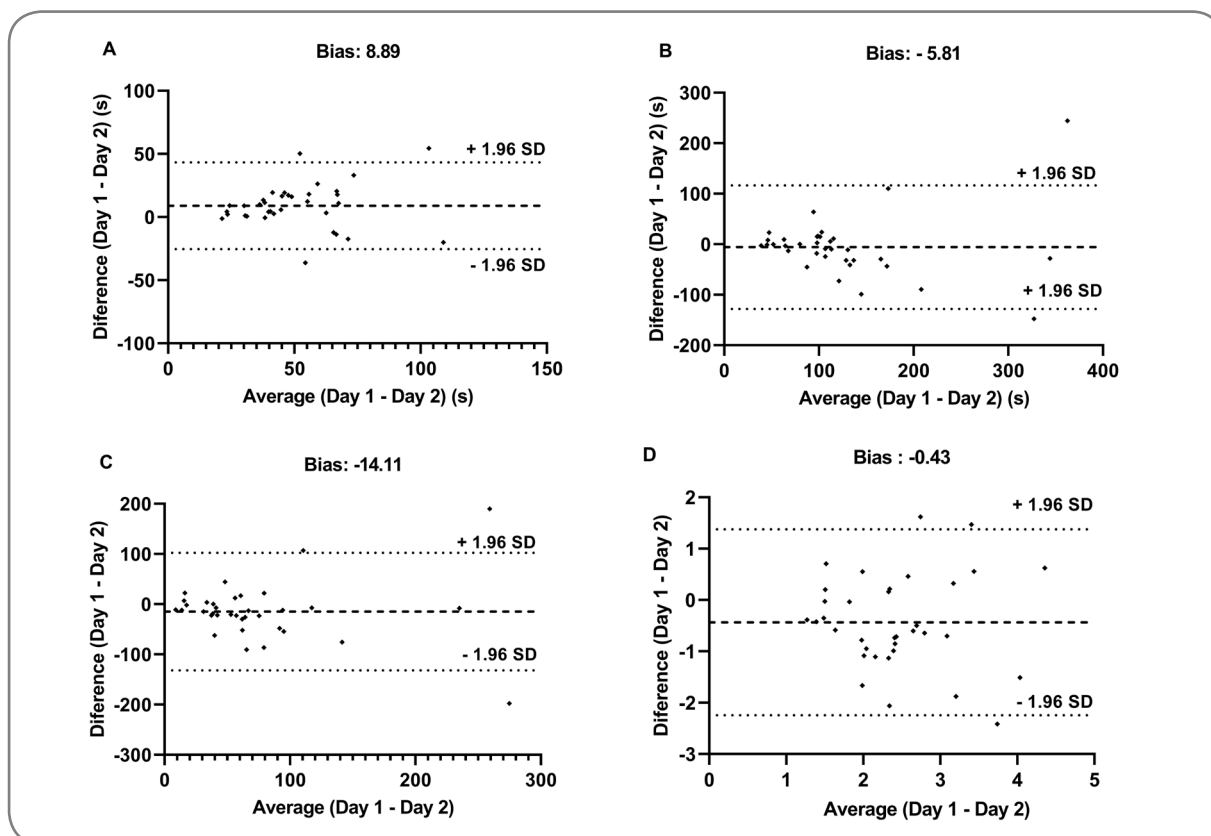


Figure 4 - Bland-Altman plots of differences between Day 1 and Day 2 as a function of the mean of paired measurements for TMT-A (A), TMT-B (B), difference (B-A) (C), and ratio (B/A) (D). The dotted line represents the systemic bias and the dashed lines represent the upper and lower limits of agreement.

Discussion

The present study's findings partially corroborate our hypothesis since some of the results obtained in each test were reproducible in older adult women. RT congruent and incongruent results for the SCWT, composite score values for the CBTT, and the TMT-A, TMT-B, and ratio (B/A) measures. Furthermore, the time interval used and the application of the tests in sequence do not affect the reproducibility of the measurements. Thus, our findings help outline research investigating the EF of older women [34].

In the concordance analyses, we found excellent reproducibility in the SCWT congruent and incongruent RT, low CV, and low bias. However, the Stroop effect showed moderate reproducibility and high CV. These findings corroborate those presented by Wang *et al.* [24], who evaluated the reproducibility in older people in the congruent and incongruent RT and demonstrated a value classified as excellent ($ICC = 0.91$) with a period between the test and retest of three to seven days. Interestingly, Wang *et al.* [24] applied the SCWT using pencil and paper while we performed it using computers. Thus, there may be no significant impact on the measurement of inhibitory control with different application forms. However, the application through computers makes it easier from the application to the evaluation and number of tests applied [20,35]. These findings apply to older women since other studies with young adults found values below those presented in the present study [12].

Regarding the CBTT values, the sequence and the composite score were analyzed, demonstrating that both variables have good reproducibility. These values differ from the study by White *et al.* [20] in which direct order CBTT was applied to 30 healthy older men, showing poor reproducibility in sequence and composite score measures [20]. A possible explanation may be given by the help of the applicator in handling the mouse, which is an important aspect when considering the application of this test in a computerized way to guarantee the quality of the measurement since the older adults population tends to present deficits in fine motor control and low familiarization with the use of the mouse [36].

Regarding cognitive flexibility, the values referring to TMT-A, B, and difference (B-A) presented a good classification in the ICC. In contrast, the ratio (B/A) showed a moderate ICC. It is also important to note that the CV for TMT-A, TMT-B, and the ratio (B/A) were classified as low. These findings partially corroborate with other studies that analyzed the same population, such as the findings of Park and Shott [37], who evaluated TMT-A and TMT-B measurements in older people, finding an excellent ICC. However, in these studies, the authors considered individuals 50 years old as older people. Another study applying the Chinese version of the TMT addressed test reproducibility in older people and demonstrated a good ICC in TMT-A and excellent in TMT-B using an evaluation interval similar to that of the present study, from three to seven days [25]. A possible reason for the differences is the diversity of education in the sample between the studies since we do not require a minimum education level. Another important point of our study is the standardization of the interval between applications. It is also worth mentioning that we maintained the performance of this test with pen and paper since the literature recommends the application in this way [38, 39].

Although the tests used alone are reported in the literature as general indicators of EF, each assesses a domain in isolation. A strength of our study was an integrated approach, using SCWT to assess inhibitory control, CBTT for working memory, and TMT to assess cognitive flexibility, thus favoring the interpretation of the global state of EF [11]. In turn, we adopted the application of SCWT and CBTT in a computerized way based on free access protocols and software, which facilitates the method of reproduction used in clinical practice and scientific research. In addition to innovating by bringing the reproducibility of neurocognitive tests in a computerized format in older people, this is relatively scarce in the literature [20]. Thus, our findings provide important insights for a comprehensive assessment and follow-up of EF in older women.

Among the limitations of the present study, we can point out the possibility of the learning effect since only two measurements were performed for the test and retest. However, we believe that the seven-day interval between measurements minimizes this effect. Furthermore, to reduce the learning effect, the SCWT and CBTT tests were planned with the sequences of words and blocks randomized between the test and retest days.

Another limitation is the small sample size, which may increase the chance of type I or II error, although we met our sample calculation. In this sense, the literature has no consensus about the best way to calculate sample size for reproducibility studies. Furthermore, most studies used two groups, and we used only one. Thus, there may be differences compared to other groups. Anyway, considering the normality of the data, we believe that the results observed in the present study contribute to the literature regarding tests for EF in older women since we provide detailed information on the characteristics of the tasks, instructions, stimuli, and scoring methods, presenting itself as an important differential for other studies in the area [40]. In addition, we provide score values that can be considered in other scientific studies and clinical practice.

Conclusion

The evaluation of the congruent and incongruent RT in the SCWT for inhibitory control, the sequence and a composite score of the CBTT for visuospatial working memory, and the TMT-A, TMT-B and the ratio (B/A) in the TMT for cognitive flexibility are reproducible methods for assessing EF in older women. In addition, carrying out the tests sequentially and with an interval of one week is an effective approach to guarantee the reproducibility of these evaluations.

Academic affiliation

This article represents part of Alan Pantoja Cardoso's Master's thesis, supervised by Professor Dr. Marzo Edir Da Silva-Grigoletto, from the Federal University of Sergipe, Brazil.

Conflict of interest

There is no conflict of interest

Funding source

Part of this study is funded by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel - Brazil (CAPES).

Authors' contributions

Research conception and design: Pantoja-Cardoso A, Faro HKC; **Data collection:** Pantoja-Cardoso A, Dos-Santos AC, Santos PJ; **Data analysis and interpretation:** Pantoja-Cardoso A, Aragão-Santos JS; **Manuscript writing:** Pantoja-Cardoso A, Aragão-Santos JS, Monteiro MCP, Santos PJ, Heredia-Elvar JR, Dos-Santos AC; **Critical review of the manuscript for important intellectual content:** Fortes LS, Da Silva-Grigoletto ME.

References

1. Diamond A. Executive Functions. *Annu Rev Psychol.* 2013;64:135-168. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750
2. Diamond A. Why improving and assessing EF early in life is critical. In: Griffin JA, McCardle P,
3. Freund LS, eds. Executive function in preschool-age children: Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research. APA. 2016;11-43. doi: 10.1037/14797-002
4. Harada CN, Love MCN, Triebel KL. Normal cognitive aging. *Clin Geriatr Med.* 2013;29(4):737-52. doi: 10.1016/j.cger.2013.07.002

5. Ho H-T, Lin S-I, Guo N-W, Yang YC, Lin MH, Wang CS. Executive function predict the quality of life and negative emotion in older adults with diabetes: A longitudinal study. *Prim Care Diabetes*. 2022;16:537-42. doi: 10.1016/j.pcd.2022.05.002
6. Aron AR, Robbins TW, Poldrack RA. Inhibition and the right inferior frontal cortex: one decade on. *Trends Cogn Sci*. 2014;18(4):177-85. doi: 10.1016/j.tics.2013.12.003
7. Jonides J, Lewis RL, Nee DE, Lustig CA, Berman MG, Moore KS. The mind and brain of short-term memory. *Annu Rev Psychol*. 2008;59:193-224. doi: 10.1146/annurev.psych.59.103006.093615
8. Donders FC. On the speed of mental processes. *Acta Psychol (Amst)*. 1969;30:412-431. doi:10.1016/0001-6918(69)90065-1
9. Servant M, Logan GD. Dynamics of attentional focusing in the Eriksen flanker task. *Atten Percept Psychophys*. 2019;81(8):2710-2721. doi: 10.3758/s13414-019-01796-3
10. Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. *J. Exp. Psychol. Gen*. 1935;18:643-62. doi: 10.1037/h0054651
11. Verbruggen F, Logan GD. Response inhibition in the stop-signal paradigm. *Trends Cogn Sci*. 2008;12:418-24. doi: 10.1016/j.tics.2008.07.005
12. Scarpina F, Tagini S. The stroop color and word test. *Front Psychol*. 2017;8:1-8. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00557
13. Strauss GP, Allen DN, Jorgensen ML, Cramer SL. Test-retest reliability of standard and emotional stroop tasks: an investigation of color-word and picture-word versions. *Assessment*. 2005;12(3):330-7. doi: 10.1177/1073191105276375
14. Periañez JA, Lubrini G, García-Gutiérrez A, Ríos- Lago M. Construct validity of the stroop color-word test: influence of speed of visual search, verbal fluency, working memory, cognitive flexibility, and conflict monitoring. *Arch Clin Neuropsychol*. 2021;36(1):99-111. doi: 10.1093/arclin/acia034
15. Ward N, Hussey E, Alzahabi R, Gaspar JG, Kramer AF. Age-related effects on a novel dual-task Stroop paradigm. *PLoS ONE* 2021;16:e0247923. doi: 10.1371/journal.pone.0247923
16. De Nardi T, Sanvicente-Vieira B, Prando M, Stein LM, Fonseca RP, Grassi-Oliveira R. Tarefa N-back Auditiva: Desempenho entre diferentes grupos etários. *Psicol Reflex Crit*. 2013;26(1): 151-159. doi: 10.1590/S0102-79722013000100016
17. Gonçalves VT, Mansur LL. N-Back auditory test performance in normal individuals. *Dement Neuropsychol*. 2009;3(2): 114-117. doi: 10.1590/S1980-57642009DN30200008
18. Nyberg L, Dahlin E, Stigsdotter Neely A, et al. Neural correlates of variable working memory load across adult age and skill: Dissociative patterns within the fronto-parietal network. *Scand J Psychol*. 2009;50(1):41-6. doi: 10.1111/j.1467-9450.2008.00678.x
19. Arce T, McMullen K. The Corsi Block-Tapping Test: Evaluating methodological practices with an eye towards modern digital frameworks. *Comput. Hum. Behav. Reports [Internet]*. 2021 [citado 2022 dez 12];4:100099. Disponível em: <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10292489>
20. Corsi PM. Human memory and the medial temporal region of the brain [Internet]. *Dissertation Abstracts International* 1973;34(2-B): 891. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1976-04900-001>
21. White N, Flannery L, McClintock A, Machado L. Repeated computerized cognitive testing: Performance shifts and test-retest reliability in healthy older adults. *J Clin Exp Neuropsychol* 2019;41:179-191. doi: 10.1080/13803395.2018.1526888
22. Milner B. Some cognitive effects of frontal-lobe lesions in man. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 1982 Jun 25;298(1089):211-26. doi: 10.1098/rstb.1982.0083
23. Miguel FK. Teste Wisconsin de Classificação de Cartas. *Aval. Psicol*. 2005;4:203-4.
24. Suzuki H, Sakuma N, Kobayashi M, Ogawa S, Inagaki H, Eda Hiro A, et al. Normative data of the Trail Making Test among urban community-dwelling older adults in Japan. *Front Aging Neurosci*. 2022;14:832158. doi: 10.3389/fnagi.2022.832158
25. Wang R-Y, Zhou J-H, Huang Y-C, Yang Y-R. Reliability of the Chinese version of the Trail Making Test and Stroop Color and Word Test among older adults. *Int. J. Gerontol*. 2018;12:336-9. doi: 10.1016/j.ijge.2018.06.003
26. Cesar KG, Yassuda MS, Porto FHG, Brucki SMD, Nitrini R. MoCA Test: normative and diagnostic accuracy data for seniors with heterogeneous educational levels in Brazil. *Arq Neuro-Psiquiatr*. 2019;77(11): 775-781. doi: 10.1590/0004-282X20190130
27. Nasreddine ZS, Phillips NA, Bédirian V, et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A brief

- screening tool for mild cognitive impairment. *J Am Geriatr Soc*. 2005;53(4):695-9. doi: 10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x
28. Bowie CR, Harvey PD. Administration and interpretation of the Trail Making Test. *Nat Protoc*. 2006;1(5):2277-81. doi: 10.1038/nprot.2006.390
29. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, et al. Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods*. 2009;41:1149-60. doi: 10.3758/BRM.41.4.1149
30. Shieh G. Sample size requirements for the design of reliability studies: precision consideration. *Behav Res Methods*. 2014;46(3):808-22. doi: 10.3758/s13428-013-0415-1
31. Fontes AS, Santos MS, Almeida MB, Marín PJ, Silva DRP, Silva-Grigoletto MES. Inter-day reliability of the Upper Body Test for shoulder and pelvic girdle stability in adults. *Braz J Phys Ther*. 2020;24:161-6. doi: 10.1016/j.bjpt.2019.02.009
32. Koo TK, Li MY. A Guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med*. 2016;15:155-63. doi: 10.1016/j.jcm.2016.02.012
33. Martin Bland J, Altman Douglas G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;327:307-10. doi: 10.1016/S0140-6736(86)90837-8
34. Harvey PD. Domains of cognition and their assessment. *Dialogues Clin Neurosci*. 2019;21:227-37. doi: 10.31887/DCNS.2019.21.3/pharvey
35. Collie A, Maruff P, Darby DG, McStephen M. The effects of practice on the cognitive test performance of neurologically normal individuals assessed at brief test-retest intervals. *J Int Neuropsychol Soc*. 2003;9(3):419-28. doi: 10.1017/S1355617703930074
36. Hoogendam YY, van der Lijn F, Vernooij MW, Hofman A, Niessen WJ, van der Lugt A, et al. Older age relates to worsening of fine motor skills: a population-based study of middle-aged and elderly persons. *Front Aging Neurosci*. 2014;6:259. doi: 10.3389/fnagi.2014.00259
37. Park S-Y, Schott N. The trail-making-test: Comparison between paper-and-pencil and computerized versions in young and healthy older adults. *Appl Neuropsychol Adult*. 2022;29(5):1208-20. doi: 10.1080/23279095.2020.1864374
38. Miller JB, Barr WB. The technology crisis in neuropsychology. *Arch Clin Neuropsychol*. 2017;32:541-54. doi: 10.1093/arclin/acx050
39. Rumpf U, Menze I, Müller NG, Schmicker M. Investigating the potential role of ecological validity on change-detection memory tasks and distractor processing in younger and older adults. *Front Psychol*. 2019;10:1046. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01046
40. Zanini GAV, Miranda MC, Cogo-Moreira H, et al. An Adaptable, open-access test battery to study the fractionation of executive-functions in diverse populations. *Front Psychol*. 2021;12:627219. doi: 10.3389/fpsyg.2021.627219

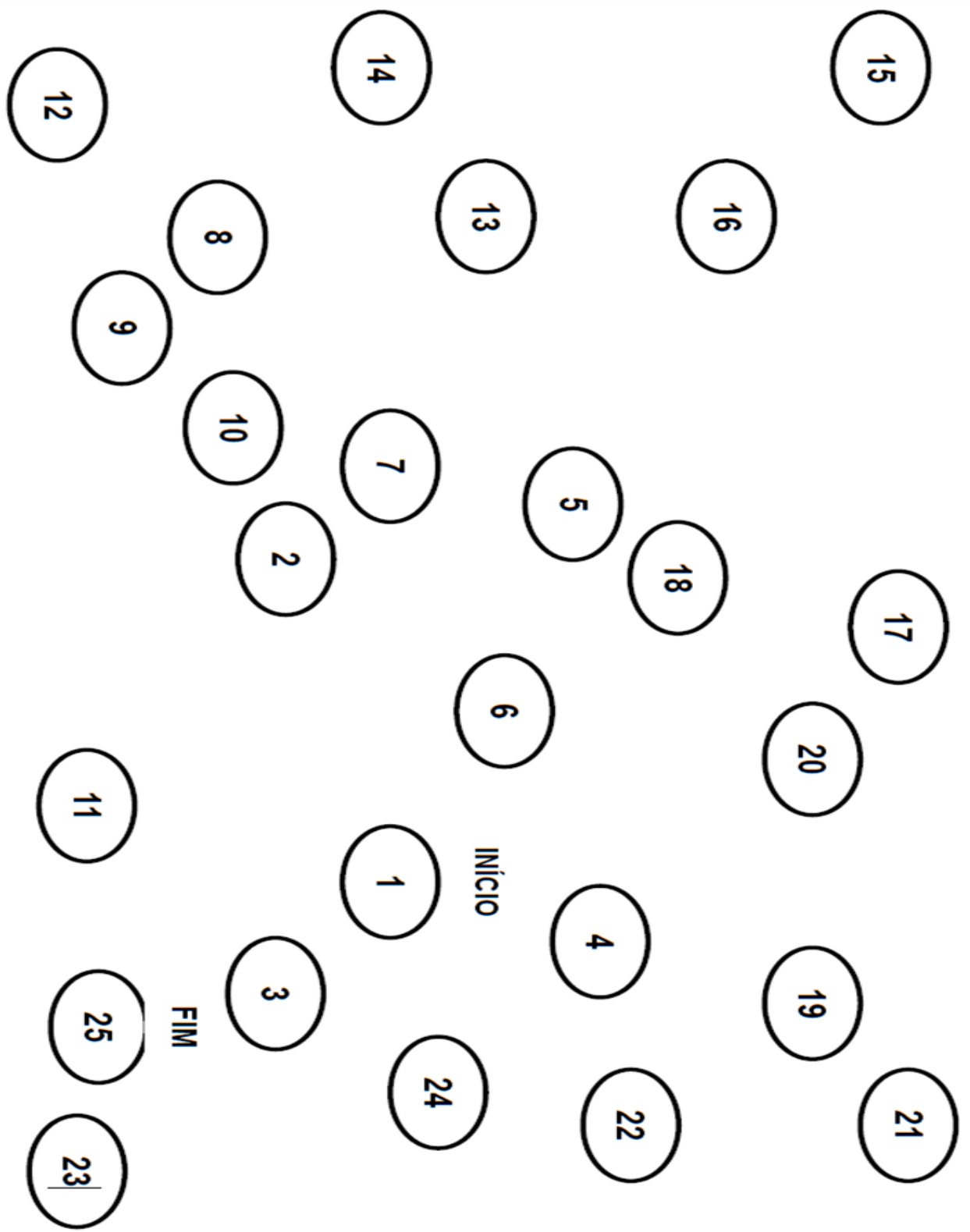


ANEXO C: Montreal Cognitive Assessment (MOCA)

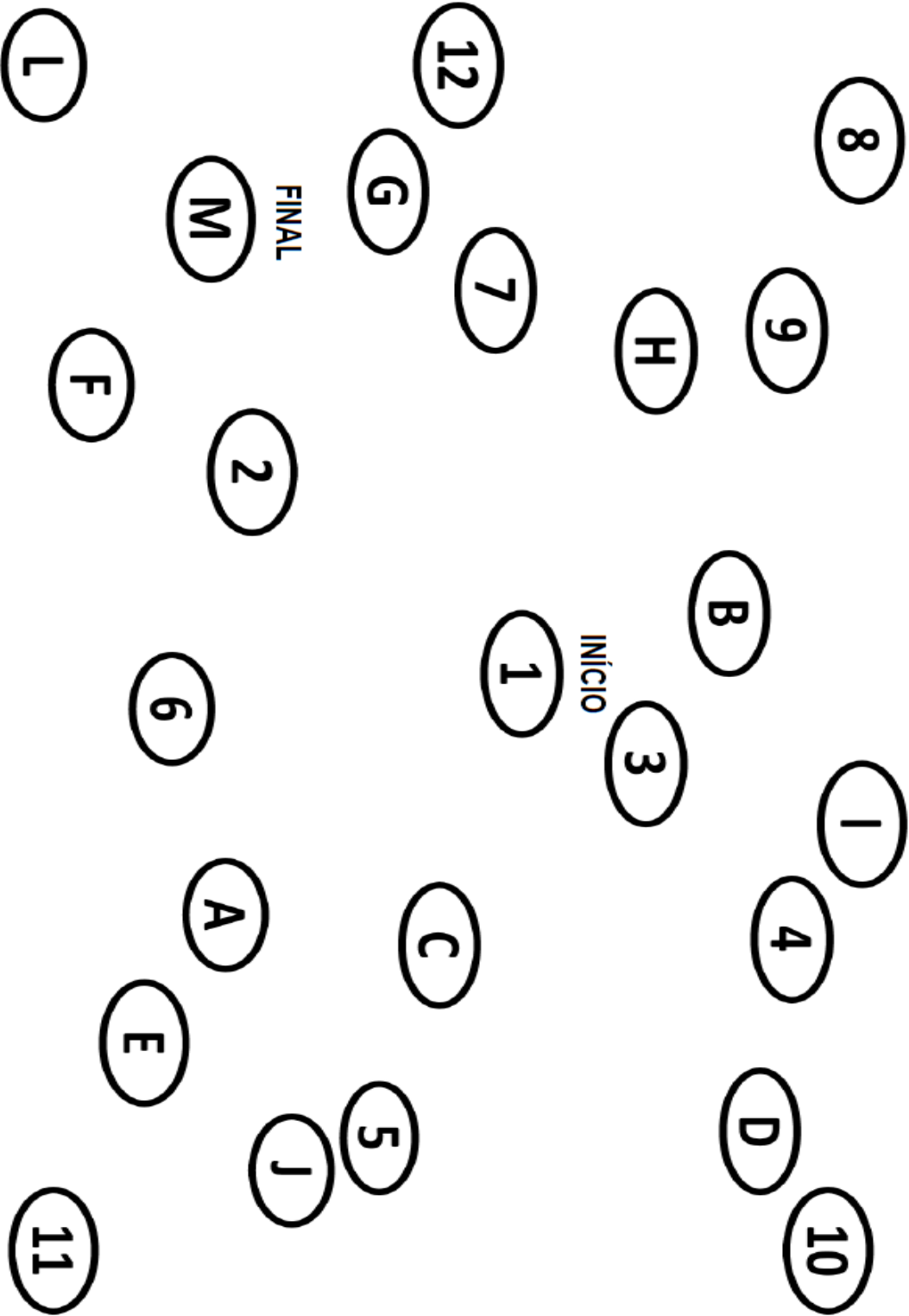
MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT (MOCA)
Versão Experimental Brasileira
 Nome: _____ Data de nascimento: ____/____/____
 Escolaridade: _____ Data de avaliação: ____/____/____
 Sexo: _____ Idade: _____

VISUOESPACIAL / EXECUTIVA		Copiar o cubo		Desenhar um RELÓGIO (onze horas e dez minutos) (3 pontos)		Pontos			
				[] [] [] Contorno Números Ponteiros		___/5			
NOMEAÇÃO									
						___/3			
MEMÓRIA		Leia a lista de palavras, o sujeito deve repeti-la, faça duas tentativas. Evocar após 5 minutos.		Rosto	Veludo	Igreja	Margarida	Vermelho	Sem Pontuação
		1ª tentativa							
		2ª tentativa							
ATENÇÃO		Leia a sequência de números (1 número por segundo).		O sujeito deve repetir a sequência em ordem direta [] 2 1 8 5 4 O sujeito deve repetir a sequência em ordem indireta [] 7 4 2		___/2			
		Leia a série de letras. O sujeito deve bater com a mão (na mesa) cada vez que ouvir a letra "A". Não se atribuem pontos se ≥ 2 erros.		[] F B A C M N A A J K L B A F A K D E A A A J A M O F A A B		___/1			
		Subtração de 7 começando pelo 100 [] 93 [] 86 [] 79 [] 72 [] 65		4 ou 5 subtrações corretas: 3 pontos; 2 ou 3 corretas 2 pontos; 1 correta 1 ponto; 0 corretas 0 ponto		___/3			
LINGUAGEM		Repetir: Eu somente sei que é João quem será ajudado hoje. []		O gato sempre se esconde embaixo do sofá quando o cachorro está na sala. []		___/2			
		Fluência verbal: dizer o maior número possível de palavras que comecem pela letra F (1 minuto). [] _____ (N ≥ 11 palavras)				___/1			
ABSTRAÇÃO		Semelhança p. ex. entre banana e laranja = fruta [] trem - bicicleta [] relógio - régua				___/2			
EVOCAÇÃO TARDIA		Deve recordar as palavras SEM PISTAS		Rosto	Veludo	Igreja	Margarida	Vermelho	Pontuação apenas para evocação SEM PISTAS
		Pista de categoria							
OPCIONAL		Pista de múltipla escolha							
ORIENTAÇÃO		[] Dia do mês [] Mês [] Ano [] Dia da semana [] Lugar [] Cidade				___/6			
		© Z. Nasreddine MD www.mocatest.org Versão experimental Brasileira: Ana Luisa Rosas Sarmiento Paulo Henrique Ferreira Bertolucci - José Roberto Wajman (UNIFESP-SP 2007)		TOTAL Adicionar 1 pt se ≤ 12 anos de escolaridade		___/30			

ANEXO D: Teste de Trilha A



ANEXO E: Teste de Trilha B



ANEXO F: Cálculo amostral

F tests – ANOVA: Repeated measures, within-between interaction

Analysis: A priori: Compute required sample size

Input:	Effect size $f(V)$	=	0.69
	α err prob	=	0.05
	Power ($1-\beta$ err prob)	=	0.80
	Number of groups	=	2
	Number of measurements	=	3
	Nonsphericity correction ϵ	=	1
Output:	Noncentrality parameter λ	=	10.4742000
	Critical F	=	3.2317270
	Numerator df	=	2.0000000
	Denominator df	=	40.0000000
	Total sample size	=	22
	Actual power	=	0.8032098