
EDUCAÇÃO FÍSICA

BRUNO FURLANETTO

**EFEITO DE DIFERENTES ESTÍMULOS
SENSORIAIS NO TEMPO DE REAÇÃO DE
ATLETAS**

Bruno Furlanetto

**EFEITO DE DIFERENTES ESTÍMULOS
SENSORIAIS NO TEMPO DE REAÇÃO DE
ATLETAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Rio Claro, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Educação Física

Orientador: Prof. Dr. Diego Orcioli da Silva

Coorientador: Prof. Dr. José Angelo Barela

Rio Claro – SP
2025

F985e

Furlanetto, Bruno

Efeito de Diferentes Estímulos Sensoriais no Tempo de Reação de Atletas /
Bruno Furlanetto. -- Rio Claro, 2025

24 p. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Educação Física) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Diego Orcioli-Silva

Coorientador: José Angelo Barel

1. Estímulos multissensoriais. 2. Vias sensoriais. 3. Atletas.. 4.
Desempenho esportivo. 5. Processamento. I. Título.

Bruno Furlanetto

**EFEITO DE DIFERENTES ESTÍMULOS
SENSORIAIS NO TEMPO DE REAÇÃO DE
ATLETAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Rio Claro, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Educação Física

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Diego Orcioli da Silva

Profa. Dra. Cynthia Yukiko Hiraga

Prof. Dr. Murilo Eduardo dos Santos Nazário

Aprovado em: 10 de novembro de 2025

Assinatura do discente

Assinatura do orientador

Assinatura do coorientador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha família, que esteve presente em todos os momentos desta jornada acadêmica, oferecendo apoio incondicional e incentivo constante, mesmo quando o caminho escolhido não se apresentava completamente compreensível. Seu suporte foi fundamental para que eu pudesse persistir diante dos desafios e alcançar este objetivo.

Agradeço especialmente à minha namorada Maria Eduarda, companheira de todos os momentos, que me ofereceu não apenas apoio emocional, mas também conselhos valiosos quando necessário, demonstrando paciência ao ouvir meus longos desabafos e compartilhar tanto as dificuldades quanto as conquistas desta trajetória.

Expresso minha sincera gratidão às pessoas que dividiram moradia comigo durante este período, particularmente Felipe, Lucas, Dimitry, Víctor e Anderson, que nos momentos mais desafiadores souberam proporcionar alegria e importantes aprendizados pessoais, contribuindo significativamente para meu crescimento humano e acadêmico.

Não posso deixar de reconhecer o papel fundamental dos amigos que caminharam ao meu lado, destacando especialmente Raíssa e Stefano, que se mostraram presentes em todos os momentos, oferecendo escuta atenta e auxílio constante, demonstrando que a verdadeira amizade é um alicerce essencial para o sucesso acadêmico.

Dedico especial reconhecimento a todos os membros do Laboratório de Estudos da Postura e Locomoção, que desde minha chegada me acolheram com generosidade e profissionalismo, transcendendo o ambiente acadêmico e se tornando parte importante tanto de minha formação científica quanto de meu desenvolvimento pessoal.

Registro minha profunda gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Diego Orcioli da Silva, e ao coorientador, Prof. Dr. José Angelo Barela, pelos valiosos ensinamentos transmitidos ao longo de todos estes anos de graduação. Suas contribuições estenderam-se muito além das disciplinas formais, abrangendo orientações que moldaram minha visão científica e meu desenvolvimento como pesquisador.

Dedico um agradecimento especial às crianças que são meus alunos no judô, que durante esta jornada acadêmica me ensinaram muito mais do que imaginam. Nos momentos de maior estresse e pressão dos estudos, vocês foram meu refúgio e fonte de renovação, proporcionando leveza e alegria através de sua espontaneidade e energia. Aprendi imensamente com a

sinceridade de vocês, com a forma única de ver o mundo e com a capacidade de transformar qualquer dificuldade em aprendizado. Cada sorriso, cada pergunta curiosa e cada pequena conquista me lembraram constantemente do verdadeiro significado de educar e da importância de manter a paixão pelo que fazemos.

Agradeço também ao Prof. Dr. Marcelo Assunção Sanches e ao seu orientando Rafael Ginuino da Silva, que além do suporte técnico excepcional, deram vida ao equipamento desenvolvido especificamente para este trabalho, demonstrando dedicação e competência que foram essenciais para a concretização desta pesquisa.

Reconheço também a contribuição dos participantes voluntários desta pesquisa, sem os quais este trabalho não teria sido possível.

Por fim, mas com igual importância, expresso minha gratidão a todos os professores que fizeram parte de minha jornada na graduação, que além de compartilharem conhecimento técnico e científico, contribuíram decisivamente para que eu chegasse a este momento. Destaco particularmente a Prof. Lilian Teresa Bucken Gobbi, que infelizmente nos deixou precocemente. Apesar do tempo limitado de convivência, foi suficiente para que eu pudesse testemunhar sua paixão genuína pelo conhecimento, influenciando-me profundamente não apenas a permanecer na área, mas também a descobrir aspectos da Educação Física que desconhecia, ampliando meus horizontes acadêmicos e profissionais.

A todos que de alguma forma contribuíram para esta conquista, meu sincero reconhecimento e eterna gratidão.

RESUMO

O Tempo de Reação (TR) indica a eficiência do processamento neural em atividades esportivas, representando o intervalo entre o estímulo e o início da resposta motora voluntária de um indivíduo. O TR pode ser classificado em simples (TRS) e de escolha (TRE). A via sensorial utilizada para capturar os estímulos é crucial e varia entre as modalidades esportivas. Na saída no Atletismo (provas de velocidade) e na Natação, a via sensorial principal é a auditiva, devido aos estímulos característicos de disparos de partida. No Judô e Jiu-Jitsu, a via somatossensorial é predominante, devido ao contato físico constante. Esportes de quadra e lutas de percussão dependem prioritariamente da via visual. Estudos indicam que o TR pode variar conforme a via sensorial e a especificidade da modalidade. Entretanto, o foco dos estudos tem sido em estímulos visuais e sonoros, contendo uma grande lacuna na literatura em relação a estudos focados na via somatossensorial, que é uma importante via sensorial. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi comparar o TR, para diferentes vias sensoriais (visual, auditiva e tátil) entre atletas de diversas modalidades esportivas e não-atletas. Cinquenta atletas de diferentes modalidades esportivas, que foram divididos em 3 grupos com base na via sensorial predominante na modalidade (Grupo visual - GV: 20; Grupo auditivo - GA: 10 e Grupo Tátil - GT: 20), e 20 indivíduos não atletas foram recrutados e realizaram os testes. O TR foi mensurado por meio de um equipamento que possui estímulos auditivos, visuais e somatossensoriais (vibração). O TRS e TRE consistiu em 20 estímulos para cada via sensorial, sendo que no TRE os estímulos foram randomizados entre direito e esquerdo. Os testes foram apresentados em blocos randomizados, de acordo com as vias sensoriais. As médias e os desvios-padrão das tentativas para cada um dos testes de cada participante foram calculados e analisados com ANOVAs two-way, com fatores grupo e via sensorial. A análise revelou efeito principal de grupo, sendo que para o TRS os grupos GT e GV tiveram menor TR quando comparado aos não-atletas. Ainda para o TRS, também houve efeito principal de via, demonstrando que a via auditiva foi melhor que a visual e a tátil. Já para o TRE, foi observado apenas efeito de grupo, no qual, apenas GT apresentou menores valores de TR quando comparado aos não atletas. O estudo demonstra que atletas de grupos GT e GV apresentaram processamento de informações mais eficiente que os não-atletas, com destaque para o grupo GT no TRE. Adicionalmente, identificou-se que estímulos auditivos são processados mais rapidamente que estímulos visuais e táteis.

Palavras-chave: Estímulos multissensoriais; Vias sensoriais; Atletas; Desempenho esportivo; Processamento sensório-motor

ABSTRACT

Reaction Time (RT) indicates the efficiency of neural processing in sports activities, representing the interval between stimulus presentation and the onset of voluntary motor response. RT can be classified as simple (SRT) or choice (CRT). The sensory pathway through which stimuli are captured is crucial and varies across sports modalities. In Track and Field sprint events and Swimming, the primary sensory pathway is auditory, due to the characteristic starting signals. In Judo and Jiu-Jitsu, the predominant pathway is somatosensory, owing to constant physical contact. Court sports and striking combat sports rely primarily on the visual pathway. Studies indicate that RT may vary depending on the sensory pathway and the specificity of the sport modality. However, the focus of most studies has been on visual and auditory stimuli, leaving a significant gap in the literature concerning the somatosensory pathway, which is an important sensory modality. Therefore, the aim of the present study was to compare RT across different sensory pathways (visual, auditory, and tactile) between athletes from various sports and non-athletes. Fifty athletes from different sports modalities, divided into three groups based on the predominant sensory pathway of their sport (Visual Group – VG: n = 20; Auditory Group – AG: n = 10; and Tactile Group – TG: n = 20), along with 20 non-athletes, were recruited and tested. RT was measured using a device capable of delivering auditory, visual, and somatosensory (vibration) stimuli. Both SRT and CRT consisted of 20 stimuli per sensory pathway, with CRT stimuli randomized between right and left sides. The tests were presented in randomized blocks according to sensory pathways. The mean and standard deviation of each participant's trials were calculated and analyzed using two-way ANOVAs, with group and sensory pathway as factors. The analysis revealed a main effect of group: for SRT, both TG and VG presented shorter RTs compared to non-athletes. For SRT, there was also a main effect of pathway, with auditory RT being faster than visual and tactile RT. For CRT, only a group effect was observed, with TG presenting shorter RTs compared to non-athletes. The study demonstrates that athletes from TG and VG displayed more efficient information processing than non-athletes, with TG showing particular advantages in CRT. Additionally, auditory stimuli were identified as being processed more quickly than visual and tactile stimuli.

Keywords: Multisensory stimuli; Sensory pathways; Athletes; Sports performance; Sensorimotor processing

Title in English: Effect of Different Sensory Stimuli on Athletes' Reaction Time

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. Objetivo	9
3. Hipótese	9
4. MATERIAIS E MÉTODO	9
4.1. Participantes	9
4.2. Caracterização	10
4.3. Testes de tempo de reação.....	11
4.3.1. Tempo de reação simples	11
4.3.2. Tempo de reação de escolha.....	12
4.4. Análise de dados do tempo de reação	13
4.5. Análise estatística.....	14
5. Resultados	14
6. Discussão	17
6.1. Limitações do estudo.....	19
7. Conclusão	19
REFERÊNCIAS	21

1. INTRODUÇÃO

O Tempo de Reação (TR) é definido como sendo o tempo entre o estímulo e o início da resposta motora voluntária de um indivíduo (Magill, 2000). Simplificando, os eventos do TR podem ser divididos em: (1) TR pré-motor, que seria o intervalo decorrido do estímulo até o surgimento das atividades elétricas produzidas pelos músculos e (2) TR motor, que é o tempo após o surgimento das atividades elétricas até a conclusão da tarefa (Jakubiak, 2020). O TR também pode ser classificado, com base no número de estímulos: (1) TR simples (TRS), quando se tem apenas um estímulo e apenas uma resposta possível, e (2) TR de escolha (TRE), que é caracterizado por possuir diversos estímulos e uma resposta específica para cada um (Ng; Chan, 2012). De maneira geral, quanto menor o TR, maior é a eficiência do processamento neural de um indivíduo (Schmidt et al., 2005), sendo assim, o TR avalia a velocidade e eficácia da tomada de decisão do indivíduo. Portanto, estudos nessa área se mostram muito importantes, pois contribuem para o desenvolvimento e aprimoramento do desempenho nos esportes.

Um fator importante para os estudos sobre TR em modalidades esportivas é a via sensorial utilizada para capturar o estímulo, ou seja, via visual, auditiva e/ou tátil. Cada modalidade esportiva apresenta uma via sensorial predominante. Por exemplo, no judô e jiu-jitsu a principal via de captação de estímulos se dá pela somatossensorial, visto que os atletas estão constantemente segurando o oponente pelo quimono (Jakubiak, 2020). Na natação e atletismo (provas de velocidade), a principal via é a auditiva, já que as saídas (início das provas) ocorrem após o tiro de largada – estímulo auditivo (Papic et al., 2019; Tønnessen; Haugen; Shalfawi, 2013). Nos esportes de quadra (por exemplo, futsal, vôlei e basquete) e lutas de percussão (por exemplo, boxe, taekwondo e karatê), a via primária é a visual, já que nos esportes de quadra, os atletas respondem a uma bola lançada/arremessada, seja em um passe ou arremesso/chute a meta (gol) e, nas lutas de percussão, os atletas devem se defender ou se esquivar de um golpe (C. Ruschel et al., 2011; Monteiro et al., 2015).

O desempenho esportivo depende fundamentalmente da capacidade do atleta de processar informações sensoriais do ambiente e convertê-las em ações motoras precisas e oportunas Sch. Este processo envolve uma complexa cadeia de eventos neurais que incluem a detecção do estímulo pelos receptores sensoriais, transmissão da informação através das vias neurais específicas, processamento cortical e subcortical, tomada de decisão e, finalmente, a execução da resposta motora (Magill, 2000; Schmidt et al., 2005).

A velocidade com que um atleta reage a um estímulo externo é frequentemente o fator que separa a vitória da derrota. No alto rendimento, diferenças de apenas alguns milissegundos podem definir quem chega primeiro, intercepta uma bola ou evita uma investida adversária (Da

Silva et al., 2020; Gürses; Kamiş, 2019; Sabina; Elena-Andreea; Iona-Sorina, 2013). O TR, portanto, não é apenas um indicador de eficiência neuromotora, mas um componente determinante da performance atlética. Estudos mostram que atletas de elite tendem a apresentar Tempos de Reação mais rápidos do que atletas de menor nível competitivo (Kida; Oda; Matsumura, 2005; Mann et al., 2007; Milic et al., 2020), evidenciando a relação direta entre velocidade de processamento sensorio-motor e sucesso esportivo.

O TR varia de acordo com as vias sensoriais que captam os estímulos. O TR de atletas é de aproximadamente 230ms para os estímulos visuais, 200ms para o auditivo e de 300ms para o tátil (Bruzi et al., 2013; C. Ruschel et al., 2011; Chavan; Shendkar, 2016; Da Silva et al., 2020; Magill, 2000; Senel; Eroglu, 2006; Vagheti; Roesler; Andrade, 2007). Estudos prévios têm apresentado resultados diferentes com base em diferentes estímulos sensoriais, modalidades esportivas e até mesmo a posição do atleta no jogo (Bruzi et al., 2013; C. Ruschel et al., 2011; Mori; Ohtani; Imanaka, 2002). No estudo conduzido por Bruzi e colaboradores (2013), no qual comparou o TRS e TRE visual e sonoro de atletas de basquete, ginástica e indivíduos sedentários, identificou que os ginastas têm um melhor TRS, enquanto os jogadores de basquete apresentam um melhor TRE. Os autores justificam os achados baseado na especificidade das modalidades, ou seja, a ginástica é uma modalidade fechada, apresentando um padrão pré-definido de movimentação e, portanto, o estímulo sempre é o mesmo e existe apenas uma resposta possível dentro da rotina coreográfica. Por sua vez, o basquete é uma modalidade aberta, ao qual o atleta fica imerso a uma grande quantidade de estímulos, com diferentes possibilidades de respostas, sendo que a resposta certa para cada estímulo pode alterar o rumo da partida. Além disso, Atan e Akyol (2014) compararam o TR auditivo e visual de atletas de diferentes modalidades (futebol, basquete, judô, atletismo, taekwondo) e não atletas e identificaram que os atletas tiveram melhor TR comparado aos não atletas. Ainda, os judocas apresentaram pior TRS em relação aos demais atletas, especialmente quando fornecido estímulos auditivos.

A via sensorial (auditiva, somatossensorial e visual) responsável por captar as informações pode ser crucial para responder a um estímulo. Estudos sugerem que a velocidade de processamento neural varia de acordo com a via sensorial, sendo que o estímulo auditivo leva aproximadamente 20-30ms para chegar ao córtex auditivo (Kandel et al., 2014) enquanto um estímulo visual leva aproximadamente 40-100ms (Kandel et al., 2014) e o somatossensorial por volta de 20-50ms (Kandel et al., 2014), para chegar no córtex visual e somatossensorial, respectivamente. Estas diferenças estão relacionadas a vários fatores,

como o percurso que a informação leva do órgão receptor até o córtex e a complexidade para interpretar tal informação.

O sistema auditivo, transmite estímulos sonoros de maneira relativamente direta, desde as células ciliadas da cóclea até o córtex auditivo. Esse trajeto inclui estruturas subcorticais como o núcleo coclear, o colículo inferior e o tálamo, permitindo uma transmissão eficiente sem necessidade de processamento adicional antes de atingir as áreas corticais superiores (Kandel et al., 2014). Essa eficiência diferencia o sistema auditivo de outros sistemas sensoriais, como o visual, que exige etapas mais complexas de processamento (Suggate, 2024). Por exemplo, o sistema visual envolve processos mais complexos de integração, como a detecção de formas, movimento e cor, que passam por múltiplas camadas no córtex visual primário e áreas associativas do córtex occipital e parietal (Kandel et al., 2014). Portanto, o estímulo visual deve passar por várias camadas de processamento cortical, o que aumenta o tempo para responder/reagir a estímulos externos comparado a estímulos sonoros.

Quanto ao sistema somatossensorial, os estímulos captados por receptores como mecanorreceptores, nociceptores e proprioceptores seguem uma trajetória relativamente direta até o córtex somatossensorial, passando pelo tálamo. No entanto, a distância entre o local do estímulo (como mãos ou pés) e o cérebro e a integração entre diferentes receptores pode influenciar o tempo de detecção e processamento. Assim, embora o processamento somatossensorial seja menos complexo do que o visual, diversos fatores como a distância e a complexidade do estímulo pode aumentar a latência (Kandel et al., 2014; Williams; Shenasa; Chapman, 1998).

Conforme demonstrado, o TR varia significativamente entre as diferentes vias sensoriais, sendo influenciado tanto pelos mecanismos neurobiológicos específicos de cada sistema quanto pelas demandas particulares de cada modalidade esportiva. Enquanto o sistema auditivo apresenta maior eficiência de transmissão neural (200ms) devido ao seu trajeto mais direto até o córtex, o sistema visual (230ms) requer processamentos mais complexos, e o sistema somatossensorial (300ms) sofre influência de fatores como distância do estímulo e integração de múltiplos receptores. Apesar da importância da via somatossensorial em modalidades como judô e jiu-jitsu, onde o contato físico constante através do quimono representa a principal fonte de informações para tomada de decisão, os estudos sobre TR têm se concentrado predominantemente em estímulos visuais e auditivos (Atan; Akyol, 2014; C. Ruschel et al., 2011; Ferreira, 2017; Mori; Ohtani; Imanaka, 2002). Esta lacuna na literatura torna-se ainda mais relevante considerando que as características neurobiológicas do sistema somatossensorial e sua aplicação específica em modalidades de lutas de agarre podem

apresentar padrões de TR distintos dos observados em outras vias sensoriais, demandando investigações mais aprofundadas para compreender adequadamente o desempenho destes atletas.

2. Objetivo

Para compreender as lacunas apresentadas anteriormente, o presente estudo teve como objetivo comparar o TR (simples e de escolha), utilizando diferentes vias sensoriais (visual, auditiva e tátil), entre atletas de diversas modalidades esportivas e indivíduos não atletas.

3. Hipótese

Considerando os princípios da especificidade sensório-motora (Magill, 2000) envolvidos na prática esportiva, espera-se que os atletas apresentem TR significativamente menores quando submetidos a estímulos na via sensorial predominante associada à sua modalidade esportiva. Dessa forma, presume-se que atletas de modalidades com alta demanda visual, como esportes de quadra ou campo e lutas de percussão, obtenham melhor desempenho em testes com estímulos visuais. De maneira semelhante, espera-se que atletas de esportes com predominância tátil, como o judô e o jiu-jitsu, apresentem respostas mais rápidas a estímulos táteis. Já os atletas de provas de velocidade, como a natação e o atletismo, cujas largadas dependem diretamente de sinais auditivos, são esperados valores menores de TR a estímulos auditivos.

4. MATERIAIS E MÉTODO

4.1. Participantes

Setenta indivíduos, com idades entre 18 e 30 anos, foram recrutados. Os participantes foram distribuídos em quatro grupos, conforme o tipo de prática corporal e a via sensorial predominante associada à modalidade:

- **Grupo I – Atletas de modalidades com predominância visual (GV; n=20):**
Composto por atletas de esportes em que a via visual desempenha papel central na percepção do ambiente e na tomada de decisão motora, incluindo esportes de quadra ou campo (ex.: futebol, basquete, handebol) e lutas de percussão (ex.: taekwondo).

- **Grupo II – Atletas de modalidades com predominância somatossensorial (GT; n=20):** Composto por atletas de modalidades em que a propriocepção, o tato e o contato físico direto são fundamentais para o desempenho motor, tais como o judô e o jiu-jitsu.
- **Grupo III – Atletas de modalidades com predominância auditiva (GA; n=10):** Composto por atletas de modalidades esportivas em que o estímulo auditivo desempenha papel central no início da ação motora, com a reação ao sinal sonoro de largada. Esse grupo incluirá praticantes de provas de velocidade da natação (ex.: 50m e 100m livre) e do atletismo (ex.: 100m rasos).
- **Grupo IV – Insuficientemente Ativos (IA; n=20):** Constituído por indivíduos classificados como insuficientemente ativos segundo o IPAQ, os quais não alcançam o mínimo recomendado de 150 minutos semanais de atividade física.

Os critérios de inclusão para todos os participantes incluíram: ter idade entre 18 e 30 anos. Especificamente para os atletas (Grupos I, II e III), foram incluídos indivíduos com tempo mínimo de dois anos de experiência contínua na modalidade esportiva praticada, com participação regular em treinamentos e/ou competições. Para os indivíduos insuficientemente ativos, foram incluídos aqueles que realizavam menos de 150 minutos de atividade física por semana, conforme os parâmetros estabelecidos pelas diretrizes internacionais – essa avaliação foi realizada por meio do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ), versão curta. Foram excluídos do estudo indivíduos que apresentaram: sensibilidade alterada nas palmas das mãos, déficits visuais não corrigidos, déficits auditivos corrigidos ou não, diagnóstico de diabetes, presença de declínio cognitivo, histórico de alcoolismo ou tabagismo ativo.

Todos os voluntários foram previamente informados sobre os objetivos do estudo, os procedimentos experimentais e os eventuais riscos e benefícios associados à participação. Aqueles que concordaram em participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme exigido pelas diretrizes éticas para pesquisa com seres humanos.

4.2. Caracterização

Para caracterização dos participantes, foi aplicado uma anamnese com o intuito de verificar informações importantes para participação no estudo, tais como, critérios de exclusão e informações sobre a prática esportiva. O Miniexame do Estado Mental (MEEM) foi aplicado para avaliar as funções cognitivas globais. O Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ), versão curta, foi utilizado para verificar o nível de atividade física dos participantes. Também foi aplicado o inventário de lateralidade de Edinburgh, desenvolvido por Oldfield

(Oldfield, 1971) para determinar a mão dominante de cada participante. Além disso, foi mensurado o peso e a estatura de todos os participantes.

4.3. Testes de tempo de reação

Um equipamento foi desenvolvido para avaliar o TRS e o TRE, utilizando diferentes vias sensoriais para captação dos estímulos. A Figura 1 ilustra o equipamento de TR. Basicamente, o equipamento foi elaborado com duas vias em formato de *joystick*, no qual, está localizado um *push button*, no topo de cada uma dessas vias. A base do dispositivo é um microcontrolador *ESP32 Ide Dual Core - Dev Kit V1*, que envia os sinais de forma aleatória tanto no intervalo entre os estímulos, que se dará entre 3000ms e 7000ms, quanto entre as vias, direita e esquerda (para o caso do TRE). Toda a lógica será implementada em linguagem *Python 3.11*, fazendo uso da biblioteca *MicroPython 1.20*, que substituiu o *firmware* do microcontrolador. A figura 2 contém a (A) fotografia do equipamento montado e pronto para uso e (B) o microcontrolado responsável pela emissão dos estímulos e processamento das respostas.

4.3.1. Tempo de reação simples

Na obtenção do TRS, o equipamento forneceu um estímulo (visual, sonoro ou tátil) para o participante que, segurando um dos *joysticks* do equipamento com a mão dominante, deveria pressionar o botão, localizado no topo do controle, o mais rápido possível. O teste consistiu em 20 estímulos para cada via sensorial, com o intervalo entre eles se dando de forma aleatória (podendo ocorrer em qualquer momento entre 3000 e 7000ms), para eliminar o efeito de aprendizado do participante. Os testes foram apresentados em blocos randomizados, de acordo com as vias sensoriais (visual, sonoro ou tátil). Importante ressaltar que antes do início de cada teste, foi ministrado uma familiarização, que consistiu na apresentação de 3 estímulos, para cada via sensorial, sem a aquisição de dados.

As especificidades de cada estímulo sensorial foram:

- **Estímulo visual:** O microcontrolador acionava um LED verde;
- **Estímulo sonoro:** O equipamento emitia um estímulo sonoro agudo, com frequência de 1320Hz;
- **Estímulo tátil:** Um *vibracall*, localizado no interior do controle (*joystick*) segurado pela mão dominante do atleta, vibrava a uma frequência de 9000 rpm.

Figura 1. Diagrama do dispositivo elaborado para análise do tempo de reação. O equipamento é composto por (1-2) LED de alto brilho da cor verde, (3-4) emissor de som com frequência de 1320Hz internos ao headset, (5) joysticks direito e esquerdo com os *pushbuttons* e *vibracalls*, (6) microcontrolador ESP32, (7) computador responsável por fazer a análise e aquisição dos dados.

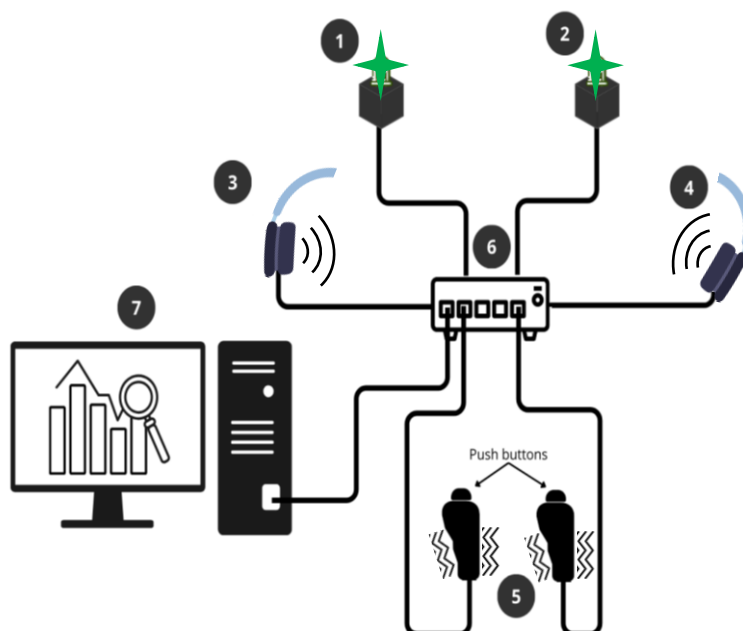


Figura 2. (A) Foto do equipamento montado e (B) do microcontrolador que fica posicionado na parte inferior da caixa de madeira.



(A)



(B)

4.3.2. Tempo de reação de escolha

No teste para a obtenção do TRE, o participante foi instruído a segurar um *joystick* do equipamento com cada mão. Assim que o aparelho fornecia o estímulo, o participante deveria apertar o botão do *joystick* designado o mais rápido possível. Nesta parte do protocolo, o

intervalo, o tipo de estímulo (via sensorial) e os blocos de apresentação foram randomizados. Além disso, a lateralidade (direita ou esquerda) dos estímulos também foi randomizada. Para esta etapa, a familiarização consistiu em uma versão reduzida do teste de TRE (5 estímulos), sem a aquisição de dados. Em seguida, o teste principal foi iniciado.

As especificidades de cada estímulo sensorial foram:

- **Estímulo visual:** Um LED verde, posicionado à direita ou à esquerda, era aceso. O participante deveria responder com o botão correspondente ao lado em que o LED se acendia;
- **Estímulo sonoro:** Era emitido um som agudo de 1320 Hz, proveniente do lado direito ou esquerdo. O participante deveria responder com o botão da mão correspondente ao lado em que o estímulo ocorreu;
- **Estímulo tátil:** O *joystick* vibrava diretamente na mão direita ou esquerda do participante, que deveria apertar o botão do *joystick* correspondente ao estímulo, o mais rápido possível.

O tempo decorrido entre a apresentação do estímulo e a resposta fornecida pelo voluntário foi medido em milissegundos. Além disso, foram registradas as ocorrências de erro nas respostas, que poderiam se enquadrar em três categorias: (1) Se a resposta foi dada antes da apresentação do estímulo ou em menos de 150 milissegundos após o estímulo, o tempo foi substituído pela abreviação "AT" (*Anticipated*), indicando uma antecipação na resposta; (2) Se o participante recebia o estímulo, mas não fornecia nenhuma resposta, foi registrado a abreviação "DP" (*Didn't Press*), para indicar que não houve resposta após a apresentação do estímulo; (3) Se a resposta fornecida pelo voluntário não correspondia à resposta esperada para o estímulo, especialmente em testes de TRE, foi registrada a abreviação "WS" (*Wrong Side*), para indicar que a resposta foi incorreta em relação ao estímulo apresentado.

4.4. Análise de dados do tempo de reação

Ao final da avaliação, o microcontrolador salvou todas as tentativas para cada um dos testes em arquivos de extensão *.dat*, no qual continha o número da tentativa, a resposta (TR) do participante, em *ms*, antecipações (acionamento do botão antes do estímulo) e, no TRE, acerto ou erro. Em seguida, foram utilizados softwares para obter a média e o desvio padrão das tentativas, de cada um dos testes, de cada participante.

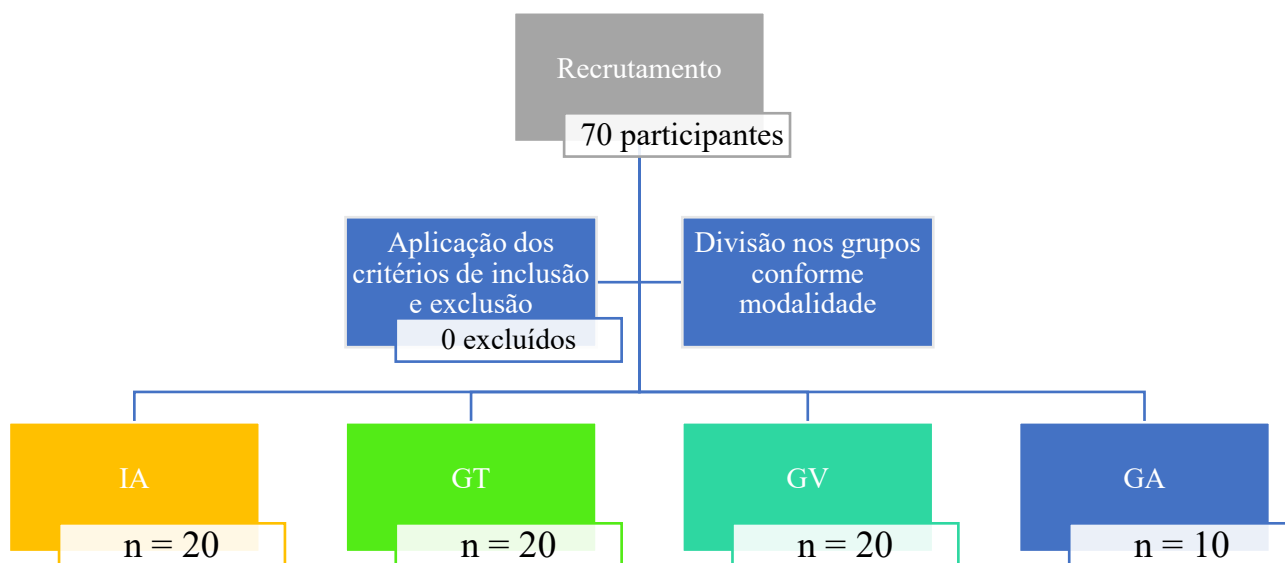
4.5. Análise estatística

A análise estatística foi realizada no software SPSS 22.0 for Windows (IBM Corporation, Armonk, New York, USA). O nível de significância foi mantido em 0,05. O teste de Shapiro-Wilk foi empregado para verificação da normalidade na distribuição dos dados. Testes paramétricos (testes t de Student e ANOVAs) e não paramétricos (testes U de Mann-Whitney ou Kruskal-Wallis) foram utilizados para comparar os dados de caracterização da amostra, de acordo com a normalidade ou a característica dos dados (variável discreta ou contínua). Os dados de TR não apresentaram distribuição normal e, portanto, foi necessária a transformação logarítmica (LOG) para atender aos pressupostos das análises paramétricas. Após transformação, os dados do TR foram analisados por meio de ANOVAs *two-way* com medidas repetidas foram empregadas, utilizando fator para grupo (GT x GA x GV x IA) e estímulo sensorial (visual x auditivo x somatossensorial). Testes post hoc de Bonferroni foram utilizados para localizar as diferenças em caso de efeitos principais ou interações significativas entre fatores. As análises foram realizadas separadas para cada tipo de TR – TRS e TRE.

5. Resultados

Foram avaliados 70 indivíduos, com idades entre 18 e 30 anos, distribuídos em quatro grupos de acordo com a modalidade esportiva praticada e via sensorial predominante. A Figura 3 apresenta o fluxograma do estudo.

Figura 3. Fluxograma do estudo.



A Tabela 1 apresenta os dados de caracterização da amostra, incluindo avaliações antropométricas, cognitivas e nível de atividade física de todos os participantes separados nos quatro grupos. O teste de *Kruskal-Wallis* demonstrou diferenças significativas entre os grupos para o tempo semanal de atividade física moderada ($\chi^2 = 12,979$; $p = 0,005$), vigorosa ($\chi^2 = 37,896$; $p < 0,001$) e total ($\chi^2 = 29,013$; $p < 0,001$). As comparações *post hoc* pelo teste de *Mann-Whitney* evidenciaram que, para a atividade moderada, o grupo IA apresentou diferenças significativas em relação ao GT ($Z = -3,012$; $p = 0,004$), GA ($Z = -2,775$; $p = 0,008$) e ao GV ($Z = -3,077$; $p = 0,002$). Para a atividade vigorosa, observaram-se diferenças entre IA vs. GT ($Z = -5,056$; $p < 0,001$), IA vs. GA ($Z = -3,405$; $p = 0,002$) e IA vs. GV ($Z = -5,413$; $p < 0,001$). Já no tempo total de atividade física, o grupo IA diferiu significativamente de GT ($Z = -4,491$; $p < 0,001$), GA ($Z = -2,508$; $p = 0,011$) e GV ($Z = -4,816$; $p < 0,001$).

Tabela 1 – Tabela de caracterização da amostra. Dados paramétricos apresentados em médias e desvios padrão e os dados não paramétricos em medianas e 1º e 3º quartis

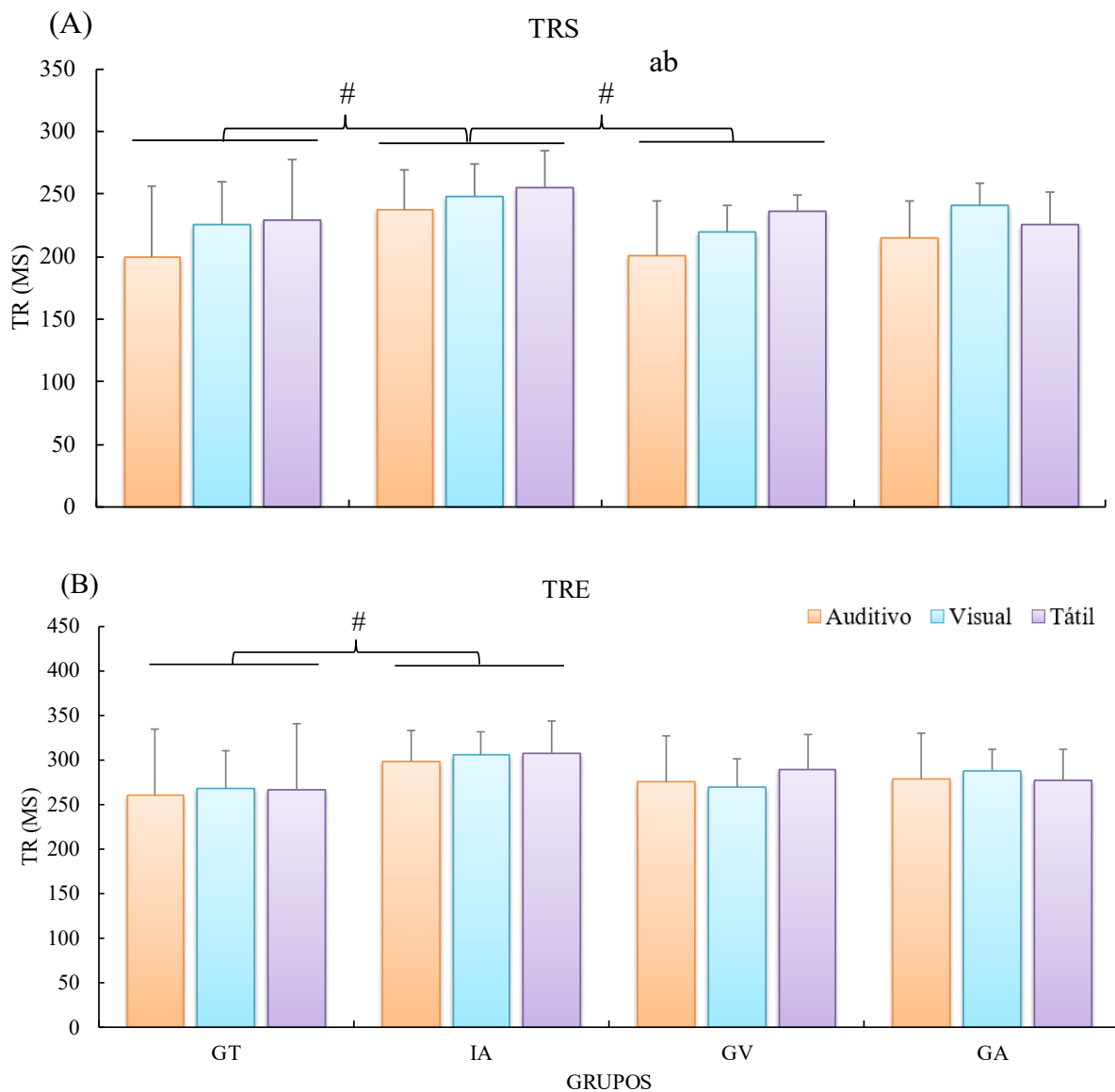
TABELA DE CARACTERIZAÇÃO (n=70)				
	IA (n=20)	GT (n=20)	GV (n=20)	GA (n=10)
Sexo (M/F)	9/11	15/5	14/6	6/4
Idade (anos)	22,70 ± 2,90	22,2 ± 6,5	22,4 ± 4,3	23,3 ± 2,7
Estatura (cm)	170,1 ± 7,6	170,89 ± 8,3	172,3 ± 9,3	171,7 ± 7,1
Massa (kg)	72,7 ± 18,3	78,7 ± 13,3	68,7 ± 11,2	64,9 ± 9,9
MEEM (pts)	29 (28,7 – 30)	28 (27 – 29,2)	30 (29 – 30)	29,5 (28,2 – 30)
AF leve (min/sem)	85 (47,5 – 105)	105 (37,5 – 390)	132,5 (65 – 205)	67,5 (20 – 592,5)
AF moderada (min/sem)	0 (0 – 48,7)	180 (0 – 300)*	85 (34,5 – 195)*	195 (45 – 240)*
AF vigorosa (min/sem)	0 (0 – 0)	275 (187,5 – 382,5)*	360 (225 – 555)*	135 (45 – 240)*
AF total (min/sem)	135 (73,7 – 261,2)	757,5 (420 – 1367,5)*	660 (427,5 – 978,7)*	392,5 (232,5 – 885)*

IA = Insuficientemente Ativos; GT = Grupo Tátil; GV = Grupo Visual; GA = Grupo Auditivo; M = Masculino; F = Feminino; MEEM = Mini Exame de Estado Mental; * = Característica diferente quando comparado com o grupo IA ($p < 0,05$)

A ANOVA revelou efeito principal de via sensorial para o TRS ($F_{2,132} = 23,258$; $p = 0,008$), sendo que a via aditiva apresentou menor TR em relação a via visual ($p < 0,001$) e a via tátil ($p < 0,001$). A análise estatística também demonstrou efeito principal de grupo para o TRS ($F_{3,66} = 5,053$; $p = 0,003$), indicando que o IA apresentou maior TR comparado ao GT ($p = 0,005$) e GV ($p = 0,012$). Não houve interação entre grupo e via sensorial para o TRS (Figura 4).

Em relação ao TRE, a ANOVA indicou efeito principal de grupo ($F_{3,66} = 3,815$; $p = 0,014$), demonstrando que o IA teve maior TR em relação ao GT ($p = 0,008$). Não houve efeito principal de via sensorial e interação (Figura 4).

Figura 4 – Médias e desvios padrão do (A) TRS e (A) TRE entre os grupos para diferentes estímulos sensoriais



IA = Insuficientemente Ativos; GT = Grupo Tátil; GV = Grupo Visual; GA = Grupo Auditivo; * = Diferença para o grupo IA ($p < 0,05$); a = Diferença entre a via auditiva e a via visual ($p < 0,05$); b = Diferença entre a via auditiva e a via tátil ($p < 0,05$); # = Diferença principal de grupo ($p < 0,05$).

Para o TRE, embora tenham sido observadas diferenças numéricas entre os grupos, com atletas apresentando valores menores que indivíduos insuficientemente ativos, as diferenças foram menos pronunciadas comparado ao TRS. Esta menor discriminação no TRE pode ser atribuída à maior complexidade da tarefa, que envolve processamento de informação adicional e tomada de decisão, reduzindo as diferenças relativas entre grupos.

6. Discussão

O presente estudo teve como objetivo comparar o TR (simples e de escolha) utilizando diferentes vias sensoriais (visual, auditiva e tátil) entre atletas de diversas modalidades esportivas e indivíduos insuficientemente ativos. Os principais achados demonstraram que os atletas do grupo GT e GV apresentaram TRS significativamente menores comparado ao grupo de não atletas. Ainda, o grupo GT obteve menores valores no TRE comparado ao grupo IA. Adicionalmente, foi confirmada a hierarquia de velocidade entre as vias sensoriais, com a via auditiva demonstrando processamento mais rápido que as vias visual e tátil.

Os resultados obtidos corroboram consistentemente com a literatura científica ao demonstrar que atletas, apresentam TR superiores comparado a indivíduos insuficientemente ativos (Atan; Akyol, 2014; Bruzi et al., 2013). A diferença observada pode ser atribuída às adaptações neurais específicas decorrentes do treinamento esportivo sistemático. O treinamento de longo prazo promove otimizações em múltiplos níveis do sistema nervoso, incluindo maior eficiência na condução neural, aprimoramento da integração sensório-motora e refinamento dos processos de tomada de decisão motora (Fields, 2015). Estas adaptações resultam em processamento mais rápido e eficiente das informações sensoriais, traduzindo-se em tempos de reação menores. Cabe destacar que a ausência de diferença no TR entre os grupos GA e IA pode ser devido ao baixo n amostral (n=10) coletado.

Um aspecto particularmente relevante dos resultados foi o desempenho superior do grupo GT em comparação ao grupo de não atletas, especialmente no TRE (efeito principal de grupo). Esta observação pode estar associada às demandas específicas das modalidades de combate de agarre, que requerem processamento contínuo e refinado de informações somatossensoriais durante o contato físico direto com o adversário (Jakubiak, 2020), assim como informações visuais (do oponente) e auditivas (sons no tatame e do árbitro). A natureza imprevisível dos confrontos de agarre demanda respostas motoras extremamente rápidas, que podem ser baseadas em diferentes estímulos táteis, visuais e /ou auditivos, o que pode favorecer o

desenvolvimento de capacidades especializadas de processamento sensório-motor, independentemente da via sensorial.

Esta especificidade torna-se evidente na análise do TRE, onde GT apresentou média geral de 265ms, com valores consistentemente próximos entre as diferentes vias sensoriais: visual (260ms), tátil (266ms) e auditiva (268ms). Em contraste, o grupo GV, embora exposto a diversos estímulos aos quais deve responder, demonstrou maior variabilidade entre as vias no TRE, com tempos de 276ms para a via auditiva, 269ms para a visual e 288ms para a tátil, resultando em uma média geral superior de 278ms. Já GA apresentou valores auditivos girando em torno de 278ms, visual 287ms e tátil por volta de 279ms, obtendo uma média geral de 280ms. Esta diferença sugere que a exposição sistemática aos estímulos táteis complexos nas modalidades de agarre pode promover um desenvolvimento mais equilibrado das capacidades de processamento sensorial em comparação com modalidades que dependem predominantemente de estímulos visuais. Assim, as características das modalidades de agarre parecem promover aprimoramento no processamento neural, resultando em tomadas de decisão mais rápidas tanto em situações de estímulo único (TRS) quanto em múltiplos estímulos (TRE), independente da via sensorial.

A confirmação da hierarquia nos TR (via auditiva sendo mais rápida que a via visual e tátil) está em consonância com estudos prévios na área e pode ser explicada pelas características neuroanatômicas e neurofisiológicas das respectivas vias sensoriais (Bear, 2017; Kandel et al., 2014). A superioridade da via auditiva no processamento temporal pode ser atribuída às características estruturais do sistema auditivo, que apresenta menor número de sinapses entre os receptores periféricos e os centros de processamento cortical, resultando em condução neural mais direta e rápida (Kandel et al., 2014). Os valores médios observados de aproximadamente 200ms para estímulos auditivos estão consistentes com a literatura (C. Ruschel et al., 2011; Mülhim; Akcan, 2022), validando tanto a metodologia empregada quanto a representatividade da amostra estudada.

O sistema visual, apresentando valores em torno de 230ms, oferece informações espaciais e temporais mais ricas e complexas comparado ao sistema auditivo. A maior latência pode ser atribuída ao processamento cortical mais elaborado necessário para análise das características espaciais, movimento e reconhecimento de padrões visuais (Kandel et al., 2014; Suggate, 2024). A via somatossensorial apresentou valores semelhantes de TR quando comparado a via visual, o que pode ser explicado pela complexidade do processamento tátil e proprioceptivo, ao

integrar informações de múltiplos tipos de receptores e diferentes regiões corporais, exigindo processamento cortical mais elaborado (Kandel et al., 2014), explicando assim os valores mais lentos quando comparado a via auditiva.

Os achados deste estudo fornecem evidências importantes sobre as adaptações neurais decorrentes do treinamento esportivo e confirmam que atletas, independentemente da modalidade específica, desenvolvem capacidades superiores de processamento sensorio-motor, conseqüentemente, apresentam tomada de decisões mais rápidas. A hierarquia observada entre as vias sensoriais está consistente com as características neurofisiológicas de cada sistema, validando a metodologia empregada.

6.1. Limitações do estudo

A principal limitação metodológica deste estudo refere-se ao tamanho amostral reduzido do grupo GA, composto por atletas de modalidades de velocidade (natação e atletismo), com apenas dez participantes. Esta limitação amostral, provavelmente, resultou em poder estatístico insuficiente para detectar diferenças significativas entre este grupo e o grupo controle, mesmo na presença de tendências observáveis de melhor desempenho. A pequena amostra compromete a generalização dos achados para atletas de modalidades de velocidade e representa uma área prioritária para investigações futuras.

7. Conclusão

Os resultados do presente estudo confirmaram que atletas apresentam tempos de reação significativamente menores que indivíduos insuficientemente ativos, especialmente o TRS, validando a hipótese de superioridade do processamento sensorio-motor em indivíduos submetidos a treinamento especializado. É importante ressaltar que o grupo de atletas de velocidade, embora tenha demonstrado tendência de melhor desempenho em relação ao grupo controle, não alcançou significância estatística, possivelmente devido ao tamanho amostral reduzido ($n = 10$), limitação que não compromete a validade geral dos achados, mas sugere a necessidade de investigações futuras com amostras maiores para este subgrupo específico.

A investigação estabeleceu claramente a hierarquia de velocidade entre vias sensoriais, demonstrando que a via auditiva apresenta processamento mais rápido que as vias visual e tátil, corroborando com os achados previamente reportados na literatura científica. Particularmente

relevante foi a identificação de que o Grupo Tátil, composto por atletas de judô e jiu-jitsu, apresentou as maiores diferenças em relação ao grupo IA (não atletas), evidenciando desempenho superior especialmente no TRE. Este resultado sugere que as modalidades de combate de agarre desenvolvem capacidades especializadas de processamento sensório-motor através da exposição sistemática a estímulos táteis complexos durante o contato físico direto com adversários.

O estudo preencheu uma lacuna substancial na literatura científica ao investigar sistematicamente a via somatossensorial, área tradicionalmente menos explorada em pesquisas de tempo de reação. A demonstração de que o treinamento especializado em modalidades que demandam processamento refinado de informações táteis resulta em melhor desempenho sensório-motor constitui uma contribuição significativa para a compreensão dos mecanismos adaptativos neurais. Os achados contribuem diretamente para o entendimento dos processos neurais subjacentes ao desempenho esportivo e oferecem aplicações práticas relevantes para o desenvolvimento de programas de treinamento atlético, identificação de talentos esportivos e protocolos de avaliação do desempenho sensório-motor em diferentes populações.

REFERÊNCIAS

ATAN, Tülin; AKYOL, Pelin. Reaction Times of Different Branch Athletes and Correlation between Reaction Time Parameters. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 116, p. 2886–2889, fev. 2014.

BEAR, Mark F. **Neurociências : desvendando o sistema nervoso**. 4. ed.- ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

BRUZI, Alessandro Teodoro *et al.* Comparação do tempo de reação entre atletas de Basquetebol, Ginástica Artística e não atletas. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 35, n. 2, p. 469–480, jun. 2013.

C. RUSCHEL *et al.* Tempo de reação simples de jogadores de futebol de diferentes categorias e posições. **Motricidade**, v. 7, n. 4, p. 73–82, 2011.

CHAVAN, Neha; SHENDKAR, Deepak. A study of variations in an athlete's reaction time performance based on the types of stimulus. **International journal of physical education, sports and health**, v. 3, p. 79–83, 2016.

DA SILVA, Jhonny K. F. *et al.* Analysis of the performance of finalist swimming athletes in Olympic games: Reaction time, partial time, speed, and final time. **Journal of Physical Education and Sport**, v. 20, n. 2, p. 539–545, 2020.

FERREIRA, Thiago Vinicius. Comparação por sexo entre o tempo de reação simples, o tempo de reação complexo e a impulsividade de atletas da seleção brasileira de judô da categoria júnior. 2017.

FIELDS, R. Douglas. A new mechanism of nervous system plasticity: activity-dependent myelination. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 16, n. 12, p. 756–767, 20 dez. 2015.

GÜRSES, Veli Volkan; KAMIŞ, Okan. The Relationship Between Reaction Time and 60 m Performance in Elite Athletes. **Journal of Education and Training Studies**, v. 6, n. 12a, p. 64, 3 jan. 2019.

JAKUBIAK, Nikos. **Haptic Choice Reaction Time in Elite Judo Competitors**. [S.l.]: University of Stirling, 2020.

KANDEL, Eric R. *et al.* **Princípios de neurociências**. 5. ed.- ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2014.

KIDA, Noriyuki; ODA, Shingo; MATSUMURA, Michikazu. Intensive baseball practice improves the Go/Nogo reaction time, but not the simple reaction time. **Cognitive Brain Research**, v. 22, n. 2, p. 257–264, fev. 2005.

MAGILL, Richard A. **Aprendizagem motora : conceitos e aplicações**. São Paulo: Edgar Blucher, 2000.

MANN, Derek T. Y. *et al.* Perceptual-Cognitive Expertise in Sport: A Meta-Analysis. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. 29, n. 4, p. 457–478, ago. 2007.

MILIC, Marko *et al.* Comparison of reaction time between beginners and experienced fencers during quasi-realistic fencing situations. **European Journal of Sport Science**, v. 20, n. 7, p. 896–905, 6 ago. 2020.

MONTEIRO, Adriana Diniz *et al.* Tempo de reação de escolha de capoeiristas iniciantes e experientes. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 37, n. 4, p. 395–399, out. 2015.

MORI, Shuji; OHTANI, Yoshio; IMANAKA, Kuniyasu. Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. **Human Movement Science**, v. 21, n. 2, p. 213–230, jul. 2002.

MÜLHIM, Irfan Tamer; AKCAN, Frat. COMPARISON OF SIMPLE VISUAL AND AUDIOTORY REACTION TIMES OF MARTIAL ARTS ATHLETES. **European Journal of Physical Education and Sport Science**, v. 7, n. 5, 2022.

NG, Annie W. Y.; CHAN, Alan H. S. Finger response times to visual, auditory and tactile modality stimuli. *In*: 2012.

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

PAPIC, Christopher *et al.* The effect of auditory stimulus training on swimming start reaction time. **Sports Biomechanics**, v. 18, n. 4, p. 378–389, 4 jul. 2019.

SABINA, Macovei; ELENA-ANDREEA, Lambu; IONA-SORINA, Lambu. Study about the reaction time relation to sports performance in Karate Do. **Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health**, v. 13, 2013.

SCHMIDT, Richard A. *et al.* **Motor control and learning: A behavioral emphasis**. [S.l.]: Human kinetics, 2005.

SENEL, Ömer; EROGLU, Hüseyin. Correlation Between Reaction Time And Speed in Elite Soccer Players. **Journal of Exercise Science & Fitness**, p. 126–130, 2006.

SUGGATE, Sebastian Paul. Beyond self-report: Measuring visual, auditory, and tactile mental imagery using a mental comparison task. **Behavior Research Methods**, v. 56, n. 8, p. 8658–8676, 13 set. 2024.

TØNNESEN, Espen; HAUGEN, Thomas; SHALFAWI, Shafer A. I. Reaction Time Aspects of Elite Sprinters in Athletic World Championships. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 4, p. 885–892, abr. 2013.

VAGHETTI, César Augusto Otero; ROESLER, Helio; ANDRADE, Alexandro. Tempo de reação simples auditivo e visual em surfistas com diferentes níveis de habilidade: comparação entre atletas profissionais, amadores e praticantes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 2, p. 81–85, abr. 2007.

WILLIAMS, Stephan R.; SHENASA, Jafar; CHAPMAN, C. Elaine. Time Course and Magnitude of Movement-Related Gating of Tactile Detection in Humans. I. Importance of Stimulus Location. **Journal of Neurophysiology**, v. 79, n. 2, p. 947–963, 1 fev. 1998.