

**Ana Paula Port Lourenço**

**DIFERENÇAS NA CONECTIVIDADE CEREBRAL ENTRE IDOSOS  
PRATICANTES DE TAI CHI E HIDROGINÁSTICA:  
um estudo caso-controle**

Tese apresentada à Faculdade Israelita de  
Ciências da Saúde Albert Einstein para  
obtenção do Título de Doutora em Ciências  
da Saúde.

São Paulo

2024

**Ana Paula Port Lourenço**

**DIFERENÇAS NA CONECTIVIDADE CEREBRAL ENTRE IDOSOS  
PRATICANTES DE TAI CHI E HIDROGINÁSTICA:  
um estudo caso-controle**

Tese apresentada à Faculdade Israelita de  
Ciências da Saúde Albert Einstein para  
obtenção do Título de Doutora em Ciências  
da Saúde.

Orientadora: Profa. Dra. Elisa Harumi Kozasa  
Coorientadores: Prof. Dr. Raymundo  
Machado de Azevedo Neto e Prof. Dr. Danilo  
Forghieri Santaella

São Paulo

2024

Lourenço, Ana Paula Port

**Diferenças na conectividade cerebral entre idosos praticantes de Tai Chi e hidroginástica** : um estudo caso-controle / Ana Paula Port

Lourenço. -- São Paulo, 2024.

xiii, 43 f.

Tese (Doutorado) – Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein. Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde.

Título em inglês: *Differences in brain connectivity comparing Tai Chi and water aerobics older adult practitioners: a case-control study.*

1. Fenômenos fisiológicos do sistema nervoso. 2. Métodos terapêuticos complementares. 3. Psicofisiologia. 4. Longevidade.

**Elaborada pelo Sistema Einstein Integrado de Bibliotecas**

# **FACULDADE ISRAELITA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE ALBERT EINSTEIN**

Coordenador do curso de pós-graduação: Prof. Dr. Luciano Cesar Pontes de Azevedo

**Ana Paula Port Lourenço**

**DIFERENÇAS NA CONECTIVIDADE CEREBRAL ENTRE IDOSOS  
PRATICANTES DE TAI CHI E HIDROGINÁSTICA:  
um estudo caso-controle**

Presidente da banca: Profa. Dra. Elisa Harumi Kozasa

**BANCA EXAMINADORA**

Membros titulares:

Dra. Analia Leonora Arevalo

Profa. Dra. Daniela Martí Barros

Prof. Dr. Helder Kenji Tanaka

Membros suplentes:

Profa. Dra. Joselisa Péres Queiroz de Paiva

Dr. Rui Ferreira Afonso

Aprovada em: 16/05/2024.

## **Dedicatória**

### **Aquilo que você não vê**

Dedico meu trabalho à Fleuma Port Lourenço minha mãe que, em sua inteligência singular e seu olhar cheio de amor, acreditou nas minhas ideias e enxergou além do que eu podia ver, incentivou meu caminho desde o início, muito antes de eu saber como chegaria lá. Mesmo quando eu achava que o caminho estava torto demais, ela me deixou desenhar as curvas do meu jeito. E hoje entendo que este incentivo e respeito pelo “Jeito de cada um” é ingrediente essencial, que contorna meu trabalho terapêutico-educativo e orienta meu olhar para cada pessoa com quem encontro. Dedico também aos meus pacientes e alunos, dos quais a força que vejo cada dia me inspira, e cujas transformações reafirmam o desenho da minha trajetória. Desvendar, entender e aprender a usar as dinâmicas mente-corpo para regulação emocional me impulsionaram. Ensinar as pessoas como lidar com esta autorregulação consciente hoje é o eixo dos meus passos. Dedico meus passos à “Dança” que abriu meus sentidos para a percepção de uma instância maior, onde o movimento pode mostrar aquilo que nem sempre conseguimos ver.

Perceber que o movimento está na base de toda experiência, facilita compreender que a essência de cada indivíduo se expressa em movimento – ***Dancessência.***

## **Agradecimentos**

Ao Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein pelo forte e consistente contorno institucional.

Ao Reitor Prof. Dr. Nelson Wolosker; ao Prof. Dr. Luiz Vicente Rizzo, diretor de pesquisa, e ao Prof. Dr. Luciano Cesar Pontes de Azevedo, coordenador da Pós-Graduação em Ciências da Saúde do Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein por sustentarem a cabeça deste instituto com abertura e alcance de visão. Também a toda coordenadoria, como o corpo docente, auxiliares de pesquisa.

À Michele Alves Evangelista, coordenadora administrativa da Pós-Graduação *Stricto sensu* em Ciências da Saúde, e à Jaciele Conceição da Silva, analista de informações gerenciais do Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein, que, como se tivessem "braços de polvo equilibra mil bandejas" com carinho.

À Profa. Ângela Soci, diretora da Sociedade Brasileira de Tai Chi Chuan e Cultura Oriental (SBTCC), ao Prof. Jaime Kuk e ao grupo de Tai Chi do Mestre Wong de São Paulo, também ao Clube Paineiras e ao Prof. José Douglas Lima, e aos professores de educação física do SESC SP, todos pelo apoio com o recrutamento dos voluntários, e por sustentarem, cada um, sua prática com sabedoria, delicadeza maestria e qualidade. Assim como agradeço a todos os alunos de Tai Chi e Hidroginástica que se disponibilizaram carinhosamente para o estudo.

### **Agradecimentos (mais que) especiais**

Aos meus companheiros nesta jornada acadêmica - foi o rostinho de cada um de vocês que me ajudou a levantar a cabeça e continuar este estudo. Vocês são o que de mais precioso eu ganhei neste processo.

À Claudemir Santana, meu companheiro de vida, pelo suporte e presença incondicionais. Seus olhos de paciência e amor permitem me deixar despencar quando necessário, sem medo de cair.

Aos meus pacientes e alunos pela confiança que justifica o esforço acadêmico e alimentaram minha força em continuar aprofundando o conhecimento.

À Rubens Nascimento meu mentor na formação do olhar e presença como terapeuta.

Ao Dr. Antônio Hélio Guerra pelo encontro especial, por sua abertura, seu diálogo vivo, inteiro, pela confiança e entrega que trouxeram um respaldo e alcance únicos para meu trabalho clínico. Obrigada por ser meu parceiro nessa dança da saúde mental, que extrapola o universo acadêmico. Me orgulho poder “odiar” você para sempre!

Ao Plínio Cutait meu amigo de alma, da arte, e do olhar pela vida. Seu reconhecimento e abertura para meu trabalho são temperos especiais para mim, uma injeção no ânimo indispensável em muitos momentos. Você presente na minha vida aquece meu coração.

Ao Dr. Emilio Telesi pelo pioneirismo e força incomparáveis na implementação das Práticas Integrativas e Complementares. Te agradeço por poder guardar no meu coração seu olhar de reconhecimento e nossas conversas na USP “banhadas de picolé de limão”.

Ao Dr. Danilo Santaella, meu amigão, colega e coorientador parceirão, que conheceu todas as pedras desde o começo do caminho. E agora temos a missão de executar todas as comemorações que ensaiamos a cada pedra. Agora é que vai começar nosso trabalho!!

Ao meu amigo e mestre Artur José Marques Paulo, que de muito pertinho seguiu me coorientando com toda sua leveza e cuidado. Que novos desafios, que a música, a dança e muitos sorvetes com chocolate continuem em nosso caminho por muito tempo!

Ao Dr. Raymundo Netto com sua objetividade, bom humor inteligente e suas provocações indispensáveis na coorientação.

Ao Dr. João Radvány por compartilhar da compreensão ampliada a respeito do movimento.

Ao Dr. Shirley Silva Lacerda, por estar junto.

À minha amiga e orientadora, Profa. Dra. Elisa Harumi Kozasa que, em 2013, foi a primeira pessoa que entendeu de imediato a explicação sobre meu trabalho clínico com neurociência afetiva e autorregulação consciente, reconheceu a importância e abraçou minha intenção de levar esta ferramenta para a mão de mais pessoas. Aquele nosso primeiro café foi um momento ímpar para mim. E este doutorado é um passo importante nesta nossa aventura. Lá vamos nós!!!!

As minhas amigas Izilda Martins Cordeiro e Carmem Lemos, pelo apoio e presença incondicionais.



## Sumário

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Dedicatória .....                                                   | v   |
| Agradecimentos.....                                                 | vi  |
| Lista de figuras .....                                              | x   |
| Lista de tabelas .....                                              | xi  |
| Resumo .....                                                        | xii |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                                  | 1   |
| 1.1 Cérebro em envelhecimento.....                                  | 1   |
| 1.2 Redes neurais, cognição e envelhecimento cerebral .....         | 2   |
| 1.3 Corpo e cognição integrados.....                                | 4   |
| 1.4 Tai Chi .....                                                   | 4   |
| 1.5 Hidroginástica.....                                             | 6   |
| 1.6 Objetivos.....                                                  | 7   |
| 2 MÉTODOS .....                                                     | 8   |
| 2.1 Histórico do estudo.....                                        | 8   |
| 2.2 Desenho do estudo e aspectos éticos.....                        | 8   |
| 2.3 Características da amostra.....                                 | 8   |
| 2.4 Critérios de inclusão .....                                     | 10  |
| 2.5 Critérios de exclusão .....                                     | 10  |
| 2.6 Avaliação neuropsicológica .....                                | 11  |
| 2.7 Imagens por ressonância magnética funcional.....                | 14  |
| 2.7.1 Parâmetros de aquisição .....                                 | 14  |
| 2.7.2 Descrição das tarefas para avaliação funcional .....          | 15  |
| 2.7.3 Paradigma de memória <i>N-back task</i> .....                 | 15  |
| 2.7.4 Paradigma de atenção ( <i>Stroop Word – Color Task</i> )..... | 15  |
| 2.8 Análise de ativação das imagens .....                           | 16  |
| 2.9 Análise dos dados comportamentais .....                         | 17  |
| 2.10 Análise de conectividade funcional.....                        | 18  |
| 2.11 Regiões de interesse .....                                     | 18  |
| 2.12 Efeitos dos anos de prática .....                              | 19  |
| 3 RESULTADOS .....                                                  | 20  |
| 3.1 Resultados demográficos e neuropsicológicos.....                | 20  |
| 3.2 Efeitos dos anos de prática na conectividade cerebral.....      | 20  |

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3 Testes comportamentais realizados na fMRI.....                                                    | 21 |
| 3.4 Análise de ativação fMRI nas tarefas <i>N-back</i> e Stroop.....                                  | 23 |
| 3.5 Comparação da conectividade funcional entre os grupos para as tarefas <i>N-back</i> e Stroop..... | 25 |
| 3.5.1 Estado de repouso .....                                                                         | 25 |
| 3.5.2 Tarefa <i>N-back</i> : Tai Chi > Hidroginástica .....                                           | 25 |
| 3.5.3 Tarefa Stroop.....                                                                              | 25 |
| 3.5.3.1 Tarefa Stroop: Tai Chi > Hidroginástica.....                                                  | 25 |
| 3.5.3.2 Tarefa Stroop: Hidroginástica > Tai Chi.....                                                  | 26 |
| 3.6 Efeito dos anos de prática de Tai Chi na conectividade funcional .....                            | 28 |
| 4 DISCUSSÃO .....                                                                                     | 29 |
| 4.1 Limitações .....                                                                                  | 34 |
| 5 CONCLUSÕES .....                                                                                    | 36 |
| 6 REFERÊNCIAS                                                                                         |    |
| Abstract                                                                                              |    |

## Lista de figuras

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Fluxograma do estudo .....                                    | 11 |
| <b>Figura 2.</b> Tarefa <i>0-back</i> .....                                    | 15 |
| <b>Figura 3.</b> Tarefa <i>2-back</i> .....                                    | 15 |
| <b>Figura 4.</b> Tarefa Stroop.....                                            | 16 |
| <b>Figura 5.</b> Distribuição dos anos de prática em voluntários Tai Chi ..... | 21 |

## Lista de tabelas

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1.</b> Resultados demográficos comparando praticantes de Tai Chi e hidroginástica .....        | 20 |
| <b>Tabela 2.</b> Resultados comportamentais descritivos para tarefa <i>N-back</i> .....                  | 21 |
| <b>Tabela 3.</b> Resultados <i>post hoc</i> para tarefa <i>N-back</i> na comparação entre estímulos .... | 22 |
| <b>Tabela 4.</b> Resultados comportamentais para tarefa Stroop .....                                     | 22 |
| <b>Tabela 5.</b> Resultados <i>post hoc</i> para tarefa Stroop na comparação entre estímulo.....         | 22 |
| <b>Tabela 6.</b> Resultados da ativação da tarefa <i>N-back</i> .....                                    | 23 |
| <b>Tabela 7.</b> Resultados da ativação da tarefa Stroop .....                                           | 24 |

## Resumo

**Introdução:** O cérebro em envelhecimento sofre alterações estruturais e funcionais associadas ao declínio cognitivo, inclusive na conectividade funcional das principais redes cerebrais. Ao mesmo tempo, sabemos que atividades físicas e práticas mente-corpo são fundamentais na preservação da saúde estrutural e funcional do cérebro. Se comparadas com atividades físicas dinâmicas, as práticas mente-corpo como o Tai Chi, ainda incluem treinos interoceptivos, atencional e de controle de movimento que potencialmente poderiam contribuir para um envelhecimento mais saudável. No entanto, pouco se sabe sobre os mecanismos neurais que diferenciam os efeitos destas práticas no cérebro. Além disso, a maioria dos estudos avaliam as práticas mente-corpo relacionadas com alguma patologia, transtorno físico ou psíquico. Pouco se sabe sobre as diferenças que práticas mente-corpo e práticas físicas (não mente-corpo) podem ter na conectividade cerebral, em adultos com mais de 60 anos, sem doenças pré-existentes. Compreender essas diferenças fornecerá informações valiosas sobre a neurobiologia que envolve os benefícios que tanto as práticas mente-corpo, como o que as atividades físicas aeróbicas têm na promoção da saúde do cérebro e na função cognitiva em populações em envelhecimento. O Tai Chi ganhou popularidade entre os adultos mais velhos, devido aos seus benefícios para o envelhecimento saudável. Assim como o Tai Chi, a Hidroginástica é uma atividade física aeróbica muito praticada por essa população, que envolve um treino com esforço físico, mas diferente do Tai Chi, a Hidroginástica tem foco atencional externalizado e com movimentos repetitivos. Tais características, tornam a hidroginástica um bom controle ativo para o Tai Chi. **Objetivos:** Investigar as diferenças na atividade e conectividade cerebral funcional em adultos com idade maior que 60 anos, envolvidos em um treinamento mente-corpo (Tai Chi), comparados com adultos de mesma idade, com treinamento físico (Hidroginástica), durante a execução de tarefas cognitivas de memória e atenção. Avaliar a relação entre os anos de prática do Tai Chi e a conectividade funcional durante essas tarefas cognitivas. **Métodos:** Conduzimos um estudo de imagem por ressonância magnética funcional caso-controle transversal envolvendo dois grupos de pessoas com mais de 60 anos de idade, sem doença pré-existente, pareados com base em sexo, idade, escolaridade e tempo da prática (n=16 por grupo) durante tarefas de memória (*N-back*) e atenção (Stroop) e estado de repouso. A análise *seed-to-voxel* foi realizada utilizando estruturas das redes de saliência e frontoparietal como *seed*. O efeito dos anos de prática de Tai Chi na conectividade cerebral funcional foi investigado utilizando os anos de prática como regressor no modelo linear geral. **Resultados:** Utilizando estruturas da rede de saliência como *seed*, na condição de estado

de repouso, na comparação entre grupo, o Grupo Tai Chi teve correlação significativamente maior entre o córtex cingulado anterior e o córtex insular; na tarefa *N-back*, o Grupo Tai Chi, teve correlação significativamente aumentada entre o giro supramarginal esquerdo e várias regiões cerebelares; durante a tarefa Stroop, o Grupo Tai Chi teve maior correlação entre o córtex pré-frontal rostral esquerdo e o pólo occipital direito e o córtex occipital lateral direito (divisões anterior e superior). Utilizando estruturas da rede frontoparietal como *seed*, não houve resultado significativo no estado de repouso, ou durante a tarefa *N-back*; na tarefa Stroop, o Grupo Hidroginástica exibiu uma correlação maior entre o lobo parietal posterior esquerdo e diferentes regiões cerebelares comparado ao Grupo Tai Chi. Não houve associação significativa entre os anos de prática e mudanças na conectividade cerebral nas redes avaliadas. **Conclusões:** Nosso estudo fornece evidências de diferenças na conectividade funcional em idosos treinados em uma prática mente-corpo (Tai Chi), em comparação com idosos treinados em uma atividade física aeróbica não mente-corpo (Hidroginástica). No estado de repouso, grupo Tai Chi apresentou maior conectividade cerebral entre regiões relacionadas à consciência interoceptiva, ao controle cognitivo e à organização motora de aspectos subjetivos da experiência. Durante as tarefas de atenção, os praticantes de Tai Chi mostraram maior conectividade cerebral em áreas relacionadas à memória, à atenção, ao processamento cognitivo, ao controle sensorio-motor e à flexibilidade cognitiva, também apresentaram maior conectividade cerebral entre regiões relacionadas à integração de informações visuais e à sensibilidade interoceptiva. E o grupo de Hidroginástica apresentou maior conectividade entre áreas relacionadas ao espelhamento, à percepção generalizada e exterocepção. O desenho experimental transversal do estudo não permite formular relações de causalidade entre as intervenções e os desfechos, impossibilitando afirmar se há superioridade entre as intervenções. Ao mesmo tempo, nossos resultados evidenciam diferenças nos mecanismos neurais decorrentes do treinamento de uma prática mente-corpo (Tai Chi) e uma prática de exercício físico (Hidroginástica), na conectividade funcional cerebral de idosos sem doenças pré-existentes.

**Descritores:** Fenômenos fisiológicos do sistema nervoso; Métodos terapêuticos complementares; Psicofisiologia; Longevidade

# 1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento da população mundial traz uma série de desafios, em especial nos países de baixa e média renda. O ritmo de envelhecimento da população está acelerando: em 2020, o número de pessoas com 60 anos ou mais superou o número de crianças com menos de 5 anos. E entre 2015 e 2050, a proporção da população mundial com mais de 60 anos será quase o dobro, passando de 12 para 22%. A expectativa é que este envelhecimento da população acarrete um aumento de pessoas com declínio cognitivo, que ocorra o aumento das incidências de doenças neurodegenerativas, de doenças crônicas e de outras doenças ligadas ao envelhecimento, o que implicará em aumento nos gastos com saúde, e assim, maior carga financeira para os indivíduos e para a sociedade.<sup>(1)</sup>

Ao mesmo tempo, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) os adultos com mais de 65 anos de idade são a população que mais contribui com impostos e com o mercado de consumo, tanto em países mais desenvolvidos, como em países com menor índice econômico.<sup>(2)</sup> E embora o declínio cognitivo seja considerado uma consequência normal do envelhecimento, ele é um fator que pode ser atenuado.<sup>(3)</sup>

## 1.1 Cérebro em envelhecimento

Dentre os vários órgãos que constituem o corpo humano, o cérebro se mostra especialmente sensível aos efeitos do envelhecimento. Notam-se alterações na estrutura e na função cognitiva. As técnicas de neuroimagem, como a ressonância magnética, tornaram possível monitorar essas alterações no indivíduo vivo. Dentre as alterações mais comumente associadas ao envelhecimento destacam-se atrofia cerebral, redução na integridade e volume da substância branca e conectividade funcional anormal. Quando muito evidentes, estas alterações podem ser consideradas um sinal de envelhecimento acelerado ou de um processo de doença subjacente. Embora as pesquisas em neuroimagem tenham avançado, devemos considerar que há uma grande diversidade das trajetórias individuais de envelhecimento,<sup>(4)</sup> e algumas evidências sugerem que a preservação cognitiva no envelhecimento é possível e pode ser desenvolvida. Como mostram alguns estudos da ciência do envelhecimento, muitas

vezes a linguagem e os conhecimentos gerais são preservados e podem até melhorar com a idade.<sup>(5,6)</sup> Também após os 60 anos, alguns idosos apresentam declínio cognitivo considerável, mas outros se mantêm extremamente funcionais no processamento cognitivo até os 80 anos, e alguns com igual ou até melhor desempenho cognitivo do que adultos jovens.<sup>(1)</sup>

Um mecanismo usado para explicar esta preservação, ou melhor desempenho cognitivo no envelhecimento cerebral é proposto pela teoria da reserva cognitiva.<sup>(7)</sup> Esta teoria postula que a arquitetura funcional do cérebro (a organização das redes neurais) pode dar suporte para o bom desempenho cognitivo em adultos mais velhos, mesmo na presença de danos ou outras alterações relacionadas ao envelhecimento. Os paradigmas mais atuais na literatura apontam que abordagens baseadas em redes podem ser uma ferramenta apropriada para compreender as implicações da degeneração cognitiva no cérebro.<sup>(8)</sup> As redes cerebrais, assim como a conectividade funcional são uma forma de investigar disfunções ou declínios tanto cognitivos como afetivos, mentais e neurológicos,<sup>(9)</sup> bem como para explorar a organização cerebral saudável.<sup>(10)</sup> O estudo das redes cerebrais e da conectividade funcional podem trazer importantes informações para entender o cérebro em envelhecimento.

## **1.2 Redes neurais, cognição e envelhecimento cerebral**

As redes neurais funcionais surgiram do acoplamento das atividades em regiões dispersas no cérebro, organizados ao longo do tempo. Essas redes são caracterizadas pela interdependência funcional das áreas cerebrais dentro de suas estruturas.<sup>(9)</sup>

Estudos detectam três redes neuro-cognitivas centrais, relacionadas com a sustentação e a eficiência cognitivas: a rede de modo padrão (DMN), a rede frontoparietal (FN) e a rede de saliência (SN – *salience network* ).<sup>(11)</sup> As redes DMN, FN e SN são frequentemente chamadas redes canônicas pois a interação entre elas faz parte de quase todas as funções cognitivas.<sup>(12,13)</sup> A rede frontoparietal (ou rede executiva) é essencial para nossa capacidade de coordenar o comportamento de maneira rápida, precisa e flexível, orientada por objetivos, tem um foco externalizado, direcionado ao entorno e as demandas impostas por ele. A rede frontoparietal é crucial também no



controle inibitório e funciona como um *hub*, uma central cognitiva, usando informação de outras redes, dando suporte a processos cognitivos de ordem maior, como em tarefas de atenção e memória de trabalho,<sup>(13,14)</sup> tomada de decisão e resolução de problemas com regras pré-estabelecidas.<sup>(15)</sup> A rede frontoparietal conecta o córtex parietal posterior lateral e o córtex pré-frontal dorsolateral.<sup>(14)</sup> Já a ativação da rede de modo padrão está mais associada ao estado de repouso e a processos autorreferenciais, tem um foco internalizado, ligado a processos autobiográficos e voltado as demandas internas do organismo. Seus principais núdulos são o córtex cingulado posterior, o precuneus e o córtex pré-frontal ventromedial.<sup>(16,17)</sup> A rede de saliência é formada pelo córtex cingulado anterior dorsal e o córtex insular anterior. É uma rede ligada a habilidades de detecção e discriminação de estímulos, detecção de perigo e elaboração da ação. A rede de saliência integra e interpreta as informações internas e externas.<sup>(13)</sup>

Uma cognição eficiente se relaciona com uma interação saudável entre estas três redes. Em indivíduos saudáveis ocorre um aumento na ativação das redes frontoparietal e de saliência, durante atividades cognitivas que requerem atenção a estímulos externos,<sup>(18)</sup> enquanto a rede de modo padrão fica suprimida.<sup>(11,19)</sup> Em processos que envolvem atenção interna ao corpo, a rede de modo padrão intensifica sua ativação.<sup>(16,17)</sup> Acredita-se que a rede de saliência é responsável pelo filtro entre estímulos interno e externo, para manter o comportamento focado a um objetivo,<sup>(17)</sup> e que ela funcione como mediadora da ativação, uma espécie de “interruptor” entre as redes de modo padrão e frontoparietal.<sup>(13,17,20)</sup> Estes padrões de moderação rede de saliência são vistos tanto em tarefas cognitivas como no estado de repouso.<sup>(20)</sup> No envelhecimento, o cérebro apresenta alterações estruturais e funcionais, associadas ao declínio cognitivo, e estas alterações se relacionam a rupturas na conectividade funcional nestas 3 redes corticais centrais.<sup>(21)</sup>

A conectividade funcional é definida como a “coincidência temporal de eventos neurofisiológicos entre áreas cerebrais espacialmente distantes”,<sup>(22)</sup> e pode ser usada para identificar alterações relacionadas com o envelhecimento.<sup>(23,24)</sup> Há evidência de que os padrões de conectividade nas redes de saliência, frontoparietal e rede de modo padrão podem ser usados para distinguir um envelhecimento saudável ou adoecido do cérebro.<sup>(24,25)</sup>

### 1.3 Corpo e cognição integrados

Sabemos que o treino cognitivo e o exercício físico são fatores que favorecem a reserva cognitiva, estimulam a compensação neuronal, a estabilidade, ou reconexão de redes cerebrais,<sup>(8,26,27)</sup> e podem prevenir, retardar, tratar ou até mesmo reverter o declínio cognitivo ou uma doença.<sup>(28,29)</sup> Junto a isto, a interocepção (percepção e registro dos estados internos do corpo) é um processo com alto grau de conectividade no cérebro, e que parece ser chave na dinâmica entre as redes de modo padrão, de saliência e frontoparietal.<sup>(30)</sup> Estudos apontam que treinos que combinam fisicalidade, cognição e interocepção, são eficientes na prevenção e tratamento de fatores ligados ao envelhecimento.<sup>(31–33)</sup> Exemplos deste tipo de treino combinado são as práticas contemplativas que envolvem movimento, como o Tai Chi, a Yoga, Qi Gong, outras lutas marciais, e as práticas de educação somática. Um grande bloco de evidências mostra a eficiência das práticas contemplativas que envolvem movimento para o desenvolvimento de habilidades tanto interoceptivas, como habilidades físicas, cognitivas e também emocionais.<sup>(34–39)</sup> Estas práticas são consideradas meditação em movimento e combinam controle sensoriomotor, com consciência do movimento e interocepção.<sup>(40–42)</sup> O Tai Chi se destaca dentre estas práticas devido ao considerável corpo de evidências que ressaltam seus benefícios.

### 1.4 Tai Chi

O Tai Chi é um conhecido treino mente-corpo e com uma extensa lista de benefícios para saúde. O Tai Chi é uma prática milenar, criada na China como arte marcial, que implica a execução de complexas sequências de movimentos coreografados, memorizadas previamente que são executadas de forma gentil, lenta, com ritmos específicos, sincronizados com a respiração, com regulação da atenção e consciência.<sup>(41,43,44)</sup> Um grande grupo de evidências aponta a contribuição da prática de Tai Chi com o cuidado com a saúde em longo prazo. Estudos mostram benefícios da prática de Tai Chi para a prevenção da queda em idosos,<sup>(43,44)</sup> mesmo quando comparado com exercício multimodal.<sup>(45)</sup> Além disso, demonstram benefícios para o equilíbrio e a flexibilidade em idosos,<sup>(43)</sup> assim como no manejo da ansiedade, depressão, qualidade de vida<sup>(46)</sup> e dor crônica.<sup>(47)</sup> Em um estudo de imagem por

ressonância magnética, Wei et al. analisaram, no estado de repouso, a arquitetura intrínseca do cérebro de idosos praticantes experientes de Tai Chi, comparados com controles saudáveis, que nunca fizeram esta atividade. O estudo correlacionou o tempo de prática de Tai Chi com o aprimoramento da integração funcional em áreas somatossensoriais e motoras, com a especialização funcional otimizada (diminuição da homogeneidade) em áreas de atenção e controle, também com melhor desempenho comportamental em redes de atenção. Estes achados sugerem que o Tai Chi otimiza a organização da arquitetura intrínseca do cérebro humano, e trazem evidências sobre os benefícios do Tai Chi na cognição, para o comportamento e para saúde da população idosa.<sup>(48)</sup> Outro estudo transversal, que avaliou o tempo de resposta e acurácia nas tarefas de *N-back*, mostrou que idosos praticantes de Tai Chi, há mais de 5 anos, apresentam melhor cognição e memória de trabalho.<sup>(49)</sup> Um estudo usando uma técnica de imagem que investiga a resposta hemodinâmica cortical (fNIRS – *functional near-infrared spectroscopy*) mostrou que mulheres idosas, com treino de 8 semanas de Tai Chi, apresentam melhor controle inibitório.<sup>(50)</sup> Além disso, uma revisão sistemática e meta-análise mostrou que o Tai Chi está relacionado com melhor função cognitiva, particularmente no domínio do funcionamento executivo, em testes neuropsicológicos.<sup>(51)</sup> O Tai chi também pode melhorar a função cognitiva em estudantes universitários, adultos de meia-idade e em idosos com déficit cognitivo.<sup>(52)</sup> Outro estudo demonstrou melhora dos sintomas depressivos em pacientes com doenças cardíacas crônicas.<sup>(41)</sup> Além disso, os achados de Zhang et al. sugerem que o exercício de Tai Chi, durante de 12 semanas, melhorou o controle inibitório, o planejamento e os aspectos da memória de trabalho, das funções executivas, e, também a aptidão física em adultos de meia-idade com depressão.<sup>(53)</sup> Outra revisão sistemática e meta-análise, além de reforçar os benefícios de prevenção e preservação cognitiva do Tai Chi, o apontam como uma prática de reabilitação cognitiva, em pacientes idosos com déficit cognitivo leve.<sup>(54)</sup> Outro estudo de imagem por ressonância magnética funcional, no estado de repouso, avaliou a topologia das redes funcionais do cérebro, e mostrou que 8 semanas da prática do Tai Chi também foram capazes de remodelar redes funcionais do cérebro, promovendo especialização funcional de redes ligadas à maior flexibilidade cognitiva.<sup>(55)</sup> Além disso, o treino de interocepção, característico do Tai Chi e de outras práticas mente-corpo tem sido particularmente apontado como um diferencial no tratamento da saúde mental, dos transtornos psiquiátricos, de desordens afetivas e cognitivas.<sup>(56–60)</sup> O Tai Chi, além de ser popular entre os idosos e dos benefícios relacionadas à sua prática, também é

oferecido dentro da Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares do SUS, o que facilita o acesso do público a esta prática.

Apesar de haver um considerável corpo de evidências acerca dos seus benefícios, os substratos neurais associados a práticas mente-corpo, ainda precisam ser mais explorados.<sup>(61)</sup>

## 1.5 Hidroginástica

A hidroginástica é uma atividade aeróbica não mente-corpo, realizada na água, eficiente na manutenção do peso corporal normal, o que evita lesões musculares e articulares.<sup>(62)</sup> O exercício realizado na água é útil como terapia para pessoas com lesões físicas, uma vez que minimiza os efeitos da gravidade.<sup>(63)</sup> Além disso, essa prática também se mostrou eficiente no tratamento de pacientes com acidente vascular encefálico hemorrágico.<sup>(64)</sup> Uma revisão sistemática aponta alguns benefícios do exercício aeróbio na água para pacientes com fibromialgia.<sup>(65)</sup> Outros estudos mostraram que o exercício na água reduziu a ansiedade e depressão, aumentou a autonomia funcional e diminuiu o *stress* oxidativo, em idosos com depressão.<sup>(66)</sup>

Além de oferecer benefícios para a saúde e ser uma atividade física comumente praticada por idosos, a hidroginástica foi escolhida como controle ativo, para ser comparada com o Tai Chi por não ser uma atividade mente-corpo, uma vez que o treino interoceptivo e atencional não são característicos dessa atividade. Diferentemente do Tai Chi, a hidroginástica é feita com movimentos repetitivos e não é necessário exercer um controle motor fino. A atenção é externalizada, sendo voltada ao professor, ao contrário do Tai Chi em que a atenção é predominantemente internalizada.

Conhecemos as implicações, tanto sociais como financeiras, relacionadas ao cultivo da saúde ao longo da vida. Uma vez que mais pessoas estão chegando a idades avançadas, uma transformação no sistema de saúde, focada no envelhecimento saudável é de extrema importância, e o desenvolvimento de práticas que mantêm funcionais as habilidades físicas e cognitivas desta população são fundamentais e urgentes. Ao mesmo tempo, um corpo extenso de evidências aponta os benefícios que as atividades físicas não mente-corpo (como Hidroginástica) e as atividades físicas mente-corpo (como o Tai Chi) trazem para a população em envelhecimento. No entanto pouco se sabe sobre as possíveis diferenças

neurobiológicas, na conectividade cerebral entre estas práticas. E também os atuais estudos mostram que o treino interoceptivo, intrínseco a práticas mente-corpo, é fundamental para saúde mental. De forma que investigar os mecanismos neurais referentes a estas práticas é importante não apenas para a implementação de estratégias voltadas ao envelhecimento saudável, mas pode também ser valioso para a psicologia e a psiquiatria.<sup>(58)</sup>

Nossa hipótese é que o Grupo Tai Chi irá apresentar melhor desempenho nas tarefas de atenção e memória, assim como apresentará diferenças na atividade, e na conectividade entre áreas cerebrais relacionadas com o treino de movimento consciente, de cognição e de interocepção. Durante o processo do estudo entendemos que investigar uma possível correlação entre os anos de prática do tai chi com a conectividade cerebral poderia enriquecer a pesquisa. Assim, já numa fase final, integramos esta análise ao nosso estudo.

## **1.6 Objetivos**

1. Investigar possíveis diferenças na atividade e na conectividade funcional durante tarefas cognitivas, comparando adultos com mais de 60 anos praticantes de Tai Chi com adultos da mesma idade praticantes de hidroginástica;

2. Avaliar a relação entre os anos de prática do Tai Chi e a conectividade funcional, durante as mesmas tarefas cognitivas.

## 2 MÉTODOS

### 2.1 Histórico do estudo

Em uma etapa anterior deste projeto (2014 - 2016), que foi apresentada como defesa de mestrado dentro do Instituto de Ensino e Pesquisa do Hospital Israelita Albert Einstein, tivemos o mesmo protocolo de aquisição do atual estudo, porém com metade da amostra, e diferente do atual, analisamos apenas a ativação cerebral. Vimos diferenças em áreas relacionadas com autoconsciência, além de maior eficiência em áreas de atenção e memória no Grupo Tai Chi. O estudo foi publicado na revista *Explorer*.<sup>(34)</sup> Com os resultados desta primeira etapa, demos continuidade à investigação, porém com outra análise, avaliando a conectividade cerebral entre os grupos Tai Chi e Hidroginástica, e com o dobro de pessoas na amostra. Aumentamos a amostra de 16 para 32 voluntários.

### 2.2 Desenho do estudo e aspectos éticos

Este estudo (Nº projeto SGPP: 2142-14 01/10/2014) foi conduzido no Instituto do Cérebro (InCE) do Hospital Israelita Albert Einstein, em São Paulo, Brasil, e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 38602714.7.0000.0071). Realizamos um estudo observacional transversal caso-controle, onde o fator exposição se define pela exposição a uma atividade mente-corpo ou não. Tivemos 32 participantes, sendo 16 praticantes de Tai Chi e 16 praticantes de hidroginástica, pareados por gênero, idade, escolaridade e tempo de prática (Figura 1).

### 2.3 Características da amostra

Uma vez que o objetivo foi verificar diferenças entre uma prática mente-corpo e uma atividade física era importante ter grupos o mais similares possível. Os voluntários foram contatados pessoalmente pela pesquisadora. Eram alunos nos grupos da Sociedade Brasileira de Tai Chi Chuan e Cultura Oriental (<https://sbtcc.org.br>), do grupo de Tai Chi do Mestre Wong (<http://taichiwong.com.br>), das unidades do SESC

SP (<https://www.sescsp.org.br>), e clubes particulares da cidade de São Paulo. A pesquisadora teve contato direto com cada professor, tanto de Tai Chi como de hidroginástica. Um desafio foi isolar a atividade mente-corpo e o treino físico. Houve uma atenção e cuidados especiais para que os praticantes de Tai Chi selecionados não praticassem outra técnica mente-corpo (por exemplo: yoga, estilos de meditação, ou caratê, ou Qigong), assim como para que os voluntários praticantes de hidroginástica também não praticassem nenhuma destas outras técnicas mente-corpo. Cuidamos também para que os voluntários não fossem obesos. Os voluntários praticavam regularmente uma das duas atividades, há pelo menos 3 anos, ao menos uma hora, duas vezes por semana. Baseados em estudos anteriores, que indicam que um período de 8 a 12 semanas de prática de Tai Chi são suficientes para promover alterações nos processos cognitivos, nas redes funcionais e na conectividade cerebral,<sup>(53,55)</sup> e com o objetivo de investigar padrões de conectividade bem estabelecidos, determinamos o “mínimo de 3 anos de tempo de prática” como fator de inclusão. Ainda assim, os voluntários foram pareados de acordo com os anos de prática individuais. O caráter rigoroso e características refinadas de seleção impactaram o tamanho da amostra e o tempo de duração do recrutamento, mas possibilitaram um pareamento controlado, com uma amostra diferenciada, com adultos mais velhos sem doenças pré-existentes relatadas, com treino físico, especializados em cada uma das atividades. O recrutamento e a coleta tiveram início em 2013 e foram finalizados em 2018.

Após a primeira seleção, os voluntários passaram por entrevista com as enfermeiras da pesquisa, para verificar a presença de qualquer critério de exclusão, fizeram uma bateria de 12 testes neuropsicológicos para averiguar implicações cognitivas ou emocionais, também verificar o quanto os grupos eram similares em seu pareamento. Depois de um intervalo de 15 minutos, onde era oferecido um lanche (controlado) os participantes seguiam para avaliação na ressonância magnética funcional (RMf). Cada participante teve todas as suas avaliações (neuropsicológicas e RMf) realizadas num mesmo dia, na mesma sequência de testes. A permanência de cada voluntário dentro da instituição, para coleta foi em média de duas horas e meia. Foram contatados 57 voluntários, 44 participaram da pesquisa e 32 preencheram os critérios para pareamento (Figura 1).

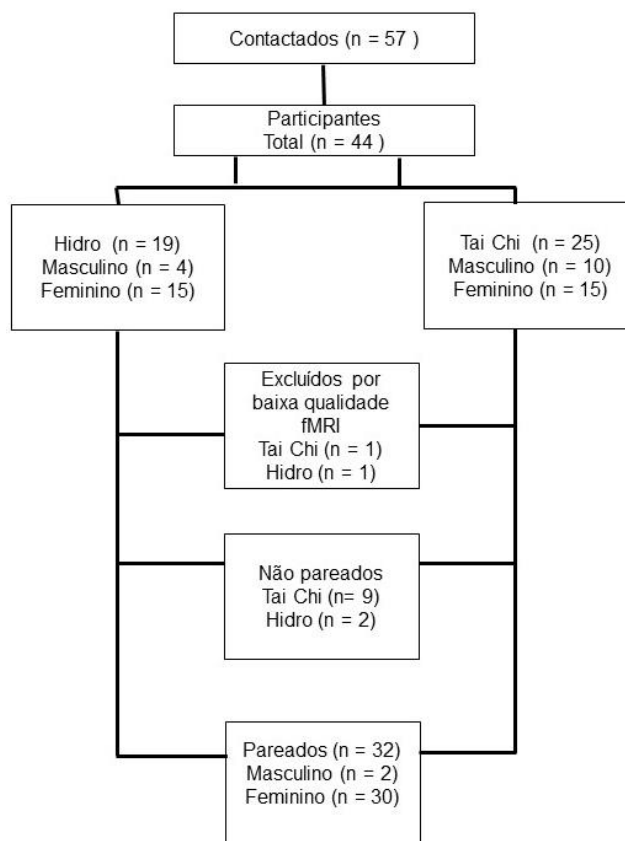
## 2.4 Critérios de inclusão

- Voluntários que concordaram em participar, tomaram ciência e aderiram ao estudo por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE);
- Gêneros feminino ou masculino, com idade maior que 60 anos;
- Não obesos – índice de massa corporal (IMC)  $<30$ ;
- Capazes de andar descalços;
- Praticar Tai Chi ou hidroginástica regularmente uma das duas atividades, há pelo menos 3 anos, ao menos uma hora, duas vezes por semana;
- Não praticar outra atividade mente-corpo;
- Não daltônicos;
- Destros.

## 2.5 Critérios de exclusão

- Apresentar doenças/alterações do sistema vestibular;
- Apresentar doenças crônicas não controladas como diabetes ou hipertensão;
- Apresentar condições neurológicas alteradas que cursem com espasticidade ou movimentação involuntária;
- Apresentar condição neurológica ou psiquiátrica que implique em impedimento da comunicação adequada dos objetivos do estudo ou da execução dos exercícios;
- Utilizar medicação benzodiazepínica ou analgésica em doses que interfiram com a manutenção da atenção;
- Realização de cirurgias ortopédicas e/ou aplicação de toxina botulínica nos últimos 6 meses;
- Preenchimento de qualquer critério de contraindicação ao exame de ressonância magnética (como uso de marca-passo cardíaco ou implantes cocleares);
- Presença de artefatos de dentista ou presença de tremor ou distonia no segmento cefálico.





**Figura 1.** Fluxograma do estudo

## 2.6 Avaliação neuropsicológica

A avaliação neuropsicológica foi elaborada para avaliar as habilidades de memória, atenção, funções executivas, aprendizagem, habilidades de evocação e eficiência psicomotora, por meio dos testes:

- **Teste de alcance de dígitos (*Digit span*):**<sup>(67)</sup> esta tarefa é composta de duas partes. Na primeira o sujeito é requerido a repetir uma sequência de números na mesma ordem que for apresentada e na segunda ele é requerido a repetir os números na ordem inversa à apresentada. O score final é o número de sequências corretamente repetidas;

- **Teste de códigos (*Digit symbol*):**<sup>(67)</sup> consiste em uma lista de dígitos e de pares de dígitos e símbolos. Abaixo de cada dígito o sujeito deve escrever o mais rápido possível o símbolo correspondente num tempo limite de 120 segundos. O máximo de acertos possível é 133;

- **Teste das trilhas parte A e B:**<sup>(68)</sup> a tarefa consiste na conexão de 25 números (parte A) ou números e letras (parte B) em ordem crescente alternada, por

meio de uma linha feita com lápis. O examinador marca o número de erros cometidos pelo examinando e o tempo gasto na realização de cada tarefa;

- **Teste de Interferência de Stroop:**<sup>(68)</sup> esta tarefa é utilizada para mensurar a atenção seletiva e a flexibilidade cognitiva conforme as mudanças de demandas e supressão (inibição) de respostas habituais em favor de respostas não usuais. O sujeito deve nomear, o mais rápido possível, as cores de quatro retângulos impressos em verde, azul, preto e vermelho. O examinador marca o número de erros cometidos e o tempo gasto na execução de cada tarefa;

- **Teste de aprendizagem auditivo-verbal de Rey (RAVLT):**<sup>(69)</sup> é uma medida de lápis e papel que tem o objetivo de avaliar aspectos da memória verbal para informações pouco estruturadas (listas de palavras). Ao examinando é solicitado prestar atenção enquanto uma lista de 15 substantivos concretos não relacionados é apresentada (lista A). Após a apresentação da lista A, o examinado deve dizer quais palavras ele consegue lembrar. Este procedimento é repetido outras quatro vezes, em seguida uma lista B é apresentada e recordada pelo paciente. Então, o examinador requer que a pessoa recorde a primeira lista apresentada - lista A e, aproximadamente 25 minutos depois, mais uma recordação da lista A é solicitada. O avaliador mostra para o sujeito uma folha contendo 50 palavras, dentre as quais o sujeito deve indicar as palavras referentes à lista A e depois as palavras da lista B. O aplicador anota, em formulário próprio, as respostas dadas pelo sujeito em cada etapa e a pontuação é o número de palavras recordadas após cada apresentação. O tempo de aplicação médio estimado para a primeira parte (apresentação das listas A e B e recordação imediata da lista A) é de 10 a 15 minutos e para a segunda parte (recordação tardia) é de aproximadamente 10 minutos. O RAVLT fornece 10 escores básicos, quais sejam: A1 = número de palavras evocadas na 1ª tentativa; A2 = número de palavras evocadas na 2ª tentativa; A3 = número de palavras evocadas na 3ª tentativa; A4 = número de palavras evocadas na 4ª tentativa; A5 = número de palavras evocadas na 5ª tentativa; total A = soma dos escores das tentativas A1 a A5; B = número de palavras evocadas da lista de interferência; A6 = número de palavras evocadas após a lista de interferência B; A7 = número de palavras evocadas após 25 minutos; A = número de palavras reconhecidas da lista A; B = número de palavras reconhecidas da lista B;

- **Fluência verbal F.A.S. (COWA):**<sup>(68)</sup> mede a habilidade de evocação de palavras restritas a categorias específicas. É solicitado ao examinando evocar o maior número de palavras para cada uma das letras (F.A.S.) dentro de um tempo determinado

e respeitando regras. Ao final, obtemos escores para cada uma das letras e um escore geral que é o número de palavras evocadas para as três letras;

- **Minixame do estado mental (MEEM):**<sup>(70)</sup> apresenta questões tipicamente agrupadas em sete categorias. Cada categoria tem o objetivo de avaliar funções cognitivas específicas: orientação de tempo (cinco pontos), orientação de local (cinco pontos), registro de três palavras (três pontos), atenção e cálculo (cinco pontos), lembrança das três palavras (três pontos), linguagem (oito pontos), e capacidade de construção visual (um ponto). O escore do MEEM pode variar de zero até um total de 30 pontos;

- **Questionário abreviado sobre qualidade de vida *World Health Organization Quality of Life (WHOQOL-BREF)*:**<sup>(71)</sup> o questionário sobre qualidade de vida *World Health Organization Quality of Life (WHOQOL)* parte dos pressupostos de que qualidade de vida é um construto subjetivo multidimensional e composto por dimensões positivas e negativas, e tem na sua versão WHOQOL–BREF 26 questões compostas pelos domínios: físico, psicológico, relações sociais e meio ambiente;

- **Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI):**<sup>(72)</sup> esta escala avalia a qualidade do sono, nos últimos 30 dias, por meio de questões objetivas, relacionadas ao horário do sono, despertares durante a noite e estado durante o dia;

- **Questionário de autorrelato (SRQ-20 – *Self-Reporting Questionnaire*):**<sup>(73)</sup> é um instrumento autoaplicável, contendo uma escala dicotômica (sim/não) para cada questão, que aborda sintomas emocionais e físicos associados a quadros psiquiátricos. O ponto de corte definido para classificação de transtornos mentais comuns é de 8 ou mais respostas positivas e os sintomas são agrupados em quatro categorias: humor depressivo/ansioso, sintomas somáticos, decréscimo de energia vital e pensamentos depressivos. O SRQ-20 tem a finalidade de detectar sintomas, ou seja, sugere nível de suspeição (presença/ausência) de algum transtorno mental, mas não discrimina um diagnóstico específico, sendo assim um instrumento de rastreio dos sintomas, bastante útil para uma primeira classificação de possíveis casos e não casos em estudos populacionais;

- **Inventários de depressão de Beck (BDI):**<sup>(74)</sup> é constituído de 21 afirmações descritivas de sintomas de depressão. As questões estão associadas a situações ou sintomas, subentendendo graus crescentes de manifestação e são respondidas em uma escala de quatro intervalos (com uma pontuação entre 0 a 3);

• **Inventário de ansiedade de Beck (BAI):**<sup>(75)</sup> o teste é composto de um manual e folhas de resposta. O BAI é composto de 21 questões em que o sujeito categoriza o quanto é afetado por sintomas comuns de ansiedade em uma escala de absolutamente a gravemente.

## 2.7 Imagens por ressonância magnética funcional

Todos os exames de imagens por ressonância magnética funcional (fMRI) foram realizados em equipamento de 3.0T “Discovery MR750w GE Healthcare®”, com o uso de uma bobina de crânio de 32 canais, instalado no Departamento de Medicina Diagnóstica e Preventiva – Setor de Imagem do Hospital Israelita Albert Einstein. Para apresentação do estímulo e aquisição das respostas comportamentais foi utilizado o sistema NNL (NNL, Noruega) através de algoritmo dedicado (E-Prime®). Este sistema utiliza projeção binocular independente.

### 2.7.1 Parâmetros de aquisição

A avaliação por fMRI foi por meio de paradigmas preparados especificamente para a avaliação de determinadas funções cerebrais. Os parâmetros das sequências de aquisição, sensíveis ao efeito *blood oxygen level dependent* (BOLD) foram: TR=2000ms, 40 fatias com 3,3mm de espessura e 0,3 de espaçamento entre elas. FOV=210mm, matriz 64X64. A aquisição do paradigma *N-back* teve um total de 104 volumes (duração de 3min 28s), e a do paradigma do Stroop, 154 volumes (duração 5min 8s). O Restig-State teve um total de 200 volumes (6min 40s).

Imagens ponderadas em T1 foram feitas com SPGR com aquisição axial, TR=5mss, TE = 1,7ms, Matrix: 256 x 256, FOV 21,6cm, *Flip angle*: 7, Espessura: 1,0mm com 176 fatias cobrindo todo segmento encefálico, (duração de 6min 20s). Axial FLAIR: TR=1000ms, TE=140ms, IR=1000s, FOV=24cm, Espessura=5mm, Espaçamento = 2,5mm, 20 níveis, para identificação potencial de comorbidades, t=4:40s.

### 2.7.2 Descrição das tarefas para avaliação funcional

Os participantes se familiarizaram com as tarefas antes das sessões de fMRI e foram escaneados enquanto executavam versões adaptadas do *Stroop Word-Color Task* (SWCT) e *N-back task*.

### 2.7.3 Paradigma de memória *N-back task*

A tarefa *N-back* tem sido frequente na investigação dos correlatos neurais do processo da memória de trabalho.<sup>(76)</sup> A condição de “*0-back* (Figura 2) é uma tarefa da linha de base para controlar a atenção e movimento motor, onde os participantes foram instruídos a responder sempre que a letra 'X' foi exibida. Na condição “*2-back*” (Figura 3), a palavra-alvo era uma palavra repetida, separada por outra palavra. Cada condição foi apresentada 5 vezes por sessão, em blocos de 10 tentativas, alternadas entre as condições “*0-back*” e “*2-back*”.



Figura 2. Tarefa *0-back*



Figura 3. Tarefa *2-back*

### 2.7.4 Paradigma de atenção (*Stroop Word – Color Task*)

O SWCT é uma tarefa clássica usada para estudar atenção e inibição e tem sido utilizado em fMRI como um paradigma para a compreensão dos mecanismos de controle cognitivo.<sup>(77)</sup> Durante esta tarefa, os participantes foram instruídos a comunicar a cor (azul, vermelho ou verde) de palavras isoladas pressionando um dos 3

botões, correspondentes a cor. As palavras foram apresentadas em três condições: congruente (por exemplo, a palavra "AZUL" pintada de azul), neutra (cor e as palavras não estão relacionadas) e incongruente (por exemplo, a palavra "AZUL" pintada de verde). Cada palavra/estímulo foi mostrada por 1 segundo. Cada condição foi apresentada 10 vezes por sessão, em blocos de 15 tentativas, na sequência congruente - neutro – incongruente (Figura 4).



**Figura 4.** Tarefa Stroop

## 2.8 Análise de ativação das imagens

A análise funcional de ativação foi realizada usando o programa FSL (Oxford University, 2010. FSL, Oxford, Inglaterra) que disponibiliza diversas rotinas para processamento das imagens de fMRI.

O processamento das imagens de RMF foi realizado com a ferramenta FEAT (FMRI *Expert Analysis Tool*), versão 6.0 integrada ao *software* FSL (FMRIB's *Software Library*). A seguinte sequência de pré-processamento das imagens foi realizada: correção de movimento de cabeça com a ferramenta MCFLIRT, remoção de tecido não-cerebral com a ferramenta BET, correção de tempo de aquisição entre fatias, suavização espacial com filtro Gaussiano de 5mm, normalização de intensidade da média geral no conjunto 4D dos dados por um único fator multiplicativo, filtro temporal passa-alta com  $\sigma=50s$ . Em cada aquisição os quatro primeiros volumes iniciais foram removidos por representarem parâmetros de calibração da aquisição.

O registro da imagem funcional na imagem anatômica de alta-resolução ponderada em T1 e a posterior normalização para o cérebro padrão *Montreal Neurological Institute* (MNI) 152, com 2mm de resolução foram realizados com a ferramenta FLIRT.<sup>(78,79)</sup>

A análise estatística adotada teve como base a abordagem univariada massiva, utilizando um modelo linear geral (GLM), modelando a resposta em cada *voxel* às condições experimentais da tarefa. A atividade de cada uma das duas condições de interesse (Stroop: incongruente>neutro, congruente>neutro; *N-back*: lembre>ache) foi modelada como blocos de atividade. O regressor para cada uma das condições foi modelado com uma função customizada, com duração estabelecida por meio da média dos *trials* de cada tarefa, inseridas em um arquivo contendo regressores do tipo três colunas. A seguir, cada regressor foi convoluído com uma função gama (tempo ao pico=5s, erro padrão=2,8s). Além dos regressores de interesse, foram também incluídos os parâmetros de movimento da cabeça como regressores de não-interesse. Em cada indivíduo, foi realizado o contraste entre as condições lembre e ache (lembre >ache para a tarefa de *N-back*). Para a tarefa de Stroop a linha de base foi estabelecida pela condição congruente, resultando em contrastes incongruente >congruente e neutro >congruente e a comparação entre eles (incongruente X neutro). Foi avaliado por meio de um teste *t* para uma amostra, e os valores de *t* convertidos para *Z*. A análise de grupo foi realizada com um modelo de efeitos mistos, usando *FMRIB's Local Analysis of Mixed Effects* (FLAME).<sup>(80)</sup> As diferenças entre os grupos foram avaliadas por um teste *t* bicaudal para amostras independentes para cada um dos contrastes. Para controle de resultados falso positivos, os mapas estatísticos *Z* foram inicialmente limiarizados utilizando *clusters* de *voxels* determinados por  $Z > 3,1$ , e o limiar significativo corrigido do *cluster* de  $p=0,01$ .

## 2.9 Análise dos dados comportamentais

Conduzimos uma análise de variância (ANOVA) para testar se os grupos se diferenciavam em termos de tempo de resposta (em milissegundos) e acurácia (razão acertos e o total de tentativas) nas tarefas de Stroop e *N-back*. Apenas tentativas com respostas corretas foram consideradas para o cálculo de tempo de resposta. Análises *post hoc* foram feitas para descrevermos as variáveis entre os grupos.

## 2.10 Análise de conectividade funcional

A conectividade funcional é definida como a “coincidência temporal de eventos neurofisiológicos espacialmente distantes”.<sup>(22)</sup> Em outras palavras, considera-se que duas regiões apresentam conectividade funcional se existir uma relação estatística entre as medidas de atividade registradas para elas. As áreas estão acopladas ou são componentes da mesma rede se o seu comportamento funcional estiver consistentemente correlacionado entre si. A conectividade funcional concorda com a noção intuitiva de que quando duas coisas acontecem juntas, estas duas coisas devem estar relacionadas entre si. A análise da conectividade funcional reflete, portanto, uma medida direta e observacional das relações funcionais entre regiões do cérebro.<sup>(81)</sup>

Os dados de conectividade funcional foram pré-processados e analisados utilizando-se a caixa de ferramentas CONN versão 20.b com *pipeline* e parâmetros padrão. O procedimento operacional consistia em realinhamento, remoção de deformação (*unwarping*), correção de tempo de fatia, segmentação, normalização, detecção de *outliers* e suavização. As variáveis confundidoras foram baseadas no movimento de cabeça (descartando volumes com deslocamento >2mm e valor z de sinal global >9; nenhum sujeito foi excluído), parâmetros de realinhamento, substância branca e sinais de fluido cefalorraquidiano. Filtragem passa-banda de (0,008 a 0,09Hz) e variáveis confundidoras foram removidas por meio de uma abordagem simultânea de passa-banda. Para este estudo de conectividade funcional, comparamos os grupos, conduzimos uma análise *seed-to-voxel* utilizando como regiões de interesse as redes frontoparietal e de saliência apresentadas a seguir.

## 2.11 Regiões de interesse

Nesse estudo incluímos duas regiões de interesse, a rede de saliência (SN – *saliency network*) e rede frontoparietal. A rede de saliência incluiu as seguintes regiões: cíngulo anterior (x=0, y=22, z=35), córtex insular anterior esquerdo (x=-44, y=13, z=1), córtex insular anterior direito (x=47, y=14, z=0), córtex pré-frontal rostral (x=-32, y=45, z=27), giro supramarginal esquerdo (x=-60, y=-39, z=31), e giro supramarginal direito (x=62, y=-35, z=32). A rede frontoparietal incluiu o córtex pré-frontal lateral esquerdo (x=-43, y=33, z=28), córtex pré-frontal lateral direito (x=41, y=38, z=30), e o



lobo parietal posterior direito ( $x=52$ ,  $y=-52$ ,  $z=4$ ). Todas as redes e ROIs foram definidas com base nas redes disponibilizadas pelo software CONN.<sup>(82)</sup>

## 2.12 Efeitos dos anos de prática

Além da comparação da conectividade funcional entre grupos, avaliamos se os anos da prática de Tai Chi influenciam na conectividade funcional *seed-to-voxel* das redes investigadas (saliência e frontoparietal). Esta análise entrou para o estudo posteriormente, a fim de explorar os dados que tínhamos e enriquecer o estudo. Esta análise foi realizada em última etapa já, pós sugestões da banca de qualificação. Foram incluídos mais 4 voluntários para maximizar o poder estatístico, totalizando 20 sujeitos. Utilizamos uma regressão linear embutida no modelo estatístico, usando os anos de prática como regressores do modelo, e então verificamos associações significativas entre anos de prática e os coeficientes de correlação transformados de Fisher das ROIS. O nível de significância foi estipulado em ( $p<0,05$ ) com correção de FDR.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Resultados demográficos e neuropsicológicos

A tabela 1 apresenta as diferenças demográficas entre os grupos. Não houve diferenças significativas em relação à idade, anos de prática e altura. Encontramos diferença significativa no índice de massa corporal (IMC) e peso, porém nenhum dos participantes era obeso (IMC <30). Não houve diferenças no nível de educação ( $p=0,139$ ) e a maioria dos participantes tinha diploma universitário. Não foram encontradas diferenças significativas nos testes neuropsicológicos (BAI, BDI, COWA, MMSE, RAVLT, PSQI, WHO-5, Stroop, *trail making*, Digit-Symbol e SRQ-20) entre os grupos.

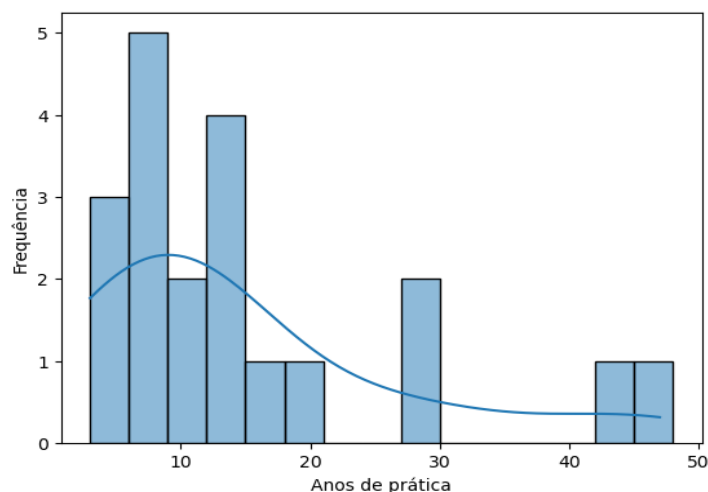
**Tabela 1.** Resultados demográficos comparando praticantes de Tai Chi e hidroginástica

|                 | Grupo | N  | Média  | SD     | Valor-p |
|-----------------|-------|----|--------|--------|---------|
| Anos de prática | 1     | 16 | 13.750 | 10.976 | 0,108   |
|                 | 2     | 16 | 8.563  | 6.099  |         |
| Idade           | 1     | 16 | 68.063 | 6.658  | 0,583   |
|                 | 2     | 16 | 68.500 | 6.491  |         |
| Altura          | 1     | 16 | 1.576  | 0.077  | 0,151   |
|                 | 2     | 16 | 1.611  | 0.079  |         |
| Peso            | 1     | 16 | 57.938 | 7.646  | <0,001  |
|                 | 2     | 16 | 70.250 | 9.277  |         |
| IMC             | 1     | 16 | 23.386 | 3.075  | 0,002   |
|                 | 2     | 16 | 27.046 | 2.745  |         |

1: Grupo Tai Chi; 2: Grupo Hidroginástica; SD: desvio padrão (*standard deviation*); IMC: índice de massa corporal.

#### 3.2 Efeitos dos anos de prática na conectividade cerebral

Para análise que investigou o efeito dos anos de prática de Tai Chi na conectividade cerebral, foram utilizados 20 voluntários que praticam Tai Chi com diferentes anos de prática. A amostra teve uma média de 14,8 (SD=12,51) anos de prática, com mínimo de 3 anos, e máximo de 47 anos. Na figura 5 é possível ver o histograma mostrando a distribuição dos anos de prática na amostra.



O histograma mostra a distribuição dos anos de prática dos voluntários Tai Chi, para análise adicional que investigou a correlação dos anos de prática do Tai Chi e a conectividade no cérebro.

**Figura 5.** Distribuição dos anos de prática em voluntários Tai Chi

### 3.3 Testes comportamentais realizados na fMRI

Tarefa *N-back*: com a correção de Bonferroni aplicada à tarefa *N-back*, não encontramos diferenças significativas entre os grupos em termos de acurácia ou tempo de resposta (Tabela 2). No entanto, na análise *post hoc* da ANOVA, observamos diferenças significativas entre as condições "Encontrar" (*0-back*) e "*N-back*" (*2-back*) em relação à acurácia e tempo de resposta (Tabela 3).

**Tabela 2.** Resultados comportamentais descritivos para tarefa *N-back*

| Estímulo      | Grupo   | Tempo de resposta (ms) |       |         | Acurácia |       |         |
|---------------|---------|------------------------|-------|---------|----------|-------|---------|
|               |         | Média                  | SD    | Valor-p | Média    | SD    | Valor-p |
| <i>0-Back</i> | Hidro   | 0,014                  | 0,027 | 0,562   | 0,916    | 0,116 | 0,728   |
|               | Tai Chi | 0,032                  | 0,049 |         | 0,889    | 0,232 |         |
| <i>2-Back</i> | Hidro   | 0,074                  | 0,054 | 0,562   | 0,611    | 0,256 | 0,207   |
|               | Tai Chi | 0,057                  | 0,056 |         | 0,749    | 0,245 |         |

Estatísticas descritivas para a tarefa *N-back*, nas métricas de precisão e tempo de resposta. Hidro refere-se ao Grupo de Hidroginástica. Os valores-p denotam a comparação entre os grupos derivados da análise *post hoc* ANOVA. Valor-p ajustado pela comparação de uma família de 6 corrigida pelo método de Holm-Bonferroni. RT: tempo de resposta, em milissegundos. SD: desvio padrão (*standard deviation*), ms: milissegundo.

**Tabela 3.** Resultados *post hoc* para tarefa *N-back* na comparação entre estímulos

|                        | Tempo de resposta (ms) |       |       |         | Acurácia        |      |       |         |
|------------------------|------------------------|-------|-------|---------|-----------------|------|-------|---------|
|                        | Diferença média        | SE    | t     | Valor-p | Diferença média | SE   | t     | Valor-p |
| <b>0-back X 2-back</b> | 0,223                  | 0,052 | 4,248 | <0,001  | -0,042          | 0,01 | -4,08 | <0,001  |

Estatística *post hoc* para a tarefa *N-back* em relação ao efeito do estímulo nas métricas de acurácia e tempo de resposta. Valor-p ajustado pelo método de Holm-Bonferroni. SE: erro padrão; ms: milissegundo.

**Tarefa Stroop:** utilizamos a correção de Bonferroni para a tarefa *Stroop word color*, e não encontramos diferenças comportamentais significativas entre os grupos em relação ao tempo de resposta (Tabela 4). No entanto, na análise *post hoc*, detectamos diferenças significativas no efeito do estímulo para a tarefa Stroop. Além disso, houve diferenças de acurácia entre as condições congruentes e incongruentes e entre as condições incongruentes e neutras. Não houve significativa de acurácia entre as condições congruentes e neutras, porém houve diferença no tempo de resposta (Tabela 5).

**Tabela 4.** Resultados comportamentais para tarefa Stroop

| Estímulo     | Grupo   | Tempo de resposta (ms) |         |         | Acurácia |       |         |
|--------------|---------|------------------------|---------|---------|----------|-------|---------|
|              |         | Média                  | SD      | Valor-p | Média    | SD    | Valor-p |
| Congruente   | Hidro   | 756.539                | 111.141 | 1,00    | 0.928    | 0.124 | 1,00    |
|              | Tai Chi | 748.342                | 127.836 |         | 0.967    | 0.037 |         |
| Incongruente | Hidro   | 848.796                | 105.550 | 0,423   | 0.792    | 0.281 | 1,00    |
|              | Tai Chi | 932.850                | 156.824 |         | 0.854    | 0.131 |         |
| Neutro       | Hidro   | 791.597                | 126.852 | 1,00    | 0.935    | 0.111 | 1,00    |
|              | Tai Chi | 789.994                | 151.602 |         | 0.964    | 0.044 |         |

Estatísticas descritivas para a tarefa Stroop nas métricas de precisão e tempo de resposta. Hidro refere-se ao Grupo de Hidroginástica. Os valores-p denotam a comparação entre os grupos da análise *post hoc* ANOVA. Valor-p ajustado comparando uma família de 15 corrigida pelo método de Holm-Bonferroni. RT: tempo de resposta, em milissegundos; SD: desvio padrão (*standard deviation*); ms: milissegundo.

**Tabela 5.** Resultados *post hoc* para tarefa Stroop na comparação entre estímulo

|                           | Tempo de resposta (ms) |       |         |         | Acurácia        |       |        |         |
|---------------------------|------------------------|-------|---------|---------|-----------------|-------|--------|---------|
|                           | Diferença média        | SE    | t       | Valor-p | Diferença média | SE    | t      | Valor-p |
| Congruente x incongruente | -138.382               | 11.44 | -12.096 | <0,001  | 0.125           | 0.028 | 4.528  | <0,001  |
| Congruente x neutro       | -38.355                | 11.44 | -3.353  | 0,001   | -0.002          | 0.028 | -0.061 | 0,951   |
| Incongruente x neutro     | 100.027                | 11.44 | 8.744   | <0,001  | -0.126          | 0.028 | -4.589 | <0,001  |

Estatística *post hoc* para a tarefa Stroop, em relação ao efeito do estímulo nas métricas de acurácia e tempo de resposta. Valor-p ajustado pelo método de Holm-Bonferroni. SE: erro padrão; ms: milissegundo.

### 3.4 Análise de ativação fMRI nas tarefas *N-back* e Stroop

Não foram encontradas diferenças entre os grupos nos resultados de ativação, bem como nos dados comportamentais relacionados a cada tarefa (acurácia e tempo de resposta). Durante a tarefa Stroop, encontramos ativação consistente nas áreas do córtex occipital e frontal. Ao comparar as condições incongruentes com neutras, encontramos mais *clusters* do que em outras condições. Isso demonstra o efeito Stroop (Tabelas 6 e 7).

**Tabela 6.** Resultados da ativação da tarefa *N-back*

| Contraste         | Clusters | Index | Voxels Peak | x   | y  | z  | Área                      |
|-------------------|----------|-------|-------------|-----|----|----|---------------------------|
| Tai Chi           | 3        | 254   | 4.03        | 8   | 36 | 36 | 10% polo frontal          |
| (0-back > 2-back) | 2        | 182   | 4.01        | -28 | 0  | 72 | 24% giro frontal médio    |
|                   | 1        | 160   | 4.58        | 12  | 20 | 50 | 9% giro frontal superior  |
| Hidro             | 5        | 695   | 4.31        | -24 | -2 | 64 | 46% giro frontal superior |
|                   | 4        | 589   | 4.45        | -8  | 24 | 44 | 17% giro paracingulado    |
| (0-back > 2-back) | 3        | 557   | 4.17        | -48 | 28 | 36 | 69% giro frontal médio    |
|                   | 2        | 259   | 4.15        | -34 | 56 | 16 | 78% polo frontal          |
|                   | 1        | 165   | 4.34        | -48 | 10 | 10 | 37% giro frontal inferior |

*Clusters* de ativação cerebral relacionados a tarefa *N-back* para cada grupo, utilizando um *Z-score* de 3.1. Coordenadas mostradas no espaço *Montreal Neurological Institute-Hospital* (MNI). Não encontramos diferenças significativas entre os grupos.

**Tabela 7.** Resultados da ativação da tarefa Stroop

| <b>Contraste</b>                                        | <b>Cluster</b>    | <b>Index</b> | <b>Voxels Peak</b> | <b>x</b> | <b>y</b> | <b>z</b> | <b>Área</b>                       |
|---------------------------------------------------------|-------------------|--------------|--------------------|----------|----------|----------|-----------------------------------|
| Tai Chi (neutro>congruente)                             | 4                 | 191          | 4.07               | -50      | 4        | 30       | 64% giro paracentral              |
|                                                         | 3                 | 161          | 3.82               | -44      | -66      | -10      | 41% córtex occipital lateral inf. |
|                                                         | 2                 | 159          | 4.07               | 8        | -64      | -12      | 45% cerebelo 6 direito            |
|                                                         | 1                 | 130          | 4.29               | -64      | -4       | 0        | 24% giro temporal superior        |
| Hidro (neutro>congruente)                               | Não significativa |              |                    |          |          |          |                                   |
| Tai Chi (incongruente>congruente)                       | 4                 | 12891        | 5.51               | -38      | -38      | 40       | 27% giro supra marginal           |
|                                                         | 3                 | 436          | 4.32               | 18       | -72      | 58       | 58% córtex lateral occipital      |
|                                                         | 2                 | 372          | 5.04               | 38       | 2        | 54       | 47% giro frontal médio            |
|                                                         | 1                 | 297          | 4.35               | 46       | 10       | 32       | 31% giro pré-central              |
| Hidro                                                   | 2                 | 392          | 4.29               | -26      | -96      | 16       | 61% polo occipital                |
| (incongruente>congruente)                               | 1                 | 201          | 4.2                | -30      | -58      | 46       | 33% lóbulo parietal superior      |
| Tai Chi [incongruente>congruente] > [neutro>congruente] | 6                 | 5346         | 4.9                | 0        | -64      | 52       | 60% precuneous                    |
|                                                         | 5                 | 1269         | 4.73               | 42       | 20       | 24       | 23% giro frontal médio            |
|                                                         | 4                 | 369          | 4.15               | -42      | 12       | 32       | 44% giro frontal médio            |
|                                                         | 3                 | 231          | 4.28               | 56       | -46      | 12       | 36% giro temporal médio           |
|                                                         | 2                 | 173          | 4.25               | 0        | 20       | 50       | 26% giro frontal superior         |
|                                                         | 1                 | 162          | 4.13               | -36      | 2        | 54       | 44% giro frontal médio            |
| Hidro [incongruente>congruente] > [neutro>congruente]   | 2                 | 260          | 4.53               | 14       | -90      | 0        | 18% polo occipital                |
|                                                         | 1                 | 145          | 3.83               | -36      | -56      | 50       | 30% lóbulo parietal superior      |

*Clusters* de ativação cerebral relacionados a tarefa Stroop para cada grupo, utilizando um Z-score de 3.1. Coordenadas mostradas no espaço *Montreal Neurological Institute-Hospital* (MNI). Não encontramos diferenças significativas entre os grupos. \*inf: Inferior.

### 3.5 Comparação da conectividade funcional entre os grupos para as tarefas *N-back* e Stroop

Avaliamos mudanças na conectividade cerebral entre os grupos no estado de repouso e nas tarefas, *N-back* e Stroop utilizando uma análise *seed-to-voxel* nas ROI estipuladas.

#### 3.5.1 Estado de repouso

**Tai Chi > Hidroginástica:** durante o estado de repouso, usando a rede de saliência como *seed* o Grupo Tai Chi apresentou uma maior correlação do córtex cingulado anterior (ACC) com dois *clusters*, um cobrindo o córtex central opercular direito: 4 *voxels* (57%) e o outro no córtex insular direito: 3 *voxels* (43%) (Figura 6 e Tabela 8).

#### 3.5.2 Tarefa *N-back*: Tai Chi > Hidroginástica

Durante a tarefa *N-back*, usando a rede de saliência como *seed* o Grupo Tai Chi apresentou uma maior correlação do giro supramarginal esquerdo com três *clusters*, um cobrindo o cerebelo crus 2 esquerdo: 49 *voxels* (42%), outro cobrindo o cerebelo 7b esquerdo: 19 *voxels* (16%) e o cerebelo crus 2 direito: 12 *voxels* (10%) (Figura 7 e Tabela 8).

#### 3.5.3 Tarefa Stroop

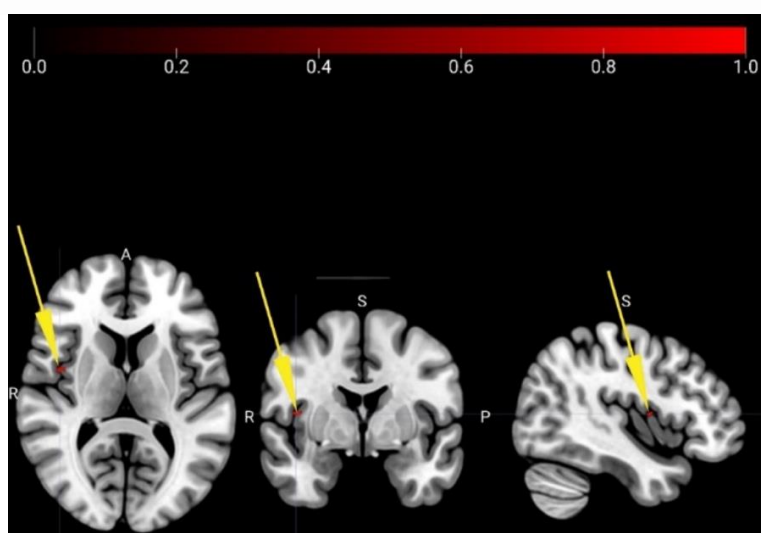
##### 3.5.3.1 Tarefa Stroop: Tai Chi > Hidroginástica

Durante a tarefa Stroop, usando a rede de saliência como *seed* o Grupo Tai Chi demonstrou uma maior correlação do córtex pré-frontal rostral esquerdo com o polo occipital direito: 312 *voxels* (44%), e a divisão inferior do córtex occipital

lateral direito: 205 *voxels* (29%), e a divisão superior do córtex occipital lateral direito: 114 *voxels* (16%) (Figura 8 e Tabela 8).

### 3.5.3.2 Tarefa Stroop: Hidroginástica > Tai Chi

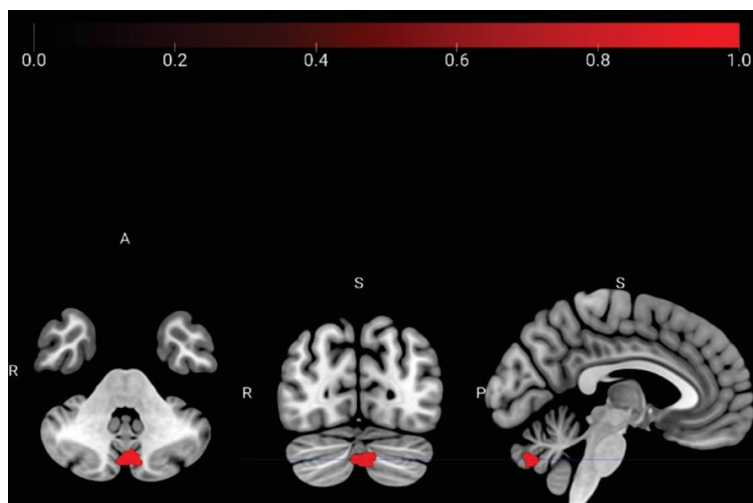
Além disso, durante a tarefa Stroop, usando a rede frontoparietal como *seed* o Grupo Hidroginástica exibiu uma maior correlação do lobo parietal posterior esquerdo com 3 *clusters* cerebelares, cerebelo crus 1 esquerdo: 226 *voxels* (73%), cerebelo crus 2 esquerdo: 83 *voxels*, (27%) e cerebelo 6 esquerdo: 2 *voxels* (1%) (Figura 8 e Tabela 8).



O Grupo Tai Chi exibiu uma correlação aumentada entre a *seed* do córtex cingulado anterior com os *clusters* córtex opercular central direito e córtex insular direito. *Peak - cluster* mostrado em vermelho.

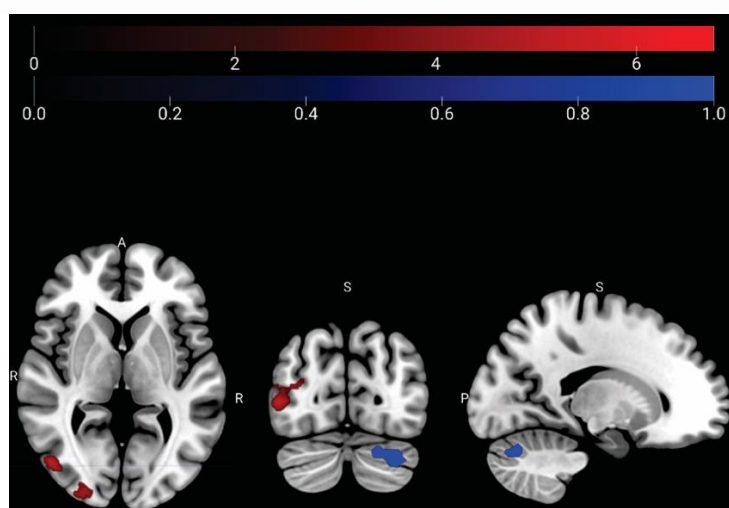
**Figura 6.** Análise de conectividade cerebral, comparação entre os grupos durante o estado de repouso





O Grupo Tai Chi exibiu uma correlação aumentada entre a *seed* do giro supramarginal esquerdo e os *clusters* do cerebelo crus 2 esquerdo, cerebelo 7b esquerdo e cerebelo crus 2 direito. *Peak - cluster* mostrado em vermelho.

**Figura 7.** Análise de conectividade cerebral, comparação entre os grupos para tarefa *N-back*



Usando a rede de saliência, o Grupo Tai Chi exibiu uma correlação aumentada entre a *seed* do córtex pré-frontal rostral esquerdo e o polo occipital direito, a divisão anterior do córtex occipital lateral direito e a divisão superior do córtex occipital lateral direito. E usando a rede frontoparietal, o Grupo Hidroginástica exibiu maior correlação entre a *seed* do lobo parietal posterior esquerdo e o cerebelo crus 1 esquerdo, cerebelo crus 2 esquerdo e cerebelo 6 esquerdo. *Peak clusters* para Tai Chi mostrado em vermelho, e *Peak clusters* Hidro mostrado em azul.

**Figura 8.** Análise de conectividade cerebral – comparação entre grupos para tarefa Stroop

**Tabela 8.** Comparação de conectividade entre os grupos Tai Chi e Hidroginástica

| <i>Task</i>       | <i>Seed</i>                                                               | <i>Correlação</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <i>Contraste</i> | <i>Cluster (x, y, z)</i> | <i>Tamanho p-FDR</i> |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------|----------------------|
| Estado de repouso | Rede de saliência<br>córtex cingulado anterior<br>anterior central córtex | 1-córtex opercular central direito: 4 <i>voxels</i> (57%)<br>cobrindo 0% do Cor<br>2-córtex insular direito: 3 <i>voxels</i> (43%), cobrindo 0%<br>do córtex insular direito<br>1-cerebelo crus 2 esquerdo: 49 <i>voxels</i> (42%)<br>cobrindo 3% do cerebelo 2 esquerdo                                                                                              | <b>T&gt;H</b>    | (+42,+02,+18)            | 0.040456             |
| <i>N-back</i>     | Rede de saliência<br>giro supramarginal esquerdo                          | 2-cerebelo 7b esquerdo: 19 <i>voxels</i> (16) cobrindo 1%<br>of cerebelo 7 esquerdo<br>3-cerebelo crus 2 direito: 12 <i>voxels</i> (10%) cobrindo<br>15 of cerebelo 2 direito                                                                                                                                                                                         | <b>T&gt;H</b>    | (-4, -76, -38)           | 0.021126             |
| Stroop            | Rede de saliência<br>córtex pré-frontal rostral esquerdo                  | 1-polo occipital direito: 312 <i>voxels</i> (44%) cobrindo<br>12% do polo occipital direito<br>2-córtex occipital lateral inferior direito: 205 <i>voxels</i><br>(29%) cobrindo 10% of córtex occipital lateral<br>inferior direito<br>3-córtex occipital lateral superior direto: 114 <i>voxels</i><br>(16%) cobrindo 2% córtex occipital lateral superior<br>direto | <b>T&gt;H</b>    | (+16,-94,-04)            | 0.0000001            |
|                   | Rede frontoparietal<br>lóbulo parietal posterior esquerdo                 | 1-cerebelo crus 1 esquerdo: 226 <i>voxels</i> (73%)<br>cobrindo 10% do cerebelo1 esquerdo<br>2-cerebellum crus 2 esquerdo: 83 <i>voxels</i> (27%)<br>cobrindo 4% do cerebelo 2 esquerdo<br>3-cerebelo 6 esquerdo:2 <i>voxels</i> (1%) cobrindo 0%<br>do cerebelo 6 esquerdo                                                                                           | <b>H&gt;T</b>    | (-30, -70, -32)          | 0.000311             |

*Clusters* que tiveram diferenças de correlação, na comparação entre os grupos e os nós dentro das redes escolhidas *a priori*. As redes escolhidas foram saliência e frontoparietal. p-FDR refere-se ao valor com correção da taxa de descoberta falsa, as coordenadas (x, y, z) estão no espaço MNI.

### 3.6 Efeito dos anos de prática de Tai Chi na conectividade funcional

Não foi encontrada associação significativa entre os anos de prática de Tai Chi e mudanças na conectividade cerebral nas redes avaliadas.

## 4 DISCUSSÃO

O objetivo de nosso estudo foi investigar as diferenças na ativação cerebral, desta vez com o dobro do tamanho amostral ( $N=32$ ), e investigar a conectividade cerebral funcional em adultos com idade maior que 60 anos, sem doença pré-existente, envolvidos em um treinamento mente-corpo (Tai Chi), comparados com adultos de mesma idade envolvidos em treinamento físico (hidroginástica), durante a execução de tarefas cognitivas de memória e atenção. Além disso, tivemos como objetivo secundário avaliar a relação entre os anos de prática do Tai Chi e a conectividade funcional durante essas tarefas cognitivas.

Uma vez que nosso objetivo era investigar diferenças entre os mecanismos neurais entre uma atividade física e uma atividade mente-corpo, e que nosso estudo seria transversal, era importante termos dois grupos o mais similares possível. Os idosos praticantes de Tai Chi e hidroginástica foram pareados por gênero, idade, anos de escolaridade e tempo de prática. Os participantes foram avaliados durante uma tarefa de memória de trabalho (*N-back*), uma tarefa de atenção e controle inibitório (Stroop) e no estado de repouso, quanto a respostas comportamentais, a ativação e a conectividade cerebral. Para a conectividade realizamos uma análise *seed-to-voxel* utilizando regiões das redes de saliência e frontoparietal como *seeds*. Além disso, os participantes foram submetidos a testes neuropsicológicos. O grupo de Tai Chi também foi investigado para avaliarmos possíveis mudanças na conectividade funcional relacionado aos anos de prática.

A hipótese era que o treinamento interoceptivo e de controle de movimento no Tai Chi poderia estar associado a diferenças na ativação e conectividade funcional durante essas tarefas, em comparação com o treinamento de imitação de movimentos repetitivos na hidroginástica.

O desenho do estudo foi transversal, com idosos saudáveis teve critérios rigorosos de pareamento. Não foram encontradas diferenças nos testes neuropsicológicos, o que confirma que os grupos eram semelhantes dentro dos critérios de pareamento.

Contrariando nossas expectativas, não encontramos diferenças comportamentais e de ativação entre os grupos nas tarefas Stroop ou *N-back*. A amostra ser pequena, pode ter colaborado para este resultado. O fato destes grupos serem

ambos saudáveis, semelhantes tanto no treino cognitivo (anos de escolaridade) como no treino motor (praticantes de atividade física, por mais de 3 anos, pelo menos 2 vezes por semana) provavelmente também colaborou para não vermos diferenças significativas comportamentais ou na ativação. Ao mesmo tempo este resultado sugere que o desenho do estudo foi eficiente em minimizar diferenças entre os grupos, e sugere que as diferenças encontradas expressam detalhes representativos na comparação entre os mecanismos neurais de uma atividade física e uma atividade mente-corpo.

**Conectividade:** observamos diferenças na conectividade funcional entre os grupos, durante o estado de repouso, e nas tarefas *N-back* e Stroop, corroborando nossa hipótese inicial.

**Estado de repouso:** nossos resultados mostraram que o Grupo Tai Chi apresentou maior conectividade entre o córtex cingulado anterior (ACC), o córtex insular (IC) e o córtex opercular central (área insular) durante o estado de repouso (*resting state*), em comparação com o Grupo Hidroginástica. O córtex opercular central está envolvido no controle cognitivo, juntamente com as áreas frontoparietais.<sup>(14)</sup> O córtex cingulado anterior e o córtex insular são duas estruturas importantes na rede de saliência, e são coativadas consistentemente na presença de estímulos salientes, tanto externos quanto internos, independentemente de sua valência afetiva ser positiva ou negativa.<sup>(83,84)</sup> Essas duas áreas desempenham um papel importante nos processos interoceptivos e, conseqüentemente, na regulação fisiológica.<sup>(85,86)</sup>

O ACC está implicado tanto na excitação corporal quanto na precisão e sensibilidade interoceptivas. A precisão refere-se à precisão objetiva de eventos corporais, como batimentos cardíacos e temperatura, enquanto a sensibilidade interoceptiva é a interpretação subjetiva dos estados internos do corpo, como inquietação, confusão e calma.<sup>(87)</sup> Por sua vez, o córtex insular, especialmente o córtex insular anterior (AIC), é crucial para a integração de sinais internos e externos, e assim desempenha um papel que varia desde o processamento afetivo e sensorial até processos cognitivos superiores.<sup>(88)</sup> De acordo com Craig,<sup>(89)</sup> AIC realiza uma meta-representação da interocepção aferente primária em seres humanos, formando a base da imagem subjetiva do "eu", dos sentimentos, da consciência cognitiva e das emoções.

As conexões entre o ACC e o IC parecem desempenhar um papel central na interação sensorial, afetiva e cognitiva, sendo crucial para a ligação entre o corpo e a subjetividade, a interocepção e a autorregulação. Interrupções na conectividade dessas áreas estão associadas à fragilidade emocional e à desregulação

afetiva, implicando distúrbios psiquiátricos como ansiedade, pânico e transtorno de personalidade narcisista.<sup>(13,90–92)</sup> Além disso, como áreas centrais na rede de saliência, o ACC e o IC atuam como filtro entre estímulos internos e externos, o que está relacionado à manutenção do comportamento dirigido a objetivos.<sup>(17)</sup> Mudanças na conectividade entre essas áreas podem comprometer a alternância de ativação entre a rede de modo padrão (DMN) e a rede de controle executivo (FN), levando a alterações na função cognitiva e disfunções relacionadas à idade.<sup>(17)</sup>

Nossos resultados indicaram maior conectividade entre o ACC e o IC no Grupo Tai Chi, corroborando estudos anteriores que mostram que, o Tai Chi está associado não apenas à plasticidade nas redes cerebrais funcionais, mas também a mudanças na conectividade insular, durante o estado de repouso.<sup>(55,93,94)</sup>

Em consonância com outros estudos, nossos resultados apontam que o treinamento corporal e cognitivo combinado, como observado no Tai Chi, está associado a aumentos na conectividade cerebral entre áreas que são particularmente relevantes para a precisão interoceptiva durante o repouso.<sup>(86)</sup> Esse treinamento também está relacionado a áreas envolvidas na regulação fisiológica do corpo,<sup>(95)</sup> habilidades de autorregulação cognitiva e organização motora de aspectos subjetivos da experiência através do AIC e do ACC.<sup>(84,96–98)</sup>

**N-back:** nossos resultados revelaram uma correlação mais forte entre o giro supramarginal esquerdo (LSG) e o cerebelo (Crus I e II) no Grupo Tai Chi em comparação com o Grupo Hidroginástica durante a tarefa *N-back*, utilizando a rede de saliência como *seed*. O LSG é conhecido por desempenhar um papel causal no processamento cognitivo e é uma área-chave na rede de memória de curto prazo, crucial para a retenção e sequenciamento de informações representacionais abstratas.<sup>(99)</sup> Além disso, o LSG está associado ao sequenciamento temporal de movimento, adaptação a mudanças ambientais, manutenção da atenção, recuperação de memória sequencial e incorporação.<sup>(100–103)</sup>

O Tai Chi envolve movimentos lentos e coreografados executados em sequências e ritmos específicos, sincronizados com a respiração, e requer regulação atencional e consciência do movimento. Esse aspecto cognitivo do Tai Chi é provavelmente responsável pela maior conectividade observada no GSE do Grupo Tai Chi.<sup>(41,43,44)</sup>

O cerebelo é conhecido por contribuir para a regulação do ritmo e a precisão do movimento.<sup>(104,105)</sup> Ele desempenha um papel crucial na regulação

psicofisiológica, uma vez que o esforço motor e as qualidades do movimento são fatores essenciais.<sup>(106,107)</sup> A maior conectividade entre o LSG e o cerebelo sugere que o movimento consciente, uma característica do Tai Chi e de outras práticas contemplativas que envolvem movimento, pode estar associado a esse tipo de regulação.

Pesquisas recentes sobre o cerebelo destacam sua integração com o treinamento interoceptivo e o controle sensório-motor. O crus I do cerebelo está associado à espelhamento, enquanto o crus II é especializado em mentalização, cognição social e autopercepção emocional.<sup>(108–110)</sup> Além disso, o cerebelo está envolvido em funções complexas, como formação de estratégias, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho.<sup>(111,112)</sup> Ele modula a cognição assim como modula o sistema motor, e está implicado na sensibilidade interoceptiva.<sup>(113,114)</sup>

Em resumo, nossos resultados indicam que o Tai Chi está associado a uma maior conectividade em redes de atenção e memória, envolvendo não apenas áreas frontoparietais, mas também o cerebelo, durante a tarefa *N-back*. Isso sugere uma correlação positiva entre áreas relacionadas a funções cognitivas e controle sensório-motor, que são aprimoradas por meio do treinamento de Tai Chi, em comparação com a hidroginástica.

**Stroop:** na comparação entre os grupos durante a tarefa Stroop, tendo como *seed* regiões da rede *salience*, este estudo mostrou uma correlação mais forte com o córtex pré-frontal rostral esquerdo (LPFC), o polo occipital direito, o córtex occipital lateral direito (divisão anterior) e a divisão superior do córtex occipital lateral direito no Grupo Tai Chi em comparação com o Grupo de Hidroginástica.

Estudos anteriores sugerem que o córtex pré-frontal rostral (LPFC) desempenha um papel na manutenção da atenção e da memória prospectiva, sendo responsável por mediar a atenção entre estímulos externos e intenções mantidas internamente.<sup>(115,116)</sup> O polo occipital é responsável pela integração e percepção de informações visuais e integra o córtex de associação visual, que interpreta imagens visuais.<sup>(117)</sup> Em uma revisão, áreas occipitais e temporais posteriores também foram associadas à atenção seletiva.<sup>(118)</sup> Essas funções são importantes para o controle inibitório e o reconhecimento de estímulos, relevantes para a tarefa Stroop. Outros estudos relacionaram áreas visuais do cérebro à sensibilidade interoceptiva.<sup>(114,119)</sup> E a interocepção tem sido associada à ativação do córtex pré-frontal e à regulação da atenção.<sup>(98)</sup>

A maior correlação entre áreas pré-frontais e visuais envolvidas na integração de informações internas e externas, no controle inibitório e no reconhecimento de estímulos no Grupo Tai Chi, durante a tarefa Stroop, provavelmente se deve ao fato de o Tai Chi ser um treinamento meditativo, mas também uma prática de artes marciais. Durante o Tai Chi, a atenção interna é mantida enquanto a atenção externa também é sustentada, juntamente com a execução de movimentos lentos com base em ações de ataque e defesa. Assim, o Tai Chi integra a atenção tanto aos estados internos quanto a fatores externos, envolvendo a discriminação de estímulos salientes (ou perigo iminente) e o controle interno dos impulsos direcionados a ações efetivas (ataque ou defesa). Esses achados apoiam o Tai Chi como um treinamento cognitivo para a atenção seletiva, a atenção sustentada e o controle inibitório. Além disso, o movimento otimizado para o treinamento de combate aprimora a consciência corporal, otimizando potencialmente a regulação sensório-motora dos estados afetivos.<sup>(120,121)</sup> A interocepção também parece estar envolvida no desenvolvimento dessas funções regulatórias.<sup>(122)</sup>

Ao utilizar a rede frontoparietal como *seed* para a tarefa Stroop, o Grupo Hidroginástica mostrou uma correlação mais forte entre o lobo parietal posterior esquerdo (LPPL) e o crus I e crus II do cerebelo em comparação com o Grupo de Tai Chi. O LPPL é a região consistentemente ativada em estudos de neuroimagem funcional relacionados ao processamento conceitual.<sup>(123)</sup> Em tarefas de conceitualização, como a compreensão de palavras, o LPPL age convergentemente, integrando informações de várias modalidades perceptuais.<sup>(124,125)</sup> Isso sugere que o Grupo Hidroginástica utilizou uma percepção menos especializada e mais generalizada na tarefa de atenção, ao contrário do Grupo Tai Chi, que exibiu correlações com áreas relacionadas à consciência interoceptiva (sensibilidade, discriminação e precisão).

O Grupo Hidroginástica mostrou uma maior correlação entre o LPPL e o crus I do cerebelo. O LPPL é especializado na representação de ações motoras e planejamento motor direcionado a objetos.<sup>(126,127)</sup> E o crus I é uma área do cerebelo ligada ao espelhamento de objetos.<sup>(113)</sup> Esse espelhamento de objetos sugere uma estratégia voltada para o exterior, uma estratégia de representação motora baseada no reconhecimento de forma relacionada ao significado das palavras.<sup>(128)</sup> Isso pode ser atribuído ao foco da hidroginástica em imitar os movimentos do instrutor. Nossos resultados indicam que, para realizar uma tarefa de atenção e resolução de conflitos, o Grupo Hidroginástica exibiu maior conectividade entre áreas relacionadas ao espelhamento e à exterocepção, enquanto o Grupo Tai Chi mostrou maior conectividade

entre áreas envolvidas na atenção sustentada, memória prospectiva e sensibilidade interoceptiva.

Em resumo, nossos resultados indicam que o Tai Chi está associado a uma maior conectividade em redes de atenção e memória, envolvendo não apenas áreas frontoparietais, mas também o cerebelo. Isso sugere uma correlação positiva entre áreas relacionadas a funções cognitivas e controle sensório-motor, que são aprimoradas pelo treinamento de Tai Chi. Com base em estudos anteriores, pode-se inferir que o treinamento de Tai Chi promove plasticidade funcional nas redes cerebrais.<sup>(34,129,130)</sup>

**Correlação dos anos de prática do Tai Chi com a conectividade funcional:** em nossa amostra não encontramos correlação entre os anos de prática de Tai Chi com a conectividade funcional, provavelmente pela distribuição de nossos dados, além do tamanho amostral. Na literatura encontramos que 8 e 12 semanas de prática de Tai Chi já são capazes de gerar alterações cognitivas e provocar mudanças na conectividade funcional de redes ligadas a maior flexibilidade cognitiva.<sup>(50,53,55)</sup> Partindo do objetivo principal de investigar os mecanismos neurais na conectividade cerebral e as práticas, determinamos o mínimo de 3 anos de prática como fator de inclusão por considerarmos que seria um tempo no qual já se esperava ter alterações cognitivas relacionadas as práticas. Esta pode ser uma razão para não termos encontrado correlação entre o tempo de prática e a conectividade cerebral. Além disso, não sabemos se pode haver um “efeito teto”, no qual, a partir de um certo tempo de prática, os efeitos apenas permanecem e se consolidam. De forma que muitos de prática, podem não estar associados de forma equivalente a mudanças cognitivas. Pode ser que, a partir de um certo tempo, o efeito do tempo de prática nas mudanças de conectividade e nas alterações cognitivas seja muito sutil.

#### 4.1 Limitações

Embora tenhamos revelado diferenças na conectividade cerebral entre o Tai Chi e a hidroginástica durante o estado de repouso, tarefas *N-back* e Stroop, algumas limitações devem ser abordadas. Tivemos um tamanho de amostra pequeno devido aos nossos rigorosos critérios de pareamento entre os grupos. Este pareamento rígido valoriza a especificidade das diferenças encontradas. O desenho de nosso estudo não permite estabelecer relações de causalidade. Sugestões para futuros estudos



seriam realizar um estudo longitudinal, e incluir uma tarefa de interocepção na avaliação dos grupos.

## 5 CONCLUSÕES

1. Nosso estudo fornece evidências de diferenças na conectividade funcional em idosos treinados em uma prática mente-corpo (Tai Chi), em comparação com idosos treinados em uma atividade física (hidroginástica). No estado de repouso, os praticantes de Tai Chi apresentaram maior conectividade cerebral em regiões relacionadas à consciência interoceptiva, controle cognitivo e organização motora de aspectos subjetivos da experiência. Durante as tarefas de atenção, os praticantes de Tai Chi mostraram maior conectividade cerebral em áreas relacionadas à memória, atenção, processamento cognitivo, controle sensório-motor e flexibilidade cognitiva. Além disso, os praticantes de Tai Chi também apresentaram maior conectividade cerebral em regiões relacionadas à integração de informações visuais e sensibilidade interoceptiva. Nossos resultados evidenciam diferenças nos mecanismos neurais decorrentes do treinamento de uma prática mente-corpo (Tai Chi) e uma prática de exercício físico (hidroginástica), na conectividade funcional cerebral de idosos sem doenças pré-existentes. O pareamento rígido valoriza a especificidade das diferenças encontradas. O desenho experimental transversal não permite formular relações de causalidade entre as intervenções e os desfechos, impossibilitando afirmar se há superioridade entre as intervenções.

## 6 REFERÊNCIAS

1. World Health Organization. Ageing and health. Geneva: World Health Organization; 2022 [cited 2023 Oct 12]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
2. World Health Organization. Integrated care for older people: guidelines on community-level interventions to manage declines in intrinsic capacity. Geneva: World Health Organization; 2017 [cited 2022 Oct 24]. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/258981/9789241550109-eng.pdf?sequence=1>
3. Aron L, Zullo J, Yankner BA. The adaptive aging brain. *Curr Opin Neurobiol*. 2022;72:91-100.
4. Wrigglesworth J, Ward P, Harding IH, Nilaweera D, Wu Z, Woods RL, et al. Factors associated with brain ageing - a systematic review. *BMC Neurol*. 2021;21(1):312.
5. Harada CN, Love MC, Triebel KL. Normal cognitive aging. *Clin Geriatr Med*. 2013;29(4):737-52.
6. Salthouse TA. Trajectories of normal cognitive aging. *Psychol Aging*. 2019;34(1):17-24.
7. Stern Y. What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *J Int Neuropsychol Soc*. 2002;8(3):448-60.
8. Deery HA, Di Paolo R, Moran C, Egan GF, Jamadar SD. The older adult brain is less modular, more integrated, and less efficient at rest: a systematic review of large-scale resting-state functional brain networks in aging. *Psychophysiology*. 2023;60(1):e14159.
9. Bressler SL, Menon V. Large-scale brain networks in cognition: emerging methods and principles. *Trends Cogn Sci*. 2010;14(6):277-90.
10. Li Y, Cai H, Li X, Qian Y, Zhang C, Zhu J, et al. Functional connectivity of the central autonomic and default mode networks represent neural correlates and predictors of individual personality. *J Neurosci Res*. 2022;100(12):2187-200.
11. Greicius MD, Krasnow B, Reiss AL, Menon V. Functional connectivity in the resting brain: a network analysis of the default mode hypothesis. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2003;100(1):253-8.
12. Uddin LQ, Yeo BT, Spreng RN. Towards a universal taxonomy of macro-scale functional human brain networks. *Brain Topogr*. 2019;32(6):926-42.
13. Schimmelpfennig J, Topczewski J, Zajkowski W, Jankowiak-Siuda K. The role of the salience network in cognitive and affective deficits. *Front Hum Neurosci*. 2023;17:1133367.
14. Marek S, Dosenbach NU. The frontoparietal network: function, electrophysiology, and importance of individual precision mapping. *Dialogues Clin Neurosci*. 2018;20(2):133-40.
15. Lindquist KA, Barrett LF. A functional architecture of the human brain: emerging insights from the science of emotion. *Trends Cogn Sci*. 2012;16(11):533-40.
16. Sridharan D, Levitin DJ, Menon V. A critical role for the right fronto-insular cortex in switching between central-executive and default-mode networks. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2008;105(34):12569-74.
17. Menon V. Large-scale brain networks and psychopathology: a unifying triple network model. *Trends Cogn Sci*. 2011;15(10):483-506.
18. Dosenbach NU, Visscher KM, Palmer ED, Miezin FM, Wenger KK, Kang HC, et al. A core system for the implementation of task sets. *Neuron*. 2006;50(5):799-812.
19. Raichle ME, MacLeod AM, Snyder AZ, Powers WJ, Gusnard DA, Shulman GL. A default mode of brain function. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2001;98(2):676-82.

20. Goulden N, Khusnulina A, Davis NJ, Bracewell RM, Bokde AL, McNulty JP, et al. The salience network is responsible for switching between the default mode network and the central executive network: replication from DCM. *Neuroimage*. 2014;99:180-90.
21. Putcha D, Ross RS, Golomb AC, Janes AC, Stern CE. Salience and default mode network coupling predicts cognition in aging and Parkinson's disease. *J Int Neuropsychol Soc*. 2016;22(2):205-15.
22. Friston KJ. Functional and effective connectivity in neuroimaging: a synthesis. *Hum Brain Mapp*. 1994;2(1-2):56-78.
23. Dosenbach NU, Nardos B, Cohen AL, Fair DA, Power JD, Church JA, et al. Prediction of individual brain maturity using fMRI. *Science*. 2010;329(5997):1358-61. Erratum in: *Science*. 2010;330(6005):756.
24. Tomasi D, Volkow ND. Aging and functional brain networks. *Mol Psychiatry*. 2012;17(5):471, 549-58.
25. Zhou J, Gennatas ED, Kramer JH, Miller BL, Seeley WW. Predicting regional neurodegeneration from the healthy brain functional connectome. *Neuron*. 2012;73(6):1216-27.
26. Perneczky R. Dementia prevention and reserve against neurodegenerative disease. *Dialogues Clin Neurosci*. 2019;21(1):53-60.
27. Stranahan AM, Mattson MP. Metabolic reserve as a determinant of cognitive aging. *J Alzheimers Dis*. 2012;30 Suppl 2:S5-13.
28. Chen JJ. Functional MRI of brain physiology in aging and neurodegenerative diseases. *Neuroimage*. 2019;187:209-25.
29. Coupé P, Manjón JV, Lanuza E, Catheline G. Lifespan changes of the human brain in Alzheimer's disease. *Sci Rep*. 2019;9(1):3998.
30. Kleckner IR, Zhang J, Touroutoglou A, Chanes L, Xia C, Simmons WK, et al. Evidence for a large-scale brain system supporting allostasis and interoception in humans. *Nat Hum Behav*. 2017;1:0069.
31. Joubert C, Chainay H. Aging brain: the effect of combined cognitive and physical training on cognition as compared to cognitive and physical training alone - a systematic review. *Clin Interv Aging*. 2018;13:1267-301.
32. 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. *Br J Sports Med*. 2018;52(3):154-60.
33. 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*. 2020;50(8):1451-67.
34. Port AP, Santaella DF, Lacerda SS, Speciali DS, Balardin JB, Lopes PB, et al. Cognition and brain function in elderly Tai Chi practitioners: a case-control study. *Explore (NY)*. 2018;14(5):352-6.
35. Farb N, Daubenmier J, Price CJ, Gard T, Kerr C, Dunn BD, et al. Interoception, contemplative practice, and health. *Front Psychol*. 2015;6:763.
36. Gibson J. Mindfulness, interoception, and the body: a contemporary perspective. *Front Psychol*. 2019;10:2012.
37. Schillings C, Schultchen D, Pollatos O. Effects of a single yoga session on cardiac interoceptive accuracy and emotional experience. *Brain Sci*. 2021;11(12):1572.
38. Vago DR. Mapping modalities of self-awareness in mindfulness practice: a potential mechanism for clarifying habits of mind. *Ann N Y Acad Sci*. 2014;1307:28-42.

39. Gard T, Noggle JJ, Park CL, Vago DR, Wilson A. Potential self-regulatory mechanisms of yoga for psychological health. *Front Hum Neurosci*. 2014;8:770.
40. Vergeer I, Bennie JA, Charity MJ, Harvey JT, van Uffelen JG, Biddle SJ, et al. Participation trends in holistic movement practices: a 10-year comparison of yoga/Pilates and t'ai chi/qigong use among a national sample of 195,926 Australians. *BMC Complement Altern Med*. 2017;17(1):296.
41. Jiang W, Liao S, Chen X, Lundborg CS, Marrone G, Wen Z, et al. TaiChi and qigong for depressive symptoms in patients with chronic heart failure: a systematic review with meta-analysis. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2021;2021:5585239.
42. Kong J, Wilson G, Park J, Pereira K, Walpole C, Yeung A. Treating depression with tai chi: state of the art and future perspectives. *Front Psychiatry*. 2019;10:237.
43. Huang Y, Liu X. Improvement of balance control ability and flexibility in the elderly Tai Chi Chuan (TCC) practitioners: a systematic review and meta-analysis. *Arch Gerontol Geriatr*. 2015;60(2):233-8.
44. Lomas-Vega R, Obrero-Gaitán E, Molina-Ortega FJ, Del-Pino-Casado R. Tai Chi for risk of falls. A meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*. 2017;65(9):2037-43.
45. Li F, Harmer P, Eckstrom E, Fitzgerald K, Chou LS, Liu Y. Effectiveness of Tai Ji Quan vs multimodal and stretching exercise interventions for reducing injurious falls in older adults at high risk of falling: follow-up analysis of a randomized clinical trial. *JAMA Netw Open*. 2019;2(2):e188280. Erratum in: *JAMA Netw Open*. 2019;2(3):e192314.
46. Yang G, Li W, Klupp N, Cao H, Liu J, Bensoussan A, et al. Does tai chi improve psychological well-being and quality of life in patients with cardiovascular disease and/or cardiovascular risk factors? A systematic review. *BMC Complement Med Ther*. 2022;22(1):3.
47. Zou L, Zhang Y, Liu Y, Tian X, Xiao T, Liu X, et al. The effects of Tai Chi Chuan versus core stability training on lower-limb neuromuscular function in aging individuals with non-specific chronic lower back pain. *Medicina (Kaunas)*. 2019;55(3):60.
48. Wei GX, Dong HM, Yang Z, Luo J, Zuo XN. Tai Chi Chuan optimizes the functional organization of the intrinsic human brain architecture in older adults. *Front Aging Neurosci*. 2014;6:74.
49. Yang Y, Chen T, Wang C, Zhang J, Yuan X, Zhong X, et al. Determining whether Tai Chi Chuan is related to the updating function in older adults: differences between practitioners and controls. *Front Public Health*. 2022;10:797351.
50. Yang Y, Chen T, Shao M, Yan S, Yue GH, Jiang C. Effects of Tai Chi Chuan on inhibitory control in elderly women: an fNIRS study. *Front Hum Neurosci*. 2020;13:476.
51. Wayne PM, Walsh JN, Taylor-Piliae RE, Wells RE, Papp KV, Donovan NJ, et al. Effect of tai chi on cognitive performance in older adults: systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*. 2014;62(1):25-39.
52. Liu F, Chen X, Nie P, Lin S, Guo J, Chen J, et al. Can Tai chi improve cognitive function? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Altern Complement Med*. 2021;27(12):1070-83.
53. Zhang L, Wang D, Xie C, Liu S, Chi L, Ma X, et al. The effects of Tai Chi on the executive functions and physical fitness in middle-aged adults with depression: a randomized controlled trial. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2022;2022:1589106.
54. Wei L, Chai Q, Chen J, Wang Q, Bao Y, Xu W, et al. The impact of Tai Chi on cognitive rehabilitation of elder adults with mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *Disabil Rehabil*. 2022;44(11):2197-206.

55. Cui L, Tao S, Yin HC, Shen QQ, Wang Y, Zhu LN, et al. Tai Chi Chuan alters brain functional network plasticity and promotes cognitive flexibility. *Front Psychol.* 2021;12:665419.
56. Lux V, Non AL, Pexman PM, Stadler W, Weber LA, Krüger M. A developmental framework for embodiment research: the next step toward integrating concepts and methods. *Front Syst Neurosci.* 2021;15:672740.
57. Petzschner FH, Weber LA, Gard T, Stephan KE. Computational psychosomatics and computational psychiatry: toward a joint framework for differential diagnosis. *Biol Psychiatry.* 2017;82(6):421-30.
58. Khalsa SS, Adolphs R, Cameron OG, Critchley HD, Davenport PW, Feinstein JS, et al.; Interoception Summit 2016 participants. Interoception and mental health: a roadmap. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging.* 2018;3(6):501-13.
59. Khalsa SS, Lapidus RC. can interoception improve the pragmatic search for biomarkers in psychiatry? *Front Psychiatry.* 2016;7:121.
60. Yoris A, Esteves S, Couto B, Melloni M, Kichic R, Cetkovich M, et al. The roles of interoceptive sensitivity and metacognitive interoception in panic. *Behav Brain Funct.* 2015;11:14.
61. Tang YY, Hölzel BK, Posner MI. The neuroscience of mindfulness meditation. *Nat Rev Neurosci.* 2015;16(4):213-25.
62. Tamin TZ, Loekito N. Aquatic versus land-based exercise for cardiorespiratory endurance and quality of life in obese patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Med J Indonesia.* 2018;27(4):284-92.
63. Pérez-de la Cruz S. Comparison of aquatic therapy vs. dry land therapy to improve mobility of chronic stroke patients. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(13):4728.
64. Li D, Chen P. Effects of aquatic exercise and land-based exercise on cardiorespiratory fitness, motor function, balance, and functional independence in stroke patients-a meta-analysis of randomized controlled trials. *Brain Sci.* 2021;11(8):1097.
65. Bidonde J, Busch AJ, Webber SC, Schachter CL, Danyliw A, Overend TJ, et al. Aquatic exercise training for fibromyalgia. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;2014(10):CD011336.
66. Silva LA, Tortelli L, Motta J, Menguer L, Mariano S, Tasca G, et al. Effects of aquatic exercise on mental health, functional autonomy and oxidative stress in depressed elderly individuals: a randomized clinical trial. *Clinics (Sao Paulo).* 2019;74:e322.
67. Wechsler D. Wais-III: escala de inteligência de Wechsler para adultos. São Paulo: Casa do Psicólogo; 2004.
68. Spreen O, Strauss E. A compendium of neuropsychological tests: administration, norms, and commentary. 2nd ed. New York: Oxford University Press; 1998.
69. Bean J. Rey Auditory Verbal Learning Test, Rey AVLT. In: Kreutzer JS, DeLuca J, Caplan B, editors. *Encyclopedia of clinical neuropsychology.* New York: Springer; 2011 [cited 2024 Mar 15]. Available from: [https://rd.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-0-387-79948-3\\_1153](https://rd.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-0-387-79948-3_1153)
70. Bertolucci PH, Brucki SM, Campacci SR, Juliano Y. [The mini-mental state examination in a general population: impact of educational status]. *Arq Neuropsiquiatr.* 1994;52(1):1-7. Portuguese.
71. Fleck MP, Louzada S, Xavier M, Chachamovich E, Vieira G, Santos L, et al. [Application of the Portuguese version of the abbreviated instrument of quality life WHOQOL-bref]. *Rev Saude Publica.* 2000;34(2):178-83. Portuguese.

72. Buysse DJ, Reynolds CF 3rd, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The Pittsburgh sleep quality index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res.* 1989;28(2):193-213.
73. Mari JJ, Williams P. A comparison of the validity of two psychiatric screening questionnaires (GHQ-12 and SRQ-20) in Brazil, using relative operating characteristic (ROC) analysis. *Psychol Med.* 1985;15(3):651-9.
74. King R. Cognitive therapy of depression. Aaon Beck, John Rush, Brian Shaw, Gary Emery. New York: Guilford, 1979. *Aust N Z J Psychiatry.* 2002;36(2):272-5.
75. Beck AT, Epstein N, Brown G, Steer RA. An inventory for measuring clinical anxiety: psychometric properties. *J Consult Clin Psychol.* 1988;56(6):893-7.
76. Owen AM, McMillan KM, Laird AR, Bullmore E. N-back working memory paradigm: a meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Hum Brain Mapp.* 2005;25(1):46-59.
77. Peterson BS, Skudlarski P, Gatenby JC, Zhang H, Anderson AW, Gore JC. An fMRI study of Stroop word-color interference: evidence for cingulate subregions subserving multiple distributed attentional systems. *Biol Psychiatry.* 1999;45(10):1237-58.
78. Jenkinson M, Bannister P, Brady M, Smith S. Improved optimization for the robust and accurate linear registration and motion correction of brain images. *Neuroimage.* 2002;17(2):825-41.
79. Jenkinson M, Smith S. A global optimisation method for robust affine registration of brain images. *Med Image Anal.* 2001;5(2):143-56.
80. Woolrich MW, Ripley BD, Brady M, Smith SM. Temporal autocorrelation in univariate linear modeling of FMRI data. *Neuroimage.* 2001;14(6):1370-86.
81. Eickhoff SB, Müller VI. Functional connectivity. In: Toga AW, editor. *Brain mapping: an encyclopedic reference.* Los Angeles: Elsevier; 2015 [cited 2024 Mar 15]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780123970251002128>
82. Whitfield-Gabrieli S, Nieto-Castanon A. Conn: a functional connectivity toolbox for correlated and anticorrelated brain networks. *Brain Connect.* 2012;2(3):125-41.
83. Bartra O, McGuire JT, Kable JW. The valuation system: a coordinate-based meta-analysis of BOLD fMRI experiments examining neural correlates of subjective value. *Neuroimage.* 2013;76:412-27.
84. Craig AD. How do you feel--now? The anterior insula and human awareness. *Nat Rev Neurosci.* 2009;10(1):59-70.
85. Flynn FG. Anatomy of the insula functional and clinical correlates. *Aphasiology.* 1999;13(1):55-78.
86. Chong JS, Ng GJ, Lee SC, Zhou J. Salience network connectivity in the insula is associated with individual differences in interoceptive accuracy. *Brain Struct Funct.* 2017;222(4):1635-44.
87. Pollatos O, Gramann K, Schandry R. Neural systems connecting interoceptive awareness and feelings. *Hum Brain Mapp.* 2007;28(1):9-18.
88. Menon V, Palaniyappan L, Supekar K. Integrative brain network and salience models of psychopathology and cognitive dysfunction in schizophrenia. *Biol Psychiatry.* 2023;94(2):108-20.
89. Craig AD. Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Curr Opin Neurobiol.* 2003;13(4):500-5.
90. Fan Y, Wonneberger C, Enzi B, Greck M, Ulrich C, Tempelmann C, et al. The narcissistic self and its psychological and neural correlates: an exploratory fMRI study. *Psychol Med.* 2011;41(8):1641-50.

91. Stein MB, Simmons AN, Feinstein JS, Paulus MP. Increased amygdala and insula activation during emotion processing in anxiety-prone subjects. *Am J Psychiatry*. 2007;164(2):318-27.
92. Pannekoek JN, Veer IM, van Tol MJ, van der Werff SJ, Demenescu LR, Aleman A, et al. Aberrant limbic and salience network resting-state functional connectivity in panic disorder without comorbidity. *J Affect Disord*. 2013;145(1):29-35.
93. Xu A, Zimmerman CS, Lazar SW, Ma Y, Kerr CE, Yeung A. Distinct insular functional connectivity changes related to mood and fatigue improvements in major depressive disorder following Tai Chi training: a pilot study. *Front Integr Neurosci*. 2020;14:25.
94. Yue C, Zhang Y, Jian M, Herold F, Yu Q, Mueller P, et al. Differential effects of Tai Chi Chuan (motor-cognitive training) and walking on brain networks: a resting-state fMRI study in Chinese women aged 60. *Healthcare (Basel)*. 2020;8(1):67.
95. Duquette P. Increasing our insular world view: interoception and psychopathology for psychotherapists. *Front Neurosci*. 2017;11:135.
96. Critchley HD. Psychophysiology of neural, cognitive and affective integration: fMRI and autonomic indicants. *Int J Psychophysiol*. 2009;73(2):88-94.
97. Craig AD. Significance of the insula for the evolution of human awareness of feelings from the body. *Ann N Y Acad Sci*. 2011;1225:72-82.
98. Vago DR, Silbersweig DA. Self-awareness, self-regulation, and self-transcendence (S-ART): a framework for understanding the neurobiological mechanisms of mindfulness. *Front Hum Neurosci*. 2012;6:296.
99. Guidali G, Pisoni A, Bolognini N, Papagno C. Keeping order in the brain: the supramarginal gyrus and serial order in short-term memory. *Cortex*. 2019;119:89-99.
100. Cabeza R, Ciaramelli E, Olson IR, Moscovitch M. The parietal cortex and episodic memory: an attentional account. *Nat Rev Neurosci*. 2008;9(8):613-25.
101. Gilmore AW, Nelson SM, McDermott KB. A parietal memory network revealed by multiple MRI methods. *Trends Cogn Sci*. 2015;19(9):534-43.
102. Hartwigsen G, Bestmann S, Ward NS, Woerbel S, Mastroeni C, Granert O, et al. Left dorsal premotor cortex and supramarginal gyrus complement each other during rapid action reprogramming. *J Neurosci*. 2012;32(46):16162-71.
103. Moro V, Pacella V, Scandola M, Besharati S, Rossato E, Jenkinson PM, et al. A fronto-insular-parietal network for the sense of body ownership. *Cereb Cortex*. 2023;33(3):512-22.
104. Schmahmann JD, Pandya DN. The cerebrocerebellar system. *Int Rev Neurobiol*. 1997;41:31-60.
105. Guell X, Gabrieli JD, Schmahmann JD. Embodied cognition and the cerebellum: perspectives from the dysmetria of thought and the universal cerebellar transform theories. *Cortex*. 2018;100:140-8.
106. Balasubramaniam R, Haegens S, Jazayeri M, Merchant H, Sternad D, Song JH. Neural encoding and representation of time for sensorimotor control and learning. *J Neurosci*. 2021;41(5):866-872.
107. Fuchs T, Koch SC. Embodied affectivity: on moving and being moved. *Front Psychol*. 2014;5:508.
108. Schraa-Tam CK, Rietdijk WJ, Verbeke WJ, Dietvorst RC, van den Berg WE, Bagozzi RP, et al. fMRI activities in the emotional cerebellum: a preference for negative stimuli and goal-directed behavior. *Cerebellum*. 2012;11(1):233-45.
109. Van Overwalle F, Baetens K, Mariën P, Vandekerckhove M. Social cognition and the cerebellum: a meta-analysis of over 350 fMRI studies. *Neuroimage*. 2014;86:554-72.



110. Van Overwalle F, Manto M, Cattaneo Z, Clausi S, Ferrari C, Gabrieli JD, et al. Consensus paper: cerebellum and social cognition. *Cerebellum*. 2020;19(6):833-68.
111. Schmahmann JD, Guell X, Stoodley CJ, Halko MA. The theory and neuroscience of cerebellar cognition. *Annu Rev Neurosci*. 2019;42:337-64.
112. Shipman ML, Green JT. Cerebellum and cognition: does the rodent cerebellum participate in cognitive functions? *Neurobiol Learn Mem*. 2019:106996.
113. Schmahmann JD. The cerebellum and cognition. *Neurosci Lett*. 2019;688:62-75.
114. Smith SD, Nadeau C, Sorokopud-Jones M, Kornelsen J. The relationship between functional connectivity and interoceptive sensibility. *Brain Connect*. 2022;12(5):417-31.
115. Benoit RG, Gilbert SJ, Frith CD, Burgess PW. Rostral prefrontal cortex and the focus of attention in prospective memory. *Cereb Cortex*. 2012;22(8):1876-86.
116. Burgess PW, Veitch E, Costello AL, Shallice T. The cognitive and neuroanatomical correlates of multitasking. *Neuropsychologia*. 2000;38(6):848-63.
117. Rehman A, Al Khalili Y. Neuroanatomy, Occipital Lobe. [Updated 2023 Jul 24]. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544320/>
118. Cabeza R, Nyberg L. Imaging cognition II: an empirical review of 275 PET and fMRI studies. *J Cogn Neurosci*. 2000;12(1):1-47.
119. Kuehn E, Mueller K, Lohmann G, Schuetz-Bosbach S. Interoceptive awareness changes the posterior insula functional connectivity profile. *Brain Struct Funct*. 2016;221(3):1555-71.
120. Critchley HD. Neural mechanisms of autonomic, affective, and cognitive integration. *J Comp Neurol*. 2005;493(1):154-66.
121. Lebert A, Chaby L, Guillin A, Chekroun S, Vergilino-Perez D. Are you "gazing" at me? How others' gaze direction and facial expression influence gaze perception and postural control. *Front Psychol*. 2021;12:730953.
122. Critchley HD, Wiens S, Rotshtein P, Ohman A, Dolan RJ. Neural systems supporting interoceptive awareness. *Nat Neurosci*. 2004;7(2):189-95.
123. Binder JR, Desai RH, Graves WW, Conant LL. Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cereb Cortex*. 2009;19(12):2767-96.
124. Binder JR, Desai RH. The neurobiology of semantic memory. *Trends Cogn Sci*. 2011;15(11):527-36.
125. Damasio AR. The brain binds entities and events by multiregional activation from convergence zones. *Neural Comput*. 1989;1(1):123-32.
126. Buxbaum LJ, Johnson-Frey SH, Bartlett-Williams M. Deficient internal models for planning hand-object interactions in apraxia. *Neuropsychologia*. 2005;43(6):917-29.
127. Kiefer M, Pulvermüller F. Conceptual representations in mind and brain: theoretical developments, current evidence and future directions. *Cortex*. 2012;48(7):805-25.
128. Kuhnke P, Beaupain MC, Cheung VK, Weise K, Kiefer M, Hartwigsen G. Left posterior inferior parietal cortex causally supports the retrieval of action knowledge. *Neuroimage*. 2020;219:117041.
129. Birdee GS, Wayne PM, Davis RB, Phillips RS, Yeh GY. T'ai chi and qigong for health: patterns of use in the United States. *J Altern Complement Med*. 2009;15(9):969-73.
130. Grady C. The cognitive neuroscience of ageing. *Nat Rev Neurosci*. 2012;13(7):491-505.

## Abstract

**Introduction:** The aging brain undergoes structural and functional changes associated with cognitive decline, including in the functional connectivity of the main brain networks. At the same time, we know that physical activities and mind-body practices are fundamental in preserving the structural and functional health of the brain. When compared to dynamic physical activities, mental-body practices such as Tai Chi also include interoceptive, attentional and movement control training that could contribute to healthier aging. However, little is known about the neural mechanisms that differentiate the effects of these practices on the brain. Furthermore, most studies evaluate mind-body practices related to some pathology, physical or psychological disorder. Little is known about the effects that mind-body practices and physical practices can have on brain connectivity in adults over 60 years of age, without pre-existing diseases. Understanding these differences will provide valuable information about the potential benefits of mind-body practices in promoting brain health and cognitive function in an aging society. Tai Chi has gained popularity among older adults due to its benefits for healthy aging. Like Tai Chi, water aerobics is a physical activity widely practiced by this population, and involves specific training, with physical exercise, but with an externalized attentional focus and repetitive movements. These characteristics make water aerobics a good active control for Tai Chi. **Purpose:** This study aimed to investigate differences in functional brain connectivity between older adults (age > 60) engaged in interoceptive, attentional, and movement control training (Tai Chi) or repetitive movement training (water aerobics) while performing the N-Back and Stroop tasks. Also we aimed to investigate the correlation between years of practice of Tai Chi and functional brain connectivity, during cognitive tasks. **Methods:** We conducted a cross-sectional, case-control fMRI study involving two matched groups (n=16 each) based on gender, age, education, and duration of practice. Seed-to-voxel analysis was performed using the salience, and frontoparietal networks as seed regions for both tasks. We also investigated resting state. We also investigate the correlation between time of practice and functional brain connectivity, using years of practice as regressor on linear general model. **Results:** During the resting state condition, the Tai Chi Group, using the salience network as a seed, exhibited a stronger correlation between the anterior cingulate cortex and insular cortex areas. In the N-Back task, the Tai Chi Group, with the salience network as a seed,

showed increased correlation between the left supramarginal gyrus and various cerebellar regions. In the Stroop task, using the salience network as a seed, the Tai Chi Group showed enhanced correlation between the left rostral prefrontal cortex and the right occipital pole, right lateral occipital cortex (anterior and superior divisions). Additionally, in the Stroop task, using the frontoparietal network as a seed, the Water Aerobics Group exhibited a stronger correlation between the left posterior parietal lobe and different cerebellar regions. We found no correlation between years of practice and functional brain connectivity. **Conclusion:** Our study provides evidence for functional connectivity differences in elderly trained in a mind-body practice (Tai Chi), compared to those that practiced a physical activity (water aerobics) based on repetitive movements. In resting state, Tai Chi practitioners presented increased brain connectivity in regions related to interoceptive awareness, cognitive control and motor organization of subjective aspects of experience. During attention tasks, Tai Chi practitioners showed a greater brain connectivity in areas related to memory, attention, cognitive processing, sensorimotor control, and cognitive flexibility. Furthermore, Tai Chi practitioners also presented increased brain connectivity in regions related to integration of visual information and interoceptive sensitivity. Our results highlight differences in neural mechanisms resulting from a mind-body practice (Tai Chi) and a physical exercise practice (water aerobics), in the brain functional connectivity of elderly people without pre-existing diseases. Because of the cross-sectional design of this study, a causal relationship between disciplines and outcomes is not possible to making, and we cannot assert whether there is superiority between practices.

**Keywords:** Nervous system physiological phenomena; Complementary therapeutic methods; Psychophysiology; Longevity