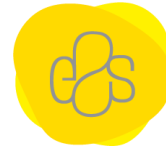




# Efeitos de um programa de treino sensoriomotor na sensação de posição articular, na força muscular e no equilíbrio dinâmico em ginastas de trampolim pré- adolescentes

Maria Clara Coutinho Castel-Branco Power



ESCOLA  
SUPERIOR  
DE SAÚDE

**Efeitos de um programa de treino sensoriomotor na sensação de posição articular, na força muscular e no equilíbrio dinâmico em ginastas de trampolim pré-adolescentes**

**Autor**

Maria Clara Coutinho Castel-Branco Power

**Orientadores**

Prof. Doutor Paulo José Medeiros de Carvalho | Escola Superior de Saúde do Porto – Instituto Politécnico do Porto (Orientador)

Prof. Doutora Carla Cristina Vieira Lourenço | Instituto Politécnico de Viseu; Universidade da Beira Interior (Coorientadora)

*Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Fisioterapia – Ramo/Área de Especialização em Neuro-Músculo-Esquelética pela Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto.*



## **Agradecimentos**

Este trabalho só foi possível graças à colaboração e apoio de várias pessoas ao longo de todo o percurso. Agradeço ao Professor Paulo Carvalho por ter despertado o meu interesse pelo tema e orientado o desenvolvimento deste estudo.

Agradeço à Professora Carla Lourenço pela constante disponibilidade, orientação e organização ao longo do processo. Agradeço também por ter sido a ponte essencial com o clube de ginástica de trampolins da Casa de Benfica de Viseu.

Agradeço a todas as ginastas que participaram neste estudo e colaboraram com o seu tempo e dedicação para que ele fosse possível.

Agradeço o apoio da minha família e, de forma muito especial, ao Pedro, o meu querido marido, que me impulsionou e incentivou a desafiar-me cada vez mais. Agradeço por me ter acompanhado durante todo o processo, apoiando-me neste caminho, como faz em todos os momentos da vida.



## Resumo

A pré-adolescência exige atenção especial em atletas de ginástica de trampolins, modalidade que requer força, flexibilidade, agilidade e controlo neuromotor, sendo a limitação da proprioceção e da força muscular dos principais fatores de risco para lesões. Atualmente não há estudos sobre programas sensoriomotores específicos para esta faixa etária e modalidade. O objetivo deste estudo foi avaliar a sensação de posição articular, a força muscular e o equilíbrio dinâmico em ginastas pré-adolescentes de trampolim. Participaram atletas do sexo feminino, entre 10 e 13 anos, avaliadas quanto à sensação de posição articular do joelho e tibiotársica (goniometria e Kinovea), força muscular de quadricípites, isquiotibiais, gastrocnémios e peroniais (esfigmomanómetro) e equilíbrio dinâmico (Y-Balance Test). O plano de intervenção consistiu em 10 exercícios progressivos realizados antes dos treinos habituais, duas vezes por semana, durante 8 semanas. Os resultados revelaram ganhos significativos na força muscular, no equilíbrio dinâmico, especialmente nas direções posteromedial e posterolateral do Y-Balance Test, e na sensação de posição articular na tibiotársica acompanhada de uma tendência positiva mais subtil no joelho. Concluiu-se que o programa aplicado promoveu adaptações neuromusculares relevantes, potencialmente associadas a prevenção de lesões e à melhoria do desempenho técnico em ginastas pré-adolescentes de trampolim.

**Palavras-chave:** proprioceção; equilíbrio; pré-adolescência; programa sensoriomotor; ginástica de trampolins.



## Abstract

Pre-adolescence requires special attention in trampoline gymnasts, a discipline that demands strength, flexibility, agility, and neuromotor control, with proprioceptive and muscular strength limitations being major risk factors for injuries. To date, no studies have investigated sensorimotor programs specific to this age group and modality. The aim of this study was to evaluate joint position sense, muscular strength, and dynamic balance in pre-adolescent trampoline gymnasts. Female athletes aged 10 to 13 years participated and were assessed for joint position sense of the knee and ankle (goniometry and Kinovea), muscular strength of the quadriceps, hamstrings, gastrocnemius, and peroneal muscles (sphygmomanometer), and dynamic balance (Y-Balance Test). The intervention program consisted of 10 progressive exercises performed before regular training sessions, twice a week, for 8 weeks. The results showed significant improvements in muscular strength, dynamic balance—particularly in the posteromedial and posterolateral directions of the Y-Balance Test—and joint position sense in the ankle, with a more subtle positive trend in the knee. It was concluded that the applied program promoted relevant neuromuscular adaptations, potentially contributing to injury prevention and improved technical performance in pre-adolescent trampoline gymnasts.

**Keywords:** proprioception; balance; pre-adolescence; sensorimotor program; trampoline gymnastics



## Índice

1.	Introdução.....	1
2.	Métodos.....	7
2.1.	Instrumentos e Metodologia de Avaliação.....	9
2.1.1.	Sensação de Posição Articular.....	9
2.1.2.	Força muscular.....	10
2.1.3.	Equilíbrio dinâmico.....	10
2.1.4.	Weight Bearing Lunge Test.....	12
2.2.	Procedimento de recolha e análise de dados.....	13
2.3.	Plano de Intervenção.....	13
2.4.	Procedimentos Estatísticos.....	17
3.	Resultados.....	18
3.1.	Resultados da Sensação de Posição Articular.....	18
3.1.1.	Resultados da Sensação de Posição Articular aos 67° de Flexão do Joelho.....	20
3.1.2.	Resultados da Sensação de Posição Articular aos 23° de Flexão do Joelho.....	21
3.1.3.	Resultados da Sensação de Posição Articular aos 34° de Dorsiflexão da TT.....	21
3.2.	Resultados da Avaliação da Força Muscular.....	22
3.2.1.	Resultados da Força Muscular do Quadríceps Direito.....	25
3.2.2.	Resultados da Força Muscular do Quadríceps Esquerdo.....	25
3.2.3.	Resultados da Comparação entre a Força Muscular do Quadríceps Direito e Esquerdo.....	26
3.2.4.	Resultados da Força Muscular do Isquiotibial Direito.....	26
3.2.5.	Resultados da Força Muscular do Isquiotibial Esquerdo.....	27
3.2.6.	Resultados da Comparação entre a Força Muscular do Isquiotibial Direito e Esquerdo.....	27
3.2.7.	Resultados da Força Muscular Gastrocnémio Direito.....	27
3.2.8.	Resultados da Força Muscular Gastrocnémio Esquerdo.....	28
3.2.9.	Resultados da Comparação entre a Força Muscular do Gastrocnémio Direito e Esquerdo.....	28
3.2.10.	Resultados da Força Muscular Peroneal Direito.....	29
3.2.11.	Resultados da Força Muscular Peroneal Esquerdo.....	29
3.2.12.	Resultados da Comparação entre a Força Muscular do Peroneal Direito e Esquerdo.....	30
3.3.	Resultados da Avaliação do Y-Balance Test.....	30



3.3.1.	Resultados do Y-Balance Test na direção Anterior do Membro Inferior Direito.....	33
3.3.2.	Resultados do Y- Balance Test Direção Anterior Membro Inferior Esquerdo.....	33
3.3.3.	Resultados da Comparação entre Y-Balance Test Direção Anterior do Membro Inferior Direito e Esquerdo.....	33
3.3.4.	Resultados do Y- Balance Test Direção Posteromedial Membro Inferior direito.....	34
3.3.5.	Resultados do Y-Balance Test Direção Posteromedial Membro Inferior Esquerdo .....	34
3.3.6.	Resultados da Comparação entre a Y-Balance Test dos Membros Inferiores Direito e Esquerdo	35
3.3.7.	Resultados do Y-Balance Test Direção Posterolateral Membro Inferior Direito.....	35
3.3.8.	Resultados do Y-Balance Test Direção Posterolateral Membro Inferior Esquerdo.....	35
3.3.9.	Resultados da Comparação entre YBT Direção Posterolateral do Membro Inferior Direito e Esquerdo	36
4.	Discussão.....	37
4.1.	Interpretação dos resultados e relação com a literatura científica atual .....	37
4.2.	Implicações práticas.....	41
4.3.	Limitações .....	41
4.4.	Perspetivas futuras.....	42
5.	Conclusão.....	43
	Referências Bibliográficas.....	44
	Anexos .....	52



## 1. Introdução

Durante a adolescência, é notória uma tendência para a diminuição da frequência e dos níveis de intensidade de atividade física. Mecanismos sensoriomotores imaturos ou regressões na função sensoriomotora que coincidam com este período podem criar um período de elevada vulnerabilidade a lesões(1–3).

À semelhança de estudos realizados acerca das funções sensoriomotoras em populações atléticas(4–11), o presente estudo visa uma população de atletas de ginástica de trampolins com execução da modalidade de duplo mini-trampolim, uma modalidade desportiva que implica força muscular (FM) resistente e explosiva, agilidade, flexibilidade, consciência corporal e equilíbrio. A modalidade envolve uma sequência de movimentos técnicos compostos por três fases principais: o *mount* (salto inicial após corrida de balanço), o *spotter* (execução do elemento gímnic sobre a zona plana do trampolim) e o *dismount* (receção controlada no colchão de quedas)(12).

Em 2006, em Portugal, a prática de ginástica de trampolins apresentava uma taxa de incidência de lesões de 36,2%, sendo cerca de 40% das lesões classificadas como recidivas ou crónicas devido à sobrecarga repetitiva e à instabilidade funcional resultante da mesma(13). Ginastas com pelo menos quinze anos com mais tempo de prática da modalidade e cargas de treino mais elevadas apresentam maior risco de lesão (14). Os membros inferiores (MMII) são mais afetados, correspondendo a 49,6% do total de lesões, com destaque para as articulações do joelho, tibiotársica (TT), pé e dedos. A maioria das lesões reportadas é ligamentar, destacando a vulnerabilidade destas estruturas (13). Nos membros superiores (MMSS) as lesões ósseas são reportadas como sendo as mais prevalentes, e na coluna vertebral predominam as lesões musculares. Segundo Grapton et al. (2013)(13) as receções de grandes alturas são uma das causas de lesões na TT, sobretudo após movimentos que envolvem rotações ou elementos técnicos complexos, onde a execução incompleta do elemento pode resultar numa dorsiflexão (DFlex) excessiva durante a receção, aumentando a vulnerabilidade da articulação. As lesões no joelho são maioritariamente causadas pela execução incompleta de elementos e de um tónus antecipatório inadequado durante a receção. A flexão controlada do joelho é crucial para estabilizar durante a receção no final da rotina que é caracterizada pela absorção controlada da força do trampolim. Por sua vez, os MMSS são frequentemente utilizados para proteção contra quedas, podendo sofrer lesões decorrentes de trauma nestas situações (13). Para além do modo como a receção é executada, a superfície em que esta ocorre influencia a ocorrência e a gravidade das lesões. A ginástica de duplo mini-trampolim apresenta dois tipos de superfícies de receção: o trampolim, nas fases de *mount* e *spotter*, e o colchão de queda, na fase de *dismount*(13). Assim, as ginastas devem estar fisicamente preparadas para



a receção em ambas as superfícies e o treino também deve estar direcionado para tal, respondendo à especificidade do treino à modalidade(15). Os aspetos intrínsecos ou comportamentais como comportamentos que não permitem um tempo de descanso, aquecimento, preparação mental ou falta de adesão a advertências médicas adequados são considerados os mais relevantes para lesões em desportos acrobáticos. Os fatores extrínsecos que podem contribuir para lesões incluem o tipo de superfície de receção, regras de segurança e a função do *spotter* (pessoa que se encontra próximo do trampolim durante a execução do salto para poder ajudar caso o salto não seja executado com correção e se torne perigoso)(13).

Dadas as exigências físicas da ginástica de duplo mini-trampolim, os planos de treino e programas de prevenção de lesões devem ser específicos e complementares. Neste sentido, o presente estudo apresenta um dos fatores cruciais para a estabilidade articular e a capacidade de perceção corporal: a proprioceção.

Charles Sherrington foi o primeiro a definir proprioceção em 1906 como a sensação de estímulos que "têm origem nas ações do próprio organismo"(16). A proprioceção é essencial para movimentos coordenados e ajustes com base no *feedback* sensorial(16). Trata-se de um componente da sensação tátil, que inclui o reconhecimento da cinestesia (perceção do movimento articular) e da sensação de posição articular (SPA). Fusos musculares, cápsulas ligamentares e ligamentos (recetores articulares), tendões (órgãos tendinosos), e pele (recetores cutâneos) possuem mecanorreceptores ativados pelo movimento. Estes geram sinais neurais que permitem identificar a posição e movimento dos membros, ao detetar alterações no alongamento muscular, cutâneo ou articular. A informação proveniente do sistema nervoso periférico (SNP), nos mecanorreceptores, é processada no sistema nervoso central (SNC) para facilitar o controlo neuromuscular e compensar desvios posturais e de movimento(16). Este processamento ocorre tanto a nível da medula espinhal (reflexo) como no córtex cerebral(17). As informações recebidas permitem a perceção espacial e localização de segmentos corporais, sem necessidade de outros sistemas de *feedback*, como é o caso da visão. Contudo, importa salientar que a integração dos diferentes sentidos constitui o meio de *feedback* mais eficaz para a exploração do ambiente e a coordenação do movimento(18). A proprioceção constitui um ciclo contínuo de mecanismos *feedforward* (antecipatórios) e *feedback* (retroativos), mediados pela interação entre os recetores sensoriais periféricos e o SNC, permitindo a modulação precisa da posição e do movimento corporal(17). Assim, é possível criar e reorganizar mapas corticais e melhorar a precisão dos movimentos(19). O equilíbrio resulta dessa mesma integração sensorial, com o SNC a processar informações visuais, vestibulares e somatossensoriais. A proprioceção e a FM são cruciais para a



manutenção do equilíbrio, pois favorecem o controlo neuromuscular, ajustes posturais e respostas adequadas a perturbações na estabilidade corporal(17). O presente estudo inclui a avaliação do equilíbrio dinâmico, já que este é solicitado durante o movimento e, no contexto de ginástica de trampolins, é de elevada importância. Lesões traumáticas ou de outra natureza podem levar a alterações do sistema somatossensorial, aumentando a suscetibilidade a novas lesões e reduzindo o controlo motor e equilíbrio(20). Através de um treino sensoriomotor e de equilíbrio é possível estimular os mecanorreceptores localizados nos músculos, ligamentos e tendões, melhorando o controlo neuromuscular e favorecendo respostas motoras rápidas e eficazes a alterações posturais e de movimento(19,21–28).

Na pré-adolescência e adolescência, mecanismos sensoriomotores, como o processamento neurocognitivo, controlo neuromuscular e regulação postural ainda se encontram em desenvolvimento(1). Com o envelhecimento estas capacidades evoluem promovendo uma noção corporal e social mais desenvolvida. Com a maturação a dependência de estímulos visuais para a regulação postural diminui, permitindo adaptação a alterações posturais mais rápida(1). No entanto, este processo de maturação pode causar regressões motoras temporárias na sensibilidade proprioceptiva podendo afetar áreas específicas como o controlo neuromuscular, a estabilidade postural e a coordenação entre segmentos(1).

Além de alterações decorrentes da idade, também o sexo é um fator importante e que apresenta divergências a nível sensoriomotor(2). A avaliação dos mecanismos de receção ao salto, considerando FM, flexibilidade e estratégias posturais compensatórias, revelou diferenças significativas entre sexos e revelou que a cinemática da receção ao salto varia conforme o estágio de maturação pubertária(29). Em atletas do sexo feminino, o rápido crescimento na puberdade pode não ser acompanhado por desenvolvimento proporcional da FM, que tende a atingir um plateau na transição da infância para a adolescência(30). Nos indivíduos do sexo masculino, a FM aumenta nesse período, associado a alterações endócrinas da puberdade(30). Quatman et al.(31) observaram que o sexo feminino apresenta menor controlo neuromuscular na receção ao salto, reforçando a existência de divergências entre sexos. Adolescentes do sexo masculino mostram maior capacidade para adotar estratégias motoras no plano sagital, evidenciada por maior flexão do joelho e da anca. Esta estratégia está associada ao aumento da força do músculo quadricípite (QQ), reduzindo a dependência de movimentos no plano frontal e atenuando o pico de força na receção ao salto. Em contraste, adolescentes do sexo feminino revelaram menor amplitude de movimento no plano sagital durante a receção ao salto nas fases iniciais da maturação pubertária, fenómeno possivelmente relacionado com a ausência de um incremento



proporcional da FM face ao crescimento e à maturação. Como consequência, observa-se uma maior dependência de estratégias de controlo motor no plano frontal da anca durante o salto e receção ao solo, atenuando as forças de impacto e mantendo uma postura mais ereta(29). A literatura apresenta um estudo longitudinal de Carmen E Quatman et al.(31) que avaliou o ângulo de abdução do joelho em fase de puberdade e adolescência e as suas conclusões complementam-se com as dos autores Di Stefano et al.(29) concluindo que o crescimento rápido não acompanhado pelo desenvolvimento muscular apropriado aumenta o ângulo de valgismo do joelho nos movimentos de receção ao salto, em atletas adolescentes do sexo feminino, elevando o risco de lesões de LCA(31). As diferenças fisiológicas entre sexos podem contribuir para o risco acrescido de lesões observado em adolescentes do sexo feminino no período pós-puberdade, sendo relevante delinear estratégias de intervenção preventiva(32). A puberdade torna-se assim uma fase crucial para prevenção de lesões, devendo programas de exercícios específicos incluir treino de FM e controlo neuromotor, prevenindo padrões de movimento inadequados e fatores de risco para lesões(3). Até ao momento, diferentes programas de intervenção com o objetivo de treino de equilíbrio e de proprioceção têm sido propostos e testados em diferentes contextos, abrangendo a população geral(17,33), crianças e adolescentes(34), atletas de diversas modalidades desportivas(5,7–11), condições clínicas(35–40) e exercícios distintos. Revisões sistemáticas e meta-análises(19,21–26,28,41) compilaram alguns destes programas e retiraram conclusões que permitem criar planos de intervenção apropriados e direcionados ao objetivo de melhorias de equilíbrio e proprioceção.

A análise de programas de intervenção em crianças e adolescentes indica que o volume de treino influencia a magnitude das adaptações, concluindo que durações de treino curtas levam a melhorias, mas que, em programas de treino mais prolongados, as melhorias e as adaptações observadas apresentam maior magnitude(34). Entre as modalidades desportivas já avaliadas ao longo do tempo, destacam-se o basquetebol(10,11), andebol(8,9), voleibol(7) e a ginástica rítmica(5). As conclusões retiradas dos estudos realizados com basquetebolistas mostraram que programas multi-estações de cerca de 20 minutos permitem reduzir a incidência de entorses da tibiotársica, melhoram as capacidades proprioceptivas e diminuem a oscilação postural dos atletas(11). Para além disso, treinos neuromusculares que utilizam o peso corporal também resultam em ganhos de controlo postural e equilíbrio dinâmico(10). Em ambos os estudos(10,11), o programa de intervenção foi desenhado tendo em conta a especificidade da modalidade desportiva. Em estudos com foco no andebol, retiraram-se conclusões semelhantes. Houve melhorias acrescidas de acordo com o aumento da duração do programa e foi possível perceber que 6 semanas já permitem um aumento no recrutamento motor, embora não seja tempo suficiente para provocar



hipertrofia muscular ou aumento da resistência muscular(9). A SPA também apresenta melhorias a longo prazo quando aplicado um programa direcionado e com especificidade à modalidade desportiva contribuindo para a redução de lesões como entorses de TT(8). No voleibol, percebeu-se que 8 semanas de treino de 50 minutos, 3 vezes por semana, melhoram o equilíbrio dinâmico e a SPA da TT, incluindo exercícios com bosú, bola de pilates e superfícies instáveis, muitas vezes com peso adicional e tarefas duplas para aumentar a complexidade(7). Outra área que foi encontrada durante a pesquisa da relação entre o voleibol, a propriocepção e o equilíbrio, é a capacidade que as ligaduras funcionais têm de criar suporte na articulação da TT e de permitir que a propriocepção, o equilíbrio e o salto vertical apresentem melhorias após 2 semanas e também após 2 meses, destacando o seu potencial preventivo(6). Em relação à ginástica, apenas foi encontrado um estudo cujo objetivo foi avaliar os efeitos de um programa proprioceptivo em ginastas rítmicas (5). Este estudo, conduzido por Dobrijevic et al.(5) avaliou ginastas com idades entre os 7 e os 8 anos através de um programa de 12 semanas conduzido 2 vezes por semana com foco no equilíbrio estático. Permitiu encontrar evolução positiva nas ginastas que participaram no programa em comparação com as que apenas participaram nos treinos habituais. Existem também outros estudos cujo objetivo foi a avaliação da propriocepção em ginastas. No entanto, ao contrário do estudo presente, são estudos observacionais, que indicam que ginastas apresentam capacidades proprioceptivas mais evidentes nas articulações da TT e joelho que em pessoas não praticantes de ginástica, sugerindo que a ginástica favorece o desenvolvimento da propriocepção(42).

Os estudos mais frequentes na literatura científica que relacionam diferentes condições clínicas com a propriocepção, abordam a instabilidade articular da TT(35,37,38), situações de entorse da TT(36), lesões ligamentares no joelho (39,40) e a osteoartrose do joelho(27). Estes estudos permitiram concluir que programas de multi-estações são mais eficazes que programas com foco apenas num tipo de exercício(35). A estabilidade articular e a manutenção do equilíbrio são beneficiados com o fortalecimento muscular e o treino proprioceptivo em situações de instabilidade unilateral da TT(37,38). Contudo, apenas seis semanas podem ser insuficientes se o treino não for específico ao objetivo(37). Além disso, treinos de equilíbrio e (facilitação neuromuscular proprioceptiva) PNF após entorse da TT fortalecem a musculatura estabilizadora da TT, melhoram a ativação muscular e permitem reduzir o risco de novas lesões(36).

No joelho, o treino proprioceptivo aliado ao fortalecimento muscular permite melhorias na propriocepção e deve ser implementado em situações de reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA)(39) e após lesões de ligamento cruzado posterior (LCP)(40). Programas aplicados a populações com osteoartrite do joelho(27) relataram melhorias na SPA, dor, amplitude de movimento e funcionalidade, confirmando que



este tipo de treino pode ser eficaz em diferentes condições clínicas. Embora ainda existam poucos estudos com adolescentes nesta área, um estudo demonstrou que seis semanas de treino estruturado foram suficientes para promover ganhos relevantes na proprioção, no equilíbrio e em parâmetros psicomotores, reforçando o papel da faixa etária como período crítico de adaptação(43).

Como evidenciado anteriormente, a literatura científica atual revela a ausência de programas de intervenção sensoriomotora desenhados com foco na ginástica de trampolins, constituindo assim uma lacuna na literatura científica. A criação de um programa direcionado especificamente justifica-se pela necessidade de assegurar que os efeitos do programa são transpostos para a prática desportiva(15) particularmente numa modalidade que exige elevado controlo postural, consciência corporal e estabilidade articular em situações de voo e impacto repetido.

Este estudo teve como objetivo a criação e aplicação de um plano de intervenção sensoriomotor e de equilíbrio dirigido a ginastas de trampolim, pré-adolescentes e praticantes amadoras em contexto competitivo. O programa foi desenhado de modo a ser facilmente implementado em cada sessão de treino, sem exigir um elevado investimento de tempo ou recursos materiais. Pretende-se avaliar o seu impacto na SPA do joelho e da TT, equilíbrio dinâmico e FM dos músculos quadricípites, isquiotibial (IT), gastrocnémio (GN) e peroneal (PR). A hipótese proposta por este trabalho é que o plano criado e implementado com a equipa de ginástica de trampolins melhora as capacidades sensoriomotoras e o equilíbrio dinâmico de ginastas pré-adolescentes em 8 semanas. Deste modo, o presente estudo pretende contribuir para a compreensão e eficácia de programas sensoriomotores adaptados às exigências específicas da ginástica de trampolins. Espera-se que os resultados forneçam informações úteis para a melhoria do desempenho desportivo de ginastas em idade de crescimento, prevenção de lesões e também de base para investigações futuras.



## 2. Métodos

O plano de intervenção sensoriomotor proposto neste projeto, foi avaliado através da aplicação de testes específicos que mensuram variáveis relevantes: a SPA, a FM e o equilíbrio dinâmico.

O estudo presente foi realizado com ginastas de trampolins. Os critérios de inclusão especificaram que todos os participantes fossem do sexo feminino, com idades compreendidas entre 10 e 13 anos. Foram excluídas aquelas com lesões ativas no joelho ou na articulação TT, bem como aquelas com menos de um ano de prática de ginástica de trampolins. Para além disso, durante a seleção dos participantes foi realizado o teste Weight Bearing Lunge Test (WBLT), de modo a excluir as atletas que tivessem um ângulo de flexão da TT inferior a  $34^\circ$  (valor de dorsiflexão máxima teórica da articulação)(44). Os participantes foram selecionados com base numa amostra de conveniência, em função da acessibilidade dos participantes e das condições práticas de execução do estudo, como o nível de assiduidade das atletas e a permissão por parte dos encarregados de educação. Apesar de ser uma estratégia adotada frequentemente em estudos experimentais, reconhece-se que este tipo de seleção da amostra pode induzir num viés de seleção e reduzir a validade externa, uma vez que as características do grupo analisado podem não representar a população total de ginastas. Assim, os resultados devem ser interpretados com cautela quanto à sua generalização. No entanto, a utilização desta amostra possibilitou a obtenção de dados relevantes que poderão ser base para investigações futuras com amostras mais representativas. A avaliação foi conduzida em dois grupos: grupo controlo (GC) e grupo experimental (GE). O tamanho amostral foi calculado através do software G\*Power. Considerou-se um tamanho de efeito (Cohen's d) de 0,8 e um poder estatístico de 0,8, resultando numa amostra necessária de 42 participantes distribuídos igualmente entre o GC e o GE. Originalmente o estudo foi iniciado com 25 participantes no GE e 21 no GC. No entanto, devido a faltas e a lesões não relacionadas com o estudo em questão, apenas participaram na avaliação final 20 participantes no GC e 21 no GE e apenas os dados referentes a estes participantes foram utilizados para a análise estatística. A Figura 1 apresenta os participantes no estudo, a sua divisão em GC e GE e como foi a evolução de cada grupo ao longo das oito semanas de intervenção, indicando lesões ou faltas.

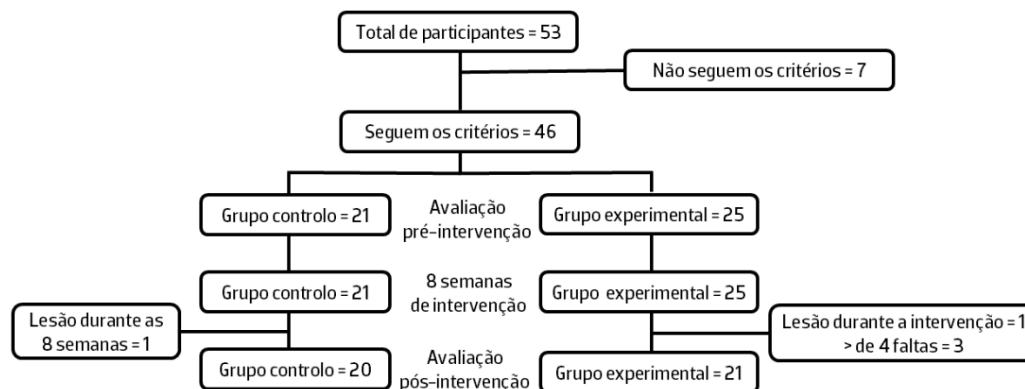


Figura 1 – Fluxograma de seleção de participantes e evolução dos grupos controlo e experimental ao longo do estudo.

Os momentos de avaliação foram antes (pré-intervenção) e após (pós-intervenção) a aplicação do programa de treino sensoriomotor. Os testes utilizados para a avaliação encontram-se descritos no Capítulo 2, sendo eles: avaliação da SPA (goniometria e Kinovea), avaliação da FM (esfigmomanómetro); avaliação do equilíbrio dinâmico (Y-Balance Test – YBT). Como complemento à avaliação foi aplicado um questionário de atividade física a todos os participantes (Anexo I), com o objetivo de identificar possíveis diferenças nos níveis de atividade física semanal dos participantes e evitar que este fosse um fator influenciador dos resultados obtidos. Esta informação permitiu contextualizar os resultados, considerando que participantes que praticam outros desportos regularmente ao longo da semana podem apresentar um desempenho superior em relação às variáveis avaliadas. O instrumento utilizado foi o Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C)(45) desenvolvido por Crocker, Bailey, Faulkner, Kowalski e McGrath em 1997 para avaliar o nível geral de atividade física em idades entre os 8 e os 15 anos. Trata-se de um questionário de autorrelato referente aos últimos 7 dias, composto por 10 itens, dos quais 9 geram uma pontuação média numa escala likert de 1 a 5. Valores mais elevados correspondem a níveis mais altos de atividade física(45). O instrumento é validado e a versão portuguesa demonstrou possuir boa consistência interna e fiabilidade teste-reteste(46,47).

Os encarregados de educação dos participantes foram informados do objetivo do estudo, dos procedimentos realizados e do plano de intervenção em que iriam participar. Foi entregue uma autorização com o consentimento informado para a participação no estudo.

A Tabela 1 apresenta um resumo conciso dos instrumentos utilizados e dos respetivos *outcomes* do estudo.



**Tabela 1** – Quadro resumo dos procedimentos de avaliação utilizados no presente estudo.

Variável avaliada	Método de Avaliação	Outcome
SPA	Goniometria e Kinovea Software na avaliação dos ângulos 67° e 23° do joelho e 34° da TT com os olhos fechados	SPA
FM	Esfigmomanómetro na força muscular isométrica	FM
Y-Balance Test	Y-Balance Test	Equilíbrio dinâmico

## 2.1. Instrumentos e Metodologia de Avaliação

### 2.1.1. Sensação de Posição Articular

A avaliação da SPA é o método mais utilizado para avaliar a capacidade de replicar um ângulo articular previamente definido e pode ser realizada em cadeia cinética aberta ou fechada(48). As avaliações em cadeia cinética fechada têm mostrado maior confiabilidade e melhor correlação com a funcionalidade articular(49). Tendo em conta as condições biomecânicas da ginástica de trampolins, foi aplicado um teste de avaliação da SPA em carga e em cadeia cinética fechada. A posição de avaliação eleita foi o agachamento, pela sua semelhança à posição de receção dos exercícios da modalidade. A avaliação foi realizada em contexto de tela de um trampolim utilizado durante os treinos e provas de competição das atletas. Foi realizada uma marcação na região interarticular lateral do joelho e no maléolo externo para garantir consistência na avaliação do ângulo. A medição foi realizada durante uma repetição de treino com um goniómetro de braço curto, método confiável interavaliador(50). Cada atleta manteve a posição do joelho ou da TT por cerca de 10 segundos. Para evitar influência da visão nos resultados da SPA, os testes foram conduzidos de olhos fechados(18). O agachamento foi avaliado aos 67° de flexão do joelho (posição funcional no dia a dia)(50), 23° de flexão do joelho (posição de maior vulnerabilidade do LCA)(51), e 34° de DFlex da tibiotársica (valor de DFlex máxima da articulação)(44), em avaliações distintas. Cada participante realizou 3 repetições para cada posição articular, sendo registadas as diferenças em relação ao valor angular solicitado. A mensuração foi realizada por meio da análise cinemática com o *software* Kinovea, validado e fiável para a avaliação 2D de parâmetros cinemáticos(52). O *software* tem capacidade para medir com precisão distâncias até 5 metros do objeto e num intervalo de ângulos entre 90° e 45°. Para resultados ótimos é recomendado um ângulo de 90° entre a câmara e segmento do participante a avaliar(52). As avaliações foram filmadas com uma câmara a altura constante e as filmagem foram inseridas no *software* que permitiu gerar a base de dados dos ângulos obtidos.



### 2.1.2. Força muscular

A ação muscular sobre as articulações está intimamente ligada à proprioção(17). No caso dos MMII, a articulação da TT é crucial na manutenção do equilíbrio, já que se encontra próxima da base de suporte corporal, pelo que a sua estabilidade é essencial para a manutenção do equilíbrio(17). Como descrito no Capítulo 1, o rápido crescimento nem sempre é acompanhado por desenvolvimento muscular adequado(30). Este facto é observado no músculo QQ durante a fase de receção ao solo, onde adolescentes do sexo feminino apresentam uma maior dependência do plano frontal como compensação pela falta de capacidade muscular do QQ(29). De modo a entender se existe uma associação entre a FM e a proprioção dos atletas do presente estudo, foi avaliada a FM dos grandes grupos musculares mais envolvidos no controlo e na estabilidade articular do joelho e da TT, as duas articulações em foco no estudo. Foi avaliada a FM dos músculos: QQ, IT, GN e PR. Estes músculos são de fácil e rápida avaliação, permitindo um incentivo para que, idealmente, ao longo da época desportiva, as atletas possam ser facilmente avaliadas e os treinos sejam adaptados e especificados às necessidades de cada atleta.

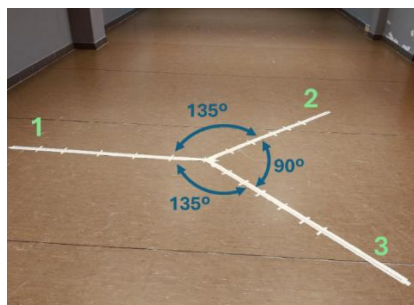
A FM foi avaliada com um esfigmomanómetro, instrumento validado, prático e de baixo custo, com fiabilidade inter e intra-avaliador moderada a forte (53–55). A braçadeira do esfigmomanómetro foi dobrada em quatro partes e segura com dois elásticos de modo a criar uma superfície adequada e consistente para a medição. Para a calibração do instrumento foi colocado um peso de 1kg sobre o esfigmomanómetro e insuflada a braçadeira até 20 mmHg fazendo corresponder os valores. Após retirar o peso o ponteiro apontou novamente para os 0 mmHg, confirmando uma calibração correta do dispositivo. Seguidamente, a braçadeira foi posicionada sobre a inserção terminal do músculo a avaliar e solicitou-se a contração muscular isométrica máxima contra uma superfície. O valor obtido foi dividido por 20, obtendo o valor final da FM em kg. Após familiarização com o movimento, apenas foi necessária uma repetição para obter resultados adequados.(56).

### 2.1.3. Equilíbrio dinâmico

O YBT(57) para o quadrante inferior é um teste que avalia o equilíbrio dinâmico em três direções diferentes (anterior, posteromedial e posterolateral). Permite avaliar valores de performance pré e pós-intervenção, melhorias após a aplicação de programas de exercício e valores de retorno ao exercício(58). Este teste foi desenvolvido a partir do Star Excursion Balance Test (SEBT), com o objetivo de melhorar a fiabilidade e a conveniência do mesmo. De modo a simplificá-lo, foram mantidas as três direções de alcance mais fiáveis(57,59). É um teste que apresenta boa a excelente fiabilidade inter-avaliadores e

intra-avaliadores(59). O mesmo se verifica em crianças do ensino básico apresentando uma fiabilidade boa a excelente entre testes e inter-avaliadores(60).

Neste estudo, a utilização do YBT foi vantajosa porque avaliou o equilíbrio dinâmico no limite da estabilidade, permitindo identificar e ampliar défices e assimetrias subtis(57). O teste foi construído utilizando 3 fitas métricas com a configuração dos ângulos entre cada fita como apresentado na Figura 2. Todos os testes foram realizados sem calçado evitando a estabilidade adicional que ele proporciona.



**Figura 2** – Configuração do YBT. (1) direção anterior; (2) direção posteromedial para o MI direito e posterolateral para o MI esquerdo; (3) direção posteromedial para o MI esquerdo e posterolateral para o MI direito.

O procedimento de avaliação apresentado de seguida foi retirado do manual “Functional Movement Systems”(61) criado pelos próprios autores deste método de avaliação, Gray Cook e Phil Plisky. Os autores referem que o YBT deve ser iniciado com a explicação do objetivo e do procedimento ao participante acompanhado de uma demonstração. O membro inferior (MI) que está em apoio é o que será testado. Os autores Gray Cook e Phil Plisky(61) afirmam que o comprimento do MI é um fator pequeno, mas significativo na distância que o participante alcança. Deste modo, para que os valores entre participantes sejam comparáveis, o comprimento do MI foi medido previamente ao teste.

Para a realização do YBT, os seus autores recomendam o seguinte(61): cada movimento deve ser repetido seis vezes em cada uma das três direções (anterior, posteromedial e posterolateral) para promover a familiarização com o movimento do teste; o pé do participante deve estar posicionado no centro da plataforma, com os dedos alinhados atrás da linha orientadora; em posição de equilíbrio unipodal, o participante deve alcançar a maior distância possível com o MI oposto, sem se apoiar no solo; durante o teste, o participante deve manter as mãos na cintura e em cada tentativa retomar a posição inicial; devem ser realizadas três repetições em cada direção e registado o maior alcance atingido em incrementos de 0,5 centímetros; o teste deve ser iniciado com o pé direito posicionado no centro da plataforma. Alternar os MMII entre as tentativas garante descanso suficiente para resultados mais precisos. A ordem de teste deve ser a seguinte com a realização de três repetições em cada direção: alcance anterior (direito e esquerdo), alcance posteromedial (direito e esquerdo), alcance posterolateral



(direito e esquerdo). Caso existam tentativas falhadas, o participante pode repetir até um máximo de 6 vezes por direção. Contudo, se ocorrerem mais de 4 falhas, o resultado é registado como zero. Erros que invalidam a tentativa incluem: não retornar à posição inicial de forma controlada, apoiar o pé no solo durante o alcance ou pousar o pé sobre o centro do teste. Adicionalmente, o pé de alcance deve retornar ao ponto de partida de forma controlada. Não é permitida a orientação ou correção ativa do movimento por parte do examinador, o mesmo está limitado a repetir as instruções, se necessário. A distância de alcance serve como uma medida de desempenho do teste. Distâncias mais curtas são associadas a défices mecânicos ou do sistema sensoriomotor, sendo, por isso, ideal que seja alcançada a maior distância possível e que o valor se encontre dentro dos valores associados ao percentil da pessoa(62). Existe uma correlação significativa entre a amplitude de movimento da DFlex da TT com suporte de carga máxima e o desempenho na direção anterior do YBT(63). Cerca de 28% da variação do alcance anterior neste teste deve-se à amplitude de movimento de DFlex da TT(63). Assim, limitações da amplitude de movimento da DFlex, podem afetar negativamente o desempenho no YBT(62). As direções de alcance posteromedial (PM) e posterolateral (PL) não aparentam ter uma relação significativa com a DFlex, já que a flexão da anca por si só representa 88,6% e 94,5% da variação nas direções PM e PL, respetivamente(63). Considerando estes fatores, a direção anterior do YBT é um teste clínico importante para avaliar o efeito das restrições de amplitude de movimento de DFlex da TT no equilíbrio dinâmico(62). Neste estudo, a avaliação da amplitude de movimento (ADM) de DFlex da TT é relevante uma vez que valores de alcance anterior menores podem refletir limitações mecânicas e não apenas défices de equilíbrio. Em virtude do exposto, e para efeito de controlo desta variável, o Weight Bearing Lunge Test foi aplicado a todos os participantes.

#### **2.1.4. Weight Bearing Lunge Test**

O WBLT é um teste de avaliação da amplitude de DFlex da articulação tibiotársica em carga. Este método de avaliação apresenta maior relevância em comparação com a avaliação em descarga já que é realizado numa situação que simula as exigências biomecânicas associadas à atividade desportiva e à funcionalidade(64).

Neste estudo a medição angular foi realizada com uma aplicação de inclinómetro de *smartphone* (65), método fiável, prático e de fácil utilização(66). A fiabilidade inter observador (ICC = 0,80 – 0,99) e intra observador (ICC = 0,65–0,99) do WBLT é boa a excelente(67). A pontuação média de mínima diferença clinicamente importante (MCID) é de 4,7° para o intra observador, indicando a alteração mínima da ADM



de DFlex necessária para estar fora do erro do WBLT(67). O erro padrão de medição quando se utiliza um inclinómetro é de 1.3–1.4°(65).

Para a realização do WBLT o participante assume uma postura de *lunge* com o pé firmemente apoiado no solo e realiza a DFlex da TT que se encontra anteriormente. A pélvis deve permanecer em posição neutra, de forma a evitar compensações durante o teste. O teste é composto por três repetições em cada MI, de modo a obter resultados mais confiáveis(67). É avaliado o ângulo formado entre a posição articular neutra da TT e a posição final de DFlex máxima. Como referido anteriormente, o valor de DFlex máxima em carga da TT são 34°(44), por isso, este valor será utilizado como valor de referência para a avaliação do WBLT.

## 2.2. Procedimento de recolha e análise de dados

O presente estudo foi submetido à apreciação da Comissão de Ética em nome da Escola Superior de Saúde do Porto, tendo sido obtido parecer favorável para a sua realização, assegurando que a investigação cumpre os requisitos éticos e legais de acordo com as normas atuais.

A recolha dos dados foi realizada no Pavilhão Cidade de Viseu, local de treino habitual das atletas.

## 2.3. Plano de Intervenção

A criação do programa de treino sensoriomotor e de equilíbrio foi desenhado para melhorar a função sensoriomotora, estabilização funcional e qualidade do movimento. O foco foi: enfatizar o controlo das articulações nos três planos de movimento; apresentar efeitos no desempenho funcional; apresentar efeitos na biomecânica e nos padrões de ativação da musculatura circundante; abordar o atraso no tempo de reação neuromuscular de modo a diminuir a instabilidade dinâmica articular(68).

O fortalecimento de grandes grupos musculares é de grande importância nas fases antecedentes à puberdade(30). Como já foi referido no Capítulo 1, é importante que o QQ seja um foco no fortalecimento muscular, de modo a manter as estratégias de receção ao solo a nível do plano sagital(29). Assim, será possível atenuar a falta de FM que pode levar a lesões. A literatura relata que o treino unipodal em superfície instável tem efeitos positivos na oscilação postural promovendo melhorias no equilíbrio e no controlo postural(33). Blackburn et al. (2000)(17) concluíram que para alcançar uma estabilidade articular e equilíbrio dinâmico adequados é importante que o treino seja uma combinação entre treino de FM e sensoriomotor. Concluíram também que os treinos multimodais são os mais completos e devem prevalecer, dando variabilidade ao programa e aos estímulos aplicados. Assim, de modo a englobar um



plano de exercícios coerente com a literatura científica existente, o programa desenvolvido abrangeu exercícios de equilíbrio, estimulando a propriocepção e exercícios de fortalecimento muscular.

A seleção dos exercícios foi realizada de forma criteriosa, integrando componentes que simulam as exigências dinâmicas da ginástica de trampolins e promovem adaptações neuromusculares adequadas e respondendo à importância de atender à especificidade da modalidade desportiva (15). Cada exercício apresentou progressões, introduzidas conforme os participantes demonstravam maior facilidade, aumentando gradualmente a exigência. O plano de intervenção criado abrangeu 10 exercícios diferentes com o objetivo de desafiar a estabilidade dinâmica através do equilíbrio unipodal com movimento do tronco e membros inferiores associado, fortalecer os músculos QQ, IT, GN e PR e treinar a recepção de carga após um salto de forma estável e controlada. Oito dos exercícios foram realizados no solo com a adição de uma superfície instável nas progressões e dois dos exercícios foram realizados nas superfícies de treino habituais das atletas: o duplo minitrampolim, o colchão de queda e o *Airtrack*. A Tabela 2 apresenta a descrição dos exercícios realizados, bem como o objetivo de cada um. Na Tabela 3, é possível observar os exercícios que constituem o programa, bem como a sua duração e as progressões associadas a cada um. As progressões dos exercícios tiveram como base: aumento de tempo de equilíbrio; adição de uma superfície instável; utilização de halteres nas mãos; olhos fechados. Cada sessão foi organizada por estações rotativas de 1:00 minuto, criando uma sessão de 25 minutos, aproximadamente. É importante salientar que antes dos participantes iniciarem cada sessão foram realizados exercícios de aquecimento adequados. À semelhança de estudos já descritos na literatura científica(19,22–26,28), o plano de intervenção proposto teve uma duração de 8 semanas, com duas sessões semanais de 25 minutos cada uma e foi realizado antes do treino habitual das atletas de forma a maximizar a conveniência e a eficácia e a não comprometer a carga do treino principal.

**Tabela 2** – Exercícios propostos no programa de treino sensoriomotor e os respetivos objetivos.

Exercício	Objetivo
<i>Knee orbits e Equilíbrio unipodal com movimento do tronco com halteres nas mãos*</i>	Exercícios de estabilidade dinâmica. Desafio à estabilidade através do equilíbrio unipodal com movimento do tronco associado. *permite também o fortalecimento dos IT.
<i>Equilíbrio unipodal com rotação direita e esquerda do tronco</i>	
<i>Heel Raise unipodal</i>	Desafio ao equilíbrio dinâmico e fortalecimento dos músculos estabilizadores da TT.
<i>Salto unipodal lateral</i>	
<i>Sit to stand unipodal com cadeira</i>	Desafio ao equilíbrio dinâmico e fortalecimento da musculatura envolvente do joelho.
<i>Agachamento isométrico com apoio posterior</i>	Fortalecimento do QQ.

Salto unipodal de uma caixa para o solo e do solo para a caixa	Desafio da estabilidade do joelho e da TT em simultâneo, complementando o equilíbrio dinâmico, a pliometria e a receção de carga de forma estável e controlada.
Salto unipodal com rotação em duplo minitrampolim com objeto sobre a cabeça	
Zig zag em superfície instável com objeto sobre a cabeça	

Tabela 3 – Programa de treino sensoriomotor aplicado no estudo. Duração do exercício, progressões dos exercícios.

Plano de intervenção sensoriomotora e de equilíbrio dinâmico			
Exercício base			Progressão
Descrição	Imagem	Duração	Imagem e descrição
Aquecimento – Corrida e salto unipodal		durante 2 minutos	
1 – Equilíbrio unipodal com movimento do tronco (A) e Knee orbits. (B) Com halteres nas mãos (alternar os exercícios a cada sessão)		30 segundos em cada MI 2x cada MI	Sobre um colchão – superfície instável 
2– Equilíbrio unipodal com rotação direita e esquerda do tronco		30 segundos em cada MI 2x cada MI	Rotação de tronco unipodal com flexão do joelho e transferência de peso nas mãos 
3– Heel Raise unipodal		1:00 minuto	Lançar e apanhar uma bola 

<p>4 Sit to stand unipodal com cadeira</p>		<p>2x10 reps em cada MI</p>	<p>Agachamento unipodal sem cadeira</p>
<p>5 - Agachamento isométrico com apoio posterior</p>		<p>1:00 minuto</p>	<p>---</p>
<p>6 - Salto unipodal de uma caixa para o solo (A) e do solo para a caixa (B) (balanço inicial bipodal)</p>		<p>10 repetições em cada MI</p>	<p>Balanço inicial unipodal</p>
<p>7 - Salto unipodal lateral</p>		<p>2x10 reps em cada MI</p>	<p>Olhos fechados</p>
<p>8 Y-Balance</p>		<p>Alternar MI durante 1:00 minuto</p>	<p>---</p>
<p>9-Salto unipodal com rotação em duplo minitrampolim com objeto sobre a cabeça</p>		<p>1 rep cada MI</p>	<p>Recessão unipodal</p>
<p>10 - Zig zag em superfície instável com objeto sobre a cabeça <i>(colchão insuflável utilizado nos treinos)</i></p>		<p>Percorrer a linha na direção anterior /posterior com cada MI</p>	<p>Com rotação</p>



## 2.4. Procedimentos Estatísticos

Para o tratamento estatístico dos dados, foi utilizado o *software* SPSS versão 29.0.2.0, para o Windows. Realizou-se uma análise estatística baseada na comparação de SPA, FM e YBT antes e após a intervenção, inter e intragrupo. Também foi analisada a diferença entre os MMII direito e esquerdo. Os critérios de escolha dos testes utilizados para a análise estatística utilizada no presente estudo encontram-se explicitadas na Figura 3.

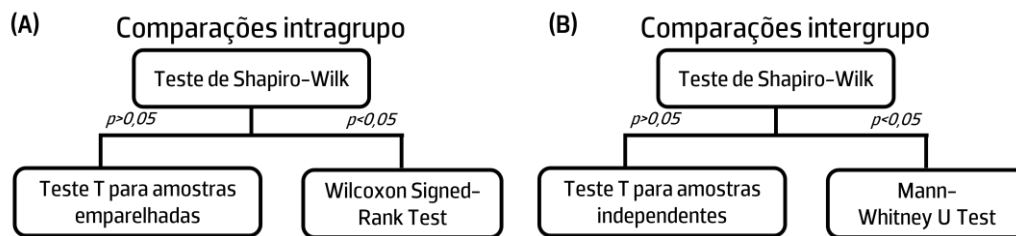


Figura 3 - Fluxogramas representativos dos critérios de seleção dos testes utilizados para a análise estatística da comparação intragrupo (A) e da comparação intergrupo (B).

Para cada resultado foi apresentada a média e o desvio padrão (ou a mediana, quando adequado), o intervalo de confiança a 95%, o valor de  $p$  da normalidade, o teste aplicado, o tamanho do efeito e a conclusão quanto à significância estatística.



### 3. Resultados

Os resultados obtidos da avaliação nos momentos inicial e final da avaliação das atletas participantes neste estudo apresentam-se neste capítulo, bem como a sua análise estatística e o seu significado no estudo.

A análise estatística dos dados recolhidos baseou-se nos seguintes objetivos: a análise dentro do próprio grupo (intragrupo); entre ambos os grupos (intergrupo) e a comparação entre o lado direito e esquerdo dos participantes de cada grupo. Assim, foi possível entender o impacto que o programa sensoriomotor aplicado apresentou no GE e no GC para cada uma das variáveis avaliadas e perceber se este programa tem benefícios em ser aplicado nestes atletas.

Em alguns dos testes realizados foram detetados *outliers* nos dados recolhidos. No entanto, os seus valores foram mantidos durante a análise, visto que não apresentaram alterações significativas após a exclusão dos mesmos. Além disso, estes *outliers* corresponderam a dados provenientes de participantes que, de facto, obtiveram resultados fruto de um desempenho abaixo do esperado, refletindo a variabilidade real do grupo em relação ao objetivo estabelecido. Assim, apesar da dispersão observada, os valores são plausíveis e representam variações legítimas de desempenho, justificando a decisão de os manter na análise.

#### 3.1. Resultados da Sensação de Posição Articular

Em relação à SPA foi criada uma variável de diferença entre o valor recolhido e o valor do ângulo desejado. O objetivo foi entender se ao longo do tempo esta diferença diminuía, ou seja, os valores observados se aproximavam do ângulo esperado e pedido durante a avaliação. A Figura 4 apresenta gráficos *box plot* com os resultados obtidos na avaliação das atletas, podendo ser observada a diferença entre a avaliação inicial e final dos diferentes grupos avaliados. De seguida, serão descritos com maior pormenor os resultados observados nestes gráficos e a sua significância estatística e a relevância no estudo. A Tabela 4 apresenta os valores dos resultados da avaliação da SPA que serão apresentados de forma descritiva em seguida.

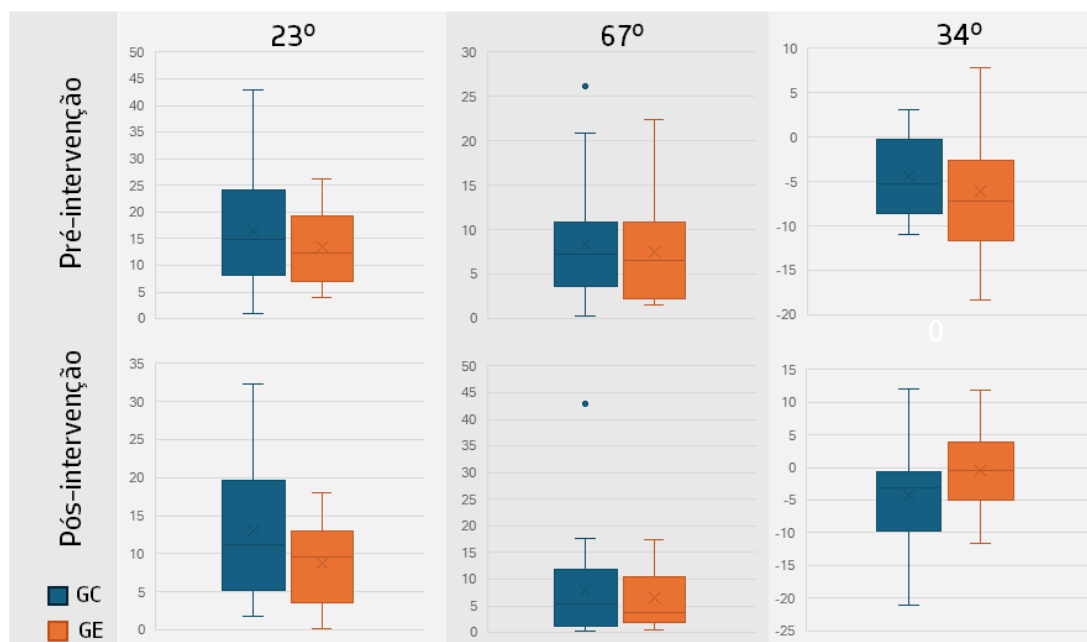


Figura 4 – Gráficos box plot com os resultados da avaliação da SPA.

Tabela 4 – Resultados da avaliação da SPA pré e pós intervenção para os 67° e 23° de flexão do joelho e 34° de dorsiflexão da tibiotársica. Resultados para o GC, GE e para a comparação de ambos. IC – intervalo de confiança; GC – grupo controlo; GE – grupo experimental; D 67° (I/F) – distância do valor obtido ao valor 67° no joelho (inicial/final); D 23° (I/F) – distância do valor obtido ao valor 23° no joelho (inicial/final); D 34° (I/F) – distância do valor obtido ao valor 34° na tibiotársica (inicia/final); NES – NES; ES – estatisticamente significativo; r – coeficiente de correlação de Pearson.

Grupo	Variável	Média ± DP	IC 95% da Média	Mediana	Normalidade	Tipo de teste	Tamanho do efeito	Valor de p	Conclusão	
GC	D 67° (I)	8,32 ± 6,64	[5,21;11,42]	7,22	p=0,016	Wilcoxon	r=0,22	p=0,332	NES	
	D 67° (F)	7,92 ± 9,77	[3,34;12,49]	5,35	p<0,001					
GE	D 67° (I)	7,52±5,94	[4,81;10,22]	6,60	p=0,013	Wilcoxon	r=0,08	p=0,664	NES	
	D 67° (F)	6,41 ± 5,05	[4,11;8,71]	3,83	p=0,056					
GC vs GE	D 67° (F) - D 67° (I) (GC vs GE)	0,4±12,21	[-5,32;6,12]	0,47	p=0,001	U Mann-Whitney	r= -0,04	p=0,794	NES	
		1,11 ± 8,19	[-2,62;4,83]	0,63	p=0,284					
GC	D 23° (I)	16,58±11	[11,43;21,73]	14,93	p=0,272	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d≈ 0,44	p=0,031	ES	
	D 23° (F)	12,94±8,94	[8,76;17,12]	11,22	p=0,177					
GE	D 23° (I)	13,52±6,83	[10,41;16,62]	12,20	p=0,241	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈ 0,80	p>0,001	ES	
	D 23° (F)	8,78±5,36	[6,34;11,22]	9,53	p=0,371					
GC vs GE	D 23° (F) - D 23° (I) (GC vs GE)	GC	3,67±8,53	[-0,33;7,66]	4,64	p=0,744	Teste T para amostras independentes	Cohen's d ≈ 0,22	p=0,241	NES
		GE	5,30±6,00	[2,57;8,03]	6,53	p=0,108				
GC	D 34° (I)	-4,44 ± 4,31	[-6,46; -2,42]	-5,25	p=0,311	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈ -0,019	p=0,467	NES	
	D 34° (F)	-4,28 ± 7,08	[-7,60; -0,97]	-3,18	p=0,664					
GE	D 34° (I)	-6,11 ± 7,33	[-9,44; -2,77]	-7,17	p=0,343			p=0,006	ES	



	D 34°(F)		-0,37 ± 6,49	[-3,32;2,59]	-0,50	p=0,889	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈ -0,60		
GC vs GE	D 34°(F) - D 34° (I) (GC vs GE)	GC	-0,15 ± 8,18	[-3,96;3,65]	-0,62	p=0,959	Teste T para amostras independentes	Cohen's d ≈ -0,63	p=0,026	ES
		GE	-5,74 ± 9,61	[-10,12;-1,37]	-4,30	p=0,992				

Em formato de síntese, visando proporcionar uma visualização mais clara e objetiva dos resultados alcançados, a Tabela 5 apresenta a significância estatística dos testes obtidos na análise estatística.

Tabela 5 – Tabela resumo da análise estatística dos resultados da SPA.

	Sensação de Posição Articular		
	23°	67°	34°
Controlo			
Experimental			
Controlo vs Experimental			

Estatisticamente significativo    
 Não estatisticamente significativo

### 3.1.1. Resultados da Sensação de Posição Articular aos 67° de Flexão do Joelho

A observação dos resultados da SPA no ângulo de 67° de flexão do joelho (Tabela 4) no GC revelaram que, apesar de ao longo do tempo ter havido uma aproximação subtil ao valor desejado (mediana inicial = 7,22; mediana final = 5,35), não houve diferença estatisticamente significativa entre o momento inicial e o final ( $p = 0,332$ ). Foi utilizada a mediana na análise dos valores, visto ter sido utilizado o teste de Wilcoxon, para dados que não seguem a normalidade. O tamanho do efeito calculado foi pequeno ( $r \approx 0,22$ ), reforçando a ausência de evidência de uma mudança sistemática. O GE também apresentou uma aproximação ao valor esperado (mediana inicial = 6,60; mediana final = 3,83), no entanto, não se apresentou como sendo estatisticamente significativa ( $p=0,664$ ; poder de teste = 0,08). A observação dos *ranks* (classificações negativas =12; classificações positivas=9; classificações empates=0) permite verificar que houve uma maior tendência à mudança no sentido de aproximação ao valor 67°. A análise intergrupo realizada através do teste Mann-Whitney U revelou que não houve diferença estatisticamente significativa entre ambos os grupos ( $p=0,794$ ), o que leva a crer que a melhoria não foi maior num grupo que no outro. Estes resultados sugerem que os efeitos do programa neste parâmetro



no GE podem ter sido limitados, não se distinguindo claramente do comportamento natural observado no GC.

### **3.1.2. Resultados da Sensação de Posição Articular aos 23° de Flexão do Joelho**

Em relação à avaliação da SPA do joelho aos 23° (Tabela 4), o teste T para amostras emparelhadas revelou que o GC apresentou melhorias estatisticamente significativas ao longo do tempo ( $p=0,031$ ; Cohen's  $d \approx 0,44$ ), tendo a média diminuído de um valor inicial de  $16,58 \pm 11,00$  para um valor final de  $12,94 \pm 8,94$ , evidenciando aproximação ao valor 23° de flexão do joelho. O GE também mostrou melhorias (média inicial =  $13,52 \pm 6,83$ ; média final =  $8,78 \pm 5,36$ ), sendo estas estatisticamente significativas e com um tamanho de efeito grande ( $p > 0,001$ ; Cohen's  $d \approx 0,80$ ). Quando comparadas as melhorias de ambos os grupos, através do teste T para amostras independentes, observa-se uma aproximação ao valor 23° maior no GE. No entanto, esta diferença não é estatisticamente significativa ( $p=0,241$ ), não sendo possível dizer que houve maiores melhorias de um grupo em relação ao outro. Ou seja, tanto o treino habitual como o programa implementado podem ter contribuído para ganhos na SPA do joelho nesta amplitude.

### **3.1.3. Resultados da Sensação de Posição Articular aos 34° de Dorsiflexão da TT**

Em relação à análise do ângulo 34° de flexão da TT (Tabela 4), os resultados do teste T para amostras emparelhadas relativos ao GC mostraram que, apesar de a média ter aumentado ao longo do tempo (média inicial =  $-4,44 \pm 4,31$ ; média final =  $-4,28 \pm 7,08$ ) as alterações não foram estatisticamente significativas ( $p=0,467$ ). Para esta análise, o tamanho do efeito foi pequeno ( $|Cohen's d| \approx 0,019$ ), reforçando que a aproximação ligeira ao valor angular desejado não é relevante. O GE, apresentou melhorias estatisticamente significativas ( $p=0,026$ ), havendo aproximação do ângulo avaliado ao valor esperado ao longo do tempo (média inicial =  $-6,11 \pm 7,33$ ; média final =  $-0,37 \pm 6,49$ ). O teste aplicado teve um efeito médio (Cohen's  $d \approx -0,60$ ), reforçando a significância estatística do teste. Em relação à comparação entre grupos, o teste T para amostras independentes, mostrou que houve melhorias estatisticamente significativas ( $p=0,026$ ; Cohen's  $d \approx -0,63$ ), ou seja, é possível concluir que o GE teve melhorias mais relevantes que o GC (média GE =  $-5,74$ ; média do GC =  $-0,15$ ).

A melhoria no GE em relação ao GC reforça que o programa aplicado levou efetivamente a melhorias na SPA ao longo das 8 semanas, reforçando a utilidade do programa como estratégia complementar para otimizar o desempenho articular das atletas.



### 3.2. Resultados da Avaliação da Força Muscular

Foi avaliada a FM das atletas no início e no final da intervenção. A hipótese de estudo proposta foi que a FM aumentasse ao longo do tempo de uma forma mais significativa no GE que no GC. Cada músculo, foi avaliado no MI direito e esquerdo e os seus valores foram comparados, de modo a compreender se houve preferência na lateralidade. A Figura 5 apresenta gráficos *box plot* com os resultados obtidos na avaliação das atletas, podendo ser observada a diferença entre a avaliação pré e pós-intervenção dos diferentes grupos avaliados. A Tabela 6 apresenta os valores dos resultados da avaliação da FM dos quadríceps, isquiotibiais, gastrocnémios e peroniais que serão apresentados de forma descritiva em seguida. A Tabela 7 apresenta os valores dos resultados da análise estatística da comparação entre os MMII direito e esquerdo, realizada para verificar se a lateralidade afetava os resultados. De seguida, serão descritos com maior pormenor os resultados observados nestes gráficos e a sua significância estatística.

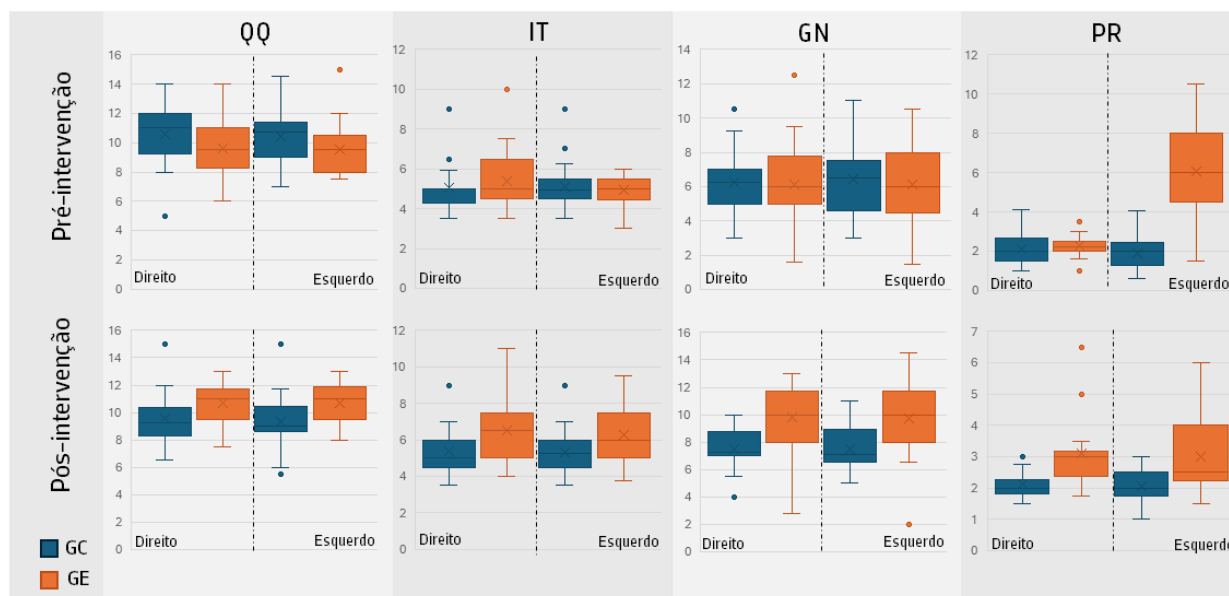


Figura 5 – Gráficos box plot com os resultados da avaliação da FM dos quadríceps, isquiotibiais, gastrocnémios e peroniais.

**Tabela 6** – Resultados da avaliação da FM pré e pós intervenção para os músculos quadríceps, isquiotibiais, gastrocnémios e peroniais. Avaliação do GC, GE e comparação entre ambos. IC – intervalo de confiança; GC – grupo controlo; GE – grupo experimental; FM QQ/IT/GN/PR D – diferença entre os valores inicial e final da força muscular no quadríceps/isquiotibial/gastrocnémio/peronial direito; FM QQ/IT/GN/PR E – diferença entre os valores inicial e final da força muscular no quadríceps/isquiotibial/gastrocnémio/peronial esquerdo; NES – NES; ES – estatisticamente significativo; r – coeficiente de correlação de Pearson.

Grupo	Variável	Média ± DP	IC 95% da Média	Mediana	Normalidade	Tipo de teste	Tamanho do efeito	Valor de p	Conclusão
GC	FM QQD	-0,98 ± 2,61	[-2,20;0,25]	-1,00	p=0,961	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈ 0,82	p=0,056	NES



GE	FM QQ D	1,02 ± 2,26	[-0,05;2,05]	1,00	p=0,627	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈ 1,03	p=0,026	ES
GC vs GE	FM QQ D	---	---	---	Ambos seguem a normalidade	Teste T para amostras independentes	Cohen's d ≈ 0,82	p=0,006	ES
GC	FM QQ E	-1,11 ± 2,46	[-2,27;0,04]	-1,00	p=0,660	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈ 0,451	p=0,029	ES
GE	FM QQ E	1,19 ± 1,99	[0,28;2,10]	1,50	p=0,636	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈ 0,596	p=0,006	ES
GC vs GE	FM QQ E	---	---	---	GC e GE normais	Teste T para amostras independentes	Cohen's d ≈ 1,03	p=0,001	ES
GC	FM IT D	0,32 ± 0,82	[-0,07;0,69]	0,00	p=0,004	Wilcoxon	r ≈ -0,347	p=0,121	NES
GE	FM IT D	1,13 ± 1,60	[0,40;1,86]	1,00	p=0,003	Wilcoxon	r ≈ -0,687	p=0,002	ES
GC vs GE	FM IT D	Média dos postos GE (24,79) > GC (17,03)	---	---	P < 0,05 para o momento final	Mann-Whitney U	r ≈ -0,37	p=0,037	ES
GC	FM IT E	0,19 ± 0,83	[-0,200;58]	0,00	p=0,131	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈ 0,225	p=0,163	ES
GE	FM IT E	1,31 ± 1,28	[0,73;1,89]	1,00	p=0,033	Teste de Wilcoxon	r ≈ 0,80	p=0,033	ES
GC vs GE	FM IT E	---	---	---	GE não segue normalidade	Teste de Mann-Whitney U	r ≈ 0,51	p=0,001	ES
GC	FM GND	1,250 ± 1,732	[-2,06; 0,44]	1,50	p=0,576	Teste t para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈ 0,72	p=0,004	ES
GE	FM GND	3,62 ± 1,80	[2,81;4,44]	4,00	p=0,124	Teste t para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈ 1,798	p < 0,001	ES
GC vs GE	FM GND	Média GE > Média GC	---	---	---	Teste t para amostras independentes	Cohen's d ≈ 1,766	p < 0,001	ES
GC	FM GNE	1,00 ± 2,03	[0,05;1,95]	1,75	p=0,036	Wilcoxon	r ≈ -0,456	p=0,041	ES
GE	FM GNE	3,62 ± 1,85	[2,78;4,46]	4,00	p=0,094	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈ 1,85	p < 0,001	ES
GC vs GE	FM GNE	Média GE > Média GC	---	---	---	Mann-Whitney U	r ≈ -0,553	p < 0,01	ES
GC	FM PR D	0,0125 ± 0,67	[-0,33;0,30]	0,00	p=0,018	Wilcoxon	r ≈ -0,122	p=0,586	NES
GE	FM PR D	0,82 ± 1,01	[0,36;1,28]	0,70	p=0,011	Wilcoxon	r ≈ -0,709	p=0,001	ES



GC vs GE	FM PR D	Média GE > média GC	---	---	---	Mann-Whitney U	r=0,394	p=0,011	ES
GC	FM PR E	0,15±0,57	[-0,12;0,42]	0,25	p=0,775	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈0,579	p=0,135	NES
GE	FM PR E	1,00±0,95	[0,59;1,42]	0,95	p=0,397	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈0,91	p<0,001	ES
GC vs GE	FM PR E	Média GE > média GC	---	---	---	Teste T para amostras independentes	Cohen's d ≈0,76	p<0,001	ES

**Tabela 7** - Resultados da análise estatística da comparação entre os membros inferiores direito e esquerdo para a avaliação da FM dos quadríceps, isquiotibiais, gastrocnémios e peroniais. IC – intervalo de confiança; GC – grupo controlo; GE – grupo experimental; FM QQ/IT/GN/PR D vs. E – diferença entre os valores inicial e final da força muscular no quadríceps/isquiotibial/gastrocnémio/peronial direito em comparação com o esquerdo; F – final; I – inicial; NES – NES; ES – estatisticamente significativo; r – coeficiente de correlação de Pearson.



Grupo	Variável	Média da diferença (final – inicial)		Teste utilizado	Poder do teste	Valor de p	Conclusão
GC	FM QQD vs. E	D	-0,975 ± 2,164	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈ 0,059	p=0,769	NES
		E	-1,113 ± 2,465				
GE	FM QQD vs. E	D	1,02 ± 2,26	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈ -0,126	p=0,569	NES
		E	1,19 ± 1,99				
GC vs. GE	FM QQD vs. E (final – inicial)	GC	0,138 ± 2,06	Teste T para amostras independentes	Cohen's d ≈ 0,177	p=0,580	NES
		GE	-0,167 ± 1,32				
GC	FM ITD vs. E	D	0,32±0,82	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈ 0,201	p=0,191	NES
		E	0,19±0,83				
GE	FM ITD vs. E	D	1,13±1,59	Wilcoxon	r ≈ -0,102	p=0,641	NES
		E	1,31±1,28				
GC vs. GE	FM ITD vs. E (F-I)	GC	-0,13±0,64	Mann-Whitney U	r ≈ -0,161	p=0,304	NES
		GE	0,18±1,02				
GC	FM GND vs. E	D	1,250±1,732	Wilcoxon	r=0,23	p=0,305	ES
		E	1,00±2,03				
GE	FM GND vs. E	D	3,62±1,80	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈1,42	p=0,491	ES
		E	3,62±1,85				
GC vs. GE	FM GND vs. E (F-I)	GC	0,25±1,15	Mann-Whitney U	r≈-0,039	p=0,803	ES
		GE	1,27±1,42				
GC	FM PRD vs. E	D	-0,0125±0,67	Wilcoxon	r≈-0,15	p=0,512	NES
		E	0,15±0,57				
GE	FM PRD vs. E	D	0,82±1,01	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d ≈0,77	p=0,145	NES
		E	1,00±0,95				
GC vs. GE	FM PRD vs. E (F-I)	GC	-0,16±0,87	Teste Mann-Whitney U	r=0,002	p=0,990	NES
		GE	-0,18±0,77				



De modo a visualizar com maior facilidade os resultados obtidos da análise estatística dos valores da FM, apresenta-se a Tabela 8.

**Tabela 8** – Tabela resumo da análise estatística dos resultados da FM. QQ–quadricípite, IT (isquiotibial), GN (gastrocnémio), PR (peronial), D (direito), E (esquerdo).

	Força Muscular							
	QQ D	QQ E	IT D	IT E	GN D	GN E	PR D	PR E
Controlo	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗
Experimental	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Controlo vs Experimental	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

 Estatisticamente significativo
  Não estatisticamente significativo

### 3.2.1. Resultados da Força Muscular do Quadricípite Direito

Para o músculo QQ direito (Tabela 6) o GC apresentou uma média da diferença do momento inicial para o momento final de  $\mu = -0,98 \pm 2,61$ . Visto que a variável seguia a normalidade ( $p=0,961$ ), foi utilizado um teste T para amostras emparelhadas que indicou que este grupo não apresentou melhorias estatisticamente significativas ( $p=0,056$ ; Cohen's  $d \approx 0,82$ ;  $IC = [-2,20; 0,25]$ ). O GE também seguiu a normalidade ( $p=0,627$ ) sendo utilizado o mesmo teste. Esta variável apresentou uma média da diferença do momento inicial para o momento final de  $1,02 \pm 2,26$  e as melhorias positivas observadas foram estatisticamente significativas com um poder de teste elevado ( $p=0,026$ ; Cohen's  $d \approx 1,03$ ). Após esta análise, foi realizado um teste T para amostras independentes, de modo a perceber se esta melhoria do GE em comparação com o GC era, de facto, estatisticamente significativa, sendo comprovado que foram estatisticamente significativas ( $p=0,006$ ), confirmando a hipótese de estudo proposta.

Estes achados sugerem que o programa de treino promoveu ganhos relevantes na ativação e no desempenho do quadricípite direito no GE, em contraste com a ausência de progresso no GC. Esta diferença reforça a eficácia do protocolo em potenciar a função muscular.

### 3.2.2. Resultados da Força Muscular do Quadricípite Esquerdo

Para o músculo QQ esquerdo (Tabela 6), foi utilizado um Teste T para amostras emparelhadas, visto a variável seguir a normalidade ( $p=0,660$ ). O teste indicou que houve alterações estatisticamente significativas entre o momento inicial e o momento final no GC (média =  $-1,11 \pm 2,46$ ;  $p=0,029$ ; Cohen's  $d = -0,451$ ). No entanto, estas alterações ao longo do tempo não são melhorias, mas sim perda de FM. O GE (média =  $1,19 \pm 1,99$ ) atendeu à normalidade dos dados ( $p=0,636$ ) sendo utilizado um Teste T para



amostras emparelhadas que revelou um aumento de FM estatisticamente significativo ao longo do tempo ( $p=0,006$ ; Cohen's  $d \approx 0,596$ ), corroborando a hipótese de estudo de que a intervenção aplicada aumenta a FM do QQ. Quando comparado o GC com o GE através de um teste T para amostras independentes, concluiu-se que o GE obteve melhorias estatisticamente significativas quando comparado com o GC e com um tamanho de efeito elevado ( $p=0,001$ ; Cohen's  $d \approx -1,03$ ).

Estes resultados demonstram que enquanto os ginastas sem intervenção perderam força no quadríceps esquerdo, os que participaram no programa de treino não só evitaram essa perda como alcançaram ganhos significativos. Reforçando a importância do treino sensoriomotor na preservação e desenvolvimento muscular.

### **3.2.3. Resultados da Comparação entre a Força Muscular do Quadríceps Direito e Esquerdo**

A comparação entre os MMII foi realizada através de testes paramétricos (Tabela 7). O GC apresentou um poder de teste muito baixo (Cohen's  $d=0,059$ ) e sem diferenças estatisticamente significativas entre o MI direito e o esquerdo ( $p=0,769$ ). O GE apresentou um poder de teste muito baixo (Cohen's  $d=-0,126$ ) e sem diferenças estatisticamente significativas entre os membros inferiores ( $p=0,569$ ). Comparando o GC com o GE também não se encontraram evidências de qualquer diferença estatisticamente significativa. Isto significa que no músculo QQ, a lateralidade do MI avaliado não interferiu nos resultados. Estes dados sugerem que o programa de treino produziu efeitos consistentes em ambos os MMII, sem favorecer especificamente o lado dominante ou não dominante. Isto é relevante para a prática desportiva, pois indica que o protocolo pode ser aplicado de forma equilibrada, promovendo ganhos simétricos na força muscular das ginastas.

### **3.2.4. Resultados da Força Muscular do Isquiotibial Direito**

Os valores obtidos da análise da FM do IT direito encontra-se apresentada na Tabela 6. Para o MI direito, o GC (média =  $0,32 \pm 0,82$ ; IC =  $[-0,07; 0,69]$ ; mediana = 0,00) foi testado quanto à normalidade para a variável da diferença entre os momentos de avaliação. A variável não seguiu a normalidade ( $p=0,004$ ), sendo utilizado o teste de Wilcoxon para a análise estatística. O teste obteve um efeito pequeno (Cohen's  $d \approx 0,39$ ) e um valor de  $p=0,121$ . Concluiu-se que não existiram alterações estatisticamente significativas ao longo das 8 semanas no GC. No GE (média =  $1,13 \pm 1,60$ ; IC =  $[0,40; 1,86]$ ; mediana = 1,00) a variável também não seguiu a normalidade ( $p=0,003$ ), tendo sido utilizado o teste de Wilcoxon. Os resultados mostraram-se estatisticamente significativos ( $p=0,002$ ) com um poder de teste grande (Cohen's  $d \approx 0,71$ ). Assim, concluiu-se que, no GE, houve melhorias estatisticamente significativas após a aplicação do



programa de intervenção. A comparação intergrupo entre os valores do GC com o GE, foi realizada através do teste de Mann-Whitney U visto a normalidade das variáveis não ter sido verificada. A média dos postos no GE (24,79) e a do GC (17,03) mostrou que houve maiores melhorias no GE que no GC. O poder de teste foi pequeno, mas relevante e com um valor de  $p=0,037$ , mostrando que o GE obteve mais melhorias que o GC e que esta alteração é estatisticamente significativa no MI direito. Estes resultados indicam que o programa de treino promoveu ganhos efetivos na força do isquiotibial direito, superando a evolução natural observada no grupo controlo.

### **3.2.5. Resultados da Força Muscular do Isquiotibial Esquerdo**

Para o MI esquerdo (Tabela 6), o GC (média= $0,19 \pm 0,83$ ; IC= $[-0,200,58]$ ; mediana= $0,00$ ) seguiu a normalidade ( $p=0,131$ ), tendo sido utilizado um teste T para amostras emparelhadas que apresentou um efeito pequeno (Cohen's  $d \approx -0,225$ ) e um valor de  $p=0,163$ . Assim, pode ser afirmado que não existem alterações estatisticamente significativas no GC após as 8 semanas. O GE (média= $1,31 \pm 1,28$ ; IC= $[0,73;1,89]$ ; mediana= $1,00$ ) não seguiu a normalidade para a variável diferença entre o momento inicial e o final nos IT, tendo sido utilizado o teste de Wilcoxon. O efeito do teste foi grande ( $r \approx 0,80$ ) e o valor de  $p=0,033$ , mostrando que após as 8 semanas de intervenção, houve aumento de força estatisticamente significativo no músculo IT direito no GE. Quando comparados os grupos através do Teste Mann-Whitney U, concluiu-se que o GE obteve melhorias estatisticamente significativas ( $p=0,001$ ;  $r \approx 0,51$  (efeito grande)) quando comparado com o GC. A análise dos postos médios confirmou a melhoria mais evidente do GE mostrando valores mais elevados deste (postos médios GC= $14,80$ ; postos médios GE= $26,90$ ). Estes resultados indicam que o programa de treino promoveu ganhos significativos na força do IT esquerdo, superando claramente a evolução natural observada no grupo controlo.

### **3.2.6. Resultados da Comparação entre a Força Muscular do Isquiotibial Direito e Esquerdo**

O MI direito foi comparado com o MI esquerdo para o músculo IT (Tabela 7). Os testes realizados não apresentaram alterações estatisticamente significativas (GC -  $p=0,191$ ; GE -  $p=0,641$ ; GC vs. GE -  $p=0,304$ ) entre os MI direito e esquerdo em nenhum dos grupos. Isto indica que a FM e a sua evolução é independente da lateralidade dos participantes promovendo ganhos simétricos na força do isquiotibial.

### **3.2.7. Resultados da Força Muscular Gastrocnémio Direito**

Para o músculo GN direito (Tabela 6) os resultados dos testes mostram que, no GC (média= $1,250 \pm 1,732$ ; IC= $[-2,06; -0,44]$ ), houve uma diferença estatisticamente significativa ( $p=0,004$ ; Cohen's  $d \approx 0,72$ ) entre



ambos os momentos de avaliação, indicando um aumento de FM nos GN das participantes. O GE (média=3,62±1,80; IC= [2,81;4,44]) apresentou normalidade, sendo realizado o teste t para amostras emparelhadas. A conclusão do mesmo indica que existem alterações estatisticamente significativas intragrupo controlo ( $p < 0,001$ ; Cohen's  $d \approx 1,798$ ). Quando comparados ambos os grupos, encontrou-se uma média da diferença entre os dois momentos, inicial e final, superior no GE em relação ao GC. O Teste T para amostras independentes, revelou que existem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ( $p < 0,001$ ; Cohen's  $d \approx 1,766$ ) sendo possível dizer que, apesar de ambos os grupos apresentarem aumento de FM ao longo do tempo de avaliação, o GE apresenta mais melhorias que o GC no MI direito. Estes resultados indicam que o programa de treino promoveu ganhos expressivos na força do GN direito, superando claramente o progresso natural do GC.

### **3.2.8. Resultados da Força Muscular Gastrocnémio Esquerdo**

Na avaliação do gastrocnémio do MI esquerdo (Tabela 6), o GC (média=1,00±2,03; IC=[0,05;1,95]) não seguiu a normalidade ( $p = 0,036$ ) tendo sido utilizado um teste de Wilcoxon para a análise intragrupo. Esta análise resultou num valor de  $p = 0,041$  com um tamanho de efeito médio ( $r \approx -0,456$ ). Concluiu-se que houve aumento de FM entre os momentos de avaliação inicial e final no GC. Para o GE (média=3,62±1,85; IC= [2,78;4,46]) foi realizado um teste T para amostras emparelhadas, visto a variável seguir a normalidade ( $p = 0,094$ ). Os resultados mostraram-se estatisticamente significativos ( $p < 0,001$ ; Cohen's  $d \approx 1,85$ ), revelando que houve um aumento de FM entre o momento inicial e final de avaliação das atletas. Tendo em conta que ambos os grupos apresentaram aumento de FM, foi realizada a análise intergrupo através do teste Mann-Whitney U. A média de diferença entre os momentos de avaliação foi superior no GE quando comparado com o GC, pelo que se supõe aumento de força maior no GE. Esta melhoria foi comprovada pelo teste Mann-Whitney U ( $p < 0,01$ ;  $r \approx -0,553$ ). Estes resultados indicam que o programa de treino proporcionou ganhos expressivos na força do GN esquerdo no GE, superando o progresso observado no GC.

### **3.2.9. Resultados da Comparação entre a Força Muscular do Gastrocnémio Direito e Esquerdo**

A avaliação da comparação entre ambos os MMII (Tabela 7) permitiu concluir que nenhum dos testes intragrupo ou intergrupo se apresentou estatisticamente significativo, sendo as diferenças entre os membros inferiores direito e esquerdo irrelevantes. Estes dados indicam que o programa de treino produziu efeitos simétricos em ambos os MMII, promovendo ganhos simétricos de força no GN.



### 3.2.10. Resultados da Força Muscular Peronial Direito

A avaliação intragrupo no GC para a FM do músculo PR direito (Tabela 6) foi realizada através da aplicação do teste não paramétrico de Wilcoxon devido à violação da normalidade dos dados ( $p=0,018$ ). A análise do mesmo revelou que a soma dos postos das diferenças positivas (valor = 9) (valores de FM que aumentaram do momento inicial para o momento final) foi superior quando comparado com a soma dos postos das diferenças negativas (valor = 7), indicando uma tendência para o aumento da FM após as 8 semanas de intervalo entre avaliações. No entanto, o teste estatístico de Wilcoxon não revelou diferença significativa entre os momentos inicial e final da intervenção ( $r=-0,122$ ,  $p = 0,586$ ), revelando ausência de mudança significativa na FM do PR direito ao longo do tempo no GC. No GE também foi utilizado o teste de Wilcoxon ( $p =0,011$ ) revelando uma diferença estatisticamente significativa entre os momentos inicial e final da intervenção ( $r=-0,709$ ;  $p = 0,001$ ) e indicando uma melhoria significativa na FM do PR direito no GE. A análise das classificações revelou que 15 participantes apresentaram aumento na FM ao longo do estudo (soma das classificações positivas=160,00; posto médio=10,67). Apenas 3 participantes apresentaram redução na FM (soma das classificações negativas = 11,00; posto médio = 3,67), enquanto 3 casos mantiveram valores iguais. Estes resultados sugerem que a intervenção aplicada foi eficaz para aumentar a FM do PR direito neste grupo. A comparação intergrupo da FM do PR direito foi avaliada através do teste Mann-Whitney U, devido à não normalidade dos dados. Os postos médios indicam uma diferença clara entre os grupos, com o posto médio do GE (25,60) superior que o GC (16,18), sugerindo uma maior melhoria na FM do GE. O teste revelou uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $r=0,394$ ;  $p = 0,011$ ), indicando que o GE apresentou uma evolução significativamente maior na FM do PR direito em relação ao GC confirmando que o programa de treino foi eficaz em promover ganhos significativos de força no PR direito.

### 3.2.11. Resultados da Força Muscular Peronial Esquerdo

O músculo peronial no MI esquerdo (Tabela 6) apresentou resultados promissores. Para a análise intragrupo no GC (média= $0,15\pm 0,57$ ; IC=  $[-0,12;0,42]$ ) foi utilizado um Teste T para amostras emparelhadas que revelou não existirem alterações estatisticamente significativas entre o momento inicial e final na FM ( $p =0,135$ ; Cohen's  $d \approx 0,579$ ). O GE (média= $1,00\pm 0,95$ ; IC=  $[0,59;1,42]$ ) revelou que houve um aumento de força estatisticamente significativo entre ambos os momentos de avaliação ( $p <0,001$ ; Cohen's  $d \approx 0,91$ ). A análise intergrupo revelou que o GE obteve melhorias estatisticamente significativas maiores que o GC. Estes resultados sugerem que o programa de treino foi eficaz em aumentar a força do peronial esquerdo.

### 3.2.12. Resultados da Comparação entre a Força Muscular do Peroneal Direito e Esquerdo

A análise inter e intragrupo para a comparação entre o MI direito e esquerdo para os PR (Tabela 7) não apresentou qualquer diferença estatisticamente significativa entre os lados, mostrando a irrelevância da lateralidade para a avaliação atual. Estes dados indicam que o programa de treino promoveu ganhos musculares consistentes e simétricos nos músculos PR, sem favorecer um lado específico. Esta simetria pode ser importante para a execução equilibrada dos movimentos de trampolim e para a prevenção de desequilíbrios musculares que poderiam aumentar o risco de lesões.

### 3.3. Resultados da Avaliação do Y-Balance Test

Foi avaliado o equilíbrio dinâmico através do YBT. Para a análise dos resultados foi criada uma variável que representa a proporção entre a medida alcançada na realização do teste e o respetivo comprimento do MI de cada atleta. Foram avaliadas as distâncias em três direções diferentes: anterior, posteromedial e posterolateral. A Figura 6 apresenta gráficos *box plot* com os resultados obtidos na avaliação das atletas, podendo ser observada a diferença entre os momentos pré e pós-intervenção dos grupos avaliados. A Tabela 9 apresenta os valores da análise estatística realizados para cada grupo e para a interação entre ambos e a Tabela 10 apresenta a comparação entre os MMII direito e esquerdo. De seguida, serão descritos com maior pormenor os resultados observados nestes gráficos e a sua significância estatística.

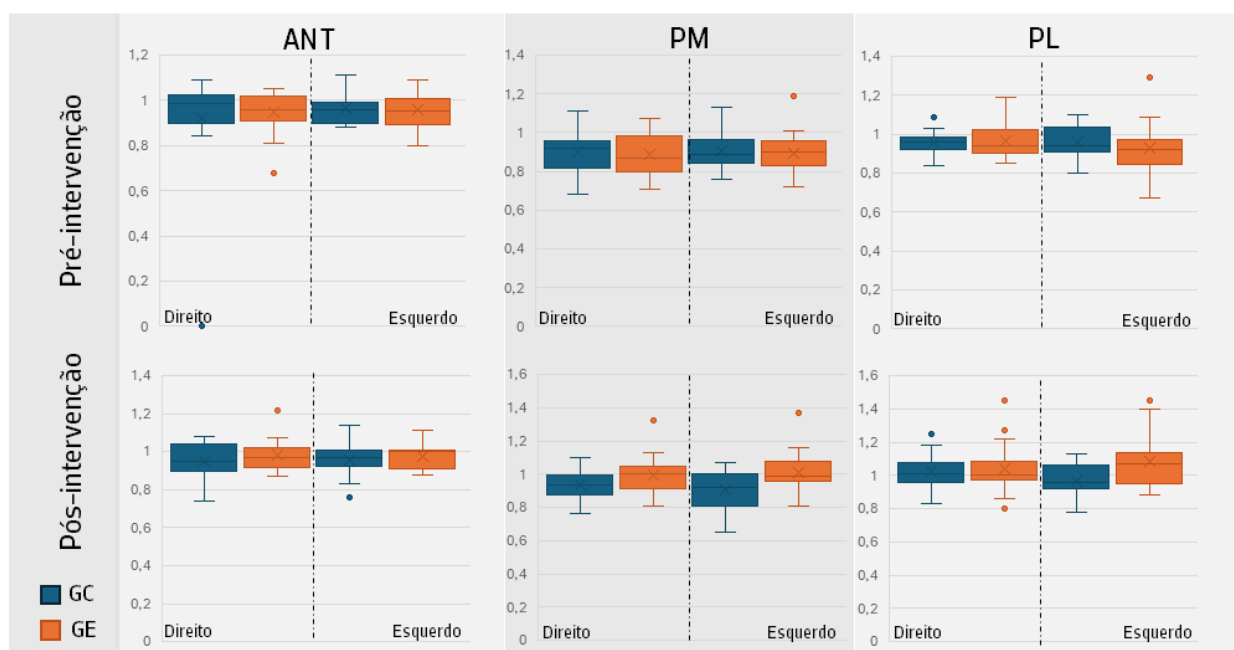


Figura 6 - Gráficos box plot com os resultados da avaliação do YBT nas direções anterior (ANT), posteromedial (PM) e posterolateral (PL). Momentos pré e pós-intervenção.



**Tabela 9** –Tabela 4 Resultados da avaliação do Y-Balance Test pré e pós intervenção para as direções anterior, posteromedial e posterolateral. Avaliação do GC, GE e comparação entre ambos. YBT ANT/PM/PL D/E – Diferença entre a proporção inicial e final da medida do Y-Balance Test anterior/posteromedial/posterolateral no membro inferior direito/esquerdo.

Grupo	Variável	Média ± DP	IC 95% da Média	Mediana	Normali- dade	Tipo de teste	Tamanh o do efeito	Valor de p	Conclusão
GC	YBT ANT D	0,03±0,26	[-0,09;0,15]	-0,0133	p<0,001	Wilcoxon	r≈-0,142	p=0,526	NES
GE	YBT ANT D	0,03±0,06	[-0,003;0,07]	0,013	p=0,024	Wilcoxon	r≈-0,338	p=0,122	NES
GC vs GE	YBT ANT D	---	---	---	---	Mann- Whitney U	r≈-0,243	P=0,121	NES
GC	YBT ANTE	-0,002 ±0,084	[-0,04;0,04]	0,025	p=0,430	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d=0,021	p=0,463	NES
GE	YBT ANTE	0,020 ±0,065	[-0,01;0,049]	0,0132	p=0,763	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d=0,310	p=0,085	NES
GC vs GE	YBT ANTE	Média GE > média GC	---	---	---	Teste T para amostras independentes	Cohen's d=0,292	p=0,178	NES
GC	YBT PM D	0,04±0,09	[-0,01;0,08]	0,042	p=0,716	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d=0,372	p=0,056	NES
GE	YBT PM D	0,113±0,09	[-0,09;0,08]	0,04	p=0,582	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d=1,016	P<0,001	ES
GC vs GE	YBT PM D	Média GE > média GC	---	---	---	Teste T para amostras independentes	Cohen's d=0,750	p=0,011	ES
GC	YBT PME	0,0002 ±0,102	[-0,476;0,48]	-0,0004	p=0,265	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d=0,002	p=0,497	NES
GE	YBT PME	0,114 ±0,09	[0,074;0,154]	0,092	p=0,437	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d=1,312	P<0,001	ES
GC vs GE	YBT PME	Média GE > média CG	---	---	---	Teste T para amostras independentes	Cohen's d=1,20	P<0,001	ES
GC	YBT PL D	0,07±0,097	[0,02;0,11]	0,046	p=0,033	Wilcoxon	r≈-0,628	p=0,005	ES
GE	YBT PL D	0,76±0,11	[0,03;0,13]	0,05	p=0,263	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d=- 0,682	p=0,003	ES
GC vs GE	YBT PL D	Média GE > Média GC	---	---	---	Mann- Whitney U	r≈0,076	p=0,629	NES
GC	YBT PLE	0,003±0,07	[-0,03;0,04]	0,012	p=0,241	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d=0,034	p=0,441	NES



GE	YBT PL E	0,16±0,100	[0,11;0,20]	0,16	p=0,068	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d=1,558	P<0,001	ES
GC vs GE	YBT PL E	Média GE > média CG	---	---	---	Teste T para amostras independentes	Cohen's d=1,733	P<0,001	ES

**Tabela 10** – Resultados da análise estatística da comparação entre os membros inferiores direito e esquerdo na avaliação do Y-Balance Test. Avaliação do GC, GE e comparação entre ambos. IC – intervalo de confiança; GC – grupo controlo; GE – grupo experimental; YBT ANT/PM/PL D vs E – diferença entre os valores inicial e final do Y-Balance Test anterior/+posteromedial/posterolateral do membro inferior direito em comparação com o esquerdo.

Grupo	Variável	Média da diferença (final – inicial)		Teste utilizado	Poder do teste	Valor de p	Conclusão
		D	E				
GC	YBT ANT D vs E	D	0,03±0,26	Wilcoxon	r=-0,08	p=0,709	NES
		E	-0,002 ±0,084				
GE	YBT ANT D vs E	D	0,03±0,06	Wilcoxon	r=-0,13	p=0,526	NES
		E	0,020 ±0,065				
GC vs. GE	YBT ANT D vs E	GC	0,03 ±0,26	Mann-Whitney U	r=-0,13	p=0,411	NES
		GE	0,01±0,08				
GC	YBT PM D vs E	D	0,04±0,09	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d=0,234	p=0,154	NES
		E	0,0002 ±0,102				
GE	YBT PM D vs E	D	0,113±0,09	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d=0,015	p=0,472	NES
		E	0,114 ±0,09				
GC vs. GE	YBT PM D vs E	GC	0,04±0,15	Mann-Whitney U	r=-0,15	p=0,322	NES
		GE	-0,001±0,09				
GC	YBT PL D vs E	D	0,07±0,097	Wilcoxon	r=-0,43	p=0,052	NES
		E	0,003±0,07				
GE	YBT PL D vs E	D	0,76±0,11	Teste T para amostras emparelhadas	Cohen's d=-0,678	p=0,003	ES
		E	0,16±0,100				
GC vs. GE	YBT PL D vs E	GC	0,063±0,122	Teste T para amostras independentes	Cohen's d=1,192	P<0,001	ES
		GE	-0,081±0,12				

A Tabela 11 apresenta, de uma forma mais visual, os resultados da análise estatística dos resultados obtidos no YBT, mostrando a significância estatística de cada variável.

**Tabela 11** – Tabela resumo da análise estatística dos resultados do YBT. ANT (direção anterior), PM (posteromedial), PL (posterolateral).

	Y-Balance Test					
	ANT Direito	ANT Esquerdo	PM Direito	PM Esquerdo	PL Direito	PL Esquerdo
Controlo						
Experimental						
Controlo vs Experimental						

Estatisticamente significativo     
 Não estatisticamente significativo



### 3.3.1. Resultados do Y-Balance Test na direção Anterior do Membro Inferior Direito

Na avaliação do MI direito (Tabela 9) foram aplicados testes não paramétricos. O GC (média=0,03±0,26; IC= [-0,09;0,15]) foi submetido a um teste de Wilcoxon e não apresentou alterações estatisticamente significativas entre ambos os momentos ( $p=0,526$ ), tendo evidenciado um tamanho de efeito pequeno ( $r\approx-0,142$ ). O GE (média=0,03±0,06; IC= [-0,003;0,07]) também foi submetido a um teste de Wilcoxon e não apresentou alterações estatisticamente significativas entre os momentos ( $p=0,122$ ;  $r\approx-0,338$ ). A análise intergrupo foi realizada através do teste Mann-Whitney U e não apresentou diferença entre os grupos ( $P=0,121$ ;  $r\approx-0,243$ ), sendo, por isso, possível afirmar que ao longo do tempo, a direção anterior do YBT não sofreu alterações relevantes. Estes resultados sugerem que a direção anterior do YBT se manteve estável ao longo do período de intervenção, indicando que o programa de treino não teve um impacto relevante nesta dimensão específica de alcance dinâmico.

### 3.3.2. Resultados do Y-Balance Test Direção Anterior Membro Inferior Esquerdo

O MI esquerdo (Tabela 9) apresenta resultados semelhantes, não sendo possível dizer que houve alterações entre os momentos inicial e final, nem diferenças entre os grupos. O GC (média=-0,002 ±0,084; IC= [-0,04;0,04]) apresentou um valor de  $p=0,463$  com um tamanho de efeito muito pequeno (Cohen's  $d\approx0,021$ ) no teste T para amostras emparelhadas e o GE (média=0,020 ±0,065; IC=[-0,01;0,049]) apresentou um valor  $p=0,085$  com um tamanho de efeito pequeno (Cohen's  $d\approx0,310$ ). A comparação intergrupo foi realizada com um teste T para amostras independentes e os resultados mostraram que não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ( $p=0,178$ ; Cohen's  $d\approx0,292$ ), apesar de a média do GE ser ligeiramente superior ao GC. Estes dados indicam que a direção anterior do YBT no MI esquerdo se manteve estável ao longo do período de intervenção, refletindo consistência funcional entre os grupos e ausência de um impacto relevante do programa de treino nesta dimensão específica de alcance dinâmico.

### 3.3.3. Resultados da Comparação entre Y-Balance Test Direção Anterior do Membro Inferior Direito e Esquerdo

Foi analisada a diferença entre o MI direito e o MI esquerdo (Tabela 10), de modo a perceber se a lateralidade afetava os resultados. Concluiu-se que não houve diferença estatisticamente significativa na execução do teste com o MI direito ou o MI esquerdo (GC:  $p=0,709$ ;  $r\approx-0,08$ ; GE:  $p=0,526$ ;  $r\approx-0,13$ ; GC vs GE:  $p=0,411$ ;  $r\approx-0,13$ ), tornando irrelevante a lateralidade das atletas. Estes resultados indicam que a



lateralidade não impactou o desempenho no YBT, mostrando que o programa de treino produziu efeitos consistentes e equilibrados entre os MMII, indicando uma simetria funcional nas ginastas avaliadas.

### **3.3.4. Resultados do Y-Balance Test Direção Posteromedial Membro Inferior Direito**

A análise dos resultados da avaliação da direção posteromedial no YBT para o MI direito (Tabela 9) foi realizada através de testes paramétricos, visto as variáveis seguirem a normalidade. O GC (média=0,04±0,09; IC= [-0,01;0,08]) apresentou um tamanho de efeito médio (Cohen's  $d \approx 0,372$ ) e um valor de  $p=0,056$ , mostrando que o resultado não é estatisticamente significativo e evidenciando que não houve alterações ao longo do tempo. O GE (média=0,113±0,09; IC=[-0,09;0,08]) apresentou resultados que mostraram aumento estatisticamente significativo na distância alcançada pelos participantes no estudo ao longo do tempo com um tamanho de efeito forte ( $P < 0,001$ ; Cohen's  $d \approx 0,750$ ). A análise intergrupo através de um teste T para amostras independentes mostrou uma diferença ( $p=0,011$ ) entre os grupos com um tamanho de efeito forte (Cohen's  $d \approx 0,750$ ). Assim, sabe-se que houve, de facto, melhorias no GE em relação ao GC cujos resultados se mantiveram ao longo do tempo, indicando que o programa de treino promoveu ganhos significativos no alcance posteromedial do MI direito. Isto reflete uma melhoria da estabilidade dinâmica, controlo postural e equilíbrio funcional podendo contribuir para uma execução mais segura e eficiente dos movimentos de trampolim, além de potencialmente reduzir o risco de lesões relacionadas com desequilíbrios musculares.

### **3.3.5. Resultados do Y-Balance Test Direção Posteromedial Membro Inferior Esquerdo**

Para o MI esquerdo (Tabela 9), o GC (média=0,0002 ±0,102; IC= [-0,476;0,48]) foi submetido a um teste T para amostras emparelhadas, que resultou num valor de  $p=0,497$  com um tamanho de efeito muito pequeno (Cohen's  $d \approx 0,002$ ). Assim, conclui-se que não existem alterações estatisticamente significativas ao longo do tempo para esta variável. O GE (média=0,114 ±0,09; IC= [0,074;0,154]) também foi submetido a um teste T para amostras emparelhadas, tendo sido concluído que as alterações entre o momento inicial e o momento final são estatisticamente significativas ( $P < 0,001$ ) com um tamanho de efeito forte (Cohen's  $d \approx 1,312$ ). Assim, sabe-se que a intervenção no GE contribuiu para resultados positivos nesta direção do YBT. A comparação intergrupo mostrou que, as melhorias apresentadas no GE são maiores que no GC ( $P < 0,001$ ; Cohen's  $d \approx 1,20$ ), mostrando que houve, de facto diferença entre ambos os grupos e que esta é relevante. Estes resultados indicam que o programa de treino proporcionou melhorias significativas no alcance posteromedial do MI esquerdo, refletindo maior estabilidade dinâmica e controlo postural.



### **3.3.6. Resultados da Comparação entre a Y-Balance Test dos Membros Inferiores Direito e Esquerdo**

A comparação entre os membros inferiores direito e esquerdo para a variável em questão (Tabela 10) não apresentou qualquer diferença estatisticamente significativa para nenhum dos grupos. Sendo possível afirmar que não há relevância no MI a utilizar na avaliação, nem que um MI melhorou mais que o outro. Estes resultados indicam que o programa de treino produziu efeitos equilibrados e simétricos entre os membros inferiores na direção posteromedial do YBT.

### **3.3.7. Resultados do Y-Balance Test Direção Posterolateral Membro Inferior Direito**

A avaliação da direção posterolateral do YBT revelou que, para o MI direito (Tabela 9), houve alterações estatisticamente significativas em ambos os grupos (GC:  $p=0,005$ ;  $r\approx-0,628$ ; GE:  $p=0,003$ ; Cohen's  $d\approx-0,682$ ). A comparação entre ambos também mostra que não há diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, pelo que podemos afirmar que não houve efeitos do programa de intervenção para o MI direito no YBT direção posterolateral. Estes resultados sugerem que a melhoria observada na direção posterolateral do MI direito ocorreu de forma semelhante em ambos os grupos, indicando que o programa de treino não teve impacto adicional nesta dimensão específica do alcance dinâmico.

### **3.3.8. Resultados do Y-Balance Test Direção Posterolateral Membro Inferior Esquerdo**

A avaliação posterolateral do MI esquerdo (Tabela 9) indicou que o GC (média= $0,003\pm 0,07$ ; IC=  $[-0,03;0,04]$ ) não apresenta alterações estatisticamente significativas entre os dois momentos de avaliação ( $p=0,441$ ; Cohen's  $d\approx 0,034$ ). O GE (média= $0,16\pm 0,100$ ; IC=  $[0,11;0,20]$ ) apresenta alterações relevantes ( $P<0,001$ ; Cohen's  $d\approx 1,558$ ) entre ambos os momentos, mostrando relevância da aplicação do plano de intervenção para esta variável de estudo. A comparação entre ambos os grupos mostra que, de facto, há diferença entre os grupos e que o GE apresenta melhorias em relação ao GC. Estes resultados indicam que o programa de treino promoveu melhorias significativas no alcance posterolateral do MI esquerdo, refletindo maior controlo postural, estabilidade dinâmica e capacidade de equilíbrio funcional. Estes ganhos podem contribuir para uma execução mais segura e eficiente dos movimentos de trampolim, além de reduzir o risco de lesões associadas a desequilíbrios musculares nos membros inferiores.



### **3.3.9. Resultados da Comparação entre YBT Direção Posterolateral do Membro Inferior Direito e Esquerdo**

Comparando o MI direito com o esquerdo (Tabela 10), foi possível observar que o GE apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os membros inferiores direito e esquerdo, tendo ocorrido melhorias mais evidentes no MI esquerdo. O GC não apresentou diferenças entre ambos os membros inferiores. Estes resultados sugerem que o programa de treino promoveu ganhos mais evidentes no MI esquerdo, indicando assimetria nos ganhos obtidos.



## 4. Discussão

Este capítulo tem como objetivo discutir os principais resultados da avaliação em relação aos objetivos propostos e da literatura existente, de modo a compreender as implicações teóricas e práticas do estudo desenvolvido.

### 4.1. Interpretação dos resultados e relação com a literatura científica atual

A avaliação da SPA do joelho não apresentou melhorias significativas em nenhum dos ângulos observados ( $67^\circ$  e  $23^\circ$ ), mas observou-se uma tendência positiva no GE. Por sua vez, em relação à SPA da TT aos  $34^\circ$ , os resultados foram favoráveis no GE em comparação com o GC, sugerindo que o programa de treino sensoriomotor levou a melhorias na SPA na TT após 8 semanas de aplicação.

Atualmente ainda não existe uma vasta investigação da SPA logo após um programa de treino específico para atletas adolescentes e pré-adolescentes, pelo que é difícil entender quais os fatores que possam levar a falta de resultados no sentido de melhoria da SPA no joelho no presente estudo. Um estudo experimental nesta população realizado por Geraldine Silva-Moya et al (2022)(43) teve como objetivo a avaliação da SPA em diferentes articulações durante 6 semanas em crianças entre os 8 e 10 anos. Concluiu que houve redução significativa do erro de SPA ativa no joelho, além de outras melhorias marcantes no desenvolvimento psicomotor, equilíbrio, tónus muscular e motricidade fina. Mostrou que em idade pré-adolescente, intervenções neuromusculares estruturadas podem melhorar a SPA em pelo menos 6 semanas. A revisão sistemática e meta-análise de Vasconcelos et al. (2018)(25) reforçou os benefícios do treino de equilíbrio e sensoriomotor em atletas, mostrando uma diminuição na incidência de entorses da TT, assim como melhorias no controlo neuromuscular dinâmico, no sway postural e na SPA. Apesar de a maioria dos estudos incluídos nesta revisão terem sido conduzidos com atletas adultos, os resultados poderão sugerir que mecanismos semelhantes de adaptação podem ocorrer em populações mais jovens, que é o caso do estudo em questão. Os resultados do presente estudo correspondem a nível da TT com os estudos apresentados, mas a articulação do joelho não apresentou melhorias na SPA, tendo sido verificada uma tendência positiva no ângulo de  $23^\circ$ , a qual não deve ser desconsiderada e explorada no futuro. Isto pode dever-se ao facto de o período temporal de aplicação do programa ser mais curto e haver necessidade de um período mais prolongado para as adaptações neuromusculares se desenvolverem. Tal foi verificado no em estudos realizados com atletas durante uma época desportiva completa(9,11). De forma consistente, a literatura indica que o volume de treino é determinante para otimizar ganhos de equilíbrio (24), embora não haja ainda consenso quanto à duração e intensidade ideais, sobretudo em atletas adolescentes. Sabe-se apenas que volumes mais elevados de



treino provocam melhorias mais robustas provavelmente devido a uma exposição mais prolongada a estímulos desafiantes para o controlo postural(34). A variabilidade na quantidade de atividade física entre as atletas não pareceu influenciar os resultados, uma vez que todas apresentaram níveis semelhantes de prática.

Os dados específicos acerca da SPA destes atletas não estão descritos, pelo que apenas se pode supor com base nos conhecimentos já adquiridos noutros estudos que a diminuição da incidência de lesões foi devido, em parte, às melhorias sensoriomotoras que se verificam através da SPA(18).

Eils e Rosenbaum et al.(35) evidenciaram as limitações de protocolos unilateral e propuseram um programa multi-estações de seis semanas que, apesar da baixa frequência semanal gerou ganhos sensoriomotores significativos. Tais achados, alinham-se com os resultados da SPA da TT deste estudo, indicando que intervenções curtas, mas bem estruturadas podem melhorar a perceção corporal e o controlo motor. Adicionalmente, Docherty et al. (2014)(26) mostraram que programas neuromusculares são eficazes na prevenção secundária de entorses da TT, sendo menos conclusivos quanto à prevenção primária. O presente estudo indica que, mesmo sem lesões prévias, exercícios estruturados de treino sensoriomotor e equilíbrio podem promover ganhos na SPA. McGuine e Keene (2010)(11) demonstraram que programas de exercícios sensoriomotores auxiliam na prevenção de lesões e devem ser adaptados às exigências específicas de cada modalidade, aspeto particularmente relevante no estudo presente.

Os resultados deste estudo alinham-se com os de Lazarou L et al. (2017)(69) identificou uma associação entre a SPA e a atividade neuromuscular dos músculos estabilizadores da TT, mostrando que o treino de equilíbrio e PNF gera melhorias na SPA, aumento de força isocinética e aumentos na atividade eletromiográfica dos músculos longo PR e tibial anterior.

Kynsburg, A. Et al. (2010)(8) também observaram melhorias significativas na SPA da TT após um programa de longo prazo com exercícios neuromusculares, sugerindo uma associação entre a função neuromuscular e a redução da incidência de lesões. Estes achados são consistentes com os de Joshua E. Aman (2015)(19), que numa revisão sistemática relataram melhorias até 109% da SPA através de treino de alcance de um objeto ou de uma determinada posição pré-estabelecida ou exercícios com movimentos ativos e passivos com e sem *feedback* visual.

O estudo de Se Woon Yoon et al. (2022)(7) apresentou melhorias significativas na SPA da TT e no equilíbrio dinâmico em atletas de voleibol após um protocolo de exercícios com a mesma duração do presente estudo e com exercícios progressivos com carga e dupla tarefa. A semelhança com o protocolo apresentado, que também incluiu componentes de desafio postural e estímulos propriocetivos variados,



fator que pode justificar os resultados positivos encontrados na SPA e no equilíbrio dinâmico neste estudo, mesmo numa população mais jovem.

O presente estudo mostrou um aumento significativo da FM isométrica nos músculos avaliados, com diferenças claras entre o GC e o G, independentemente da lateralidade. Estes resultados apontam para o facto de o programa sensoriomotor aplicado ter tido um papel fundamental nos ganhos observados nas atletas. É observado um contraste com os resultados de Kaminski et al. (2003)(37) cujo estudo envolveu atletas com instabilidade da TT e a FM foi avaliada com um dinamómetro isocinético. Os autores não encontraram diferenças significativas entre o GC e o GE após 6 semanas de treino de força muscular e proprioceção. Esta discrepância de resultados, pode ser devido às diferenças de metodologia, de população alvo do estudo ou à diferença da duração de aplicação do programa de treino. É possível que a maior plasticidade neuromuscular característica da faixa etária estudada tenha também favorecido as adaptações evidentes. Em contrapartida Docherty et al. (2006)(38) verificaram que o treino de FM durante 6 semanas na articulação TT levou a melhorias, não apenas da FM, mas também da SPA. De facto, os autores propõem que estas alterações possam ocorrer devido ao aumento da atividade eferente-gama, potenciando a sensibilidade dos fusos musculares a variações de comprimento e velocidade de alongamento. Esta interpretação apoia a hipótese de que os ganhos de força observados neste estudo possam ter contribuído indiretamente para a melhoria no equilíbrio dinâmico através de mecanismos proprioceptivos(37). Blackburn et al. (2000)(17) e Lu et al. (2021)(40) mostraram que tanto a FM como a proprioceção são determinantes para alcançar uma boa estabilidade articular e equilíbrio dinâmico. Os autores salientaram ainda que nenhum tipo de treino é superior de forma isolada, no que toca a treino de força ou proprioceção, ou ambos em conjunto. Os seus resultados reforçam a ideia de que programas multimodais que integram força e treino sensoriomotor potenciam adaptações favoráveis em comparação com intervenções com abordagens isoladas. Considerando estas evidências, a criação e execução do presente programa de treino sensoriomotor procurou integrar exercícios intermodais, combinando força e treino sensoriomotor, de modo a otimizar a proprioceção, a força muscular e o equilíbrio dinâmico, garantindo variabilidade de estímulos e potenciais adaptações mais eficazes do que abordagens isoladas, tendo alcançado resultados semelhantes aos que a literatura científica já ofereceu no passado noutras populações e contextos de estudo e demonstrando que o programa se encontra alinhado com a evidência científica.

Os resultados do presente estudo encontram ainda suporte nos achados de Kaya et al. (2019)(39) que, apesar da população alvo diferente daquela que contribuiu para este estudo, permite reforçar a ideia de que este tipo de treino contribui para reduzir diferenças de FM entre membros, evidenciando a



importância dos programas com foco neuromuscular para restaurar a simetria e função. No presente caso, a ausência de diferenças significativas entre os MMII direito e esquerdo, sugere que o programa poderá ter promovido uma adaptação equilibrada, aspeto de particular importância na faixa etária avaliada, uma idade em que as assimetrias podem predispor a padrões de movimento compensatórios e risco acrescido de lesões.

Os resultados da avaliação do equilíbrio dinâmico através do YBT no presente estudo revelaram que na direção anterior não houve melhorias significativas em nenhum dos grupos, na direção posteromedial apenas o GE apresentou melhorias significativas, independentes da lateralidade das atletas e na direção posterolateral, para o MI direito, ambos os grupos melhoraram, enquanto para o MI esquerdo apenas o GE apresentou melhorias, sendo estas superiores às observadas no MI direito.

A ausência de diferenças significativas na direção anterior contrasta com os resultados obtidos por Schedler et al. (2022)(34) que observaram melhorias nesta direção após o treino de equilíbrio, especialmente quando o volume de treino era mais elevado. Também Peiling Wang (2024)(24) concluiu que o treino neuromuscular pode melhorar o equilíbrio dinâmico de uma forma bilateral, mas a magnitude dessa melhoria pode depender da direção e especificidade dos estímulos aplicados. Os exercícios realizados no estudo de Schedler et al.(34) não são especificados, mas, o presente estudo poderá ter estimulado padrões de movimento associados a um maior recrutamento posteromedial e posterolateral, explicando a melhoria seletiva nessas direções. Por outro lado, pode não ter alcançado estímulo suficiente para provocar mudanças na direção anterior, possivelmente exigindo maior volume ou intensidade com exercícios específicos para esta direção. A ausência de resultados na direção ANT do YBT pode também ter ocorrido devido a uma margem de melhoria muito baixa, visto que todas as atletas apresentaram uma Dflex da TT igual ou superior ao valor máximo anatómico na avaliação inicial e, como referido anteriormente, 28% da variação do alcance anterior no YBT é da responsabilidade da amplitude de movimento da DFlex da TT(63).

A melhoria observada na direção posteromedial no GE e ausente no GC indica que o programa de exercícios deste estudo provocou melhorias neste aspeto do equilíbrio dinâmico. Este achado corrobora os resultados da meta-análises recente de Wang et al. (2024)(24) que concluiu que programas de treino de equilíbrio dinâmico, especialmente realizados em superfícies instáveis e com frequência de 3 sessões semanais, entre 20-40 minutos, durante 4 -6 semanas, produzem ganhos significativos no controlo postural e na proprioceção. Estas adaptações poderão estar associadas a mecanismos neurofisiológicos de plasticidade do sistema sensoriomotor, incluindo a reorganização de circuitos espinhais e supramedulares, potenciando respostas motoras mais eficientes(70).



Na direção posterolateral as melhorias do MI direito em ambos os grupos podem refletir efeitos de aprendizagem nos testes, já que não existem melhorias estatisticamente significativas. Por sua vez, o MI esquerdo apresentou melhorias mais expressivas no GE que no GC, possivelmente devido às diferenças iniciais de desempenho entre os MMII, o que proporcionaria maior margem de progressão no MI esquerdo. Alternativamente, pode refletir a predominância funcional de um dos MMII, tal como apontado pelo estudo com atletas de Wang et al. (2024)(24) que sugeriu que o MI não dominante apresenta frequentemente maior capacidade de melhoria após o treino específico, devido a menor habituação a tarefas de controlo motor complexas.

O estudo de Dobrijevic et al. (2022)(5) avaliaram ginastas rítmicas de 7 e 8 anos e verificaram que 12 semanas de treino específico de equilíbrio, duas vezes por semana, melhoraram significativamente o equilíbrio estático face ao treino regular. Embora a modalidade do presente estudo seja diferente da modalidade avaliada por Dobrijevic et al.(5), ambas requerem elevado controlo postural, coordenação motora e capacidade de ajustes rápidos da posição corporal perante desequilíbrios. Ainda que centrado no equilíbrio estático, os princípios subjacentes e as adaptações neuromusculares encontradas poderão ser aplicáveis no contexto do trampolim. Portanto, pode encontrar-se uma ponte entre ambos os estudos afirmando que o estímulo proprioceptivo e a necessidade de estabilização articular durante as fases de voo e de contacto com o trampolim também beneficiam de intervenções de treino de equilíbrio e sensoriomotor, como é o caso da população do estudo apresentado.

#### **4.2. Implicações práticas**

De forma direcionada aos treinadores de equipas de ginástica de trampolins com atletas em fase pré-adolescente, os resultados deste estudo evidenciam a relevância da integração do programa de treino sensoriomotor e de equilíbrio na rotina regular dos treinos. A implementação de blocos estruturados com duração de 20 a 25 minutos, duas vezes por semana, inseridos no aquecimento ou distribuídos ao longo do treino habitual, revela-se uma estratégia eficaz para o aumento de FM, otimização da SPA e melhorias no equilíbrio dinâmico, podendo promover um melhor desempenho técnico e redução do risco de lesões. Recomenda-se que os exercícios sejam introduzidos nos treinos com progressão gradual ao longo da época desportiva, em consonância com as progressões apresentadas na Tabela 3.

#### **4.3. Limitações**

Embora o presente estudo tenha alcançado resultados relevantes, importa reconhecer alguns aspetos metodológicos que condicionam a sua interpretação. A extrapolação dos resultados para a população



geral de ginastas de trampolins está restringida ao sexo e ao número reduzido de participantes, ainda que este tenha permitido uma monitorização mais próxima durante a intervenção. Além disso, a amostra, selecionada por conveniência em função da acessibilidade, da assiduidade e da autorização dos encarregados de educação, pode não refletir na totalidade a população alvo. Contudo, esta estratégia possibilitou a recolha de dados pertinentes numa população pouco estudada até ao momento. Por fim, a duração relativamente curta da intervenção (8 semanas) pode ter condicionado a magnitude das adaptações neuromusculares observadas, embora tenha sido suficiente para demonstrar tendências positivas relevantes no equilíbrio dinâmico, FM e SPA.

Apesar destas limitações, os resultados obtidos fornecem contributos significativos para a compreensão dos efeitos do treino sensoriomotor em ginastas pré-adolescentes e constituem uma base importante para futuros estudos com períodos de intervenção mais prolongados e com amostras mais alargadas, de ambos os sexos.

#### **4.4. Perspetivas futuras**

Futuras investigações devem considerar intervenções de maior duração, incluir participantes do sexo masculino, comparar os resultados com outras modalidades acrobáticas e utilizar instrumentos mais precisos para avaliar a SPA e a atividade muscular, de forma a aprofundar o conhecimento sobre os mecanismos de adaptação neuromuscular em ginastas pré-adolescentes e otimizar estratégias de treino para modalidades acrobáticas como a ginástica de trampolins.



## 5. Conclusão

O presente estudo demonstrou que o programa de treino sensoriomotor e de equilíbrio criado permitiu promover ganhos significativos na FM, no equilíbrio dinâmico, com particular relevância nas direções posteromedial e posterolateral do YBT e na SPA, em particular na TT e com uma tendência positiva mais subtil no joelho. Estes achados indicam que o programa contribuiu para adaptações neuromusculares relevantes que podem contribuir para a melhoria do desempenho técnico em ginastas pré-adolescentes de trampolim.

O estudo reforçou a importância de programas de treino específicos, desenhados de acordo com a modalidade e reforçou a ideia de que programas multimodais podem promover adaptações mais abrangentes na proprioceção e na FM. Ainda que se tenham alcançado progressos relevantes, a ausência de melhorias significativas na SPA do joelho sugere que períodos de intervenção mais prolongados ou de maior volume poderão ser necessários para potenciar adaptações mais consistentes nesta articulação.

A implementação gradual de programas sensoriomotores, com exercícios progressivos e adaptados à idade e ao nível técnico dos atletas, pode ser integrada de forma prática nas rotinas de treino, especialmente no aquecimento ou em blocos distribuídos ao longo da sessão, para maximizar a consciência corporal, o controlo neuromuscular e potenciar a eficiência das receções.

Futuras investigações devem explorar intervenções de maior duração, com participantes de ambos os sexos e modalidades acrobáticas variadas, usando instrumentos precisos para aprofundar o conhecimento sobre adaptação neuromuscular e otimizar estratégias de treino em ginastas pré-adolescentes.

De uma forma global, o estudo permitiu uma maior compreensão acerca dos efeitos da aplicação do programa sensoriomotor em questão numa população de atletas pré-adolescentes de ginástica de trampolins, uma população pouco explorada na literatura científica.



## Referências Bibliográficas

1. Quatman-Yates CC, Quatman CE, Meszaros AJ, Paterno M V., Hewett TE. A systematic review of sensorimotor function during adolescence: a developmental stage of increased motor awkwardness? *Br J Sports Med* [Internet]. 2012 Jul [cited 2024 Dec 2];46(9):649–55. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21459874/>
2. Dumith SC, Gigante DP, Domingues MR, Kohl HW. Physical activity change during adolescence: A systematic review and a pooled analysis. *Int J Epidemiol* [Internet]. 2011 Jun [cited 2025 Jul 23];40(3):685–98. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21245072/>
3. Mikalsen HK, Martins J, Marques A, Lagestad PA. Longitudinal Changes in Adolescents' Sedentary, Light, Moderate and Vigorous Physical Activity Levels. *Education Sciences* 2024, Vol 14, Page 1193 [Internet]. 2024 Oct 31 [cited 2025 Jul 23];14(11):1193. Available from: <https://www.mdpi.com/2227-7102/14/11/1193/htm>
4. Lephart SM, Giraldo JL, Borsa PA, Fu FH. Knee joint proprioception: A comparison between female intercollegiate gymnasts and controls. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [Internet]. 1996 [cited 2025 Sep 4];4(2):121–4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8884734/>
5. Dobrijević S, Moskovljević L, Dabović M. THE INFLUENCE OF PROPRIOCEPTIVE TRAINING ON YOUNG RHYTHMIC GYMNASTS BALANCE. *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport* [Internet]. 2016 Nov 8 [cited 2025 Sep 4];0(0):247–55. Available from: <https://casopisi.junis.ni.ac.rs/index.php/FUPhysEdSport/article/view/1240>
6. Alawna M, Mohamed AA. Short-term and long-term effects of ankle joint taping and bandaging on balance, proprioception and vertical jump among volleyball players with chronic ankle instability. *Physical Therapy in Sport* [Internet]. 2020 Nov 1 [cited 2025 Sep 4];46:145–54. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32937273/>
7. Yoon SW, Ha GC, Ko KJ, Kim JD. The Effect of Proprioceptive Training Program on Joint Position Senses, Balance Ability and Agility of Male Volleyball Players. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*. 2022 Nov 1;10(6):1232–44.
8. Kynsburg A, Panics G, Halasi T. Long-term neuromuscular training and ankle joint position sense. *Acta Physiol Hung* [Internet]. 2010 May 27 [cited 2025 Sep 4];97(2):183–91. Available from: <https://akjournals.com/view/journals/036/97/2/article-p183.xml>



9. Pánics G, Tállay A, Pavlik A, Berkes I. Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players. *Br J Sports Med* [Internet]. 2008 Jun 1 [cited 2025 Sep 4];42(6):472–6. Available from: <https://bjsm.bmj.com/content/42/6/472>
10. Benis R, Bonato M, La Torre A. Elite female basketball players' body-weight neuromuscular training and performance on the Y-balance test. *J Athl Train* [Internet]. 2016 Sep 1 [cited 2025 Sep 4];51(9):688–95. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27824252/>
11. Eils E, Schröter R, Schröderr M, Gerss J, Rosenbaum D. Multistation proprioceptive exercise program prevents ankle injuries in basketball. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2010 Nov [cited 2025 Sep 4];42(11):2098–105. Available from: [https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2010/11000/multistation\\_proprioceptive\\_exercise\\_program.17.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2010/11000/multistation_proprioceptive_exercise_program.17.aspx)
12. Federação de Ginástica de Portugal. Manual de Ginástica de Trampolins [Internet]. Federação de Ginástica de Portugal, editor. 2013 [cited 2024 Nov 30]. Available from: [https://www.fgp-ginastica.pt/\\_usr/regulamentos/1403c317j3.pdf](https://www.fgp-ginastica.pt/_usr/regulamentos/1403c317j3.pdf)
13. Grapton X, Lion A, Gauchard GC, Barrault D, Perrin PP. Specific injuries induced by the practice of trampoline, tumbling and acrobatic gymnastics. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2013 Feb 1 [cited 2024 Nov 30];21(2):494–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22476523/>
14. Rego F, Reis M, Oliveira R. Lesões em Ginastas Portugueses de Competição das Modalidades de Trampolins, Ginástica Acrobática, Ginástica Artística e Ginástica Rítmica na Época 2005/2006. Vol. 1, *Rev Port de Fisiot Desporto*. 2007.
15. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2011 Jul [cited 2024 Nov 30];43(7):1334–59. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21694556/>
16. Tuthill JC, Azim E. Proprioception. *Current Biology* [Internet]. 2018 Mar 5 [cited 2024 Nov 30];28(5):R194–203. Available from: <http://www.cell.com/article/S0960982218300976/fulltext>
17. Blackburn T, Cuskiewicz KM, Petschauer MA, Prentice WE. Balance and joint Stability: The Relative Contributions of Proprioception and Muscular Strength. 2000.
18. Brindle TJ, Mizelle JC, Lebedowska MK, Miller JL, Stanhope SJ. Visual and proprioceptive feedback improves knee joint position sense. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [Internet].



- 2009 Jan [cited 2025 Sep 4];17(1):40–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18839143/>
19. Aman JE, Elangovan N, Yeh IL, Konczak J. The effectiveness of proprioceptive training for improving motor function: A systematic review. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2015 Jan 29 [cited 2025 Sep 4];8(JAN). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25674059/>
  20. Smith TO, Davies L, Hing CB. A systematic review to determine the reliability of knee joint position sense assessment measures. *Knee* [Internet]. 2013 Jun [cited 2024 Nov 30];20(3):162–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22819143/>
  21. Hübscher M, Zech A, Pfeifer K, Hänsel F, Vogt L, Banzer W. Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2010 Mar [cited 2024 Nov 30];42(3):413–21. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19952811/>
  22. Caldemeyer LE, Brown SM, Mulcahey MK. Neuromuscular training for the prevention of ankle sprains in female athletes: a systematic review. *Phys Sportsmed* [Internet]. 2020 [cited 2024 Nov 30];48(4):363–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32067546/>
  23. Emery CA, Roy TO, Whittaker JL, Nettel-Aguirre A, Van Mechelen W. Neuromuscular training injury prevention strategies in youth sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* [Internet]. 2015 Jul 1 [cited 2024 Nov 30];49(13):865–70. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26084526/>
  24. Wang P, Liu Y, Chen C. Effects of neuromuscular training on dynamic balance ability in athletes: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon* [Internet]. 2024 Aug 30 [cited 2025 Sep 4];10(16). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39220942/>
  25. de Vasconcelos GS, Cini A, Sbruzzi G, Lima CS. Effects of proprioceptive training on the incidence of ankle sprain in athletes: systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* [Internet]. 2018 Dec 1 [cited 2024 Nov 29];32(12):1581–90. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29996668/>
  26. Schiftan GS, Ross LA, Hahne AJ. The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: A systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2015 May 1 [cited 2025 Sep 4];18(3):238–44. Available from: [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1440244014000747?casa\\_token=I3dFCoGMxc8AAAAA:-KfAVL3bQ9hp5G2QYzoM9wm9YyQ4\\_pOT5P0Kibssglm6fYfW07CMODMQR40DuAiN94vI94fiKKI](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1440244014000747?casa_token=I3dFCoGMxc8AAAAA:-KfAVL3bQ9hp5G2QYzoM9wm9YyQ4_pOT5P0Kibssglm6fYfW07CMODMQR40DuAiN94vI94fiKKI)



27. Guede-Rojas F, Benavides-Villanueva A, Salgado-González S, Mendoza C, Arias-Álvarez G, Soto-Martínez A, et al. Effect of strength training on knee proprioception in patients with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine and Health Science* [Internet]. 2024 Jun 1 [cited 2025 Sep 4];6(2):101–10. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38708322/>
28. Arumugam A, Björklund M, Mikko S, Häger CK. Effects of neuromuscular training on knee proprioception in individuals with anterior cruciate ligament injury: a systematic review and GRADE evidence synthesis. *BMJ Open* [Internet]. 2021 May 18 [cited 2024 Nov 30];11(5). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34006560/>
29. Di Stefano LJ, Martinez JC, Crowley E, Matteau E, Kerner MS, Boling MC, et al. Maturation and sex differences in neuromuscular characteristics of youth athletes. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2015 Sep 8 [cited 2025 Apr 4];29(9):2465–73. Available from: [https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2015/09000/maturation\\_and\\_sex\\_differences\\_in\\_neuromuscular.11.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2015/09000/maturation_and_sex_differences_in_neuromuscular.11.aspx)
30. Kraemer WJ, Fleck SJ. Sport-Specific Regimens. In Kraemer William J ed *Strength Training for Young Athletes* 2nd ed Champaign ill Human Kinetics c2005 p236279 [Internet]. 2005 [cited 2025 Apr 8]; Available from: [https://books.google.com/books/about/Strength\\_Training\\_for\\_Young\\_Athletes.html?hl=pt-PT&id=yT\\_fZ1NX6gIC](https://books.google.com/books/about/Strength_Training_for_Young_Athletes.html?hl=pt-PT&id=yT_fZ1NX6gIC)
31. Quatman CE, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Maturation leads to gender differences in landing force and vertical jump performance: A longitudinal study. *American Journal of Sports Medicine* [Internet]. 2006 May [cited 2025 Sep 4];34(5):806–13. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16382009/>
32. Ford KR, Shapiro R, Myer GD, Van Den Bogert AJ, Hewett TE. Longitudinal sex differences during landing in knee abduction in young athletes. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2010 Oct [cited 2025 Apr 4];42(10):1923–31. Available from: [https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2010/10000/longitudinal\\_sex\\_differences\\_during\\_landing\\_in.16.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2010/10000/longitudinal_sex_differences_during_landing_in.16.aspx)
33. Hoffman M, Payne VG. The effects of proprioceptive ankle disk training on healthy subjects. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* [Internet]. 1995 [cited 2025 Sep 4];21(2):90–3. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7711762/>
34. Schedler S, Graf SM, Muehlbauer T. Effects of Different Balance Training Volumes on Children's Dynamic Balance. *Sports Med Int Open* [Internet]. 2022 Jan [cited 2025 Sep 4];6(1):E32–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35836476/>



35. Eils E, Rosenbaum D. A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2001 [cited 2025 Sep 4];33(12):1991–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11740289/>
36. Lazarou L, Kofotolis N, Pafis G, Kellis E. Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain. *J Back Musculoskelet Rehabil* [Internet]. 2018 [cited 2025 Sep 4];31(3):437–46. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28946541/>
37. Kaminski TW, Buckley BD, Powers ME, Hubbard TJ, Ortiz C. Effect of strength and proprioception training on eversion to inversion strength ratios in subjects with unilateral functional ankle instability. *Br J Sports Med* [Internet]. 2003 Oct [cited 2025 Sep 4];37(5):410–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14514531/>
38. Docherty CL, Moore JH, Arnold BL. Effects of Strength Training on Strength Development and Joint Position Sense in Functionally Unstable Ankles. *J Athl Train* [Internet]. 1998 Oct [cited 2025 Sep 7];33(4):310. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1320579/>
39. Kaya D, Guney-Deniz H, Sayaca C, Calik M, Doral MN. Effects on Lower Extremity Neuromuscular Control Exercises on Knee Proprioception, Muscle Strength, and Functional Level in Patients with ACL Reconstruction. *Biomed Res Int* [Internet]. 2019 [cited 2025 Sep 4];2019:1694695. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6881759/>
40. Lu CC, Yao HI, Fan TY, Lin YC, Lin HT, Chou PPH. Twelve weeks of a staged balance and strength training program improves muscle strength, proprioception, and clinical function in patients with isolated posterior cruciate ligament injuries. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2025 Sep 4];18(23). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34886588/>
41. Tang F, Xiang M, Yin S, Li X, Gao P. Meta-analysis of the dosage of balance training on ankle function and dynamic balance ability in patients with chronic ankle instability. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2025 Sep 4];25(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39217316/>
42. Aydin T, Yildiz Y, Yildiz C, Atesalp S, Kalyon TA. Proprioception of the Ankle: A Comparison Between Female Teenaged Gymnasts and Controls. *Foot Ankle Int* [Internet]. 2002 [cited 2025 Sep 29];23(2):123–9. Available from: [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/107110070202300208%3Fcasa\\_token%3D5KKHIIJfemwAAAAA:Rna6cl\\_L90JvhEXC-sWni97jmAvUJkvKuv8h0lp6f4mlqabCI5ro6vav5EAJAAFxzI\\_Tn7HYY2jYrA&hl=pt-](https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/107110070202300208%3Fcasa_token%3D5KKHIIJfemwAAAAA:Rna6cl_L90JvhEXC-sWni97jmAvUJkvKuv8h0lp6f4mlqabCI5ro6vav5EAJAAFxzI_Tn7HYY2jYrA&hl=pt-)



PT&sa=T&oi=ucasa&ct=ucasa&ei=k\_7aaOnGCqSgieoPmvLA-Ac&scisig=AAZF9b-1NSzhjttAymLTIpaqMwqb

43. Silva-Moya G, Méndez-Rebolledo G, Valdes-Badilla P, Gómez-Álvarez N, Guzmán-Muñoz E. Effects of neuromuscular training on psychomotor development and active joint position sense in school children. *J Mot Behav* [Internet]. 2022 [cited 2025 Sep 4];54(1):57–66. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33616000/>
44. Baggett BD, Young G. Ankle joint dorsiflexion. Establishment of a normal range. *J Am Podiatr Med Assoc* [Internet]. 1993 [cited 2024 Nov 28];83(5):251–4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8135911/>
45. Kowalski KC, Crocker PRE, Donen RM, Honours B. *The Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C) and Adolescents (PAQ-A) Manual*. 2004.
46. Sabino B, Almeida MJ, Fonseca AM. Análise preliminar das propriedades psicométricas da versão portuguesa do questionário de atividade física PAQ-C em jovens em idade escolar. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*. 2018;18(2):29–45.
47. Chinapaw MJM, Mokkink LB, Van Poppel MNM, Van Mechelen W, Terwee CB. *Physical Activity Questionnaires for Youth A Systematic Review of Measurement Properties*. 2010.
48. Dover G, Powers ME. Reliability of Joint Position Sense and Force-Reproduction Measures During Internal and External Rotation of the Shoulder. *J Athl Train* [Internet]. 2003 Oct [cited 2024 Nov 28];38(4):304. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC314388/>
49. Stillman BC, McMeeken JM. The role of weightbearing in the clinical assessment of knee joint position sense. *Aust J Physiother* [Internet]. 2001 [cited 2024 Nov 28];47(4):247–53. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11722293/>
50. Hancock GE, Hepworth T, Wembridge K. Accuracy and reliability of knee goniometry methods. *J Exp Orthop* [Internet]. 2018 Dec 1 [cited 2024 Nov 28];5(1):1–6. Available from: <https://jeo-esska.springeropen.com/articles/10.1186/s40634-018-0161-5>
51. Koga H, Nakamae A, Shima Y, Iwasa J, Myklebust G, Engebretsen L, et al. Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: Knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *American Journal of Sports Medicine* [Internet]. 2010 Nov 1 [cited 2024 Nov 28];38(11):2218–25. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0363546510373570>
52. Puig-Diví A, Escalona-Marfil C, Padullés-Riu JM, Busquets A, Padullés-Chando X, Marcos-Ruiz D. Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates



- in 4 perspectives. PLoS One [Internet]. 2019 Jun 1 [cited 2024 Dec 4];14(6). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31166989/>
53. Brito SAF de, Santana M de M, Benfica P do A, Aguiar LT, Gomes G de C, Faria CDC de M. The modified sphygmomanometer test for assessment of muscle strength of community-dwelling older adults in clinical practice: reliability and validity. *Disabil Rehabil.* 2022;44(1).
  54. Souza LAC e, Martins JC, Teixeira-Salmela LF, Godoy MR, Aguiar LT, Faria CDC de M. Avaliação da força muscular pelo teste do esfigmomanômetro modificado: uma revisão da literatura. *Fisioterapia em Movimento* [Internet]. 2013 Jun [cited 2024 Nov 28];26(2):437–52. Available from: <https://www.scielo.br/j/fm/a/DxYRhkCHppR9sbzzGgNxHSm/>
  55. Kaegi C, Thibault MC, Giroux F, Bourbonnais D. The interrater reliability of force measurements using a modified sphygmomanometer in elderly subjects. *Phys Ther* [Internet]. 1998 [cited 2024 Nov 28];78(10):1095–103. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9781703/>
  56. Souza LAC, Martins JC, Moura JB, Teixeira-Salmela LF, Paula FVR De, Faria CDCM. Avaliação da força muscular com o teste do esfigmomanômetro modificado: qual o melhor método e forma de operacionalização? *Revista Brasileira de Fisioterapia* [Internet]. 2014 [cited 2024 Nov 29];18(2):191–200. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=235030646011>
  57. Plisky P, Schwartkopf-Phifer K, Huebner B, Garner MB, Bullock G. Systematic Review and Meta-Analysis of the Y-Balance Test Lower Quarter: Reliability, Discriminant Validity, and Predictive Validity. *Int J Sports Phys Ther* [Internet]. 2021 [cited 2024 Nov 28];16(5):1190. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8486397/>
  58. Shaffer SW, Teyhen DS, Lorenson CL, Warren RL, Koreerat CM, Straseske CA, et al. Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. *Mil Med* [Internet]. 2013 [cited 2024 Nov 28];178(11):1264–70. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24183777/>
  59. Plisky P, Gorman P, Butler R, Kiesel K, Underwood F, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther.* 2009;
  60. Faigenbaum A, Myer G, Perez Fernandez I, Gomez Carrasco E, Bates N, Farrell A, et al. International Journal Of Sports Physical Therapy. 2014 [cited 2024 Nov 28]. Feasibility and reliability of dynamic postural control measures in children in first through fifth grades. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24790775/>
  61. Cook G, Plisky P. 660a\_YBT Online Manual v1 [Internet]. *Functional Movement Systems.* 2010 [cited 2024 Dec 12]. Available from:



[https://www.functionalmovement.com/files/Articles/660a\\_YBT%20Online%20Manual%20v1.pdf](https://www.functionalmovement.com/files/Articles/660a_YBT%20Online%20Manual%20v1.pdf)

62. Hoch MC, Staton GS, McKeon PO. Dorsiflexion range of motion significantly influences dynamic balance. *J Sci Med Sport*. 2011 Jan 1;14(1):90–2.
63. Robinson R, Gribble P. Kinematic Predictors of Performance on the Star Excursion Balance Test. *J Sport Rehabil* [Internet]. 2008 Nov 1 [cited 2024 Nov 28];17(4):347–57. Available from: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jsr/17/4/article-p347.xml>
64. Hoch MC, Staton GS, Medina McKeon JM, Mattacola CG, McKeon PO. Dorsiflexion and dynamic postural control deficits are present in those with chronic ankle instability. *J Sci Med Sport*. 2012 Nov 1;15(6):574–9.
65. Konor MM, Morton S, Eckerson JM, Grindstaff TL. RELIABILITY OF THREE MEASURES OF ANKLE DORSIFLEXION RANGE OF MOTION. *Int J Sports Phys Ther* [Internet]. 2012 Jun [cited 2024 Nov 28];7(3):279. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3362988/>
66. Milani P, Coccetta CA, Rabini A, Sciarra T, Massazza G, Ferriero G. Mobile smartphone applications for body position measurement in rehabilitation: a review of goniometric tools. *PM R* [Internet]. 2014 Nov 1 [cited 2024 Nov 28];6(11):1038–43. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24844445/>
67. Powden CJ, Hoch JM, Hoch MC. Reliability and minimal detectable change of the weight-bearing lunge test: A systematic review. *Man Ther* [Internet]. 2015 Aug 1 [cited 2024 Nov 28];20(4):524–32. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25704110/>
68. Ageberg E, Link A, Roos EM. Feasibility of neuromuscular training in patients with severe hip or knee OA: The individualized goal-based NEMEX-TJR training program. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2010 Jun 17 [cited 2024 Dec 2];11(1):1–7. Available from: <https://bmcmusculoskeletdisord.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2474-11-126>
69. Lazarou L, Kofotolis N, Malliou P, Kellis E. Effects of two proprioceptive training programs on joint position sense, strength, activation and recurrent injuries after ankle sprains. *Isokinet Exerc Sci* [Internet]. 2017 [cited 2025 Sep 9];25(4):289–300. Available from: [/doi/pdf/10.3233/IES-171146?download=true](https://doi/pdf/10.3233/IES-171146?download=true)
70. Taube W, Gruber M, Gollhofer A. Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta Physiologica* [Internet]. 2008 Jun [cited 2025 Sep 9];193(2):101–16. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18346210/>



Anexos

Anexo I – Questionário *Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C)* – versão portuguesa

**Questionário de Atividade Física (PAQ-C)**

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: M \_\_\_\_\_ F \_\_\_\_\_

Estamos a tentar descobrir mais sobre o nível de atividade física que praticaste nos **últimos 7 dias** (ou seja, na última semana). Isto inclui desportos ou dança que te tenham feito transpirar ou feito as pernas sentir cansaço e jogos como "a apanhada", corridas, saltar à corda, escalar, ou outros que te tenham feito respirar com mais intensidade.

**Lembra-te:**

1. Não há respostas certas ou erradas – isto não é um teste.
2. Por favor, responde a todas as questões com honestidade e com precisão – isto é muito importante.

1. Atividade física no teu tempo livre: Praticaste alguma das seguintes atividades nos últimos 7 dias (semana passada)? Se sim, quantas vezes? (Assinala apenas um X por linha).

Atividade	Não	1 – 2 vezes	3 – 4 vezes	5 – 6 vezes	7 ou mais vezes
Saltar à corda					
Canoagem/remo					
Andar de patins					
Jogo da apanhada					
Caminhar (como exercício)					
Andar de bicicleta					
Correr					
Aeróbica					
Nadar					
Dançar					
Futebol					
Badminton					
Andar de skate					
Hóquei					
Voleibol					
Basquetebol					
Patinação no gelo					
Outro:					
Outro:					

2. Nos últimos 7 dias, durante as aulas de educação física (EF), com que frequência estiveste muito ativo/a (a jogar com intensidade, a correr, a saltar, a atirar)? (Assinala apenas uma opção).

Eu não faço EF	
Quase nunca	
Às vezes	
Com frequência	
Sempre	

3. Nos últimos 7 dias, o que é que fizeste durante a maior parte do tempo no recreio? (Assinala apenas uma opção).

Sentei-me (conversar, ler, fazer TPC)	
Estive de pé ou caminhei pelo recreio	
Corri e brinquei um pouco	
Corri e brinquei bastante	
Corri e brinquei quase sempre	

4. Nos últimos 7 dias, o que fizeste normalmente à hora do almoço (para além de almoçar)? (Assinala apenas uma opção).

Sentei-me (conversar, ler, fazer TPC)	
Estive de pé ou caminhei pelo recreio	
Corri e brinquei um pouco	
Corri e brinquei bastante	
Corri e brinquei quase sempre	



5. Nos últimos 7 dias, em quantos dias, dentro da escola, praticaste desporto ou fizeste atividades em que foste muito ativo/a (tirando a educação física)? (Assinala apenas uma opção).

Nenhuma	
1 vez na última semana	
2 ou 3 vezes na última semana	
4 vezes na última semana	
5 vezes na última semana	

6. Nos últimos 7 dias, em quantos dias, fora da escola, praticaste desporto ou fizeste atividades em que foste muito ativo/a? (Assinala apenas uma opção).

Nenhuma	
1 vez na última semana	
2 ou 3 vezes na última semana	
4 ou 5 vezes na última semana	
6 ou 7 vezes na última semana	

7. No último fim de semana, quantas vezes praticaste desporto, dança ou jogos em que estiveste muito ativo? (Assinala apenas uma opção).

Nenhuma	
1 vez	
2 ou 3 vezes	
4 ou 5 vezes	
6 ou mais vezes	

8. Qual das seguintes opções te descreve melhor nos últimos 7 dias? Lê as cinco afirmações antes de escolher a resposta que te descreve. (Assinala apenas uma opção).

A. Todo ou quase todo o meu tempo livre foi passado a fazer coisas que implicam pouco esforço físico.	
B. Por vezes (1 a 2 vezes na semana passada) fiz coisas físicas no meu tempo livre (por exemplo, praticar desporto, correr, nadar, andar de bicicleta, fazer aeróbica).	
C. Muitas vezes (3 a 4 vezes na semana passada) fiz atividades físicas no meu tempo livre.	
D. Frequentemente (5 a 6 vezes na semana passada) fiz atividades físicas no meu tempo livre.	
E. Muito frequentemente (7 ou mais vezes na semana passada) fiz atividades físicas no meu tempo livre.	

9. Assinala a frequência com que praticaste atividade física (como desporto, jogos, dança ou qualquer outra atividade física) em cada dia da semana passada.

	Nunca	Um pouco	Médio	Frequente	Muito frequente
Segunda-feira					
Terça-feira					
Quarta-feira					
Quinta-feira					
Sexta-feira					
Sábado					
Domingo					

10. Estiveste doente na semana passada ou alguma coisa te impediu de fazer as tuas atividades físicas normais? (Assinala apenas uma opção).

Sim	
Não	

Se sim, o que te impediu? \_\_\_\_\_

**P.PORTO**

ESCOLA  
SUPERIOR  
DE SAÚDE



**M** **MESTRADO**  
FISIOTERAPIA