

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA

Guilherme Droescher de Vargas

**O EFEITO DE TREINAMENTOS PLIOMÉTRICOS REALIZADOS EM TERRA E  
ÁGUA NA ALTURA DE SALTO, DESEMPENHO FÍSICO E NA PERCEPÇÃO E  
MARCADORES DE DOR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Porto Alegre

2021

---

Guilherme Droescher de Vargas

**O EFEITO DE TREINAMENTOS PLIOMÉTRICOS REALIZADOS EM TERRA E  
ÁGUA NA ALTURA DE SALTO, DESEMPENHO FÍSICO E NA PERCEPÇÃO E  
MARCADORES DE DOR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Curso de Graduação de Bacharelado em Educação Física da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Orientador:** Prof.<sup>o</sup> Dr. Luiz Fernando Martins Kruel

Porto Alegre  
2021

O EFEITO DE TREINAMENTOS PLIOMÉTRICOS REALIZADOS EM TERRA E  
ÁGUA NA ALTURA DE SALTO, DESEMPENHO FÍSICO E NA PERCEPÇÃO E  
MARCADORES DE DOR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Conceito final:

Aprovado em ..... de ..... de .....

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Eduardo Lusa Cadore – UFRGS

Porto Alegre – RS

Novembro de 2021

## **Trabalho de conclusão de curso em modelo de artigo científico**

**Revista Científica:** Science et Sports

**Categoria do artigo:** Revisão sistemática.

**Título do artigo** O efeito de treinamentos pliométricos realizados em terra e água na altura de salto, desempenho físico e na percepção e marcadores de dor: uma revisão sistemática.

**Autores:** Guilherme Droescher de Vargas<sup>1</sup>, Jonas Zanella<sup>1</sup>, Giovanni Brito Rimolo<sup>1</sup>, Artur Avelino Birk<sup>1</sup>, Pedro Schons<sup>1</sup>, Lucas Klein<sup>1</sup>, Luiz Fernando Martins Kruehl<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

**Número de palavras no resumo:** 137.

**Número de palavras no corpo do texto:** 2339.

**Tabelas:** 1

**Figuras:** 1

### **Autor correspondente:**

Guilherme Droescher de Vargas.

E-mail: guilhermedevargas@gmail.com

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança – Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Rua Felizardo, 750 – Bairro Jardim Botânico - CEP: 90690-200 - Porto Alegre – RS, Brazil.

# **O EFEITO DE TREINAMENTOS PLIOMÉTRICOS REALIZADOS EM TERRA E ÁGUA NA ALTURA DE SALTO, DESEMPENHO FÍSICO E NA PERCEPÇÃO E MARCADORES DE DOR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

## **O efeito de treinamentos pliométricos realizados em terra e água**

**Autores:** Guilherme Droescher de Vargas<sup>1</sup>, Jonas Zanella<sup>1</sup>, Giovanni Brito Rimolo<sup>1</sup>, Artur Avelino Birk<sup>1</sup>, Pedro Schons<sup>1</sup>, Lucas Klein<sup>1</sup>, Luiz Fernando Martins Kruehl<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

### **Resumo**

O objetivo do estudo foi desenvolver uma revisão sistemática para analisar os estudos que compararam os efeitos de intervenções com o treinamento pliométrico em ambiente aquático e terrestre em desfechos neuromusculares, desempenho físico, percepção de dor e marcadores bioquímicos. A estratégia dessa revisão foi realizada de acordo com as recomendações da Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). A busca foi realizada nos motores de busca (PubMed, SPORTDiscus, Scopus e MEDline). Foram selecionados 10 artigos que se enquadraram com os critérios de inclusão para essa revisão. O treinamento pliometrico em meio aquático se mostra uma alternativa interessante, podendo contribuir para o desenvolvimento das capacidades físicas de jovens e atletas. Além de promover benefícios semelhantes ao treinamento em terra, também se mostra capaz de reduzir a percepção de dor e também os marcadores de dano muscular.

**Palavras-chave:** Treino pliometrico; Treino em meio aquático; Desempenho de Saltos;

## **THE EFFECT OF PLYOMETRIC TRAININGS CARRIED OUT ON LAND AND WATER AT JUMP HEIGHT, PHYSICAL PERFORMANCE AND PAIN PERCEPTION AND MARKERS: A SYSTEMATIC REVIEW**

### **The effect of plyometric training performed on land and water**

#### **ABSTRACT**

The aim of the study was to develop a systematic review to analyze studies that compared the effects of interventions with plyometric training in aquatic and terrestrial environments on neuromuscular outcomes, physical performance, pain perception and biochemical markers. The strategy of this review was carried out in accordance with the recommendations of the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). The search was performed on search engines (PubMed, SPORTDiscus, Scopus and MEDline). Ten articles that met the inclusion criteria for this review were selected. Plyometric training in an aquatic environment is an interesting alternative, which can contribute to the development of physical capabilities of young people and athletes. In addition to providing benefits similar to training on land, it has also been shown to reduce pain perception and muscle damage markers.

**keywords:** Plyometric Training; Water-Based Training; Jump Performance;

## **Sumário**

Introdução.....	1
Métodos.....	2
Estratégia de Busca .....	2
Critério de Elegibilidade .....	2
Seleção dos estudos e extração de dados .....	2
Qualidade metodológica.....	3
Resultados .....	3
Discussão.....	1
Conclusões .....	3
Referências .....	5

## Introdução

O treinamento pliométrico é uma forma muito comum de desenvolvimento da condição física. Esse método envolve exercícios de saltos com peso corporal e utiliza o ciclo alongamento encurtamento (CAE) por meio de movimentos rápidos e vigorosos para realizar o pré-estiramento ou um contramovimento [1,2]. Algumas revisões sistemáticas destacam os benefícios, eficácia e segurança de se aplicar o treinamento pliométrico em idosos [3], na saúde óssea de crianças e adolescentes [4], no desempenho esportivo de jogadores de voleibol [5] e futebol [6,7] e também de atletas mulheres [8].

Os efeitos do treinamento pliométrico podem responder a fatores associados ao volume, intensidade, tipo de salto, superfície e duração do programa de treino [9]. Apesar dos benefícios destacados na saúde e no desempenho, esse tipo de treinamento também está associado com lesões musculoesqueléticas e dores musculares de início tardio atribuídas a alta intensidade de treino, as forças de compressão nas articulações e músculos e ao componente excêntrico decorrente do CAE [10–13]. Estudos apontam que as forças de reação do solo podem chegar até 5 vezes o peso corporal em *Drop jumps* (DJ) e em até 4 vezes em *Countermovement jumps* (CMJ) [14–16]. Sendo assim, o excesso do número de saltos pode provocar um aumento da carga externa resultando em lesões. A literatura indica que esse tipo de treinamento para indivíduos avançados deve ser de aproximadamente 120 até 140 toques no solo por sessão de treinamento [17].

É reportado na literatura o aumento de atividades sendo realizadas no ambiente aquático [18]. Nesse sentido, alguns estudos já buscaram compreender as diferenças biomecânicas do ambiente terrestre e aquático para diversos tipos de exercícios [16,19–22]. Avaliando saltos unilaterais realizados em terra e água pode se observar uma redução da força de impacto de aproximadamente 40% quando realizado em ambiente aquático [22]. De maneira semelhante, outro estudo avaliou as variáveis cinéticas do salto agachado e saltos unilaterais, o ambiente aquático reduziu aproximadamente 75% do pico de impacto [20]. Essas reduções também acontecem nos exercícios, *ankle hop* (39%), *tuck jumps* (51%), CMJ (40%) e DJ (38%) [16].

Como o ambiente aquático pode atenuar os efeitos do pico de impacto, a pliometria em água parece ser uma alternativa para minimizar os riscos de lesão. Assim, o objetivo do estudo foi desenvolver uma revisão sistemática para analisar os estudos que compararam os efeitos de intervenções com o treinamento pliométrico em ambiente aquático (APT) e terrestre (LPT) em desfechos neuromusculares, desempenho físico, percepção de dor e marcadores bioquímicos.

## **Métodos**

Essa revisão sistemática seguiu as recomendações propostas pela *Cochrane Collaboration* [23] e as normas *PRISMA* [24].

### Estratégia de Busca

A busca foi realizada nas bases de dados PubMed, SPORTDiscus, Scopus e MEDline em 21 de janeiro de 2021. A busca restringiu-se a estudos publicados em inglês. A seguinte estratégia de busca foi utilizada: “aquatic plyometric training OR water-based plyometric training OR aquatic plyometric exercise OR water-based plyometric exercise OR aquatic jump training OR water-based jump training OR aquatic jump exercise OR water-based jump exercise”.

### Critério de Elegibilidade

Os estudos deveriam comparar treinamentos de pliometria em ambiente aquático com ambiente terrestre. Foram incluídos apenas estudos longitudinais.

### Seleção dos estudos e extração de dados

Dois pesquisadores (G.D.V e J.Z.C) avaliaram, de maneira independente, títulos e resumos de todos os artigos encontrados pela estratégia de busca. Nos estudos em que o resumo não apresentasse todas as informações necessárias, foi realizada a leitura completa do artigo. Discordâncias entre os dois pesquisadores eram resolvidas por meio de consenso. Quando necessário, um terceiro pesquisador (L.M.K.) participava da leitura do título e resumo. Os mesmos pesquisadores (G.D.V e J.Z.C) realizaram as extrações dos dados de maneira independente. Um formulário padronizado contendo as informações de interesse que deveriam ser extraídas foi entregue a cada um dos revisores. Os dados extraídos para a construção do formulário foram o número, modalidade esportiva, protocolo de treinamento, resultados obtidos no treinamento pliométrico no meio aquático e terrestre. Discordâncias foram resolvidas por consenso.

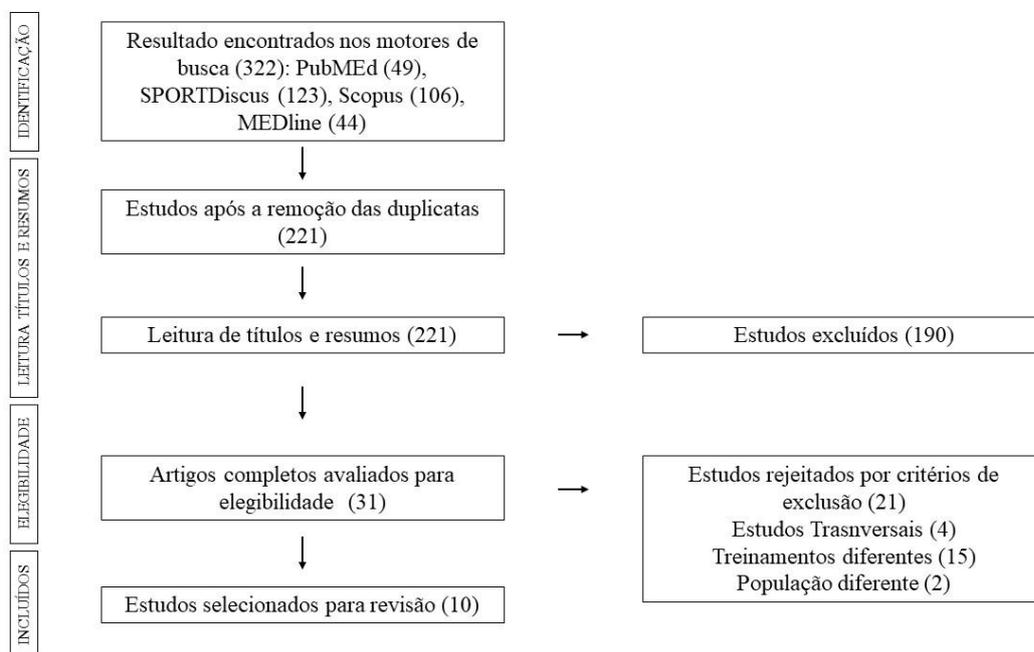
## Qualidade metodológica

A análise da qualidade metodológica dos estudos foi avaliada pela ferramenta TESTEX, que considera os seguintes aspectos para avaliação: em relação a qualidade de estudo (1) critério de elegibilidade foi especificado, (2) Randomização específica, (3) Distribuição foi cegada, (4) Grupos similares na linha de base, (5) Avaliadores cegados para pelo menos uma variável chave, em relação ao relato do estudo (6) Medições dos desfechos avaliadas em 85% dos sujeitos, (7) Intenção de tratar, (8) Comparações estatísticas entre grupos foram relatadas, (9) Medida de pontuação e medidas de variabilidade relatadas para todas medidas de desfecho, (10) Monitoramento de atividades no grupo controle, (11) Intensidade relativa permaneceu constante, (12) Volume de exercício e gasto energético [25] De 15 pontos possíveis: dois estudos apresentaram score 9 [26,27], quatro estudos apresentaram score 8 [28–31], três estudos apresentaram score 7 [9,32,33] e um estudo apresentou score 6 [34]. Dessa forma, todos os estudos apresentam uma qualidade média.

## **Resultados**

A procura nos motores de busca identificou 322 artigos. Os estudos foram exportados para um gerenciador de referências (Mendeley, Elsevier Inc, New York, USA). Foram removidas de forma automática ou manual 101 estudos duplicados. Os 221 estudos restantes foram analisados por meio da leitura do título e do resumo sendo selecionados para leitura do texto completo 31 artigos. Após, 21 artigos não atenderam os critérios de elegibilidade. Sendo assim, 10 artigos foram incluídos na presente revisão sistemática (Figura 1).

**Figura 1: Fluxograma de seleção dos estudos**



Os 10 estudos incluídos totalizaram 271 indivíduos jovens (183 homens e 88 mulheres), fisicamente ativos ou praticantes recreacionais, semiprofissionais de diferentes esportes coletivos (basquete e futebol). Dois estudos apresentavam apenas dois grupos, comparando intervenção em terra e água; um estudo apresentou quatro grupos, dois modelos de treinamento em água, um treinamento em terra e um controle, o restante dos estudos apresentaram três grupos, comparando treino em terra e água e um grupo controle. A presente revisão sistemática incluiu estudos que avaliaram desfechos neuromusculares (altura de salto vertical, horizontal, força isocinética, pico de torque), desempenho físico (testes de agilidade e sprint), análises bioquímicas (CK) e a percepção de dor por meio de escalas subjetivas (VAS). Dos dez estudos incluídos, nove avaliaram desempenho de saltos, cinco estudos avaliaram força e cinco estudo avaliaram marcadores bioquímicos e percepção de dor.

No quadro abaixo, um resumo dos artigos selecionados para a revisão, mostrando as diferenças significativas nas avaliações pré e pós intervenção (Tabela 1).

<b>Autor</b>	<b>População</b>	<b>Intervenção</b>	<b>Grupo pliometrico aquático</b>	<b>Grupo pliometrico terrestre</b>
<b>Arazi 2011</b>	Jovens, atletas semiprofissionais de basquete n= 18 (homens)	8 semanas 3x por semana		
		3 grupos (controle, água e terra) Treinos semelhantes 3 séries de 4 exercícios 117-183 saltos por sessão Máxima Intensidade nos saltos 60s de descanso entre séries e 3min entre diferentes saltos  Profundidade: 70% do corpo submerso 8 semanas 3x por semana	1 RM (leg press) ↑ 11.67% * Tempo de sprint (36,5) ↓ 12.73% * Tempo de sprint (60 m) ↓ 10.9% *	1 RM (leg press) ↑ 11.3% * Tempo de sprint (36,5) ↓ 10.36% * Tempo de sprint (60 m) ↓ 9.04 *
<b>Arazi 2012</b>	Jovens, atletas semiprofissionais de basquete n= 18 (homens)	3 grupos (controle, água e terra) Treinos semelhantes 3 séries de 4 exercícios 117-183 saltos por sessão Máxima intensidade nos saltos 60s de descanso entre séries e 3min entre diferentes saltos  Profundidade: 70% do corpo submerso	Altura VJ ↑ 30.54% * Distância SLTJ ↑ 6.57% * Tempo (agility test t) ↓ 15.78% * Tempo (illinois agility run test) ↓ 5.90% *	Altura VJ ↑ 29.33% * Distância SLTJ ↑ 5.75% Tempo (agility test t) ↓ 9.62% Tempo (illinois agility run test) ↓ 3.95%

<b>Fonseca 2017</b>	Atletas junior de futebol n= 24 (homens)	6 semanas 2x por semana	Altura VJ ↑ 25.59% * Tempo de contato ↓ 22.03% * DOMS ↓ 88.20% *	Altura VJ ↑ 15.93% * Tempo de contato ↓ 5.68 % DOMS ↓ 18.03%
		3 grupos (controle, água e terra) Treinos semelhantes 1 exercício (drop jump 50cm) 3-5 séries 48-120 saltos por sessão 2-3min de descanso Intensidade dos saltos não relatada  Profundidade: 1 m		
<b>Jurado- Lavanant 2014</b>	Jovens universitários n= 65 (homens)	10 semanas 2x por semana	Altura SJ ↑ 12.06% * Altura CMJ ↑ 14.63% *	Altura SJ ↑ 17.11% * Altura CMJ ↑ 13.06 *
		3 grupos (controle, água e terra) Treinos semelhantes 10 séries de 10-55 saltos 100-550 saltos por sessão Intensidade dos saltos não relatada  Profundidade: 2,2 m		
<b>Jurado- Lavanant 2015</b>	Jovens universitários n= 65 (homens)	10 semanas 2x por semana	Altura DJ 30cm ↑ 4.48% Altura DJ 50cm ↑ 5.01% Média de altura RJ10 ↑ 2.65% CK ↑ 2.93%	Altura DJ 30cm ↑ 7.30% * Altura DJ 50cm ↑ 13.24% * Média de altura RJ10 ↑ 10.36% * CK ↑ 21.25%
		3 grupos (controle, água e terra) Treinos semelhantes 10 séries de 10-55 saltos 100-550 saltos por sessão 3 min descanso Mesmo protocolo Máxima intensidade nos saltos  Profundidade: 2,2 m		

<b>Kobak 2014</b>	Estudantes universitários jovens	8 semanas 2x por semana		
	n= 34 (21 homens e 13 mulheres)	3 grupos (terra, água e controle) Treinos semelhantes até semana 5 (dps água fazia com colete e terra fazia com medicine ball)  1 série de 10 repetições de 8 exercícios (semana 1) 3 séries de 15 repetições de 8 exercícios (Semana 8) Intensidade dos saltos não relatada  Profundidade: entre o peito (linha do mamilo) e a cintura (umbigo)	Tempo Equilíbrio ↓ 37.14% * Altura VJ ↑ 12.56% * Força isocinética do quadríceps 60°/s ↑ 13.01% * Força isocinética de isquiotibiais 60°/s ↑ 5.92% Força isocinética de quadríceps 120°/s ↑ 21.54% * Força isocinética de isquiotibiais 120°/s ↑ 15.36% *	Tempo Equilíbrio ↓ 27.04 % Altura VJ ↑ 12.00% Força isocinética do quadríceps 60°/s ↑ 14.26% * Força isocinética de isquiotibiais 60°/s ↑ 4.98% Força isocinética de quadríceps 120°/s ↑ 9.90% Força isocinética de isquiotibiais 120°/s ↑ 11.62%*
<b>Miller 2002</b>	Jovens sedentários a ativos	8 semanas 2x por semana 3 grupos (controle, água e terra) Treinos semelhantes	Pico torque extensão de joelho 360°/s ↑ 2.95% Pico torque flexão de joelho 360°/s ↑ 13.74% * Pico torque flexão dorsal 360 °/s ↑ 73.77% * Pico torque flexão plantar 360°/s ↑ 10.44%	Pico torque extensão de joelho 360°/s ↑ 1.74% Pico de torque flexão de joelho 360°/s ↑ 24.19% * Pico de torque flexão dorsal 360 °/s ↑ 80.00% * Pico torque flexão plantar 360°/s ↑ 3.16%
	n= 40 (21 mulheres e 19 homens)	80-120 saltos 3-6 exercícios por sessão 3 níveis de intensidade Máxima intensidade nos saltos  Profundidade: altura da cintura		

<b>Ploeg 2010</b>	Jovens universitários destreinados	6 semanas 2x por semana		
	n= 39 (16 homens e 23 mulheres)	4 grupos (controle, terra, água e água com dobro de volume) Treinos semelhantes, apenas água dobrou o volume de saltos	Altura do VJ ↑ 0.65% Potência dos flexores de joelho ↓ 3.42% Potência dos extensores de joelho ↓ 1.74% Média torque de flexores de joelho ↑ 1.79% Média torque de extensores de joelho ↑ 1.92%	Altura do VJ ↓ 2.63% Potência dos flexores de joelho ↑ 7.70% Potência dos extensores de joelho ↓ 0.77% Média torque de flexores de joelho ↓ 2.94% Média torque de extensores de joelho ↑ 0.40%
		90-140 saltos 3 níveis de intensidade 3-6 exercícios Máxima intensidade nos saltos Tabela com descrição detalhada de séries e rep.		
		Profundidade: 106.7 cm		
<b>Robinson 2004</b>	Jovens fisicamente ativas	8 semanas 3x por semana		
	n= 31 mulheres	2 grupos (água e terra) Treinos semelhantes	Altura do salto (VJ) ↑ 33.54% * Pico de torque flexão do joelho a 60°/s ↑ 44.84% * Pico de torque extensão do joelho 60°/s ↑ 24.84% * Pico de velocidade do sprint 40 m ↑ 6.67% *	Altura do salto (VJ) ↑ 32.52% * Pico de torque flexão do joelho a 60°/s ↑ 45.10% * Pico de torque extensão do joelho 60°/s ↑ 25.17% * Pico de velocidade do sprint 40m ↑ 6.37% *
		3-5 séries de 10-20 repetições de 10 exercícios Intensidade dos saltos não relatada		
		Profundidade: 4 a 4 ½ pés		
<b>Wertheimer 2018</b>	Jovens fisicamente ativos	8 semanas 2x por semana		
	n= 20 (homens)	2 grupos (água e terra) Treinos semelhantes	Níveis de CK pré e pós última sessão de treinamento (U/I) ↑ 37.18% *	Níveis de CK pré e pós última sessão de treinamento (U/I) ↑ 106.10% *
		150-200 saltos Intensidade dos saltos não informada		
		Profundidade: água na altura do quadril		

\*indica diferença significativa entre pré e pós avaliação.

## **Discussão**

O objetivo do estudo foi desenvolver uma revisão sistemática para analisar os estudos que compararam os efeitos de intervenções com o treinamento pliométrico em ambiente aquático e terrestre em desfechos neuromusculares, desempenho físico, percepção de dor e marcadores bioquímicos. Em relação aos saltos verticais (SJ e CMJ), ambos protocolos apresentam resultados de melhora para altura do salto. Em relação aos saltos (DJ e RJ), parece que o ambiente aquático promove um aumento no tempo de contato com solo, diminuindo a velocidade do CAE, desse modo, não apresentando uma transferência para esse tipo de salto. Em relação aos testes de RM e pico de torque de joelho e tornozelo, ambos ambientes são capazes de promover melhoras, sem diferenças entre as estratégias. Isso também se observa no desempenho físico. Por fim, as análises de percepção de dor e marcadores bioquímicos indicam que o ambiente aquático pode ser um ambiente mais seguro do que o meio terrestre.

Em relação aos saltos SJ ambos os ambientes parecem promover resultados semelhantes. A altura do SJ aumentou em ambos grupos experimentais após 8 semanas de treinamento, com uma frequência semanal de três sessões, se destaca também a progressão de 117 até 183 de toques no solo por sessão [28]. O aumento de SJ também se observou nas primeiras 5 semanas de treinamento em jovens. Os participantes realizaram, nesse período, de 100 até 300 toques no solo. Da semana 5 até a 10, não houve diferença na altura do SJ, os autores supõem que o aumento de 300 para 550 saltos, nas últimas 5 semanas da intervenção, podem ter influenciado no desempenho [32]. Em relação a potência do SJ, um estudo não identificou diferenças entre grupos e nem após 8 semanas de intervenção em jovens ativos. Além disso, o estudo propôs um treinamento com variação de 80 até 120 saltos, volume mais baixos que os outros estudos, além de utilizar exercícios com diferentes tipos de intensidade (baixa, média e alta) [33].

No CMJ, alguns estudos indicam as melhores em ambos grupos após intervenção [27,32,34]. Em dois estudos, os treinamentos tiveram duração de 8 semanas, porém não informaram a intensidade da realização dos saltos, além disso, os estudos utilizaram profundidades de imersão diferentes sendo um deles ao nível do peito [27] e o outro ao nível do quadril [34]. Indo de encontro com os resultados, outro estudo [31] não encontrou diferença na altura do CMJ. O treinamento de 6 semanas com volume de 90-140 saltos, envolvia

exercícios de baixa, média e alta intensidade. Outro fator que podemos destacar é a profundidade de 1,06 metros, d'água. A baixa intensidade das primeiras semanas de treinamento e o curto período de intervenção podem ter influenciado no resultado. Um último estudo constatou melhoras apenas no grupo que treinou em ambiente aquático. Os autores supõem que o ambiente aquático promoveu uma maior resistência ao movimento, exigindo assim uma produção de força maior do grupo APT [30].

Apenas dois estudos avaliaram saltos com caráter mais reativos (DJ e RJ) [9,29]. Um dos estudos, observou melhoras nos DJ de 30 e 50 cm apenas no grupo que treinou em meio terrestre, justificando que o ambiente aquático pode inibir o reflexo miotático, diminuindo a velocidade do CAE [9]. De fato, a literatura indica que o tempo de contato em saltos na água são maiores do que saltos em terra [16,21]. Entretanto, outro estudo, observou melhoras no DJ em ambos grupos e menor tempo de contato no APT [29]. Esse fato parece ter relação com a especificidade do treinamento, uma vez que, as sessões de treinos utilizavam exercícios de DJ [29], diferente do outro método de treinamento incorporado onde, foram utilizados CMJ como exercícios [9].

Dos 10 estudos escolhidos, cinco avaliaram desfechos neuromusculares por meio de testes de força máxima ou em aparelhos isocinéticos. Um único estudo [26] avaliou 1RM no aparelho de Leg Press, observando aumento da força apenas no grupo APT. Os autores atribuem o aumento da força, devido a resistência proveniente ao arrasto gerado no meio líquido, que conseqüentemente, necessita de uma maior produção de força para ser vencido. Esse resultado corrobora com os achados de um estudo que avaliou os picos de força concêntrica, excêntrica, impacto e taxa de produção de força em SJ realizado em ambiente aquático, pois pode se observar uma maior produção de força concêntrica no ambiente aquático do que em ambiente terrestre [20]. Esse achado pode justificar também os achados de outros estudos que avaliaram o pico de torque dos extensores e flexores de joelho e encontraram aumentos significativos em ambos grupos experimentais [27,30,33]. Em comum as intervenções eram 8 semanas e o nível de profundidade foi sempre acima da cintura. Em um desses estudos [33], ainda pode ser observado o aumento no pico de torque de flexores plantares no grupo LPT, efeito que não aconteceu em APT, possivelmente devido a uma fase de amortização mais lenta em água, como foi citado anteriormente [16,21]. De encontro aos resultados mencionados, outro estudo que avaliou o pico de torque pós treino, não encontrou diferenças após 6 semanas, provavelmente devido ao curto período e baixa intensidade das primeiras semanas de treinamento [31].

Em relação ao desempenho físico foram avaliadas variáveis como tempo de sprint [26,27,34], agilidade [28,34] e equilíbrio [26,30]. A velocidade de sprint aumentou em ambos os grupos experimentais, o que pode estar relacionado ao período de intervenção semelhante, bem como, os volumes de treinamento. Em relação a agilidade, em ambos os estudos que avaliaram, apenas APT mostrou melhoras significativas. É possível dedicar essa melhora, por uma adaptação positiva da eficiência neuromuscular, entretanto, é estranho que esse efeito não tenha se manifestado no LPT, onde alguns estudos já indicam os benefícios para o desenvolvimento de agilidade [35]. Em relação ao equilíbrio [30], atribuem que as forças de empuxo e de sustentação, permitiram que o meio aquático fosse um ambiente mais desafiador que o ambiente terrestre, estimulando o trabalho de proprioceptores e melhorando o equilíbrio do APT.

Como foi dito anteriormente, a utilização de saltos em meio aquático pode reduzir as forças de impacto, e aparentemente, atenuar as percepções de dor muscular de início tardio. Foi possível observar [27,29] redução na (VAS) para os grupos que realizaram o treinamento na piscina, enquanto Fonseca e colaboradores [29], não observaram diferença no LPT, Robinson e colaboradores [27], identificaram um aumento na percepção de dor no grupo terrestre. Esse resultado difere dos achados de outro estudo [33] que não observou diferenças entre os grupos e nem pré e pós intervenção. A creatina quinase (CK) foi avaliada em dois estudos, que encontraram resultados diferentes. Enquanto foram observados aumentos semelhantes da CK entre APT e LPT, ao longo das 10 semanas de treinamento [9], outro estudo [34], observou reduções da CK ao longo período de treinamento apenas no grupo que treinou no ambiente aquático, enquanto a CK permaneceu a mesma no grupo que treinou em terra. É possível especular que a redução do impacto foi capaz de reduzir o dano muscular no grupo APT. No estudo de Jurado-Lavanant e colaboradores [9], a progressão de saltos ocorreu de maneira linear ao longo das semanas, totalizando ao final do período de intervenção um total de 6500 saltos. Após as 5 primeiras semanas pode se observar que o desempenho de saltos nos testes atingiu o seu pico, decaindo até a última avaliação, esse volume excessivo pode ter contribuído para não serem observadas diferenças entre os grupos.

## **Conclusões**

Os achados dessa revisão indicam que o treinamento pliométrico em meio aquático é uma alternativa interessante, podendo servir para atletas e jovens que buscam melhorar seu desempenho em saltos, força muscular e desempenho físico. Sugerimos que para melhorar

saltos reativos, deve se optar pela utilização de exercícios como DJ. Além de promover benefícios semelhantes aos realizados em ambiente terrestre, o ambiente líquido parece ser capaz de atenuar os efeitos de percepção de dor e até mesmo marcadores de dano muscular, diminuindo assim o risco de lesões e de fadiga.

## Referências

1. Markovic G, Mikulic P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sport Med* [Internet]. University of Zagreb, School of Kinesiology, Horvacanski zavoj 15, 10 000 Zagreb, Croatia; 2010;40:859–95. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77956579714&doi=10.2165%2F11318370-000000000-00000&partnerID=40&md5=0a68e7c7a8212b8e8578a89db28b9f04>
2. Wilk KE, Voight ML, Keirns MA, Gambetta V, Andrews JR, Dillman CJ. Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. *J Orthop Sports Phys Ther*. United States; 1993;17:225–39.
3. Vetrovsky T, Steffl M, Stastny P, Tufano JJ. The Efficacy and Safety of Lower-Limb Plyometric Training in Older Adults: A Systematic Review. *Sport Med* [Internet]. Springer International Publishing; 2019;49:113–31. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1018-x>
4. Gómez-Bruton A, Matute-Llorente Á, González-Agüero A, Casajús JA, Vicente-Rodríguez G. Plyometric exercise and bone health in children and adolescents: a systematic review. *World J Pediatr*. 2017;13:112–21.
5. Silva AF, Clemente FM, Lima R, Nikolaidis PT, Rosemann T, Knechtle B. The Effect of Plyometric Training in Volleyball Players: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. Switzerland; 2019;16.
6. Bedoya AA, Miltenberger MR, Lopez RM. Plyometric Training Effects on Athletic Performance in Youth Soccer Athletes: A Systematic Review. *J. Strength Cond. Res*. 2015.
7. van de Hoef PA, Brauers JJ, van Smeden M, Backx FJG, Brink MS. The effects of lower-extremity plyometric training on soccer-specific outcomes in adult Male soccer players: A systematic review and meta-analysis. *Int J Sports Physiol Perform*. 2020;15:3–17.
8. Stojanovic E, Ristic V, McMaster DT, Milanovic Z. Effect of Plyometric Training on Vertical Jump Performance in Female Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. New Zealand; 2017;47:975–86.
9. A. Jurado-Lavanant<sup>1</sup>, J. R. Alvero-Cruz<sup>2</sup>, F. Pareja-Blanco<sup>3</sup>, C. Melero-Romero<sup>4</sup>, D. Rodríguez-Rosell<sup>3</sup> JCF-G. The Effects of Aquatic Plyometric Training on Repeated Jumps , Drop Jumps and Muscle Damage. 2015;1–8.

10. Newham DJ, Mills KR, Quigley BM, Edwards RHT. Pain and fatigue after concentric and eccentric muscle contractions. *Clin Sci*. 1983;64:55–62.
11. Newham DJ, McPhail G, Mills KR, Edwards RHT. Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. *J Neurol Sci*. 1983;61:109–22.
12. Bressel E, Cronin J. The Landing Phase of a Jump Strategies to Minimize Injuries. *J Phys Educ Recreat Danc*. 2005;76:30–5.
13. Ortega DR, Rodríguez Bías EC, Berral de la Rosa FJ. Analysis of the vertical ground reaction forces and temporal factors in the landing phase of a countermovement jump. *J Sport Sci Med*. 2010;9:282–7.
14. Bates NA, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Impact differences in ground reaction force and center of mass between the first and second landing phases of a drop vertical jump and their implications for injury risk assessment. *J Biomech* [Internet]. Elsevier; 2013;46:1237–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.02.024>
15. Simpson JD, Miller BL, O’Neal EK, Chander H, Knight AC. Ground reaction forces during a drop vertical jump: Impact of external load training. *Hum Mov Sci*. 2018;59:12–9.
16. Donoghue OA, Shimojo H, Takagi H. Impact forces of plyometric exercises performed on land and in water. *Sports Health* [Internet]. Institute of Sport, Physical Education and Health Sciences, Moray House School of Education, University of Edinburgh, St Leonard’s Land, Holyrood Road, EH8 8AQ Edinburgh, United Kingdom; 2011;3:303–9. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-80051716644&doi=10.1177%2F1941738111403872&partnerID=40&md5=fbb8cfefff75bcbfb8c090de074b9b9d>
17. Beachle TR. *Essentials of strength training and conditioning*. Champaign, Ill.; Leeds: Human Kinetics; 1989.
18. Colado JC, Tella V, Triplett NT, González LM. Effects of a short-term aquatic resistance program on strength and body composition in fit young men. *J strength Cond Res* [Internet]. Department of Physical Education and Sports, University of Valencia, Valencia, Spain. [juan.colado@uv.es](mailto:juan.colado@uv.es): Human Kinetics Pub; 2009;23:549–59. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=19204568&amp>

19. Alberton CL, Finatto P, Pinto SS, Antunes AH, Cadore EL, Tartaruga MP, et al. Vertical ground reaction force responses to different head-out aquatic exercises performed in water and on dry land. *J Sports Sci*. Routledge; 2015;33:795–805.
20. Colado JC, Garcia-Masso X, González L-M, Triplett NT, Mayo C, Merce J. Two-leg squat jumps in water: An effective alternative to dry land jumps. *Int J Sports Med* [Internet]. University of Valencia, Physical Education and Sports, C/GascóOliag 3, 46010 Valencia, Spain; 2010;31:118–22. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-76649134101&doi=10.1055%2Fs-0029-1242814&partnerID=40&md5=11d239f2a7dda7b96261f644cd68f2e1>
21. Louder TJ, Searle CJ, Bressel E. Mechanical parameters and flight phase characteristics in aquatic plyometric jumping. *Sport Biomech* [Internet]. a Biomechanics Laboratory, Health, Physical Education and Recreation Department , Utah State University , Logan , UT , USA.: Routledge, Taylor & Francis Group; 2016;15:342–56. Available from:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=27125295&>
22. Triplett NT, Colado JC, Benavent J, Alakhdar Y, Madera J, Gonzalez LM, et al. Concentric and impact forces of single-leg jumps in an aquatic environment versus on land. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. Department of Health, Leisure, and Exercise Science, Appalachian State University, Boone, NC, USA. [triplttnt@appstate.edu](mailto:triplttnt@appstate.edu); Lippincott Williams & Wilkins; 2009;41:1790–6. Available from:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=19657290&>
23. Higgins JPT, Green S. Editors. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Version 5.1. 0. Cochrane Collab. 2011;
24. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*. United States; 2009;6:e1000097.
25. Smart NA, Waldron M, Ismail H, Giallauria F, Vigorito C, Cornelissen V, et al. Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. *Int J Evid Based Healthc*. 2015;13:9–18.
26. Arazi H, Asadi A. The effect of aquatic and land plyometric training on strength, sprint, and balance in young basketball players. *J Hum Sport Exerc* [Internet]. 2011;6:101–11. Available from:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=59760580&>
27. Robinson LE, Devor ST, Merrick MA, Buckworth J. The effects of land vs. aquatic plyometrics on

- power, torque, velocity, and muscle soreness in women. *J strength Cond Res* [Internet]. Sport and Exercise, The Ohio State University, Columbus, Ohio 43210, USA.: Human Kinetics Pub; 2004;18:84–91. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=14971978&>
28. Arazi H, Coetzee B, Asadi A. Comparative effect of land- and aquatic-based plyometric training on jumping ability and agility of young basketball players. *South African J Res Sport Phys Educ Recreat* [Internet]. Department of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran; 2012;34:1–14. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84870375702&partnerID=40&md5=b91763071af79e27d9f678d87a8df234>
29. Fonseca RT, Nunes RDAM, Castro JBPD, Lima VP, Silva SG, Dantas EHM, et al. The effect of aquatic and land plyometric training on the vertical jump and delayed onset muscle soreness in brazilian soccer players. *Hum Mov* [Internet]. Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, Brazil; 2017;18:63–70. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85037608321&doi=10.1515%2Fhumo-2017-0041&partnerID=40&md5=7d7f325f9a8d6af2babc6b4afcb3ced7>
30. Kobak MS, Rebold MJ, Desalvo R, Otterstetter R. A Comparison of Aquatic-Based Plyometrics vs . Land-Based Plyometrics on Several Performance Variables A Comparison of Aquatic- vs . Land-Based Plyometrics on Various Performance Variables School of Sport Science and Wellness Education , The University of. 2015;
31. Ploeg AH, Miller MG, Holcomb WR, O'Donoghue J, Berry D, Dibbet TJ. The Effects of High Volume Aquatic Plyometric Training on Vertical Jump, Muscle Power, and Torque. *Int J Aquat Res Educ*. 2010;4.
32. Jurado Lavanant A, Fernández Garcíaa JC, Alvero Cruz JR. Aquatic plyometric training . *Sci Sport* [Internet]. Laboratoire de motricité humaine, Université de Málaga, 29071 Málaga, Spain; 2013;28:88–93. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84879840941&doi=10.1016%2Fj.scispo.2012.08.004&partnerID=40&md5=37a20e602acd511ff8107b1fe3075a7e>
33. Miller M, Ploeg AH, Dibbet TJ, Holcomb WR, Berry DC, O'Donoghue J. The Effects Of High Volume Aquatic Plyometric Training On Vertical Jump, Muscle Power, And Torque. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2010;24:1. Available from:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=113579004&>

34. Wertheimer V, Antekolovic L, Matkovic BR. Muscle damage indicators after land and aquatic plyometric training programmes. *Montenegrin J Sport Sci Med* [Internet]. University of Zagreb, Faculty of Kinesiology, Zagreb, Croatia; 2018;7:13–9. Available from:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85042435862&doi=10.26773%2Fmjssm.180302&partnerID=40&md5=9a6d02f7fa2ac7306be7af76268  
cdb4a

35. Slimani M, Chamari K, Miarka B, Del Vecchio FB, Chéour F. Effects of Plyometric Training on Physical Fitness in Team Sport Athletes: A Systematic Review. *J Hum Kinet* [Internet]. 2016;53:231–