

**EFEITO DO TREINAMENTO PLIOMÉTRICO CONVENCIONAL VS  
MINI TRAMPOLIM SOBRE VARIÁVEIS BIOMECÂNICAS EM  
JOGADORES DE BASQUETE**

Candidata: Marina Mello Villalba  
Orientador: Prof. Dr. Mauro Gonçalves

**Fevereiro/2019**

**Marina Mello Villalba**

**EFEITO DO TREINAMENTO PLIOMÉTRICO CONVENCIONAL VS  
MINI TRAMPOLIM SOBRE VARIÁVEIS BIOMECÂNICAS EM  
JOGADORES DE BASQUETE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias.

**Orientador:** Prof. Dr. Mauro Gonçalves

**Co-orientadora:** Dra. Giovana Duarte Eltz

Rio Claro-SP  
Fevereiro/2019

V714e Villalba, Marina Mello  
Efeito do treinamento pliométrico convencional vs mini trampolim sobre variáveis biomecânicas em jogadores de basquete / Marina Mello Villalba. -- Rio Claro, 2019  
78 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro  
Orientador: Mauro Gonçalves  
Coorientadora: Giovana Duarte Eltz

1. Pliometria. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.  
Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** Efeito do Treinamento Pliométrico Convencional vs Mini trampolim sobre Variáveis Biomecânicas em Jogadores de Basquete

**AUTORA: MARINA MELLO VILLALBA**

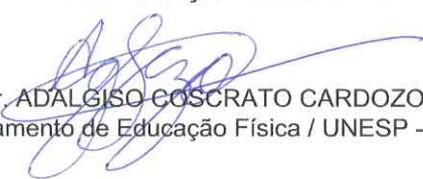
**ORIENTADOR: MAURO GONÇALVES**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS, área: Tecnologias nas Dinâmicas Corporais pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MAURO GONÇALVES

Departamento de Educação Física / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP



Prof. Dr. ADALGISO COSCRATO CARDOZO

Departamento de Educação Física / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP

Prof. Dr. ULYSSES FERNANDES ERVILHA

Escola de Artes, Ciências e Humanidades / Universidade de São Paulo - SP (Videoconferência)

Rio Claro, 27 de fevereiro de 2019

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, que sempre me incentivaram a fazer o que eu gosto, sempre dedicaram seu tempo e paciência a mim, sempre me apoiaram e me ajudaram a tomar as melhores decisões que precisei tomar. Sempre entenderam também que o basquete significa muito para mim, e todas as vezes que eu abandonei nossos momentos para estar competindo ou treinando. Mais uma vez, no mestrado, estavam do meu lado, assim como o basquete. Vocês são parte de mim, são as peças mais importantes que existe, são minha base. Queria agradecer por tamanha disposição, doação, carinho e amor, sem vocês eu não seria nada. Desta forma, dedico todo o meu trabalho a vocês, e dizer que conseguimos isso juntos.

Gostaria também de dedicar este trabalho aos meus avós, Mário e Alice, Dalcy e Oswaldo, que sempre cuidaram de mim e torcem todos os dias para que tudo dê certo, mesmo não estando presentes em matéria, sei que os quatro andam junto comigo. Obrigada por todas as orações, toda ajuda, todo carinho, toda dedicação também e por serem as melhores pessoas que eu já conheci no mundo. Vocês são minha inspiração de ser humano. Eu amo vocês mais que tudo nesse mundo.

Por fim, dedico esta dissertação ao que foi o responsável para que a mesma se iniciasse e chegasse ao fim, o Basquete. Dedico mais uma vez meu tempo, minhas tarefas, meus esforços e minha persistência. O basquete é e sempre foi o que me traz momentos de satisfação, e nada mais justo, que neste momento, por me proporcionar mais uma vez uma grande satisfação e gratidão, este mestrado ser dedicado a ele.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao meu Orientador, Mauro Gonçalves, por ter me aceitado no laboratório e ter me dado a oportunidade de realizar esta pesquisa. Agradeço por todos os ensinamentos, seja sobre biomecânica, cinesiologia, sobre a profissão Professor; seus ensinamentos foram fundamentais para a minha evolução e aprendizagem. Obrigada também pela dedicação, por ler, corrigir e me ajudar todas as vezes que solicitei. Obrigada pela paciência.

Ao Professor Adalgiso, por estar sempre disposto a contribuir com o trabalho, pelas colaborações e ensinamentos, que sempre engrandeciam a pesquisa. Obrigada pela paciência também e por todas as reuniões.

Ao Professor Ulysses, também pela contribuição no enriquecimento desta pesquisa. Pela disposição do seu tempo para conosco.

A Unesp, por esses 6 anos de graduação e pós-graduação, pelas oportunidades oferecidas e vividas, e agradeço também a CAPES, pela bolsa concedida neste último ano de mestrado.

Aos participantes do Laboratório de Biomecânica da Unesp Rio Claro, por todas as contribuições. Todos que passaram no Laboratório, desde minha iniciação científica colaboraram de alguma forma. Ao Lucas, por ter me obrigado a fazer a iniciação científica, e despertado meu interesse na área de pesquisa, sempre apoiando e torcendo por minhas decisões. A Gi, que é a pecinha fundamental deste lugar. Obrigada por tudo, de coração, desde ensinamentos de biomecânica, cinesiologia, fisioterapia, lesões, por todas as sessões de ultrassom no meu joelho, até ensinamentos sobre a vida e de como ser uma pessoa melhor. Obrigada minha amiga, por ser minha companheira, por enfrentarmos muitas coisas juntas nesse período de convivência, por ser minha amiga, por aguentar meus choros, minhas crises, minhas ansiedades, meus desesperos, mas também por não se importar de em tantos momentos sérios eu surtar e começar a dar risada de nervoso, obrigada por me entender. Você é muito especial pra mim. Desculpe por todos os foras que eu já dei e te fiz passar vergonha. Agradeço a Renata também, por sempre se disponibilizar para qualquer situação que precisássemos, obrigada pelas conversas também

e por todos os momentos divididos. Agradeço também a Carol, Karina, Denise, André, por todas as ajudas nas coletas e por termos feito tudo de uma maneira muito amigável e cooperativa.

Aos meus amigos desde o início da faculdade, Bruna, Júlia, Núbia, Thomas, Bronel, Roesler e Mayara, o que falar de vocês? São pessoas sensacionais, que me aguentaram todo esse tempo também, mas vão ter que continuar me aguentando. Vocês foram capazes de me dar momentos inesquecíveis que vão estar para sempre comigo. Vocês são minha família de Rio Claro, são minha alegria, obrigada por sempre me entenderem também e nunca terem desistido de mim. Amo vocês. Agradeço também ao Rodrigo, Amanda e Noah, que apesar de estarem fora da Unesp, sempre contribuíram muito para o meu aprendizado, crescimento e evolução em relação a minha prática profissional, mas além disso, por serem meus amigos de coração, por serem pessoas incríveis e por terem aceitado na vida de vocês uma pessoa um tanto quanto atrapalhada, pra deixar mais doída ainda a vida de vocês. Vocês são espelho pra mim, acreditem nisso, quando eu crescer quero ser como vocês.

Aos meus pais, que nunca deixaram de estar do meu lado, mesmo estando longe, vocês são tudo pra mim. Obrigada por me ensinarem o verdadeiro valor das coisas, o que realmente importa na vida. Sou a pessoa mais sortuda por ser filha de vocês. Amo vocês absurdamente, morar longe só me fez aumentar esse sentimento e visita-los aos finais de semana só fazia transbordar esse amor.

A minha família, avós, tios, tias e primos, que sempre torceram por mim, sempre se importam comigo e estão sempre presentes em minha vida também. Agradeço a Wânia, minha boadrasta, que também só contribui para meu crescimento, que me escuta sempre, que conversa, que torce e que fica feliz por cada conquista minha, sei que você caminha comigo também. Aos meus irmãos, meus presentes, que mesmo tão pequenos, transmitem a melhor energia que eu posso receber, que são um pedacinho de mim e que me enchem de tanto carinho e amor, eu amo vocês.

Ao meu namorado, Caique, que desde minha iniciação científica, me ajudou com o recrutamento de voluntários, até todas as manhãs e tardes que me fez companhia no laboratório, por me ajudar nos dias de coletas, por me ajudar a tabelar dados, por estar sempre disposto a me ajudar, por me ouvir, por me levantar todas as vezes que fico cabisbaixa, por ser sempre o meu pensamento positivo, por ser o meu lado paciente, por tamanha compreensão por tudo. Obrigada por estar do meu lado, por torcer por mim, por me incentivar e por me fazer uma pessoa melhor desde o dia em que nos conhecemos. Você é minha melhor parte, eu te amo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

**RESUMO:** A percepção articular, o equilíbrio, as propriedades neuromusculares utilizadas na aquisição de força e condicionamento físico tem sido parte integrante e obrigatória no treinamento de atletas e para o desenvolvimento destas qualidades a pliometria tem se mostrado eficaz (ARAZI, ASADI, 2011). O treinamento pliométrico é um treino especializado, de alta intensidade que permite que os músculos gerem o máximo de força possível no mais curto período (ARAZI, COETZEE, ASADI, 2012), através do ciclo alongamento-encurtamento (CAE). Portanto, a pliometria é utilizada a fim de melhorar a força e o condicionamento e facilitar a especificidade do desempenho esportivo (DAVIES, RIEMANN, MANSKE, 2015). Atualmente, as investigações sobre o efeito do treinamento pliométrico (TP) enfatizaram a prevenção de lesões, como a do ligamento cruzado anterior (MYER et al., 2006). Acredita-se que o motivo para o treinamento pliométrico melhorar também o desempenho funcional, está relacionado com o efeito combinado da força e aumento de velocidade, que gera uma maior produção de energia. Exercícios em mini trampolim podem precisar de vários fatores físicos, incluindo força, estabilidade corporal, respostas musculares coordenadas e amplitudes de movimento (ARAGÃO et al., 2011; HEITKAMP et al., 2001), sendo assim, o treinamento em mini trampolim pode afetar positivamente os membros inferiores (AALIZADEH et al., 2016). Desta forma o objetivo deste estudo foi comparar os efeitos do treinamento pliométrico convencional em relação ao treinamento pliométrico em mini trampolins nas variáveis biomecânicas, em jogadores de basquete. Participaram do estudo 36 atletas de basquetebol, com idades entre 17 e 21 anos, todos do sexo masculino. O estudo foi dividido em dois experimentos. O primeiro consistiu em avaliações após uma sessão de treinamento pliométrico, sendo avaliados testes de equilíbrio e saltos imediatamente após, 15 minutos e 30 minutos após o treinamento. O experimento 2, caracterizou-se por um treinamento pliométrico de seis semanas, onde foram realizados testes de força, equilíbrio e salto pré e pós período de treinamento. Também foi avaliada a atividade eletromiográfica dos músculos reto femoral, vastos medial e lateral. Os atletas foram divididos em três grupos (treinamento no mini trampolim, treinamento no solo e controle). Na análise estatística, foram realizados testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de homocedasticidade de Levene a fim de verificar o atendimento dos pressupostos para testes paramétricos. Em seguida, foi utilizado o ANOVA 2-Way de medidas repetidas com *post-hoc* de *Bonferroni* quando necessário, a fim de verificar no experimento 1, a diferença do efeito do treinamento imediatamente após, após 15

minutos e após 30 minutos do treinamento pliométrico nas variáveis de equilíbrio e saltos em jogadores de basquete. E no experimento 2, a diferença entre os grupos treinamento e controle após 6 semanas de treino pliométrico. Caso alguma variável não atendesse as exigências de distribuição normal e/ou variâncias homogêneas, as mesmas foram submetidas a testes não paramétricos. Foi adotado o nível de significância de  $\alpha < 0.05$  para cada comparação. Em relação ao experimento 1, uma sessão de TP pôde gerar déficit nas variáveis de equilíbrio do teste de olhos abertos imediatamente após a sessão de TP, por outro lado, não afetou a altura do salto, FRS e pico de torque em atletas de basquete. Foi observado que após 15 e 30 minutos do TP, os valores dos resultados do equilíbrio de olhos abertos tendem a retornar próximos aos valores iniciais (pré-teste). Entretanto, nos resultados das variáveis do equilíbrio no teste de olhos fechados, pôde-se perceber que há uma melhora no desempenho do equilíbrio principalmente nos momentos imediatamente pós treino e após 30 minutos. Já em relação ao experimento 2, verificou-se que o grupo TPS apresentou resultados de FRS significativamente melhores após seis semanas de TP no solo. O mesmo grupo, também apresentou melhor desempenho, em relação ao teste de equilíbrio de OF, uma vez que seus dados de velocidade do COP apresentaram valores menores após seis semanas de treinamento.

**PALAVRAS CHAVES:** Pliometria, Biomecânica, Propriocepção, Basquetebol, Isocinético.

**ABSTRACT:** The joint perception, the balance, the neuromuscular properties used in the acquisition of strength and physical conditioning has been an integral and obligatory part in the training of athletes and for the development of these qualities plyometrics has proved effective (ARAZI, ASADI, 2011). Plyometric training is a specialized, high intensity workout that allows muscles to generate as much force as possible in the shortest time (ARAZI, COETZEE, ASADI, 2012) through the stretching-shortening cycle. Therefore, plyometrics is used to improve strength and conditioning, and facilitate the specificity of sports performance (DAVIES, RIEMANN, MANSKE, 2015). Currently, investigations into the effect of plyometric training have emphasized injury prevention, such as the anterior cruciate ligament (MYER et al., 2006). It is believed that the reason for plyometric training also improve functional performance, is related to the combined effect of the force and increase of velocity, which generates a greater energy production. Mini trampolim training may require several physical factors, including strength, body stability, coordinated muscle responses and range of motion (ARAGÃO et al., 2011), thus training in mini trampolim can positively affect the lower limbs (AALIZADEH et al. al., 2016). Therefore, the aim of this study was to compare the effects of conventional plyometric training in relation to plyometric training in mini trampolins in biomechanical variables in basketball players. The study included 36 basketball players, aged between 17 and 21, all males. The study was divided into two experiments. The first one consisted in evaluations of a plyometric training session, being evaluated balance and jumps tests immediately after, 15 minutes and 30 minutes after the training. Experiment 2 was characterized by a six-week plyometric training, where strength, balance and jump tests were performed before and after the training period. The electromyographic activity of the rectus femoris muscles, medial and lateral, was also evaluated. The athletes were divided into three groups (mini trampoline training, ground training and control). In the statistical analysis, tests of normality of Shapiro-Wilk and of homoscedasticity of Levene were performed in order to verify the fulfillment of the assumptions for parametric tests. Then, the 2-Way ANOVA of repeated measurements with post-hoc Bonferroni was used when necessary, in order to verify in experiment 1, the difference of the effect of the training immediately after, after 15 minutes and after 30 minutes of the plyometric training in the balance variables and jumps in basketball players. And in experiment 2, the difference between the training and control groups after 6 weeks of plyometric training. If any variables did not meet the requirements of normal distribution and / or

homogeneous variances, they were submitted to non-parametric tests. The level of significance of  $\alpha < 0.05$  was adopted for each comparison. In relation to experiment 1, a TP session could generate a deficit in the balance variables of the open-eyes test immediately after the PT session, on the other hand, did not affect jump height, FRS and peak torque in basketball athletes. It was observed that after 15 and 30 minutes of TP, the values of the open-eye balance results tend to return close to the initial values (pre-test). However, in the results of the balance variables in the closed-eyes test, it was possible to notice that there is an improvement in balance performance mainly in the moments immediately after training and after 30 minutes. Concerning experiment 2, it was verified that the TPS group presented significantly better FRS results after six weeks of TP in the soil. The same group also presented better performance in relation to the closed-eyes equilibrium test, since their COP speed data presented lower values after six weeks of training.

**KEY-WORDS:** Plyometrics, Biomechanics, Proprioception, Basketball, Isokinetic.

## LISTA DE FIGURAS

1	Fluxograma do Experimento 1 .....	34
2	Salto <i>Wall Jump</i> .....	35
3	Salto <i>Squat Jump</i> .....	35
4	Salto <i>Lateral Jump</i> .....	36
5	Salto <i>180° Jump</i> .....	36
6	Fluxograma do Experimento 2 .....	37
7	Salto <i>Drop Jump</i> .....	40

## LISTA DE TABELAS

1. Dados antropométricos da amostra .....	43
2. Dados antropométricos da amostra .....	50

## LISTA DE GRÁFICOS

1. Dados da FRS do teste <i>single leg drop landing</i> .....	44
2. Área do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante, com os olhos abertos .....	45
3. Comprimento do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante, com os olhos abertos .....	46
4. Velocidade do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante, com os olhos abertos .....	47
5. Comprimento do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante, com os olhos fechados .....	48
6. Velocidade do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante, com os olhos fechados .....	49
7. Dados da FRS do teste <i>single leg drop landing</i> .....	51
8. Comprimento do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante, com os olhos abertos .....	52
9. Velocidade do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante, com os olhos fechados .....	53
10. Dados do pico de torque do teste isométrico (60°), dos extensores de joelho .....	54

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
2.1. <i>Pliometria</i> .....	18
2.2. <i>O Salto</i> .....	20
2.3. <i>A Força de Reação do Solo</i> .....	21
2.4. <i>Musculatura Principal Envolvida</i> .....	24
2.5. <i>Minitrampolim</i> .....	26
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	28
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	29
4.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	29
4.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	29
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	30
5.1 <i>Amostra</i> .....	30
5.2 <i>Instrumentos</i> .....	30
5.3 <i>Desenho experimental</i> .....	31
5.4 <i>Procedimentos</i> .....	31
5.5 <i>Experimento 1: Efeito imediato do treinamento pliométrico sobre as variáveis biomecânicas quando realizado a partir do mini trampolim e do solo em jogadores de basquetebol</i> .....	32
5.5.1 <i>Descrições dos testes experimento 1</i> .....	32
5.5.2 <i>Descrição da sessão de treinamento pliométrico e dos exercícios que o compõe</i> .....	34
5.6 <i>Experimento 2: Efeito crônico do treinamento pliométrico no mini trampolim e no solo em jogadores de basquetebol sobre as variáveis biomecânicas</i> .....	36
5.6.1 <i>Descrições dos testes experimento 2</i> .....	37
5.6.2 <i>Descrição do treinamento pliométrico de 6 semanas e dos exercícios que o compõe</i> .....	38
5.7 <i>Análise dos dados</i> .....	40
5.8 <i>Análise estatística</i> .....	42
<b>6. RESULTADOS</b> .....	43
6.1 <i>Resultados experimento 1</i> .....	43

6.2 Resultados experimento 2.....	50
<b>7. DISCUSSÃO.....</b>	<b>55</b>
7.1 Efeito imediato do TP no mini trampolim e no solo em jogadores de basquetebol sobre as variáveis biomecânicas.....	55
7.2 Efeito crônico do TP no mini trampolim e no solo em jogadores de basquetebol sobre as variáveis biomecânicas.....	58
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>65</b>
<b>9. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>

## 1 – INTRODUÇÃO

O basquetebol é um esporte de equipe que requer uma aptidão anaeróbia bem desenvolvida para ser jogado com sucesso (KHLIFA et al., 2010). Muitos autores sugeriram que a força explosiva na forma de saltos verticais e horizontais é uma característica importante para os jogadores de basquete de elite (ZIV, LIDOR, 2010). Essa informação mostrou ser compartilhada pelos treinadores de força e condicionamento da *National Basketball Association* (EUA), que relataram um uso extensivo de exercícios pliométricos (EP) para melhorar o desempenho de potência explosiva em jogadores profissionais de basquete de elite (SIMENZ, DUGAN, EBBEN, 2005). Desta maneira, o treinamento pliométrico (TP) tem sido proposto para o desenvolvimento do desempenho de força explosiva e especificamente para a melhora da habilidade do salto (BOBBERT, 1990). No entanto, apenas alguns artigos abordaram o uso de protocolos pliométricos no desempenho de potência explosiva no basquete masculino (KHLIFA et al., 2010), pois ainda existem algumas questões importantes sobre os efeitos desse treinamento, por exemplo relacionado à carga de treinamento, que normalmente é alta e há um espaço limitado para a adição de procedimentos de treinamentos específicos em atletas de alto nível (MATAVULJ et al., 2001).

Desta forma, a capacidade de produzir potência muscular pelos músculos dos membros inferiores é uma questão de desempenho relevante em atividades esportivas (MCCLINTON et al, 2008). Além de ser altamente eficaz, o TP apresenta vantagens por requerer espaço físico pequeno, tempo e equipamento reduzidos para completar as sessões de treinamento (RAMÍREZ-CAMPILLO, ANDRADE, IZQUIERDO, 2013).

Programas de treinamento de salto incorporando alongamento, exercícios pliométricos e levantamento de peso têm sido fortemente indicados para aumentar o desempenho e diminuir o risco de lesões em atletas competitivos que praticam esportes de salto (MARSIT, KRAEMER, 1992; HEWETT et al., 1996; IMPELLIZZERI et al., 2008).

O objetivo da pliometria é melhorar os resultados de desempenho demonstrados nos testes ou competição, como velocidade, altura do salto, entre outros (DAVIES, DICKOFF-HOFFMAN, 1993). O TP é bastante popular entre os indivíduos envolvidos em esportes. Este treinamento tem sido aplicado em vários estudos, e há um consenso de que trazem melhorias no desempenho da agilidade,

do salto vertical, força muscular, aceleração e consciência articular (MARKOVIC, 2007; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2016). Sendo assim é importante dentre alguns movimentos rápidos que envolvem aceleração e desaceleração do corpo, mudanças de direção, corridas e saltos (VÁCZI et al., 2013), em que os músculos dos membros inferiores sofrem uma contração excêntrica seguida pela contração concêntrica (DAVIES, RIEMANN, MANSKE, 2015). Os EP são definidos como aqueles que produzem uma contração excêntrica imediatamente seguida de uma contração concêntrica (ANDERSON, PANDY, 1993). A combinação destas contrações faz com que esses exercícios sobrecarreguem todo o tecido elástico e contrátil de um músculo (LUEBBERS et al., 2003), entretanto armazena energia elástica, que é usada para produzir mais força do que aquela que proporcionada por uma única ação concêntrica (MILLER et al., 2002).

Alguns programas de reabilitação e de condicionamento são projetados para retornar pacientes e atletas às suas respectivas atividades com a maior segurança e rapidez, tendo os EP um papel crítico neste aspecto (DAVIES, RIEMANN, MANSKE, 2015). Durante anos, diversos profissionais utilizaram essas técnicas para prevenir lesões e melhorar o desempenho, ou durante o processo de reabilitação (DAVIES, RIEMANN, MANSKE, 2015). Existem estudos que estabeleceram a eficácia dos EP para desenvolver a potência e desempenho dos membros inferiores tanto para indivíduos não lesionados como para aqueles lesionados ou com histórico de lesões (DAVIES, RIEMANN, MANSKE, 2015), permitindo assim aumentar o controle neuromuscular (MYER et al., 2006).

Os EP, por envolverem o treinamento do ciclo alongamento-encurtamento (CAE), têm mostrado ser uma maneira eficaz de alcançar velocidades mais altas do que aquelas que usam o treinamento tradicional com cargas mecânicas. Esse aumento de velocidade aumenta a especificidade desta modalidade de treinamento para o desempenho competitivo (LYTTLE, WILSON, OSTROWSKI, 1996).

Por outro lado, forças de alto impacto no sistema musculoesquelético podem resultar em lesões e fadiga muscular por estresse (BRZYCKI, 1986). O índice de lesão pode ser reduzido se o atleta desenvolver um nível relativamente alto de força antes de realizar os EP (DUFEK, BATES, 1991). Além disso, a aterrissagem em uma superfície de borracha como um mini trampolim, e o uso de sapatos amortecedores também poderão reduzir as forças de impacto (MCNITT-GRAY, YOKOI, MILLWARD, 1994). Nigg, Yeadon e Herzog (1988), sugeriram que, se existe um potencial para

lesão, as forças externas associadas ao desempenho (gravidade, força de reação do solo, etc.) devem ser medidas e seus efeitos avaliados. E ainda relataram que é comum a suposição de que a superfície de pouso pode ser um fator que influencia tanto a frequência quanto a gravidade das lesões esportivas.

Atualmente, o método mais popular que envolve atividades como o saltar sobre uma superfície flexível, é utilizando o mini trampolim (JENSEN et al., 2013). Embora o treinamento em mini trampolins não seja um novo método, recentemente o uso deste equipamento aumentou uma vez que a superfície flexível do equipamento é altamente exigente no sistema neuromuscular (ŞAHIN, DEMIR, AYDIN, 2016), Aragão et al. (2011) e Miklitsch et al. (2013) trazem em seus estudos melhoras no equilíbrio dinâmico e controle postural, respectivamente, após um programa no qual utilizaram mini trampolim.

Durante anos, diversos profissionais utilizaram essas técnicas para prevenir lesões, melhorar o desempenho, ou para reabilitação (DAVIES, RIEMANN, MANSKE, 2015). Exercícios em mini trampolim exigem mais dos músculos dos membros inferiores (HEITKAMP et al., 2001), pois envolvem força, estabilidade corporal, respostas musculares coordenadas, amplitudes de movimento e integração espacial (ARAGÃO et al., 2011), assim como indicam a simetria muscular (HEITKAMP et al., 2001).

O tipo de superfície durante o TP pode afetar o tipo de CAE que está sendo realizado (rápido vs. lento), implicando em resultados biomecânicos (como modificações nas angulações das articulações), efeitos fisiológicos e possíveis adaptações neuromusculares (força de reação do solo, por exemplo) (BOBBERT, 1990).

Stemm e Jacobson (2007), treinaram um grupo de atletas com o mesmo programa pliométrico, mas com diferentes superfícies de treinamento (água vs. solo), não sendo encontrada diferença alguma significativa no desempenho de salto vertical entre os grupos que realizaram o treinamento nas duas superfícies. Porém, foi encontrada uma redução do impacto causado pela flutuabilidade e resistência da água na aterrissagem.

Estudo de Impellizzeri, et al. (2008), por exemplo, examinaram o efeito de 4 semanas de TP em uma equipe de futebol treinada em superfícies de grama versus areia, avaliando o salto de contramovimento (CMV) e squat jump (SJ). Ambos os grupos obtiveram melhorias semelhantes no SJ, mas o grupo de treinamento na

grama obteve um aumento significativo na força de reação do solo (FRS) em ambos os saltos quando comparado ao grupo treinado com areia. Por outro lado, o grupo treinado em areia apresentou menos dores musculares. Infelizmente, nenhum desses estudos quantificou a rigidez das superfícies de treinamento (RAMÍREZ-CAMPILLO, ANDRADE, IZQUIERDO, 2013).

Como a alteração da natureza da superfície também pode minimizar traumas no impacto (aterrissagem) e assim reduzir o risco de lesão (DUFEK, BATES, 1991), o uso de uma superfície elástica, como um mini trampolim em procedimentos de reabilitação tem mostrado melhorar também os problemas de equilíbrio (HEITKAMP et al., 2001). Assim, são necessárias mais pesquisas para esclarecer o efeito do volume e da superfície de treinamento, quando se trata de TP, no desempenho.

Além disso, o mini trampolim pode gerar uma melhor técnica em saltar (HUDSON, 1986), desta forma, ser eficaz no salto no mini trampolim, se relaciona com a capacidade de transferência da técnica para o solo, fazendo o indivíduo saltar mais alto (ROSS, HUDSON, 1997).

## 2 – REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Pliometria

Em esportes intermitentes, força, potência e velocidade são consideradas fatores essenciais para o desempenho atlético (WILSON et al., 2013). Por esse motivo, pesquisadores e profissionais da área buscam propor diferentes tipos de treinamentos para melhorar essas habilidades específicas (CORMIE, MCGUIGAN, NEWTON, 2011). Para tal objetivo, o TP e o treino de força são as estratégias mais utilizadas (MALISOUX et al., 2006; MARKOVIC, MIKULIC, 2010). Quando se trata do TP, este é mais indicado para melhorar a funcionalidade do CAE e a potência muscular (KOBAL et al., 2017).

Exercícios pliométricos podem ser definidos como uma série repetida do CAE, que consiste em uma combinação coordenada de um rápido alongamento muscular, que caracteriza a fase excêntrica, seguido imediatamente por um rápido encurtamento do mesmo músculo, que consiste na fase concêntrica (KOBAL et al., 2017). O TP para membros inferiores consiste em três fases: ação muscular excêntrica, amortização e ação muscular concêntrica. Os exercícios pliométricos típicos incluem saltos no local, com mudanças de direção, saltitos, e saltos de profundidade (FAIGENBAUM et al., 2007). O TP normalmente é realizado sem carga adicional (por exemplo, peso corporal) e com movimentos de alta velocidade, devido a esse padrão de coordenação, tem sido preconizado que o TP poderia induzir melhoras no desempenho, principalmente do salto, quando realizado preferencialmente no início da sessão de treinamento (KOBAL et al., 2017).

Para alguns autores (BOBBERT et al., 1996), as melhorias no desempenho do salto dependem diretamente da repetição da tarefa que melhora a realização deste. Portanto, se o objetivo do TP é aperfeiçoar o desenvolvimento da habilidade do salto vertical, parece válido, atletas de esportes de salto, realizarem maiores volumes de TP (KOBAL et al., 2017).

Isso significa que, com o treinamento, os atletas podem aumentar o nível de força, permitindo alta interação entre elementos contráteis e elásticos, armazenando e usando energia elástica e ativando o reflexo de estiramento (CORMIE, MCGUIGAN, NEWTON, 2010). Considera-se, portanto, que essas variáveis estejam fortemente relacionadas ao desempenho do salto vertical (LAFFAYE, WAGNER, TOMBLESON, 2014).

A pliometria é caracterizada uma técnica de treinamento de alta intensidade e alto impacto, que permite ao músculo atingir a sua força máxima no menor tempo possível (WILK et al., 1993). Segundo Wilk et al. (1993), a partir do uso do (CAE), no qual armazena-se energia durante a fase excêntrica e estimula-se os fusos musculares, a produção máxima de energia durante a fase concêntrica do movimento é facilitada. Embora seja essencialmente um treinamento esportivo específico para aumentar a potência e o desempenho do salto, os exercícios pliométricos podem também ser integrados como aquecimento em programas de prevenção de lesões neuromusculares (BENIS, BONATO, TORRE, 2016).

Anteriormente caracterizado como um método para atletas adultos, o TP é agora visto como uma atividade segura, valiosa e desafiadora para atletas mais jovens. Quando é adequadamente projetado e supervisionado, sua aplicação em atletas jovens tem sido recomendada para o desenvolvimento de força explosiva (SANTOS, JANEIRA, 2011). E para uma implementação adequada dos programas de TP, vários fatores devem ser considerados, como a natureza da superfície de salto, sobrecarga de treinamento, volume de treinamento, tipo de exercício de salto e intensidade de salto (RAMIREZ-CAMPILLO et al., 2018).

No que diz respeito ao treinamento em basquete, esse método tem sido apontado como uma ferramenta primordial neste processo, visando especificamente o aumento da habilidade de salto vertical. Além disso, sua relevância tem sido comprovada por estudos (SANTOS, JANEIRA, 2011).

O basquetebol é um esporte de equipe que requer uma aptidão anaeróbia bem treinada e desenvolvida para ser jogado com sucesso. Dentre os padrões de movimento envolvidos nesta modalidade, os saltos verticais e horizontais são uma das características mais importantes (ZIV, LIDOR, 2010). Além disso, foi relatado que a habilidade de salto vertical (SV) está relacionada ao tempo de jogo dos jogadores de elite. Essa crença mostrou ser compartilhada pelos treinadores de força e condicionamento da *National Basketball Association* (EUA), que relataram um uso extensivo de exercícios pliométricos para melhorar o desempenho de potência explosiva em jogadores profissionais de basquete de elite (KHLIFA et al., 2010).

O SV é um dos padrões de movimento mais prevalentes realizados por jogadores de basquete e fazem parte tanto do momento defensivo, quanto ofensivo de um jogo (por exemplo: bloqueio, rebotes, arremessos, passes, interceptações,

entre outros). Portanto, tem-se como objetivo dos jogadores de basquete, independentemente de sua posição de jogo, melhorar sua habilidade em saltar (ZIV, LIDOR, 2010).

## **2.2 O Salto**

Saltar mais alto do que o adversário é um dos objetivos desejados dos jogadores de basquete, independentemente da posição de jogo (KHLIFA et al., 2010).

Para melhorar a habilidade do salto dos jogadores de basquete, treinadores de basquete, de força e de condicionamento devem dedicar um tempo expressivo nos programas de treinamento com foco no desempenho de saltos (ZIV, LIDOR, 2010). Segundo Ziv e Lidor (2010), jogadores de basquete devem trabalhar suas habilidades de salto tanto nas fases de preparação quanto de competição do programa de treinamento anual. Desta forma, para planejar adequadamente os programas de força e condicionamento destinados a melhorar o salto em jogadores de basquete, os treinadores devem obter informações relevantes sobre os aspectos físicos, técnicos e fisiológicos do salto no basquete. Supõe-se que essas informações os ajudem a planejar melhores programas de treinamento de salto a curto e a longo prazo, bem como avaliar a contribuição desses programas para a melhoria do salto (ZIV, LIDOR, 2010).

Segundo Nuzzo et al. (2008), o desempenho do salto é descrito pelas seguintes variáveis: pico de força (N), pico de potência (W), pico de potência relativa (W/kg), pico de velocidade (m/s) e altura do salto (m).

Além disso, informações importantes podem ser extraídas diretamente da curva força-tempo (F-T) durante o salto de contramovimento vertical, como variáveis de tempo, de força e variáveis que ligam os dois componentes (taxa de desenvolvimento de força, impulso e potência) (LAFFAYE, WAGNER, TOMBLESON, 2014). Esta informação permite que treinadores entendam como um indivíduo salta, especificamente as diferentes fases do movimento (excêntrico versus concêntrico). Além disso, um estudo (CORMIE, MCBRIDE, MCCAULLEY, 2009) demonstrou que com o treinamento, as propriedades neuromusculares do atleta mudam, o que permite alta interação entre elementos contráteis e elásticos, armazenando e usando energia elástica (LAFFAYE, WAGNER, TOMBLESON, 2014).

Mudanças mecânicas podem ter implicações importantes no desempenho dos saltos, por exemplo, a diminuição da eficiência mecânica pode aumentar o gasto energético do movimento, para isso, atletas realizam regularmente períodos de treinamento específico, a fim de obter melhorias no desempenho (GATHERCOLE, SPORER, STELLINGWERFF, 2015).

Um estudo concluiu que a técnica de salto (ou seja, amplitude de movimento e tempo de contato com o solo) representa um dos fatores mais importantes a serem considerados ao projetar programas de TP (MARKOVIC, 2007).

Bobbert (1990) relata que o uso de técnicas de saltos pode resultar em diferenças nas adaptações de treinamento, argumentando melhoras na capacidade de potência dos músculos e na coordenação. Os padrões básicos de movimento na maioria dos esportes também exigem altos níveis de agilidade. A agilidade requer desenvolvimento rápido de força e alta potência, assim como a capacidade de utilizar eficientemente o CAE em movimentos balísticos, e o TP mostrou melhorar esses requisitos (THOMAS, FRENCH, HAYES, 2009).

A capacidade de o músculo produzir mais força em tempos mais curtos, aumenta a aceleração vertical durante o SV, o que permite melhor desempenho na altura. Dois modelos podem explicar como o treinamento pliométrico pode aumentar a potência muscular: (1) o modelo mecânico, aumentando a energia elástica armazenada como resultado de um estiramento na unidade musculotendinosa durante a fase excêntrica do movimento, que, se seguida imediatamente por uma ação muscular concêntrica, aumenta a produção de força total; e (2) o modelo neurofisiológico - estimulando os fusos musculares na fase excêntrica por um alongamento rápido, causando, assim, um aumento do recrutamento muscular na fase concêntrica que se segue logo após (ZIV, LIDOR, 2010).

### **2.3 A Força de Reação do Solo**

Treinadores de esportes como vôlei, basquete, estão constantemente se esforçando para encontrar novos exercícios para aprimorar a realização de saltos de seus atletas e esses exercícios precisam ser eficientes para proporcionar maiores ganhos (BOBBERT, 1990). Para imitar padrões de movimento específicos do esporte, os regimes de treinamento de força são tipicamente baseados em saltos verticais ou exercícios tradicionais de treinamento resistido e levantamento de peso, envolvendo grandes massas musculares e rápidas velocidades de contração

(PELZER et al., 2018). Na literatura, os EP são defendidos como a solução ideal, tendo como um dos tipos de exercícios pliométricos mais popular o “*drop jumping*”; para realizar um *drop jump* ou, salto de profundidade, salta-se de uma plataforma elevada e, ao aterrissar, imediatamente executa-se um salto vertical (BOBBERT, 1990).

Análise do SV fornece detalhes e identifica mecanismos para melhorar o desempenho em atletas; sendo que ao realizá-lo de forma unipodal se exige um ótimo controle neuromuscular, especialmente na fase de aterrissagem, quando o impacto do pé com o solo gera uma força de reação ascendente ao longo do membro inferior (MACEDO et al., 2016). Por este meio, a força é comumente definida como o produto da força vertical de reação do solo e da velocidade do centro de massa vertical (PELZER et al., 2018).

Assim como outros formatos de treinamento, o *design* do programa pliométrico requer uma compreensão de uma variedade de variáveis, como por exemplo: exercício, frequência, duração do programa, recuperação, progressão e intensidade, podendo ser esta última a mais importante dessas variáveis e normalmente, fatores como a velocidade, a altura do salto e a massa do atleta foram sugeridos como possíveis determinantes da intensidade pliométrica (JENSEN, EBBEN, 2007).

Ainda para Jensen e Ebben (2007), de acordo com esta definição, é plausível que a intensidade pliométrica possa ser avaliada cientificamente pela avaliação das tensões colocadas no músculo, tecido conjuntivo e articulações através de variáveis como a taxa de desenvolvimento de força e força de reação do solo (FRS).

Programas que visam melhorar a mecânica de movimentos, incorporam exercícios pliométricos e um dos elementos essenciais desses programas é instruir aos atletas reduzir as forças de aterrissagem pelo aumento da flexão do joelho e do quadril (VESCOVI, CANAVAN, HASSON, 2008; HEWETT et al., 1996). Na verdade, a maioria dos estudos (HEWETT et al., 1996; MYER et al., 2006), relataram uma redução nas FRS variando de 7% a 26% após completar entre 6 a 9 semanas de treinamento com exercícios pliométricos.

Em seus estudos iniciais sobre os efeitos do programa de treinamento, Hewett et al. (1996) indicaram que, além da redução de 22% no pico da FRS durante um salto de vôlei, eles observaram uma melhora média na altura do salto vertical de 3,81 cm em atletas de vôlei feminino após 6 semanas de treinamento

(VESCOVI; CANAVAN; HASSON, 2008). Ainda, estudo de Humphries, Newton e Wilson (1995), corroboram com esses resultados, relatando que o mecanismo de frenagem do sistema pliométrico de potência atenuou significativamente a FRS sem deterioração na força concêntrica. As pesquisas de Black (2005) e Makaruk et al. (2014) também são compatíveis, pois eles observaram que um único salto tem uma maior FRS do que saltos repetidos, devido à preparação para o salto subsequente, podendo sugerir que os exercícios pliométricos, realizados repetidamente, resultariam em uma redução da força durante a aterrissagem em comparação com exercícios realizados com um único salto e seus resultados também mostraram melhora na altura do salto. Em um estudo com mulheres atletas do ensino médio, as forças de aterrissagem foram reduzidas após 6 semanas de treinamento de alongamento, resistência e pliométrico (IRMISCHER et al., 2004). Estudos como de Myer et al. (2006), sugerem que o treinamento de equilíbrio e estabilização dinâmica também são importantes para melhorar as estratégias de atenuação de força ao aterrissar de um salto de perna única.

Apesar das vantagens do TP, a dinâmica dos EP pode causar lesões, devido à força de impacto que podem chegar de três a quatro vezes maiores que a massa corporal (CROWTHER, et al., 2007). Forças de reação elevadas durante a aterrissagem, associadas a pliométrica, podem exceder 3 vezes a massa corporal dos indivíduos, no contramovimento e 5 a 7 vezes no *drop jump*. Essas forças podem resultar em dor muscular, sobrecarga ligamentar e podem causar lesões musculoesqueléticas, em particular as lesões no joelho, incluindo a lesão mais comum do ligamento cruzado anterior (LCA) (DUFEK, BATES, 1991; HEWETT et al., 1996; MAKARUK et al., 2014). Segundo Irmischer (2004), os fatores de riscos biomecânicos para lesão do LCA incluem a manutenção da estabilidade dinâmica ao redor do joelho por meio do controle neuromuscular e a magnitude das forças de impacto geradas durante a aterrissagem; quando as forças de impacto se tornam muito altas, esses elementos não podem dissipar adequadamente as tensões, e o risco de lesão surge. Estudos de treinamento pliométrico e proprioceptivo mostraram resultados promissores na manipulação da técnica de aterrissagem (HEWETT et al., 1996; HEWETT, 2000).

Em uma pesquisa sobre lesões em jogadores de basquete do sexo feminino, Gray et al. (1985), relataram que 58% das jogadoras lesionadas estavam aterrissando após um salto no momento da lesão. Resultados de uma pesquisa com

participantes de voleibol realizada por Gerberich et al. (1987) indicaram que a sequência salto-aterrissagem durante o jogo foi associado com 63% de todas as lesões relatadas, sendo 61% das lesões na articulação do joelho.

Mizrahi e Susak (1982), identificaram um potencial para fraturas ósseas e/ou degeneração articular como consequência das cargas extremas impostas às extremidades inferiores durante algumas atividades de aterrissagem. Uma observação final deste estudo indicou interações entre o calçado e a superfície de aterrissagem na atenuação das forças de reação do solo, resultando na sugestão de diminuir a rigidez da superfície, enquanto aumenta a duração do impacto. Estudos de Dufek e Bates (1991), concordam com essa afirmação e ainda acrescentam que o corpo humano pode realizar aterrissagens usando uma variedade de estilos de contato dos pés. A técnica específica adotada é tipicamente determinada pelas restrições da atividade e pelas estratégias de desempenho individuais o que provocam diferentes FRS.

#### **2.4 Musculatura Principal Envolvida**

O quadríceps contribui com a produção de forças durante os exercícios de extensão do joelho e é capaz de produzi-las em grandes quantidades e em altas velocidades de encurtamento, como, por exemplo, na realização de um salto (SILVA, 2014). Pode-se deduzir então que déficits de força de quadríceps podem influenciar negativamente na eficácia de padrões de movimentos em atividades esportivas como o chute, salto, arranques e no índice de lesões em atletas (DERVIŠEVIĆ, HADŽIĆ, 2012).

Os isquiotibiais são tanto flexores do joelho, como extensores de quadril (SILVA, 2014). O pico de torque concêntrico dos isquiotibiais é entre 40 e 50% do pico de torque do quadríceps (KNUDSON, 2007). Os isquiotibiais têm também função importante na manutenção da estabilidade dinâmica do joelho, devido a coativação que eles oferecem em movimentos de cadeia aberta, como no chute, por exemplo. Quando há uma insuficiência em realizar uma frenagem excêntrica, em conjunto com a ação excêntrica do quadríceps, constata-se frequentes lesões (KNUDSON, 2007).

As avaliações de força muscular são empregadas frequentemente no ambiente esportivo e de reabilitação, normalmente os testes realizados são executados a partir de um dinamômetro isocinético em particular na articulação do

joelho, cujo objetivo é analisar o desempenho de determinados grupos musculares. Sendo assim, avaliações por meio de dinamômetros isocinéticos têm sido utilizadas na identificação de disfunções neuro-músculo-esqueléticas (sobretudo nos desequilíbrios musculares) (CARVALHO, PUGA, 2010).

As principais variáveis disponibilizadas pelo dinamômetro isocinético são: pico de torque (Nm), ângulo do pico de torque (°), razão do pico de torque pelo peso corporal (%), torque num ângulo específico (Nm), potência média (W), pico de potência (W), trabalho total (J) e relação agonista/antagonista (SILVA, 2014). Segundo as definições de Carvalho e Puga (2010), o torque é a principal variável fornecida pelo dinamômetro isocinético, definido como o efeito rotacional da força; o trabalho representa o torque gerado durante toda a amplitude de movimento; a potência mede o quão rápido o trabalho é executado; e por fim a relação agonista/antagonista representa a proporção entre tais grupos musculares, expressa em porcentagem. Para o joelho, a razão isquiotibiais/quadríceps é por volta de 60% (SILVA, 2014).

O Pico de Torque (PT) é o valor mais alto de torque que o músculo produz, ou seja, representa a capacidade máxima de produção de força, e é muito similar a uma repetição máxima (1RM); o trabalho muscular se refere a quantidade de trabalho muscular realizada na velocidade avaliada (em todas as repetições); a potência muscular média indica a rapidez com que um músculo consegue produzir força; por fim, a razão isquiotibiais/quadríceps (I/Q) pode demonstrar desequilíbrios musculares excessivos que podem predispor uma articulação à lesão (CARVALHO, PUGA, 2010).

A prevenção de lesões por detecção de desequilíbrios musculares através de testes isocinéticos baseia-se na relação de 0,60 quando dividimos o valor do PT de isquiotibiais pelo valor do PT de quadríceps em um teste com velocidade de 60°/s (HEISER et al., 1984). Segundo Heiser et al., (1984), esta razão foi identificada pela primeira vez por Klein e Allman (1969).

Um estudo de Yeung, Suen e Yeung (2009) mostrou que uma relação I/Q convencional inferior a 0,6 aumenta significativamente o risco de lesão dos isquiotibiais que corrobora com um estudo semelhante em jogadores profissionais de futebol (YEUNG, YEUNG, 2008), em que encontraram maiores riscos de lesão quando esta relação I/Q (a 60°/s) foi menor que 0,61.

Além disso, outros aspectos também estão relacionados as lesões ou prevenções de lesões no joelho, como a propriocepção, a força e a técnica de aterrissagem, que desempenham papéis importantes na estabilidade funcional dessa articulação. Quando se avalia características neuromusculares e biomecânicas é possível perceber que uma propriocepção do joelho diminuída, técnicas de aterrissagem com menor ângulo de flexão do joelho e diminuição de força de quadríceps e isquiotibiais, apresentam maiores riscos de lesões do ligamento cruzado anterior (NAGAI et al., 2013).

Um estudo de Devita e Skelly (1992), mostra que os músculos extensores e flexores do joelho, também são responsáveis pela absorção de energia na aterrissagem, desta forma, essa musculatura também pode influenciar nas forças de impacto quando se realiza um salto.

## **2.5 Mini trampolim**

Exercícios pliométricos em superfícies moles podem reduzir potencialmente a carga mecânica no sistema muscular e melhorar o efeito de treinamento do complexo músculo-tendíneo simultaneamente (ARABATZI, 2018).

Atualmente, o método mais popular que envolve o salto em uma superfície flexível, utiliza o mini trampolim, embora o treinamento de trampolim não seja um método novo. Recentemente o uso deste equipamento aumentou, pois a superfície flexível do equipamento auxilia o movimento e é altamente exigente no sistema neuromuscular (ŞAHIN, DEMIR, AYDIN, 2016). Pesquisas anteriores em adultos sugeriram que o salto em um mini trampolim é acompanhado por uma ação reduzida de agachamento e facilita a velocidade de movimento (MCBRIDE et al., 2010; SAETERBAKKEN e FIMLAND, 2013) e a propriocepção (ARABATZI, 2018), diminuindo o risco de lesões e melhorando a mecânica do movimento.

Com um programa de treinamento de trampolim, é possível obter melhorias na composição corporal e na habilidade de saltar verticalmente (ŞAHIN, DEMIR, AYDIN, 2016). Aragão et al. (2011), implementaram um período de 14 semanas de treinamento em mini trampolim com idosos e concluíram que isso gerou uma contribuição para o equilíbrio dinâmico. Já Miklitsch et al. (2013), usaram um mini trampolim com um programa de reabilitação para pacientes com AVC (acidente vascular cerebral) e houve uma melhora no controle postural. Karakollukçu et al. (2015), também implementaram 12 semanas de treinamento com mini trampolim em

ginastas do sexo masculino, e uma melhora significativa foi encontrada na aceleração, no salto vertical e desempenho anaeróbico.

No estudo de Şahin, Demir e Aydin (2016), houve uma melhora de 13,55% na altura do salto vertical de indivíduos ativos, e essa melhora foi estatisticamente significativa, ainda identificou-se a altura do salto vertical aumentada em 6,84 cm após o treinamento com mini trampolim. Este resultado mostra que o treinamento de mini trampolim é eficaz para o salto vertical.

O salto repetitivo no mini trampolim, pode minimizar o trauma da aterrissagem e reduzir o risco de lesões. Além disso, o mini trampolim pode provocar uma técnica hábil no salto, principalmente por três motivos, primeiro: um bom equilíbrio é importante para o salto habilidoso. A medida em que a velocidade horizontal deve ser minimizada para que a velocidade vertical seja maximizada, pois como a superfície do mini trampolim oferece um desestímulo para saltar para frente, o saltador pode ajustar o equilíbrio automaticamente para manter a altura. Em segundo lugar: os melhores saltadores parecem usar menos amplitude de movimento no agachamento do salto em comparação com os menos qualificados. Dado que parte do impulso para cima no salto em mini trampolim é proporcionado pelo recuo da superfície elástica, há menos necessidade de o saltador realizar flexões de quadril e joelho acentuadamente. Terceiro: saltadores experientes parecem usar um padrão mais simultâneo de coordenação intersegmentar em relação a saltadores menos qualificados (ROSS, HUDSON, 1997).

Ainda para Ross e Hudson (1997), se uma melhor técnica do salto é obtida através do treinamento com o mini trampolim e esta técnica é transferida para saltar no solo, o saltador que treina em mini trampolim tende a saltar melhor também no solo.

### **3 – JUSTIFICATIVA**

O treinamento de força é um processo importante na melhoria do desempenho motor e, conseqüentemente, na otimização de habilidades esportivas (FLECK, 1994; KOMI, HÄKKINEN, 1988), particularmente aquelas que frequentemente utilizam o salto na sua prática, envolvendo demandas pliométricas, recreativas, competitivas ou reabilitacionais (DAVIES, RIEMANN, MANSKE, 2015).

O TP em mini trampolins evidenciam uma menor necessidade do saltador em realizar um agachamento, aumentando o ganho de energia elástica e facilitando a velocidade de movimento resultando em potência máxima dos membros inferiores durante a ação de salto (ROSS, HUDSON, 1997). Portanto, saltar repetidamente sobre o mini trampolim, parece minimizar o trauma na aterrissagem e reduzir o risco de lesões (ROSS, HUDSON, 1997).

Concluindo assim que o TP é visto como uma atividade segura, valiosa e desafiadora para atletas, não se esquecendo da precisa aplicação e supervisão. (FLEC, 1994; BEHM et al., 2008; SANTOS et al., 2011; HOFFMAN, 2014).

No que diz respeito ao treinamento de basquete, este método foi apontado como uma ferramenta importante no processo de treinamento, especificamente destinado a aumentar a habilidade de salto vertical (FULTON, 1992; SIMENZ et al., 2005).

Neste sentido, o presente estudo tem como justificativa utilizar o TP em mini trampolins que pode diminuir o risco de lesões de acordo com o exposto na revisão de literatura, e comparar os efeitos desse treinamento, com o TP convencional, ou seja, no solo.

## **4 – OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo Geral**

Comparar os efeitos do TP convencional e em mini trampolins sobre variáveis biomecânicas relacionadas ao desempenho do salto em atletas de basquetebol.

### **4.2 Objetivos Específicos**

Comparar o efeito do TP convencional vs mini trampolim imediatamente após, 15 minutos e 30 minutos após o treinamento.

Comparar o efeito do TP convencional vs mini trampolim de seis semanas nos parâmetros biomecânicos em atletas de basquetebol.

## **5 – MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1 Amostra**

Participaram do estudo 36 atletas de basquetebol masculino de categorias de base, semiprofissionais, com idades entre 17 e 21 anos. Esses atletas foram divididos aleatoriamente em três grupos, sendo que 12 atletas constituíram o grupo de treinamento pliométrico no solo (TPS), 12 atletas o grupo treinamento pliométrico no mini trampolim (TPMT) e 12 atletas o grupo controle (GC). Durante o estudo, um atleta do TPMT desistiu do treinamento, dois atletas do TPS foram desvinculados da equipe e um se lesionou durante um jogo, e dois atletas do GC se lesionaram durante no campeonato, sendo assim, totalizaram a amostra 30 atletas, sendo 11 do TPMT, 9 do TPS e 10 do GC. Esse trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP), CAAE: 74841717.9.0000.5465. Os participantes maiores de 18 anos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCE), assim como os pais dos atletas com idade inferior a 18 anos também, além disso, esses mesmos assinaram o Termo de Assentimento (TA), para participarem do estudo. Como critérios de inclusão, os atletas deveriam praticar basquetebol a pelo menos 2 anos e não realizar treinamento pliométrico específico. Como critérios de exclusão, foram excluídos aqueles que apresentaram dor e lesões nos últimos seis meses, cirurgia e limitações de joelho e/ou tornozelo. Os dados foram coletados no Laboratório de Biomecânica do Instituto de Biociências da Unesp de Rio Claro, SP, Brasil.

### **5.2 Instrumentos**

#### **a) Estadiômetro e Balança**

Para a caracterização da amostra, foi utilizado um estadiômetro para medição da altura dos participantes (cm), resolução de 0,1 cm acoplado a uma balança analógica WELMY® R-110 para a medição da massa (kg) dos participantes, com precisão de 0,1 kg.

#### **b) Dinamômetro Isocinético**

Foi utilizado um dinamômetro isocinético System 4 PRO (Biodex®). Os testes realizados foram avaliação de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) a 60° e contração isocinética a 60°/s, utilizando o acessório do equipamento para avaliação da articulação do joelho, no qual os participantes foram colocados na cadeira de acordo com as instruções do próprio equipamento.

### c) Plataforma de força

Para aquisições de dados como: impulso, pico de força, altura do salto, força de reação do solo e força máxima, através dos saltos de contramovimento e *single leg drop landing*, foi utilizada uma plataforma de força OR6-6, (AMTI®), assim como para dados de equilíbrio, por meio dos dados cinéticos do centro de pressão (COP) (área, comprimento e velocidade do COP), com frequência de coleta de 1000Hz, conectada a um amplificador MAS-6 (AMTI®).

### d) Eletromiógrafo

A coleta dos dados da eletromiografia (EMG) foi realizada com um módulo de aquisição de sinais biológicos de 16 canais por telemetria *TELEmyo Direct Transmission System (TELEmyo DTS)* (Noraxon®), com uma frequência de 1500 Hz, ganho total de 2000 vezes (20 vezes no sensor e 100 vezes no equipamento). Os sinais foram captados por eletrodos de superfície de Ag/AgCl (Miotec®), em configuração bipolar, com área de captação de 1 cm e distância entre eletrodos de 2 cm, de acordo com o SENIAM (HERMENS et al., 1999).

Foi realizada a tricotomia e assepsia da pele para assim posicionar os eletrodos sobre os músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) do membro inferior dominante, de acordo com o SENIAM (HERMENS et al., 1999). A EMG foi avaliada nos testes do dinamômetro.

## 5.3 Desenho Experimental

Neste estudo, foram executados dois modelos experimentais, sendo eles:

- Experimento 1: Efeito imediato do TP no mini trampolim e no solo em jogadores de basquetebol sobre as variáveis biomecânicas.
- Experimento 2: Efeito crônico do TP no mini trampolim e no solo em jogadores de basquetebol sobre as variáveis biomecânicas.

## 5.4 Procedimentos

Antes dos experimentos os participantes foram distribuídos por meio de sorteio nos grupos GC, TPS e TPMT e realizaram as avaliações para caracterização da amostra (idade, altura, peso, gênero, tempo de treino, membro dominante). Todos os participantes e quando necessário, seus responsáveis, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e visitaram o laboratório uma semana antes do

período de testes e treinamento para familiarização dos testes e do ambiente de laboratório.

Antes das avaliações, os participantes realizaram um aquecimento de 5 minutos em uma bicicleta ergonômica e então foi realizada a tricotomia e assepsia da pele para o posicionamento dos eletrodos nos músculos pré-estabelecidos: reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM), de acordo com as normas do SENIAM (HERMENS et al., 1999).

### **5.5 Experimento 1: Efeito imediato do treinamento pliométrico sobre as variáveis biomecânicas quando realizado a partir do mini trampolim e do solo em jogadores de basquetebol**

O objetivo deste experimento foi analisar o efeito de uma sessão de treinamento pliométrico (convencional VS mini trampolim) sobre algumas variáveis biomecânicas nos períodos: pré treinamento pliométrico (no solo ou no mini trampolim) (Pré), imediatamente após o treinamento (Pós), 15 minutos após o treinamento (Pós15) e finalmente 30 minutos após o treinamento (Pós30). Desta maneira, foram realizados testes, treinamento pliométrico seja no solo ou no mini trampolim e após o treinamento, que teve duração de aproximadamente 10 minutos e foram reavaliados Pós, Pós 15 e Pós 30, sendo que o GC só realizou os testes.

Foram realizados, os saltos de contramovimento (HATZE, 1998) e *single leg drop landing* (FUJII, SATO, TAKAHIRA, 2012), sendo duas tentativas de cada salto pelo voluntário. Também foram realizados testes de equilíbrio unipodal, tanto de olhos abertos, quanto de olhos fechados. Estes testes foram realizados apenas uma vez com cada membro e o participante deveria permanecer em equilíbrio unipodal por 20 segundos nas duas condições (olhos abertos e fechados). Os testes aconteceram conforme descritos abaixo. O experimento 1 está descrito conforme a figura 1.

#### **5.5.1 Descrição dos testes experimento 1**

- a) Membro dominante: o membro inferior dominante foi considerado o membro que o sujeito escolheu para realizar os seguintes movimentos: chutar uma bola com intensidade moderada e precisão; subir um degrau de 20 cm; recuperação do equilíbrio, após perturbação realizada pelo avaliador. Este desequilíbrio ocorreu pela ação do observador sobre o voluntário por meio de

uma força aplicada no ponto médio entre as escápulas o suficiente para exigir que o mesmo dê um passo. A perna que o sujeito usou para recuperar o equilíbrio, foi considerada aquela do membro inferior dominante (HOFFMAN et al., 1998).

- b) Salto vertical contramovimento: para a execução do salto os voluntários foram orientados a alcançar a maior altura partindo da posição de pé, flexionando o quadril e os joelhos próximos de 90° rapidamente e em seguida aterrissar tocando o solo com o ante pé (HATZE, 1998).
- c) Salto *single leg drop landing*: para a execução do salto os indivíduos foram orientados a realizar uma aterrissagem sobre a plataforma de força a partir de uma caixa com altura de 25 cm, localizada 35 cm de distância da plataforma de força (FUJII, SATO, TAKAHIRA, 2012). Eles deveriam posicionar os braços flexionados sobre o tórax durante a aterrissagem. O movimento foi iniciado da caixa com apoio unipodal do membro inferior não dominante e finalizado com a aterrissagem com a perna dominante na plataforma de força e vice-versa (FUJII, SATO, TAKAHIRA, 2012).
- d) Equilíbrio unipodal: os participantes foram instruídos a posicionarem o pé do membro que estava sendo avaliado sobre o centro da plataforma de força e deveriam manter a cabeça alinhada horizontalmente, focando o olhar em um ponto fixo a sua frente, mantendo os braços ao longo do corpo (TEIXEIRA et al., 2008). O teste foi realizado em duas condições: equilíbrio unipodal de olhos abertos com o pé dominante no centro da plataforma (EUOAD); equilíbrio unipodal de olhos fechados com o pé dominante no centro da plataforma (EUOFD). O participante deveria se equilibrar por 20 segundos, sendo uma tentativa para cada condição. Para estes testes, foram coletados dados cinéticos de COP.

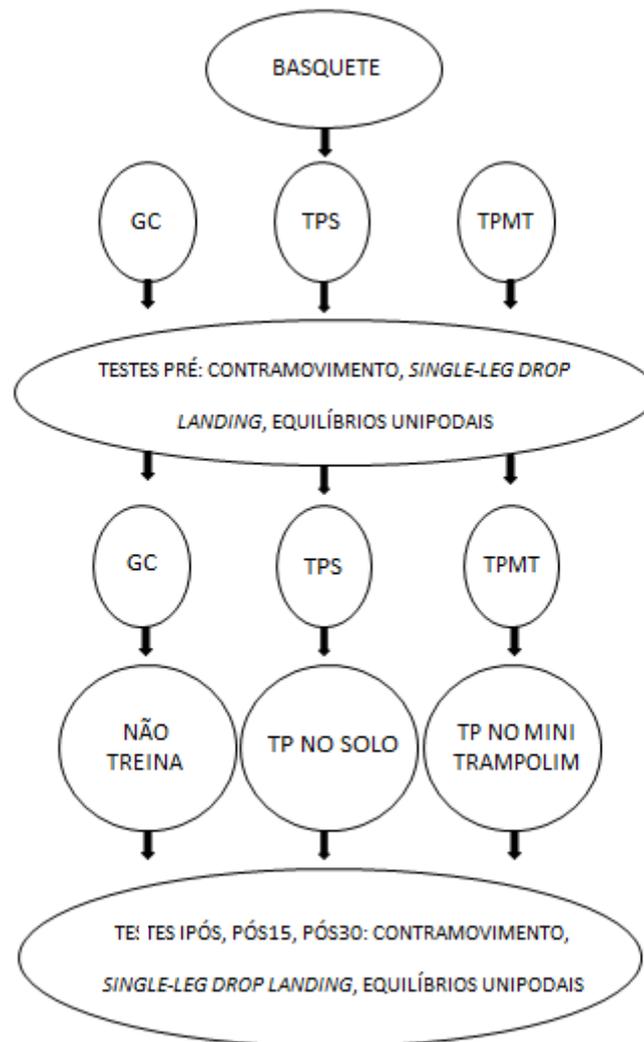


FIGURA 1. Fluxograma do experimento 1

### 5.5.2 Descrição da Sessão de Treinamento Pliométrico e dos Exercícios que o Compõe

O treinamento foi composto por 4 exercícios, tendo entre eles intervalo de descanso.

Os atletas realizaram 3 séries de 40 segundos de duração do salto chamado *Wall jumps* (Figura 2). Após esse exercício, foram realizadas 2 séries de 50 repetições do salto *Squat jumps* (Figura 3). Em seguida, 2 séries de 40 repetições do *Lateral Jumps* (Figura 4), e por fim, 4 séries de 10 repetições do *180° jump* (Figura 5). Entre cada série os atletas descansaram 15 segundos, e entre os exercícios 30 segundos. Este treino foi uma adaptação do treinamento pliométrico em solo, proposto por Chimera et al. (2004) conforme exercícios descritos abaixo.

- a) *Wall jumps*: com os joelhos ligeiramente flexionados e braços levantados, deveria saltar para cima sem tocar o calcanhar no solo no momento da aterrissagem (TPMT realizará os saltos no mini trampolim e TPS no solo). Conforme figura 2.

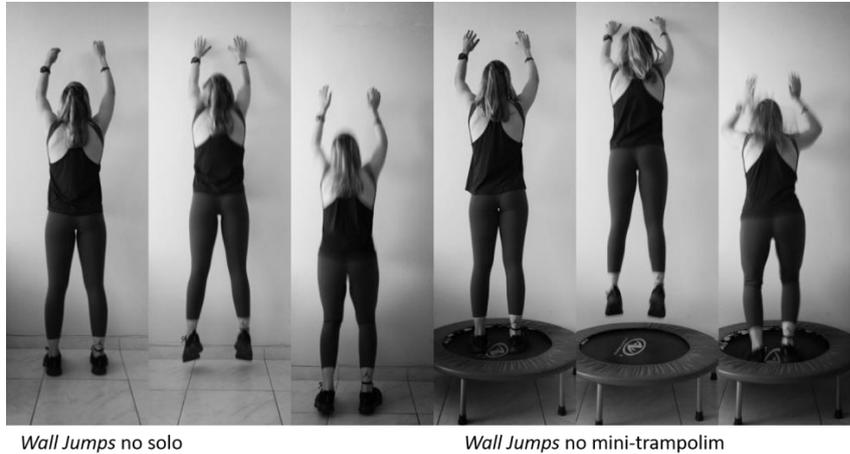


FIGURA 2. Salto denominado *Wall Jump*.

- b) *Squat jumps*: salto em pé levantando os braços para cima, aterrissando em posição de agachamento/cócoras tocando as duas mãos no solo (TPMT realizará os saltos no mini trampolim e TPS no solo). Conforme figura 3.

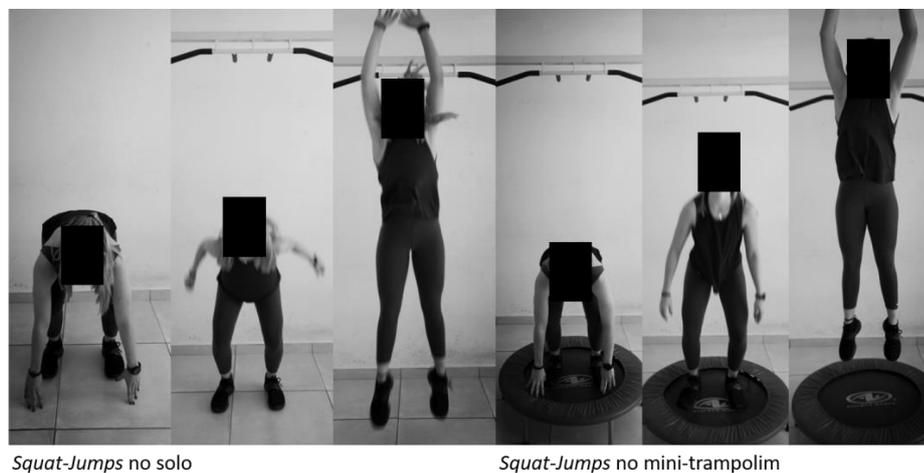


FIGURA 3. Salto denominado *Squat Jump*.

- c) *Lateral jumps*: salto com os dois pés lateral, de um lado para o outro (TPMT realizou os saltos lateralmente de um trampolim para o outro e o TPS realizou no solo de um lado para o outro, respeitando uma distância). Conforme figura 4.



**FIGURA 4.** Salto denominado *Lateral Jump*.

- d) *180°jumps*: o salto foi realizado com as duas pernas e o indivíduo deveria girar em  $180^\circ$  no ar, quando aterrissava deveria aguardar 2 segundos e realizar o mesmo movimento para o outro lado (TPMT realizou os saltos no mini trampolim e TPS no solo). Conforme figura 5.



**FIGURA 5.** Salto denominado *180° jump*.

### **5.6 Experimento 2: Efeito crônico do treinamento pliométrico no mini trampolim e no solo em jogadores de basquetebol sobre as variáveis biomecânicas.**

O objetivo deste experimento foi analisar algumas variáveis biomecânicas no período Pré e Pós treinamento pliométrico (convencional vs mini trampolim) realizado por um período de 6 semanas que será descrito a seguir.

Os testes a serem realizados foram o de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) do membro dominante a  $60^\circ$  de extensão de joelho (3 repetições) (GODINHO, ET AL., 2014), contração isocinética nas velocidades  $60^\circ/s$  e  $240^\circ/s$  (5

repetições cada) (DAUTY et al., 2007), na extensão e flexão do joelho. Além disso, foram realizados os saltos de contramovimento (HATZE, 1998), *single leg drop landing* (FUJII, SATO & TAKAHIRA, 2012) e testes de equilíbrio unipodal, tanto de olhos abertos, quanto de olhos fechados, como descritos no experimento 1. A EMG só foi avaliada na CIVM, contrações isocinéticas. O experimento 2 está descrito conforme a figura 6.

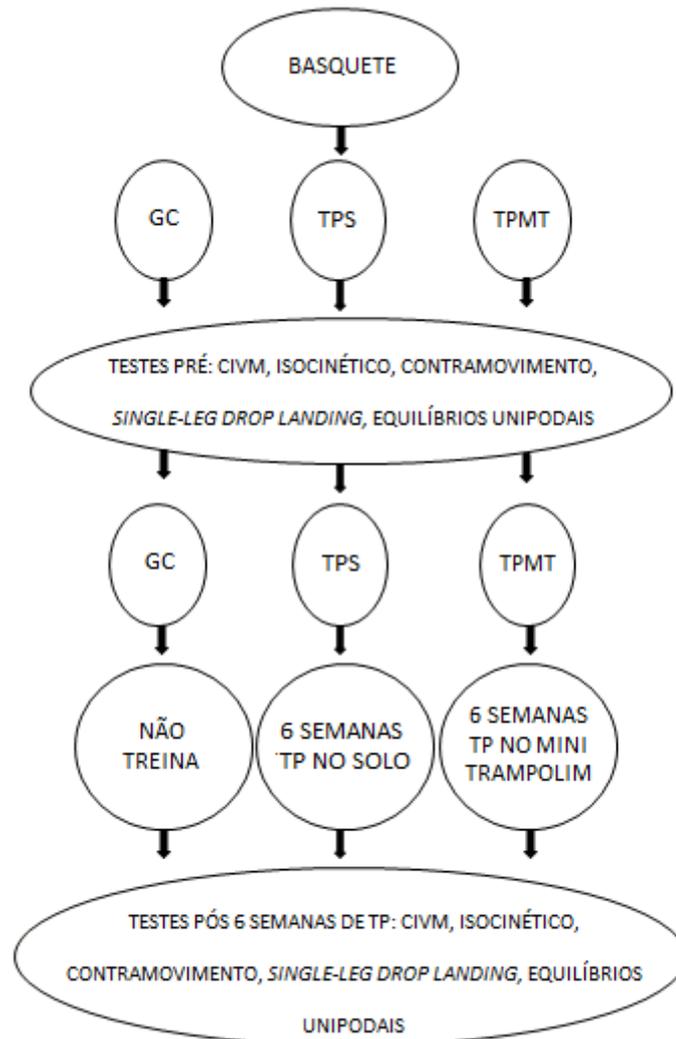


FIGURA 6. Fluxograma do experimento 2

### 5.6.1 Descrição dos Testes experimento 2

- a) Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM): a CIVM foi conduzida após três minutos de intervalo do aquecimento, foram feitas três tentativas de extensão de joelho, com intervalo de trinta segundos. O maior torque instantâneo encontrado foi considerado 100% da CIVM. Cada contração

isométrica teve duração de cinco segundos (GODINHO et al. 2014), este teste também foi utilizado para a normalização dos dados de eletromiografia. Durante o teste foi instruído ao participante que o mesmo, após o sinal sonoro, realizasse a contração “o mais rápido e o mais forte possível”, além de ser dado estímulo verbal. Os testes de CIVM foram realizados em conjunto com a eletromiografia dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial.

- b) Isocinético: foram realizadas repetições máximas de extensão e flexão do joelho, no modo concêntrico-concêntrico nas velocidades de 60°/s e 240°/s (DAUTY et al., 2007). A amplitude de movimento foi de 50° (80° - 30°). Durante o teste foi instruído ao voluntário que o mesmo, após o comando de voz do avaliador, realizasse a contração “o mais rápido e o mais forte possível”, além de ser dado estímulo verbal. Os testes de contração isocinética foram realizados em conjunto com a eletromiografia dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial.

### **5.6.2 Descrição do Treinamento Pliométrico de 6 Semanas e dos Exercícios que o Compõe**

O treinamento de 6 semanas foi progressivo tanto em relação às séries e repetições, quanto a quantidade de exercícios. Desta forma, em cada semana o treino era modificado. Foram realizados 3 dias de treinos por semana. Este treino foi uma adaptação do treinamento pliométrico em solo, proposto por Chimera et al. (2004) conforme descrito abaixo. Os exercícios do treinamento já foram descritos anteriormente no experimento 1, porém neste experimento foi acrescentado a partir da quarta semana um novo exercício denominado *Drop Jump*, descrito na figura 6, abaixo da descrição das semanas de treinamento.

SEMANA 1: os atletas realizaram 3 séries de 40 segundos de duração do salto chamado *Wall jumps* (Figura 2). Após esse exercício, foram realizadas 2 séries de 50 repetições do salto *Squat jumps* (Figura 3). Em seguida, 2 séries de 40 repetições do *Lateral Jumps* (Figura 4), e por fim, 4 séries de 10 repetições do *180° jump* (Figura 5). Entre cada série os atletas descansavam 15 segundos, e entre os exercícios 30 segundos.

SEMANA 2: os atletas realizaram 4 séries de 30 segundos de duração do salto chamado *Wall jumps*, com descanso entre as séries de 15 segundos e após o término das séries descanso de 30 segundos. Após isso, foram realizadas 2 séries

de 60 repetições do salto *Squatjumps*, com descanso de 1 minuto entre as séries e logo que terminassem o exercício também. Em seguida 2 séries de 50 repetições do *Lateral Jumps*, com descanso de 10 segundos entre as séries e de 30 segundos para o próximo exercício, e por fim, 4 séries de 15 repetições do *180° jump*, com 10 segundos de descanso entre as séries.

SEMANA 3: os atletas realizaram 5 séries de 30 segundos de duração do salto chamado *Wall jumps*, com descanso entre as séries de 15 segundos e após o término das séries descanso de 20 segundos. Após isso, foram realizadas 3 séries de 40 repetições do salto *Squat jumps*, com descanso de 40 segundos entre as séries e logo que terminassem o exercício também. Em seguida 2 séries de 60 repetições do *Lateral Jumps*, com descanso de 20 segundos entre as séries e de 20 segundos para o próximo exercício, e por fim, 3 séries de 30 repetições do *180° jump*, com 20 segundos de descanso entre as séries.

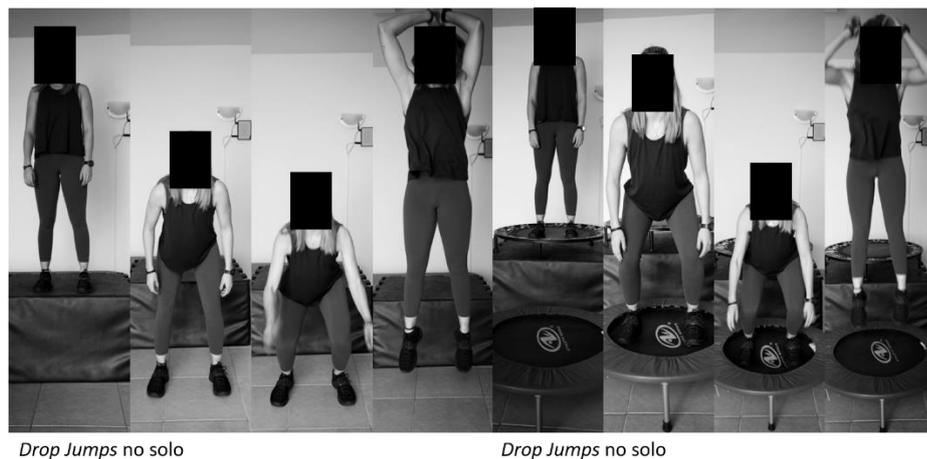
SEMANA 4: os atletas realizaram 5 séries de 30 segundos de duração do salto chamado *Wall jumps*, com descanso entre as séries de 15 segundos e após o término das séries descanso de 20 segundos. Após isso, foram realizadas 3 séries de 40 repetições do salto *Squat jumps*, com descanso de 40 segundos entre as séries e logo que terminassem o exercício também. Em seguida 2 séries de 60 repetições do *Lateral Jumps*, com descanso de 20 segundos entre as séries e de 20 segundos para o próximo exercício, depois realizaram 3 séries de 30 repetições do *180° jump*, com 20 segundos de descanso entre as séries e para o próximo exercício também, por fim, foi adicionado um novo exercício chamado *Drop jumps* (Figura 6), onde realizaram apenas 1 série de 20 saltos.

SEMANA 5: os atletas realizaram 5 séries de 30 segundos de duração do salto chamado *Wall jumps*, com descanso entre as séries de 10 segundos e após o término das séries descanso de 20 segundos. Após isso, foram realizadas 3 séries de 40 repetições do salto *Squat jumps*, com descanso de 30 segundos entre as séries e logo que terminassem o exercício também. Em seguida 2 séries de 60 repetições do *Lateral Jumps*, com descanso de 10 segundos entre as séries e de 10 segundos para o próximo exercício, depois realizaram 3 séries de 30 repetições do *180° jump*, com 10 segundos de descanso entre as séries e de 15 segundos para o próximo exercício, por fim, realizaram 1 série de 30 repetições do salto *Drop jumps*.

SEMANA 6: os atletas realizaram 5 séries de 40 segundos de duração do salto chamado *Wall jumps*, com descanso entre as séries de 10 segundos e após o

término das séries descanso de 10 segundos. Após isso, foram realizadas 3 séries de 50 repetições do salto *Squat jumps*, com descanso de 30 segundos entre as séries e logo que terminassem o exercício também. Em seguida 3 séries de 60 repetições do *Lateral Jumps*, com descanso de 10 segundos entre as séries e de 20 segundos para o próximo exercício, depois realizaram 3 séries de 40 repetições do *180° jump*, com 15 segundos de descanso entre as séries e de 20 segundos para o próximo exercício, por fim, realizaram 1 série de 35 repetições do salto *Drop jumps*.

- a) *Drop jumps*: os atletas deveriam começar em cima de uma caixa e eram instruídos a deixar a caixa, saltando em direção ao solo (TPMT tiveram um mini trampolim em cima da caixa, do qual partiram, e caíram em outro mini trampolim que estava no solo. O TPS saltou de cima da caixa para solo). Conforme figura 7.



**FIGURA 7.** Salto denominado *Drop Jump*.

### 5.7 Análise de Dados

- a) Variáveis da CIVM: a partir dos valores de torque isométrico máximo foram obtidos os valores de pico de torque de extensores. Os dados de torque do experimento 2 foram analisados por meio de rotinas específicas desenvolvidas em ambiente Matlab (Mathwork®). A taxa de desenvolvimento de torque (TDF) foi derivada como a média de inclinação da curva de torque-tempo ( $\Delta$  torque/  $\Delta$  tempo) ao longo de intervalos de tempo de 0-30, 0-50, 0-100, e 0-200 ms relativo ao início da contração (AAGAARD et al, 2002).
- b) Variáveis isocinéticas: a partir dos valores de torque isocinético foram obtidos os valores de pico de torque e a razão convencional (pico de torque

flexores/pico de torque extensores). Os dados foram analisados pelo *software System4 Advantago* próprio dinamômetro. Foram considerados os valores instantâneos de torque e razão ísquios/quadríceps isométrico máximo e isocinético na velocidade 60°/s mensurados pelo dinamômetro.

- c) Variáveis cinéticas dos saltos: para aquisição e tratamento dos parâmetros de força de reação do solo, foi utilizado o próprio *software Bioanalysis* da plataforma de força. Os dados de altura do salto foram analisados por meio de rotinas específicas desenvolvidas em ambiente Matlab (Mathwork®) conforme a formula 1.

$$(1) \textit{Altura} = \frac{1}{8} gt^2$$

Os valores de altura do salto foram coletados através do *software Myoresearch*, Versão 1.07 (Noraxon®) a 1000 Hz e exportados para o *software* Matlab 2010 para a suavização do sinal (com filtro passa baixa *butherworth\_zero\_lag* de 4ª ordem com frequência de corte determinada por análise residual). A taxa de produção de força em diferentes intervalos temporais: primeiros 30ms (TDF30\_DC), 50ms (TDF50\_DC), 100ms (TDF100\_DC) e 200ms (TDF200\_DC) e Taxa de Produção de Força de Pico (TDFp\_DC) obtida com janelamento móvel de 50ms. Os dados de potência pico foram calculados de acordo com a fórmula 2 (SAYERS et al., 1999).

$$(2) \textit{Potência Pico (W)} = 60,7(\textit{altura do salto [cm]}) + 45,3 - 2055$$

- d) Variáveis de equilíbrio: para aquisição e tratamento dos parâmetros de equilíbrio, foi utilizado o próprio *software Bioanalysis* da plataforma de força. Os parâmetros de equilíbrio analisados foram: área elipse (95%) do COP em centímetros quadrados (A-COP em cm<sup>2</sup>), velocidade média em centímetros por segundo (VM em cm/s), comprimento (cm).
- e) Variáveis eletromiográficas: a partir das coletas dos dados eletromiográficos, obtivemos os valores de RMS no pico de torque isométrico, obtido pela média dos pontos de RMS em uma janela de 100 milissegundos do pico de torque de cada contração. Os valores de RMS foram normalizados pelo RMS obtido no teste de CIVM. Por fim, os dados de RMS, foram analisados por meio de rotinas específicas desenvolvidas em ambiente Matlab (Mathwork®). O sinal foi filtrado com o uso de filtro passa alta 20 Hz e filtro passa baixa de 500 Hz.

- f) Eficiência neuromuscular (ENM): foi determinada pela divisão do pico de torque isométrico de extensores do joelho pela soma das RMS dos músculos RF, VL e VM. Foram analisados por meio de rotinas específicas desenvolvidas em ambiente Matlab (Mathwork®) seguindo a fórmula 3 (DESCHENES et al., 2002).

$$(3) ENM = \frac{\text{Pico de torque}}{RMS (RF + VL + VM)}$$

### 5.8 Análise Estatística

Inicialmente foram realizados testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de homocedasticidade de Levene a fim de verificar o atendimento dos pressupostos para testes paramétricos. Garantidas as condições de distribuição normal e variâncias homogêneas, foi utilizado o ANOVA 2-Way de medidas repetidas com *post-hoc* de *Bonferroni* quando necessário, a fim de verificar no experimento1, a diferença do efeito do treinamento imediatamente após, após 15 minutos e após 30 minutos do treinamento pliométrico nas variáveis de equilíbrio e saltos em jogadores de basquete. E no experimento 2, a diferença entre os grupos treinamento e controle após 6 semanas de treino pliométrico.

Caso alguma variável não atendesse as exigências de distribuição normal e/ou variâncias homogêneas, as mesmas foram submetidas a testes não paramétricos. Foi adotado o nível de significância de  $\alpha < 0.05$  para cada comparação, e todas as análises foram realizadas no pacote estatístico IBM SPSS *Statistics*, versão 18 (IBM Corp. in Armonk, NY, USA).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Resultados experimento 1

A Tabela 1 apresenta os dados antropométricos da amostra.

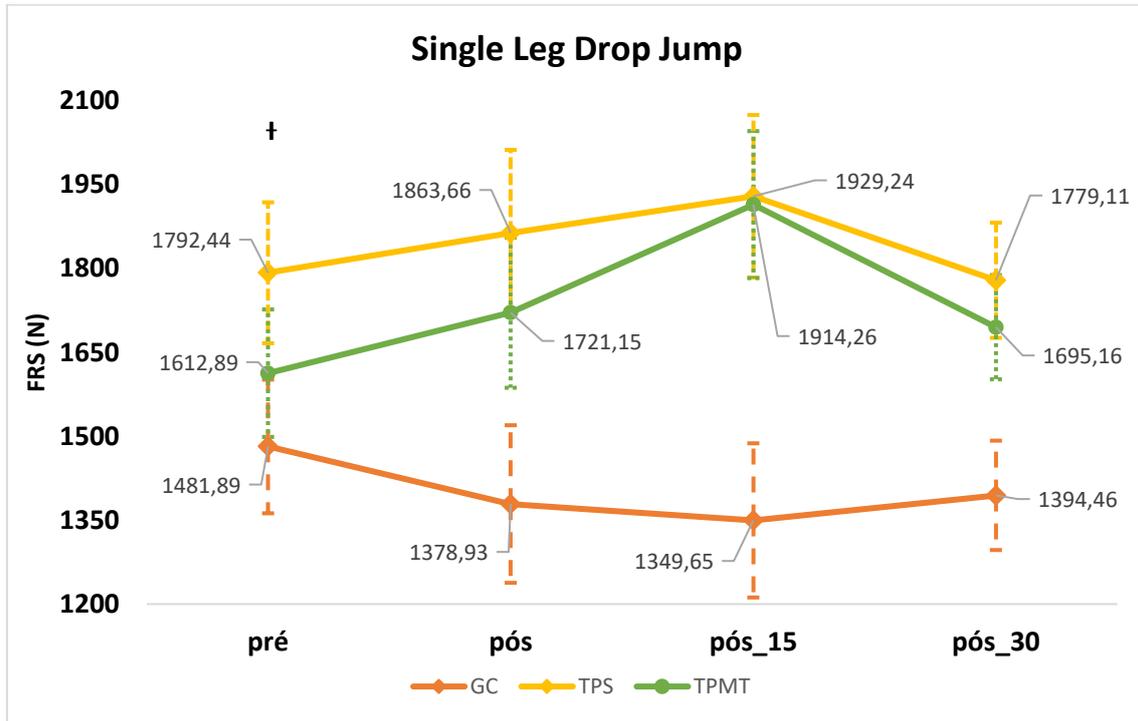
Tabela 1. Dados antropométricos da amostra.

<b>DADOS ANTROPOMÉTRICOS (MÉDIA E DESVIO PADRÃO)</b>				
<b>GRUPO</b>	<b>IDADE (anos)</b>	<b>MASSA (kg)</b>	<b>ESTATURA (m)</b>	<b>IMC (massa/estatura<sup>2</sup>)</b>
<b>TPMT (12)</b>	19,3 ± 1,02	87,68 ± 11,95	1,96 ± 0,08	22,27 ± 2,49
<b>TPS (12)</b>	18,66 ± 0,50	83,77 ± 11,70	1,92 ± 0,09	22,55 ± 3,60
<b>GC (12)</b>	18,80 ± 1,87	81,90 ± 12,36	1,86 ± 0,10	23,10 ± 1,85

Idade (anos); Massa (quilogramas); Altura (metros); IMC (massa/estatura<sup>2</sup>); TPMT: grupo treinamento pliométrico em mini trampolins; TPS: grupo treinamento pliométrico no solo; GC: grupo controle

Não foi encontrada diferença estatística nos dados de altura do salto de contramovimento.

No que se refere a FRS do membro dominante obtida no teste *single leg drop landing*, houve diferença estatística quando se compara o TPS com o GC ( $p=0,031$ ), em que o TPS apresenta valores de FRS pico mais altos que o GC, conforme Gráfico 1.

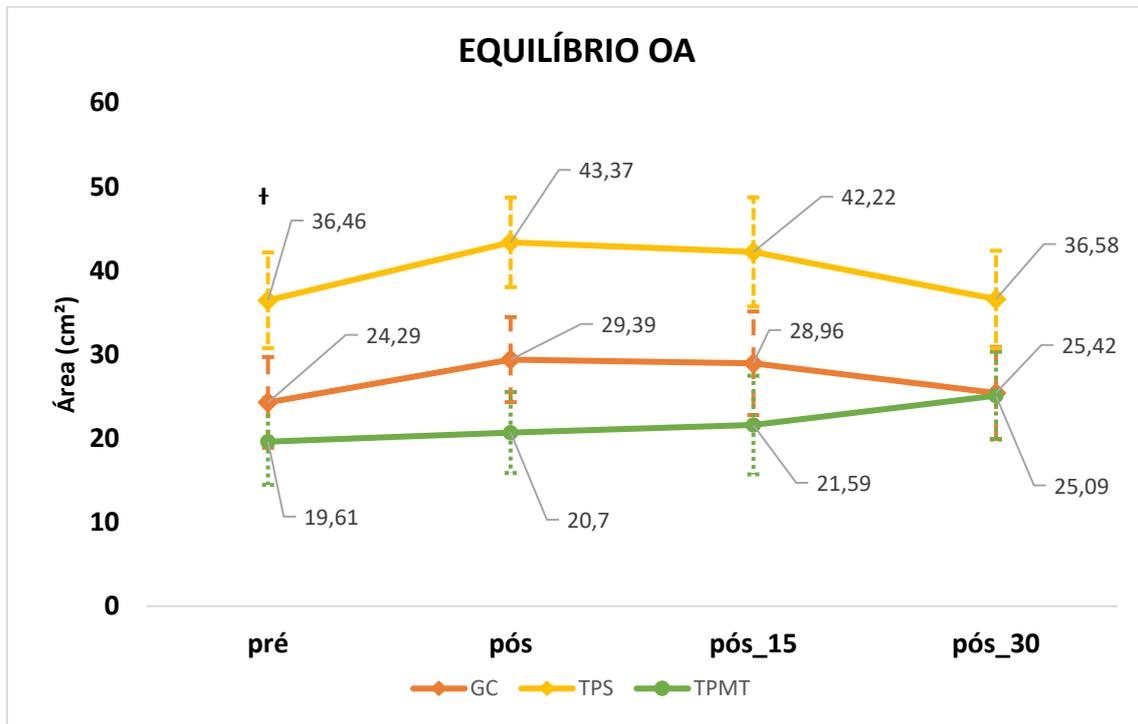
Gráfico 1. Dados da FRS do teste *single leg drop landing*.

FRS:

força de reação do solo do membro dominante do teste *single leg drop landing*; (N): Newton; GC: grupo controle; TPS: grupo treinamento pliométrico no solo; TPMT: grupo treinamento pliométrico em mini trampolins; †: diferença estatística entre os grupos TPS e GC ( $p < 0,05$ ); pré: momento pré treinamento; pós: momento imediatamente após treinamento; pós\_15: momento após 15 minutos do treinamento; pós\_30: momento após 30 minutos do treinamento

Referente à área do COP do teste de equilíbrio unipodal de olhos abertos do membro dominante, apresentada no gráfico 1, obteve-se diferença estatística quando se compara o TPS com o TPMT ( $p = 0,031$ ), em que o TPS apresenta valores de área do COP maiores que o TPMT.

Gráfico 2. Área do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante, com os olhos abertos.

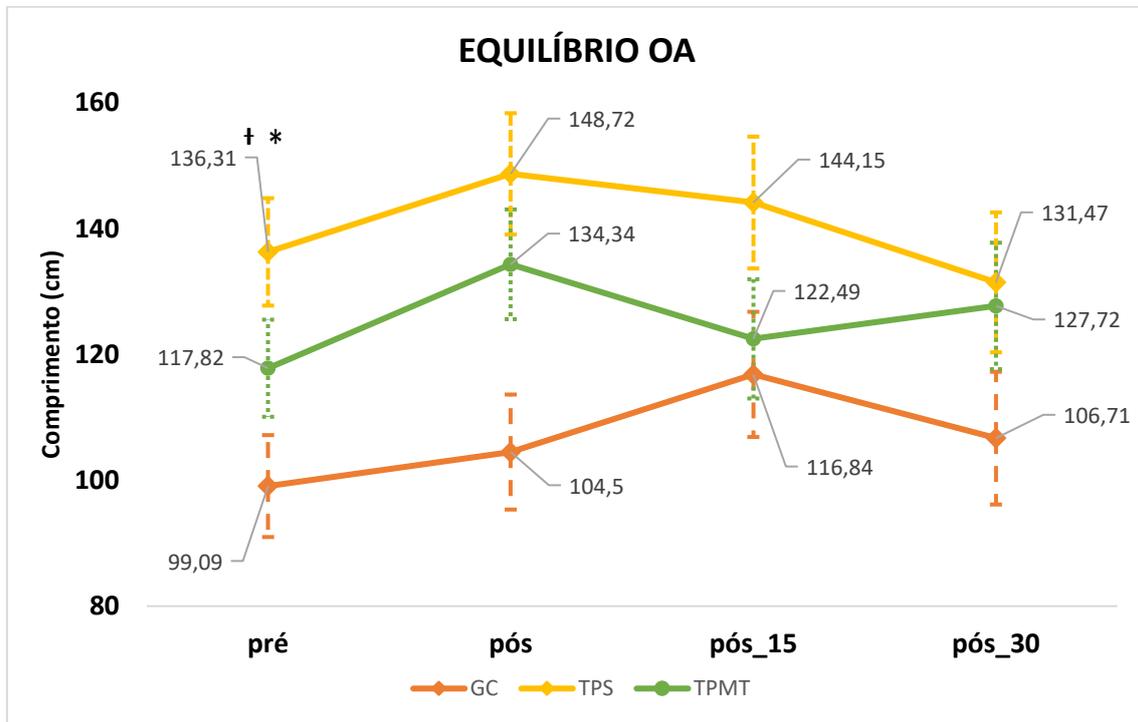


do COP: área do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante de olhos abertos; (cm<sup>2</sup>): centímetros quadrados; GC: grupo controle; TPS: grupo treinamento pliométrico no solo; TPMT: grupo treinamento pliométrico em mini trampolins; †: diferença estatística entre os grupos TPS e TPMT ( $p < 0,05$ ); pré: momento pré treinamento; pós: momento imediatamente após treinamento; pós\_15: momento após 15 minutos do treinamento; pós\_30: momento após 30 minutos do treinamento

O comprimento do COP do mesmo teste, representado no gráfico 3, apresenta a diferença estatística entre os valores do TPS e o GC ( $p = 0,023$ ), em que o TPS apresenta maiores valores de comprimento do COP, em centímetros.

E também mostrou diferença estatística nos períodos pré e pós ( $p = 0,042$ ).

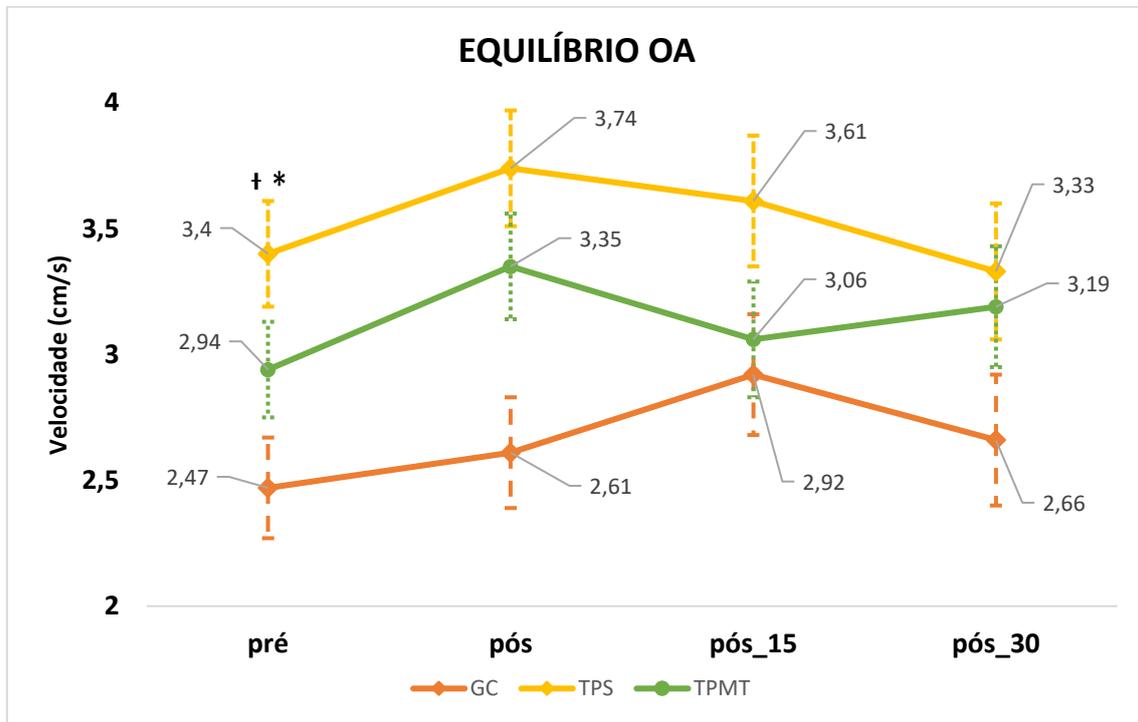
Gráfico 3. Comprimento do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante, com os olhos abertos.



Comprimento do COP: comprimento do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante de olhos abertos; (cm): centímetros; GC: grupo controle; TPS: grupo treinamento pliométrico no solo; TPMT: grupo treinamento pliométrico em mini trampolins; †: diferença estatística entre os grupos TPS e GC ( $p < 0,05$ ); \*: diferença estatística entre pré e pós ( $p < 0,05$ ); pré: momento pré treinamento; pós: momento imediatamente após treinamento; pós\_15: momento após 15 minutos do treinamento; pós\_30: momento após 30 minutos do treinamento

Por fim, neste mesmo teste, a velocidade do COP trouxe diferença estatística quando são comparados os grupos TPS e GC ( $p = 0,018$ ), em que o TPS apresenta maiores valores de velocidade do COP. E também exibiu diferença estatística quando compara-se os momentos pré e pós ( $p = 0,035$ ). Esses resultados estão representados no gráfico 4.

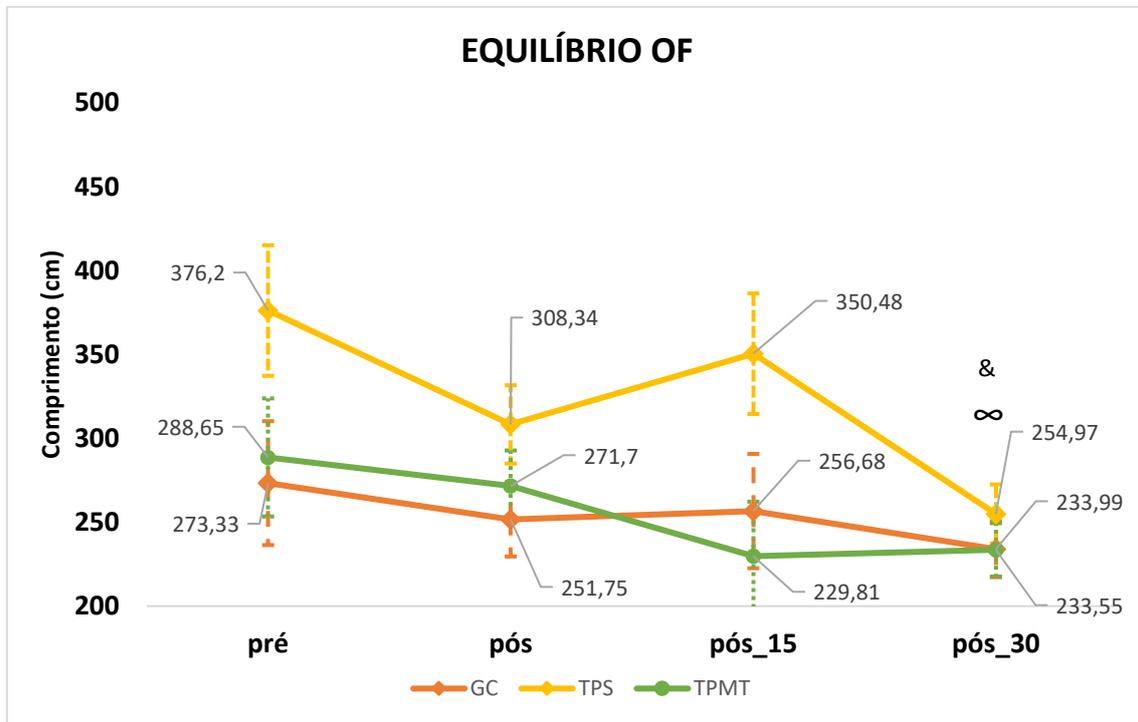
Gráfico 4. Velocidade do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante, com os olhos abertos.



Velocidade do COP: comprimento do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante de olhos abertos; (cm/s): centímetros por segundo; GC: grupo controle; TPS: grupo treinamento pliométrico no solo; TPMT: grupo treinamento pliométrico em mini trampolins; †: diferença estatística entre os grupos TPS e GC ( $p < 0,05$ ); \*: diferença estatística entre pré e pós ( $p < 0,05$ ); pré: momento pré treinamento; pós: momento imediatamente após treinamento; pós\_15: momento após 15 minutos do treinamento; pós\_30: momento após 30 minutos do treinamento

Já no teste de equilíbrio unipodal de olhos fechados do membro dominante, o comprimento do COP, apresentou diferença estatística na comparação entre o momento pré e pós 30 ( $p = 0,025$ ), e entre o momento pós e pós 30 minutos ( $p = 0,022$ ), de acordo com o gráfico 5.

Gráfico 5. Comprimento do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante, com os olhos fechados.

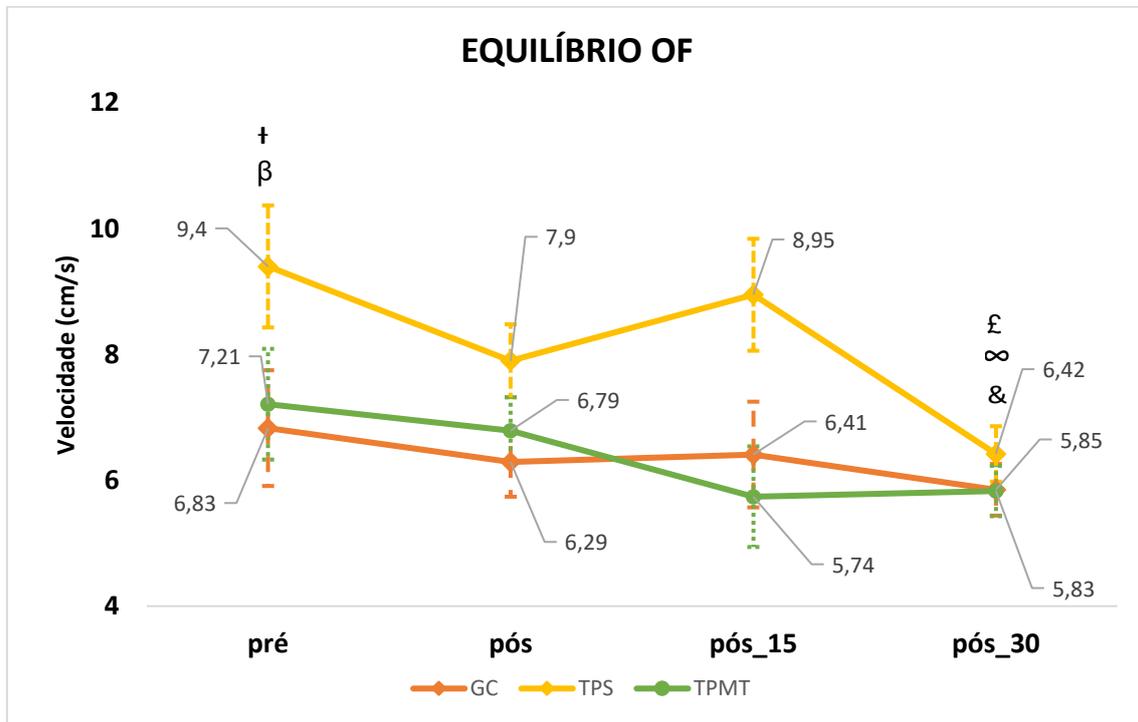


Comprimento do COP: comprimento do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante de olhos fechados; (cm): centímetros; GC: grupo controle; TPS: grupo treinamento pliométrico no solo; TPMT: grupo treinamento pliométrico em mini trampolins; &: diferença estatística em relação aos momentos pré e pós 30 ( $p < 0,05$ ); ∞: diferença estatística em relação aos momentos pós e pós 30 ( $p < 0,05$ ); pré: momento pré treinamento; pós: momento imediatamente após treinamento; pós\_15: momento após 15 minutos do treinamento; pós\_30: momento após 30 minutos do treinamento

A velocidade do COP, conforme gráfico 6, apontou diferença estatística na comparação entre o TPS e GC ( $p = 0,035$ ), e também entre o TPS e TPMT ( $p = 0,036$ ).

E quando houve a comparação entre os tempos, houve diferença estatística entre o momento pós 30 e todos os outros três momentos (pré, pós e pós 15); pré e pós 30 ( $p = 0,027$ ); pós e pós 30 ( $p = 0,014$ ); pós 15 e pós 30 ( $p = 0,047$ ).

Gráfico 6. Velocidade do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante, com os olhos fechados.



Velocidade do COP: velocidade do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante de olhos fechados; (cm/s): centímetros por segundo; GC: grupo controle; TPS: grupo treinamento pliométrico no solo; TPMT: grupo treinamento pliométrico em mini trampolins; †: diferença estatística entre os grupos TPS e GC ( $p < 0,05$ );  $\beta$ : diferença estatística entre os grupos TPS e TPMT ( $p < 0,05$ ); &: diferença estatística em relação aos momentos pré e pós 30 ( $p < 0,05$ );  $\infty$ : diferença estatística em relação aos momentos pós e pós 30 ( $p < 0,05$ ); £: diferença estatística em relação aos momentos pós\_15 e pós\_30 ( $p < 0,05$ ); pré: momento pré treinamento; pós: momento imediatamente após treinamento; pós\_15: momento após 15 minutos do treinamento; pós\_30: momento após 30 minutos do treinamento

## 6.2 Resultados experimento 2

A Tabela 2 apresenta as variáveis antropométricas da amostra e não mostra diferenças significativas entre os três grupos.

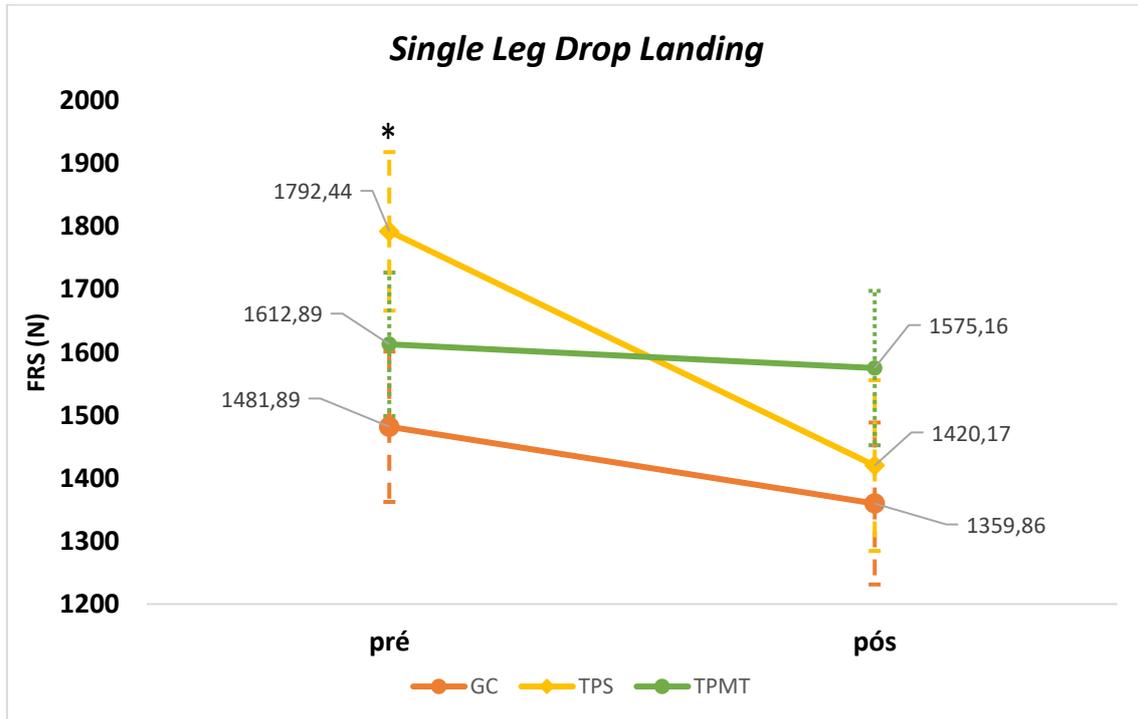
Tabela 2. Dados antropométricos da amostra.

<b>DADOS ANTROPOMÉTRICOS (MÉDIA E DESVIO PADRÃO)</b>				
<b>GRUPO</b>	<b>IDADE (anos)</b>	<b>MASSA (kg)</b>	<b>ESTATURA (m)</b>	<b>IMC (massa/estatura<sup>2</sup>)</b>
<b>TPMT (11)</b>	19,3 ± 1,02	87,68 ± 11,95	1,96 ± 0,08	22,27 ± 2,49
<b>TPS (9)</b>	18,66 ± 0,50	83,77 ± 11,70	1,92 ± 0,09	22,55 ± 3,60
<b>GC (10)</b>	18,80 ± 1,87	81,90 ± 12,36	1,86 ± 0,10	23,10 ± 1,85

Idade (anos); Massa (quilogramas); Altura (metros); IMC (massa/estatura<sup>2</sup>); TPMT: grupo treinamento pliométrico em mini trampolins; TPS: grupo treinamento pliométrico no solo; GC: grupo controle

Não foi encontrada diferença estatística nos dados de altura do salto, taxa de desenvolvimento de força e potência pico do salto de contramovimento, assim como dos testes isocinéticos e razão entre ísquios e quadríceps, por fim, também não foram encontradas diferenças significantes no RMS e ENM.

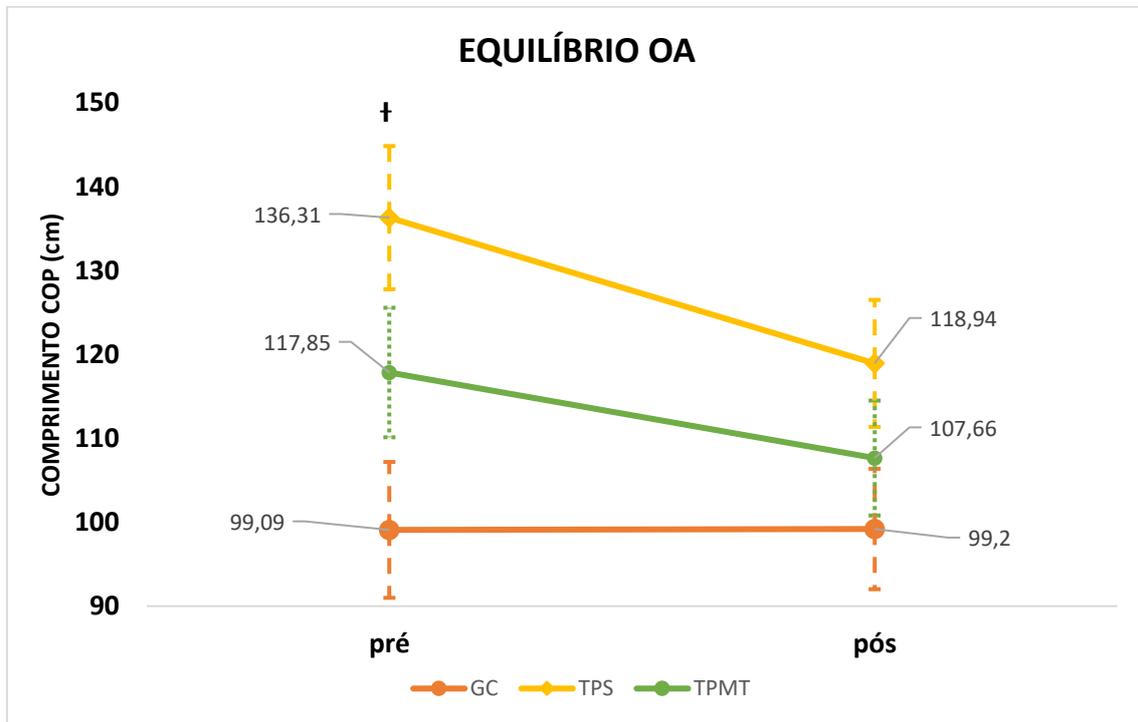
Em relação à FRS do teste *single leg drop landing* do membro dominante, pôde-se observar diferença estatística no TPS, entre os tempos pré e pós ( $p=0,029$ ), notando no momento pós uma diminuição da FRS pico em 20,76%. Os dados da FRS estão apresentados no gráfico 7.

Gráfico 7. Dados da FRS do teste *single leg drop landing*.

FRS: força de reação do solo do membro dominante do teste *single leg drop landing*; (N): Newton; GC: grupo controle; TPS: grupo treinamento pliométrico no solo; TPMT: grupo treinamento pliométrico em mini trampolins; \*: diferença estatística entre pré e pós do grupo TPS ( $p < 0,05$ ); pré: momento pré treinamento; pós: momento 6 semanas pós treinamento

Quando se analisou as variáveis do teste de equilíbrio unipodal (membro dominante) de olhos abertos, o comprimento do COP apresentou diferença estatística na comparação entre o TPS e GC ( $p = 0,013$ ), onde o GC apresentou menores valores de comprimento do COP. Como demonstra o gráfico 8.

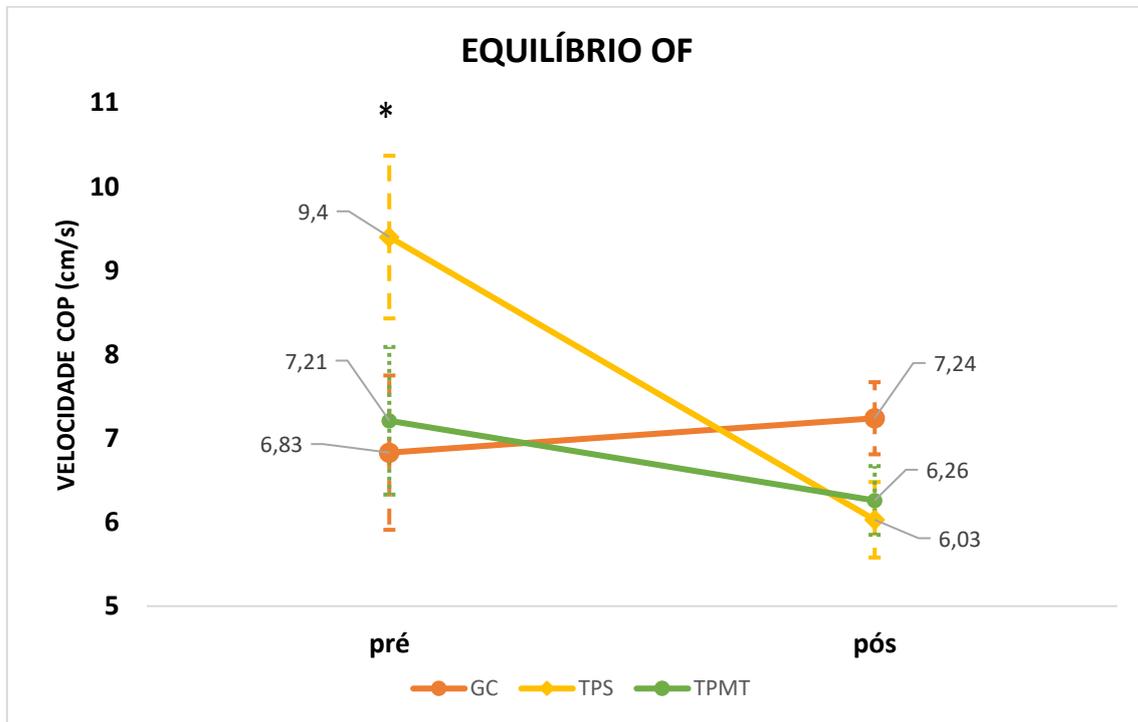
Gráfico 8. Comprimento do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante, com os olhos abertos.



Comprimento do COP: comprimento do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante de olhos abertos; (cm): centímetros; GC: grupo controle; TPS: grupo treinamento pliométrico no solo; TPMT: grupo treinamento pliométrico em mini trampolins; †: diferença estatística entre os grupos TPS e GC ( $p < 0,05$ ); pré: momento pré treinamento; pós: momento 6 semanas pós treinamento

Já no teste de equilíbrio unipodal do membro dominante de olhos fechados, foi encontrada diferença estatística na variável velocidade do COP em relação ao TPS, nos tempos pré e pós ( $p = 0,033$ ). Os dados deste teste estão representados no gráfico 9.

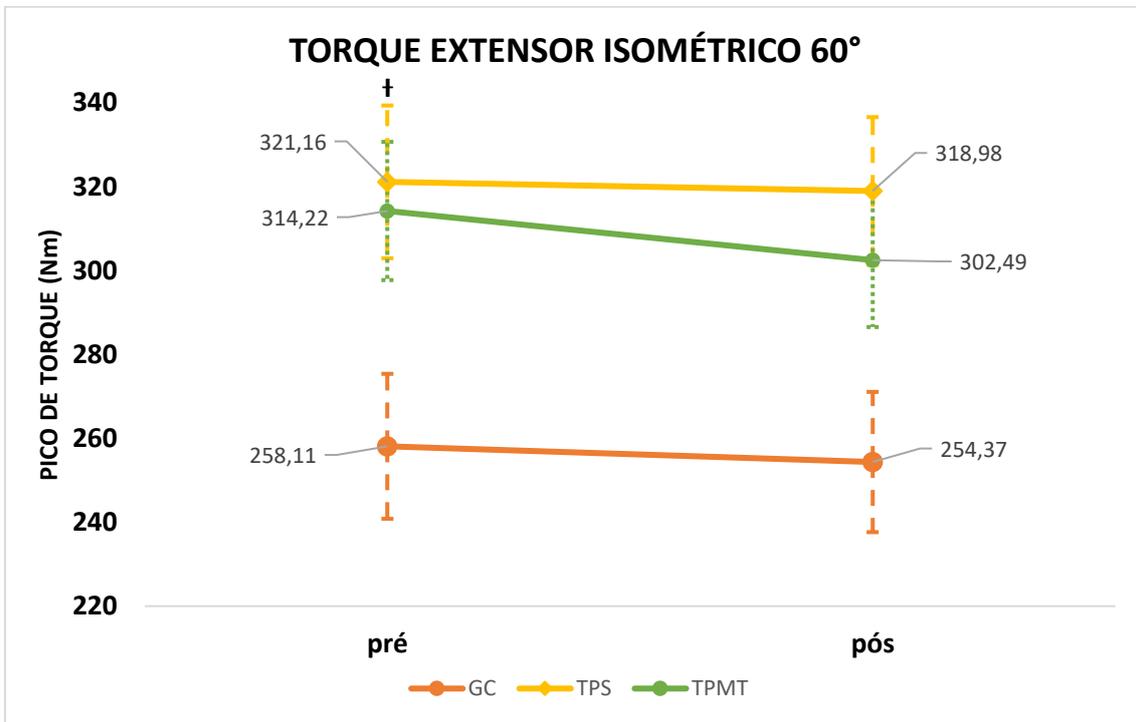
Gráfico 9. Velocidade do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante, com os olhos fechados.



Velocidade do COP: velocidade do COP do teste de equilíbrio unipodal do membro dominante de olhos fechados; (cm/s): centímetros por segundo; GC: grupo controle; TPS: grupo treinamento pliométrico no solo; TPMT: grupo treinamento pliométrico em mini trampolins; \*: diferença estatística entre pré e pós do grupo TPS ( $p < 0,05$ ); pré: momento pré treinamento; pós: momento 6 semanas pós treinamento

Quanto ao teste de CIVM no dinamômetro isométrico a  $60^\circ$ , conforme mostra o gráfico 10, pôde-se perceber diferença estatística entre o TPS e GC, em que o GC apresentou valores de CIVM menores que o TPS ( $p = 0,043$ ).

Gráfico 10. Dados do pico de torque do teste isométrico (60°), dos extensores de joelho.



Pico de Torque: pico de torque extensor do teste isométrico a 60° do dinamômetro isocinético; (Nm): Newton por metro; GC: grupo controle; TPS: grupo treinamento pliométrico no solo; TPMT: grupo treinamento pliométrico em mini trampolins; †: diferença estatística entre os grupos TPS e GC ( $p < 0,05$ ); pré: momento pré treinamento; pós: momento seis semanas pós treinamento

## 7. DISCUSSÃO

### 7.1 Efeito imediato do TP no mini trampolim e no solo em jogadores de basquetebol sobre as variáveis biomecânicas.

O objetivo desse experimento foi verificar o efeito de uma sessão de treinamento pliométrico convencional e em mini trampolins sobre variáveis de salto, equilíbrio nos períodos: pré treinamento pliométrico (Pré), imediatamente após o treinamento (IPós), 15 minutos após o treinamento (Pós15) e finalmente 30 minutos após o treinamento (Pós30).

Foram encontrados resultados importantes referentes às variáveis analisadas nos testes de equilíbrio, no teste de equilíbrio de olhos abertos, dados do comprimento do COP, apresentam piora de desempenho imediatamente após a sessão de treinamento pliométrico, tanto no solo, quanto no mini trampolim. Já no teste de equilíbrio de olhos fechados, os resultados das variáveis do COP, apresentaram melhoras no equilíbrio no momento pós 30 minutos em relação a todos os outros momentos neste teste.

Melhoras no equilíbrio postural parecem evitar desperdício de energia durante perturbações, se considerarmos o equilíbrio postural como a capacidade de manter o centro de pressão (COP) dentro da base de apoio com oscilação mínima, sendo assim ele se torna um parâmetro chave no desempenho atlético e tem se mostrado um bom preditor de lesões (ROMERO-FRANCO et al., 2014).

Estudos vêm demonstrando que a fadiga muscular decorrente das atividades esportivas pode afetar o equilíbrio postural, o que é compensado por um aumento no movimento do COP e maior gasto energético para evitar uma queda. Sendo assim, o desempenho esportivo tende a diminuir e os atletas podem estar mais propensos a sofrer uma lesão (ROMERO-FRANCO; JIMÉNEZ-REYES, 2015).

Tem sido sugerido que exercícios de longa duração podem piorar o equilíbrio postural, mas ainda não há alegações sobre como um exercício de curta duração e de alta intensidade, como a pliometria, pode afetar o equilíbrio postural (TOBIN; DELAHUNT, 2014).

Twist, Gleeson e Eston (2008) e Drinkwater, Lane e Cannon (2009) encontraram deterioração temporária do equilíbrio postural após sessões de pliometria de alta intensidade. Concretamente, Twist, Gleeson e Eston (2008) analisaram a estabilidade postural unipodal na perna dominante 30 minutos, 24, 48 e

72 horas após 200 saltos e relataram prejuízos de estabilidade até as 24 horas após. Drinkwater, Lane e Cannon (2009) avaliaram a estabilidade postural unipedal de atletas logo após e 2 horas após um treinamento pliométrico que consistia de 212 contatos no solo durante os saltos e relataram efeitos prejudiciais imediatos na estabilidade postural, que retornou aos valores iniciais em 2 horas.

Em ambos os estudos, a duração dos efeitos deletérios imediatos permanece desconhecida devido à falta de medidas nos minutos imediatos após a pliometria, o que seria útil para planejar a sessão de treinamento mais adequada, uma vez que a pliometria é uma parte da sessão do treino (SÁEZ DE VILLARREAL; REQUENA; CRONIN, 2012).

Estudo de Romero-Franco e Jiménez-Reyes (2015) apontou que 150 saltos verticais prejudicaram o equilíbrio postural unipodal, que permaneceu desde imediatamente após o treinamento e após 5 minutos, sendo esta a última medida realizada no estudo citado. Esses achados são consistentes com estudos anteriores citados Twist, Gleeson e Eston (2008); Drinkwater, Lane e Cannon (2009) que investigaram a disfunção neuromuscular temporal após o exercício pliométrico e outros exercícios de alta intensidade.

Em nosso estudo, os resultados dos dados de equilíbrio corroboram com estudos de Twist, Gleeson e Eston (2008), Drinkwater, Lane e Cannon (2009) e Romero-Franco e Jiménez-Reyes (2015), uma vez que dados do comprimento do COP (no teste de olhos abertos), apresentam piora de desempenho imediatamente após a sessão de treinamento pliométrico, tanto no solo, quanto no mini trampolim, o que é justificado, pelos autores, basicamente pela dessensibilização de fusos musculares e órgãos tendinosos de Golgi após um programa de treinamento de alta intensidade, o que levaria à deterioração do equilíbrio postural unipodal, e aproximasse dos valores basais após 15 e 30 minutos. Deve-se considerar que os treinos dos 3 estudos referenciados acima são caracterizados por repetições, e em nosso estudo, os exercícios eram caracterizados tanto por repetições quanto tempo de execução, onde os atletas deveriam saltar o máximo que conseguissem em determinado tempo.

Como os exercícios pliométricos podem ser incluídos como parte do treinamento para atletas de basquetebol, é importante considerar o quanto isso afeta imediatamente o equilíbrio postural e de acordo com nossos resultados, um período

de 15 minutos de descanso parece ser suficiente para recuperar o equilíbrio postural unipodal.

Segundo estudos prévios (WANG et al., 2006; ROMERO-FRANCO; JIMÉNEZ-REYES, 2015) mostraram a deterioração do equilíbrio postural como preditor de lesões, os atletas poderiam estar mais propensos a sofrer qualquer lesão no período imediatamente após sessão de treinamento pliométrico.

Embora estudos anteriores tenham relatado 30 minutos como a quantidade mínima de tempo necessária para toda a recuperação do equilíbrio postural após o exercício de alta intensidade, outros autores mostraram recuperação completa 10 e 13 minutos após o exercício extenuante (YAGGIE; ARMSTRONG, 2004). Sugere-se que os mecanismos centrais continuam enfraquecidos quando o mecanismo periférico está totalmente recuperado (ROMERO-FRANCO; JIMÉNEZ-REYES, 2015)., o que pode explicar a insignificante recuperação encontrada em nossos dados de equilíbrio unipodal de olhos abertos, recuperados após 15 minutos do treinamento

Alguns autores propõem a dessensibilização dos fusos neuromusculares e dos órgãos tendinosos de Golgi após um protocolo de treinamento de alta intensidade (SAXTON et al., 1995; BROCKETT et al., 1997), o que levaria à deterioração do equilíbrio postural unipodal.

Porém quando os testes de equilíbrio foram realizados com os olhos fechados, os resultados não vão ao encontro com as pesquisas de Twist, Gleeson e Eston (2008), Drinkwater, Lane e Cannon (2009) e Romero-Franco e Jiménez-Reyes (2015). Neste estudo, (DRINKWATER; LANE; CANNON, 2009)os resultados das variáveis do COP, apresentaram melhoras no equilíbrio no momento pós 30 minutos em relação à todos os outros momentos.

Apesar de vários estudos avaliarem os efeitos deletérios da pliometria no equilíbrio, até o momento alterações no equilíbrio postural não são claras, o que poderia levar a um maior risco de lesão e menor desempenho (ROMERO-FRANCO; JIMÉNEZ-REYES, 2015).

Existem, no entanto, evidências de que ações musculares que realizem o CAE, sejam capazes de desencadear o efeito chamado potencialização pós ativação (PPA), ou potencialização da força rápida muscular (BATISTA et al., 2003). Verkhoshanski (1996), após aplicação de uma série de saltos em seus voluntários, notou uma ampliação da potência dos membros inferiores nos minutos consequentes

à realização de determinado número de saltos e segundo o seu estudo, o efeito da PPA ainda era capaz de ser notado após 30 minutos da realização dos saltos.

Desta forma, quando se trata de adaptações agudas, após determinado movimento, estas podem estar relacionadas à PPA. Robbins (2005), afirma que o desempenho da PPA pode ser promovido de forma aguda, posteriormente a uma atividade contrátil. O mecanismo responsável por este fenômeno é a maior fosforilação da miosina reguladora da cadeia leve, levando as moléculas de troponina a maior sensibilidade aos íons de cálcio. Graças a essa maior sensibilidade de interação actina-miosina ao cálcio, aumenta-se a quantidade de pontes cruzadas, resultando em uma melhora do desempenho, comparado ao estado anterior a esse mecanismo (SILVA et al., 2017).

Na instabilidade, o mecanismo da PPA tende a ser acentuado, uma vez que aumenta o recrutamento neuromuscular, intensificando-se na situação olhos fechados, o que pode justificar as diferenças positivas encontradas em nosso estudo, após o treinamento de pliometria (ROBBINS, 2005).

## **7.2 Efeito crônico do TP no mini trampolim e no solo em jogadores de basquetebol sobre as variáveis biomecânicas.**

Este experimento teve como objetivo verificar parâmetros biomecânicos, sobre o efeito de seis semanas de um TP convencional e em mini trampolim, em atletas de basquetebol nos períodos pré e pós treinamento.

Achados importantes desse experimento estão relacionados à FRS, do teste *single leg drop landing*, em que o grupo TPS apresentou resultados significativamente melhores após seis semanas de TP no solo.

Além disso, o mesmo grupo, também apresentou melhor desempenho, em relação ao teste de equilíbrio de OF, uma vez que seus dados de velocidade do COP apresentaram-se melhores, ou seja, velocidades de oscilação do COP menores, após seis semanas de treinamento.

No que se refere a FRS, este estudo corrobora com estudos anteriores, que sugerem que o TP pode ser capaz de apresentar efeitos positivos na FRS pico, e isso pode ser explicado pelo fato de que exercícios balísticos repetidos podem potencialmente melhorar a capacidade de responder às forças explosivas de reação do solo (SLIMANI et al., 2016).

Nossos resultados estão de acordo com os resultados do estudo de Zemková e Hamar (2010) e Bouteraa et al. (2018) que também mostraram uma redução do tempo de contato com o solo, conseqüentemente da FRS durante o *drop landing*. Eles também mostraram melhoras na capacidade de diferenciar a força de contração muscular durante saltos repetidos depois de um programa de treinamento para jogadores de basquete.

O momento de aterrissagem unipodal realizado por atletas de basquetebol foi escolhido por estar frequentemente relacionado a lesões, seja ao pisar no pé de outro jogador ou a qualquer tipo de desequilíbrio, além de estar relacionado à um dos movimentos mais presentes no basquete, que é a bandeja (MACEDO et al., 2016).

O objetivo de um *drop landing* é melhorar a capacidade dos tendões e dos músculos de armazenar e liberar energia elástica quando expostos a forças, como aquelas encontradas em aterrissagens de saltos, e suportar fases de corrida (BALL; STOCK; SCURR, 2010). O treinamento do *drop landing* permite que o atleta aumente a pré-ativação e o pré-estiramento dos músculos. Embora os indivíduos deste estudo estejam familiarizados com a tarefa, a técnica de *drop landing* adequada pode reduzir o FRS vertical em até 20%, assim como no estudo citado anteriormente, possivelmente devido ao aumento da pré-ativação muscular antes do contato com o solo (BALL; SCURR, 2009). Já os valores de força mais altos podem ser atribuídos à exigência dos sujeitos de minimizar a flexão do joelho durante o salto de queda, o que causaria uma aterrissagem mais rígida (BALL; STOCK; SCURR, 2010).

Considerações são feitas em relação à mecânica de aterrissagem envolvida nos exercícios pliométricos dos membros inferiores. O recrutamento muscular, ângulos articulares e padrões de cargas são estratégias utilizadas na mecânica de aterrissagem. Além disso uma investigação de sete EP mostrou diferenças marcantes na mecânica das articulações, e dentro desses EP, constavam exercícios como o *wall jumps*, *squat jumps* e *drop jumps*, que coincidem com os exercícios do TP realizados no presente estudo (BOOTH; ORR, 2016).

Estudo de Jeffreys et al. (2017) propõe que, à medida que a frequência de saltos aumenta, adaptações no CAE acontecem e o deslocamento do centro de massa diminui deste modo, o tempo de contato é minimizado. Desta forma, é criada uma capacidade para saltar do solo em menos tempo, como incentivo à essas

adaptações. Além disso, é necessário que a transição entre a fase excêntrica e a fase concêntrica do salto ocorra rapidamente e na amplitude de movimento correta, caso contrário, a energia armazenada será perdida como calor (TAUBE et al., 2012). Dentro do nosso programa de treinamento, os participantes foram encorajados a minimizar o tempo de contato e pular o mais alto possível.

Alguns estudos mostraram que é possível reduzir a força de reação da aterrissagem sem prejudicar o desempenho de saltos simultaneamente. Humphries, Newton e Wilson, (1995) relataram que o mecanismo de frenagem do treinamento pliométrico atenuou significativamente a FRS sem deterioração na força concêntrica.

Ainda neste contexto dos achados mencionados acima, na pesquisa de Black (2005), observou-se que um único salto tem uma maior força de aterrissagem do que saltos repetidos devido à preparação para o salto subsequente. Pode-se sugerir que os exercícios pliométricos, realizados repetidamente, resultariam em uma redução FRS em comparação com exercícios realizados como saltos únicos (MAKARUK et al., 2014).

Para Crowther et al. (2007), o material elástico no mini trampolim mostrou que pode facilitar a realização do salto para os atletas, reduzindo a necessidade de agachar ao aterrissar no contato com o mini trampolim. Ele também pode afetar a inflexibilidade da perna (DAHLSTRÖM, 2017). Indica-se que quando a rigidez da superfície diminui, a inflexibilidade das pernas aumenta, fazendo com que haja menor flexão das articulações envolvidas, principalmente no momento de aterrissagem (DAHLSTRÖM, 2017). Desta forma, o material elástico também afeta a força de impacto, minimizando-o, comparado a saltar no chão. Isso faz com que o mini trampolim resulte em um treinamento de baixo impacto, que provavelmente resultará em um menor treinamento da aterrissagem, afetando assim o desempenho da FRS (CROWTHER et al., 2007; ARAGÃO et al., 2011).

Outro estudo que comparou as diferenças entre a aterrissagem em um trampolim e no solo encontrou um deslocamento angular menor do joelho quando o sujeito pousou em um trampolim (FERRIS; FARLEY, 1997). A amplitude de movimento foi de cerca de 20 graus a menos na flexão do joelho quando o indivíduo realizou saltos no trampolim comparado ao solo, o que indica como mencionado anteriormente que as pernas são mais rígidas ou inflexíveis quando os atletas treinam em um trampolim (CROWTHER et al., 2007).

Diversas superfícies de aterrissagem afetam diferentemente a cinemática da articulação, o que, por sua vez, afeta o CAE. Assim, a elasticidade do mini trampolim pode influenciar positivamente o CAE (CROWTHER et al., 2007) e ao mesmo tempo, a transição pode demorar mais tempo devido ao material elástico que, por sua vez, pode afetar negativamente o CAE (ROSS; HUDSON, 1997). Em resumo, estudos conduzidos no treinamento de trampolim mostraram que ele pode afetar o CAE tanto positiva como negativamente, mas poucos estudos investigaram se existe alguma diferença entre o efeito do CAE no mini trampolim e no solo (convencional).

No entanto, essa área de pesquisa precisa ser mais investigada antes que possamos chegar a uma conclusão definitiva sobre este assunto (ARAGÃO et al., 2011).

Tomados em conjunto, tanto o CAE, como a estabilidade do joelho são fatores importantes para a força explosiva e a altura do salto (DAHLSTRÖM, 2017).

Os resultados do estudo de Myer et al. (2006), quando comparam os dados de FRS do membro dominante, entre grupos que treinaram apenas equilíbrio ou apenas pliometria mostrou que o grupo equilíbrio reduziu significativamente as forças de aterrissagem do membro dominante, enquanto o grupo pliometria (sem exercícios de equilíbrio) não o fez.

Esse resultado pode estar relacionado à inclusão de técnicas de dissipação de força do grupo equilíbrio no protocolo, que utilizou exercícios de flexão profunda do joelho em duplo apoio e único apoio que enfatizavam o controle do joelho, porém já foi demonstrado anteriormente que o treinamento pliométrico que incorpora exercícios de estabilização dinâmica pode reduzir as forças de aterrissagem por impacto (MYER et al., 2006b).

Uma vez que o nosso TP incorporou as características presentes no treinamento de equilíbrio do estudo citado, elas podem ter influenciado em nossos resultados positivos em relação à FRS do membro dominante no teste de *single leg drop landing*.

Portanto, a inclusão de exercícios, no protocolo de treinamento, que enfocam a dissipação de força e o equilíbrio dinâmico (aterrissagens e equilíbrio postural para diminuir a força de impacto) pode ser necessária para obter redução da força pós-treinamento durante a aterrissagem de um membro (MYER et al., 2006b).

No entanto, a literatura é insuficiente quando se trata de estudos que investigam os efeitos do treinamento no mini trampolim em comparação com EP no

solo (DAHLSTRÖM, 2017). Assim, o presente estudo contribuirá com novos conhecimentos sobre o papel do TP no solo e seu efeito na altura do salto, FRS e equilíbrio em contraste com o TP no mini trampolim.

No que diz respeito aos resultados de equilíbrio, ao contrário de estudos que trazem que a pliometria, muitas vezes incluída na rotina de treinamento de atletas, pode prejudicar a musculatura, causando efeitos deletérios no equilíbrio, devido à alta carga excêntrica (TOFAS et al., 2008; ROMERO-FRANCO; JIMÉNEZ-REYES, 2015), nosso estudo trouxe resultados que se contrapõem à esses efeitos. Nossos achados, corroboram com o estudo de Karadenizli (2016), que apresenta melhora do equilíbrio em atletas de Handball, após 10 semanas de TP.

Este mesmo estudo traz a relevância de que, exercícios de equilíbrio também devem ser implantados em programas de treinamento esportivo por ser principalmente conhecido como um cofator que contribui para reduzir o risco de lesões.

Jogadores de basquete devem abordar questões de contato físico e outras situações desafiando seu equilíbrio, como movimentos de torção (particularmente do pé pivô) durante saltos, rebotes ofensivos e defensivos, acelerações e desacelerações com mudanças de direção, infiltrações no perímetro defensivo e até driblando (BOUTERAA et al., 2018). Todas essas ações são realizadas em um espaço limitado e exigem movimentos muito rápidos, alta capacidade de coordenação e força adequada. Os achados do estudo anteriormente citado, mostraram uma melhora significativa no equilíbrio estático após 8 semanas do treinamento combinado (equilíbrio e TP). Behm et al. (2015) mostraram um efeito significativo no desempenho de equilíbrio em jogadores de futebol de elite depois de oito semanas de treinamento pliométrico em superfícies estáveis e instáveis. Da mesma forma, Negra et al. (2016) observaram melhorias no equilíbrio dinâmico de jogadores de futebol adolescentes, do sexo masculino, após treinamento pliométrico realizado em superfícies estáveis e instáveis. Por fim, Behm et al. (2015) e Johnson, Salzberg e Stevenson (2011) sugerem que o treinamento pliométrico pode ser seguro e efetivo para os jovens.

De acordo com o conceito de especificidade de treinamento (BEHM et al., 2015), seria de se esperar que um programa que incluísse atividades de equilíbrio aumentaria o desempenho de equilíbrio relativo a um programa sem tais exercícios (BOUTERAA et al., 2018).

Os resultados de equilíbrio podem estar relacionados a uma adaptação ao treinamento, uma vez que os atletas no presente estudo realizaram uma tarefa que exigiu uma aterrissagem dinâmica com controle imediato das forças de reação do solo para manter o equilíbrio e controle do COP (MYER et al., 2006a).

A capacidade de manter o equilíbrio é uma característica individual que depende da estrutura corporal e do treinamento. Como os jogadores de basquete são em sua maioria, caracterizados como altos e magros, pode-se presumir que essa habilidade pode não ser favorável a esse respeito (STRUZIK; ZAWADZKI; PIETRASZEWSKI, 2015), portanto uma melhora nos resultados de equilíbrio, apresentado em nosso estudo, parece ter certa relevância.

Em relação aos resultados de altura do salto, que não apresentaram significância, ao avaliar a eficácia de um programa de TP, certos elementos metodológicos e fisiológicos devem ser considerados: constatou-se que um volume de treinamento de mais de 10 semanas, com um total de mais de 20 sessões, maximizará a probabilidade dos participantes de melhorar o desempenho da altura do salto (ELIAKIM, 2014); Lehnert et al. (2013) apresentaram que é possível também que a duração do treinamento de 6 semanas tenha sido curta demais para melhorar as funções musculares devido ao alto nível e quantidade de treinamento deste grupo de atletas. Em comparação, nosso estudo durou apenas seis semanas com um total de 18 sessões pliométricas, portanto, a carga total de treinamento PT pode ter sido insuficiente para melhores resultados (ELIAKIM, 2014).

Estudo de Bouteraa et al. (2018) também não apresentou melhorias significativas nas medidas de altura do salto contramovimento após 10 semanas de TP combinado ao treinamento de equilíbrio. Estes resultados estão de acordo com Zemková e Hamar (2010), que não encontraram melhora significativa no salto de contramovimento após 6 semanas de treinamento combinado de agilidade e equilíbrio em jogadores de basquetebol masculino. Em contraste, Román, Macias e Pinillos (2018) observaram melhora significativa na capacidade de saltar após 10 semanas de treinamento de composto por exercícios pliométricos e isométrico em jogadores de basquetebol pré-adolescentes.

Ross e Hudson (1997) realizaram um programa de mini-trampolim de 5 semanas em oito jogadoras de basquete intercolégiais, com todas completando pelo menos 500 saltos durante esse período. Os resultados também mostraram um aumento médio de 3,3 centímetros na altura do salto. Porém, Ross e Hudson (1997)

sugerem que, para certos níveis de experiência, um programa de treinamento de salto, por si só, não é suficientemente significativo para estimular a adaptação. Também é importante notar que o tamanho da amostra para este estudo é pequeno e não pode ser assumido que este é o caso de todos os jogadores de basquete ou de outros esportes que envolvem saltos. Ainda em relação à resultados positivos no desempenho da altura do salto, em estudo de Atilgan (2013), obteve-se resultados de melhoras na altura do salto, porém é interessante notar que não foram encontradas diferenças significativas na força dos membros inferiores

Estudo de Lehnert et al. (2013) confirmou que, para atletas bem treinados, a combinação de treinamento de resistência e TP é mais efetiva para melhora no desempenho da altura do salto. Portanto, pode-se supor que uma combinação desses métodos em um treinamento poderia trazer resultados positivos, tratando-se de dados relacionados à altura do salto.

Por fim, pode-se considerar que a fase do campeonato em que os atletas deste estudo estavam disputando no período de 6 semanas de treinamento, por ser uma fase de *play-offs*, aumentou-se a frequência de jogos, o que pode ter interferido nos resultados de altura do salto.

## **8. CONCLUSÃO**

O presente estudo conclui que, uma sessão de TP de aproximadamente 10 minutos pode gerar déficit nas variáveis de equilíbrio do teste de olhos abertos imediatamente após a sessão de TP, por outro lado, não afetou a altura do salto, FRS e pico de torque em atletas de basquete. Foi observado que após 15 e 30 minutos do TP, os valores dos resultados do equilíbrio de olhos abertos tendem a retornar próximos aos valores iniciais (pré-teste).

Entretanto, quando observamos os resultados das variáveis do equilíbrio no teste de olhos fechados, pode-se perceber que há uma melhora no desempenho do equilíbrio principalmente nos momentos imediatamente pós treino e após 30 minutos.

Quando analisamos os mesmos treinamentos, porém, após seis semanas, verificou-se que o grupo TPS apresentou resultados de FRS pico significativamente melhores após seis semanas de TP no solo. O mesmo grupo, também apresentou melhor desempenho, em relação ao teste de equilíbrio de OF, uma vez que seus dados de velocidade do COP apresentaram valores menores após seis semanas de treinamento.

## 7. REFERÊNCIAS

AAGAARD, P.; SIMONSEN, E. B.; ANDERSEN, J. L. et al. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 93, n.4, p. 1318–1326, 2002.

ANDERSON, F. C. & PANDY, M. G. Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. **Journal of biomechanics**, v. 26, n. 12, p. 1413-1427, 1993.

ARABATZI, F. et al. Effects of Two Plyometric Protocols at Different Surfaces on Mechanical Properties of Achilles Tendon in Children. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 9, n. 1, 2018.

ARAGÃO, F. A. et al. Mini-trampoline exercise related to mechanisms of dynamic stability improves the ability to regain balance in elderly. **Journal of electromyography and kinesiology**, v. 21, n. 3, p. 512-518, 2011.

ATILGAN, O. E. EFFECTS OF TRAMPOLINE TRAINING ON JUMP, LEG STRENGTH, STATIC AND DYNAMIC BALANCE OF BOYS. **Science of Gymnastics Journal**, v. 5, n. 2, p. 15–25, 2013.

BALL, N. B.; SCURR, J. C. Bilateral Neuromuscular and Force Differences During a Plyometric Task. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 5, p. 1433–1441, ago. 2009. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-200908000-00010>>.

BALL, N. B.; STOCK, C. G.; SCURR, J. C. Bilateral Contact Ground Reaction Forces and Contact Times During Plyometric Drop Jumping. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2762–2769, out. 2010. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201010000-00025>>.

BATISTA, A. B. M.; COUTINHO, P. A. J.; BARROSO, R.; TRICOLI, V. Potencialização: a influência da contração muscular prévia no desempenho da força rápida Potentiation: **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 11, n. 2, p. 7–12, 2003.

BEHM, David G. et al. Canadian Society for Exercise Physiology position paper: resistance training in children and adolescents. **Applied physiology, nutrition, and metabolism**, v. 33, n. 3, p. 547-561, 2008.

BEHM, D. G.; MUEHLBAUER, T.; KIBELE, A.; GRANACHER, U. Effects of Strength Training Using Unstable Surfaces on Strength, Power and Balance

Performance Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 45, n. 12, p. 1645–1669, 10 dez. 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s40279-015-0384-x>>.

BENIS, R.; BONATO, M.; TORRE, A. L. Elite Female Basketball Players' Body-Weight Neuromuscular Training and Performance on the Y-Balance Test. **Journal of athletic training**, v. 51, n. 9, p. 688-695, 2016.

BERTON, R. et al. Effects of weightlifting exercise, traditional resistance and plyometric training on countermovement jump performance: a meta-analysis. **Journal of sports sciences**, v. 36, n. 18, p. 2038-2044, 2018.

BLACK, B. A. Effect of jumping on growing bones: forces during different landings. 2005.

BOBBERT, M. F. Drop jumping as a training method for jumping ability. **Sports medicine**, v. 9, n. 1, p. 7-22, 1990.

BOBBERT, M. F. et al. Why is countermovement jump height greater than squat jump height?. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 28, p. 1402-1412, 1996.

BOOTH, M. A.; ORR, R. Effects of Plyometric Training on Sports Performance. **Strength and Conditioning Journal**, v. 38, n. 1, p. 30–37, fev. 2016. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00126548-201602000-00005>>.

BOUTERAA, I.; NEGRA, Y.; SHEPHARD, R. J.; CHELLY, M. S. Effects of combined balance and plyometric training on athletic performance in female basketball players. **Journal of strength and conditioning research**, 27 fev. 2018. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29489714>>.

BROCKETT, C.; WARREN, N.; GREGORY, J. .; MORGAN, D. .; PROSKE, U. A comparison of the effects of concentric versus eccentric exercise on force and position sense at the human elbow joint. **Brain Research**, v. 771, n. 2, p. 251–258, out. 1997. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006899397008081>>.

BRZYCKI, M. Plyometrics: A giant step backwards. **Athletics Journal**, v. 72, n. 86, p. 22-23, 1986.

CARVALHO, P.; PUGA, N. A avaliação isocinética-jelho. **Revista de Medicina Desportiva in forma**, v. 1, n. 4, p. 26-28, 2010.

CHIMERA, Nicole J. et al. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. **Journal of athletic training**, v. 39, n. 1, p. 24, 2004.

CORMIE, P.; MCBRIDE, J. M.; MCCAULLEY, G. O. Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis of the countermovement jump: impact of training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 177-186, 2009.

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Changes in the eccentric phase contribute to improved stretch-shorten cycle performance after training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 9, p. 1731-1744, 2010.

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Developing maximal neuromuscular power. **Sports medicine**, v. 41, n. 1, p. 17-38, 2011.

CROWTHER, R. G. et al. Kinematic responses to plyometric exercises conducted on compliant and noncompliant surfaces. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 460-465, 2007.

DAHLSTRÖM, F. **Jump ability and knee stability in adolescents with different elasticity training**. 2017. Halmstad University School of Business, Halmstad, 2017.

DAUTY, M. et al. Identification of mechanical consequences of jumper's knee by isokinetic concentric torque measurement in elite basketball players. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 15, n. 1, p. 37-41, 2007.

DAVIES, G. J. & DICKOFF-HOFFMAN, S. Neuromuscular testing and rehabilitation of the shoulder complex. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 18, n. 2, p. 449-458, 1993.

DAVIES, G.; RIEMANN, B. L.; MANSKE, R. Current concepts of plyometric exercise. **International journal of sports physical therapy**, v. 10, n. 6, p. 760, 2015.

DERVIŠEVIĆ, E.; HADŽIĆ, V. Quadriceps and hamstrings strength in team sports: Basketball, football and volleyball. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 20, n. 4, p. 293-300, 2012.

DESCHENES, M. R., et al. "Neural factors account for strength decrements observed after short-term muscle unloading." **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology** v. 282, n. 2, p. R578-R583, 2002.

DEVITA, P.; SKELLY, W. A. Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. **Med Sci Sports Exerc**, v. 24, n. 1, p. 108-115, 1992.

DRINKWATER, E. J.; LANE, T.; CANNON, J. Effect of an Acute Bout of Plyometric Exercise on Neuromuscular Fatigue and Recovery in Recreational Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 4, p. 1181–1186, jul. 2009. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-200907000-00019>>.

DUFEK, J. S. & BATES, B. T. Biomechanical factors associated with injury during landing in jump sports. **Sports medicine**, v. 12, n. 5, p. 326-337, 1991.

ELIAKIM, A. Improving Anaerobic Fitness in Young Basketball Players: Plyometric vs. Specific Sprint Training. **Journal of Athletic Enhancement**, v. 03, n. 03, 2014. Disponível em: <[http://www.scitechnol.com/improving-anaerobic-fitness-in-young-basketball-players-plyometric-vs-specific-sprint-training-4y01.php?article\\_id=1982](http://www.scitechnol.com/improving-anaerobic-fitness-in-young-basketball-players-plyometric-vs-specific-sprint-training-4y01.php?article_id=1982)>.

FAIGENBAUM, A. D. et al. Effects of a short-term plyometric and resistance training program on fitness performance in boys age 12 to 15 years. **Journal of sports science & medicine**, v. 6, n. 4, p. 519, 2007.

FERNANDEZ-FERNANDEZ, J. et al. The effects of 8-week plyometric training on physical performance in young tennis players. **Pediatric Exercise Science**, v. 28, n. 1, p. 77-86, 2016.

FERRIS, D. P.; FARLEY, C. T. Interaction of leg stiffness and surface stiffness during human hopping. **Journal of Applied Physiology**, v. 82, n. 1, p. 15–22, jan. 1997. Disponível em: <<http://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.1997.82.1.15>>.

FIELD, R. W. Off-season plyometric conditioning for the collegiate soccer player. **Strength & Conditioning Journal**, v. 13, n. 1, p. 27-28, 1991.

FLECK, S. J. Detraining: Its effects on endurance and strength. **Strength & Conditioning Journal**, v. 16, n. 1, p. 22-28, 1994.

FUJII, M.; SATO, H.; TAKAHIRA, N. Muscle activity response to external moment during single-leg drop landing in young basketball players: The importance of biceps femoris in reducing internal rotation of knee during landing. **Journal of Sports Science and Medicine**.v. 11, p. 255-59, 2012.

FUKUDA, H. Biomechanical analysis of landing on surfaces with different stiffnesses. **Biomechanics XI-B**, p. 679-684, 1988.

FULTON, Kevin T. Basketball: Off-season strength training for basketball. **Strength & Conditioning Journal**, v. 14, n. 1, p. 31-35, 1992.

GATHERCOLE, R.; SPORER, B.; STELLINGWERFF, T. Countermovement jump performance with increased training loads in elite female rugby athletes. **International journal of sports medicine**, v. 36, n. 09, p. 722-728, 2015.

GERBERICH, S. G. et al. Analysis of severe injuries associated with volleyball activities. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 15, n. 8, p. 75-79, 1987.

GODINHO, P. et al. Déficit proprioceptivo em pacientes com ruptura total do ligamento cruzado anterior. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 49, n. 6, p. 613-18, 2014.

GRAY, J. et al. A survey of injuries to the anterior cruciate ligament of the knee in female basketball players. **International journal of sports medicine**, v. 6, n. 06, p. 314-316, 1985.

HATZE, H. Validity and reliability of methods for testing vertical jumping performance. **Journal of applied biomechanics**, v. 14, n. 2, p. 127-140, 1998.

HEISER, T. M. et al. Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 12, n. 5, p. 368-370, 1984.

HEITKAMP, H. C. et al. Gain in strength and muscular balance after balance training. **International Journal of Sports Medicine**, v. 22, n. 04, p. 285-290, 2001.

HEMENS, H. J. et al. European recommendations for surface electromyography. **Roessingh Research and Development**, v. 8, n. 2, p. 13-54, 1999.

HEWETT, T. E. et al. Plyometric training in female athletes: decreased impact forces and increased hamstring torques. **The American journal of sports medicine**, v. 24, n. 6, p. 765-773, 1996.

HEWETT, T. E. Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. **Sports medicine**, v. 29, n. 5, p. 313-327, 2000.

HOFFMAN, Jay. **Physiological aspects of sport training and performance**. Human Kinetics, 2014.

HOFFMAN, M., SCHRADER, J., APPLGATE, T. et al. Unilateral postural control of the functionally dominant and non dominant extremities of healthy subjects. **Journal of athletic training**, v. 33, n. 4, p. 319-22, 1998.

HUDSON, J. L. "Coordination of segments in the vertical jump." **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 1986.

HUMPHRIES, B. J.; NEWTON, R. U.; WILSON, G. J. The effect of a braking device in reducing the ground impact forces inherent in plyometric training. **International journal of sports medicine**, v. 16, n. 02, p. 129-133, 1995.

IMPELLIZZERI, F. M. et al. Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. **British journal of sports medicine**, v. 42, n. 1, p. 42-46, 2008.

IRMISCHER, B. S. et al. Effects of a knee ligament injury prevention exercise program on impact forces in women. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 18, n. 4, p. 703-707, 2004.

JEFFREYS, M.; DE STE CROIX, M.; LLOYD, R. S.; OLIVER, J. L.; HUGHES, J. The effect of varying plyometric volume on stretch-shortening cycle capability in collegiate male rugby players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, p. 1, mar. 2017. Disponível em: <<http://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-900000000-96052>>.

JENSEN, R. L.; EBBEN, W. P. Quantifying plyometric intensity via rate of force development, knee joint, and ground reaction forces. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 21, n. 3, p. 763-767, 2007.

JENSEN, P., et al. Physiological responses and performance in a simulated trampoline gymnastics competition in elite male gymnasts. **Journal of sports sciences**, v. 31, n. 16, p. 1761-1769, 2013.

JOHNSON, B. A.; SALZBERG, C. L.; STEVENSON, D. A. A Systematic Review: Plyometric Training Programs for Young Children. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 9, p. 2623–2633, set. 2011. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201109000-00035>>.

KARADENIZLI, Z. I. The Effects of Plyometric Training on Balance, Anaerobic Power and Physical Fitness Parameters in Handball. **The Anthropologist**, v. 24, n. 3, p. 751–761, 17 jun. 2016. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09720073.2016.11892072>>.

KARAKOLLUKÇU, M. et al. Effects of mini trampoline exercise on male gymnasts' physiological parameters: a pilot study. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 55, n. 7-8, p. 730-734, 2015.

KHLIFA, R. et al. Effects of a plyometric training program with and without added load on jumping ability in basketball players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 11, p. 2955-2961, 2010.

KLEIN, K. K.; ALLMAN, F. L. The knee in sports. Austin. 1969.

KNUDSON, D. **Fundamentals of biomechanics**. Springer Science & Business Media, 2007.

KOBAL, R. et al. Effects of different combinations of strength, power, and plyometric training on the physical performance of elite young soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 6, p. 1468-1476, 2017.

KOMI, P. V.; HÄKKINEN, K. Strength and power. **The Olympic book of sports medicine**, v. 1, 1988.

LAFFAYE, G.; WAGNER, P. P.; TOMBLESON, T. I. L. Countermovement jump height: Gender and sport-specific differences in the force-time variables. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 4, p. 1096-1105, 2014.

LATORRE ROMÁN, P. Á.; VILLAR MACIAS, F. J.; GARCÍA PINILLOS, F. Effects of a contrast training programme on jumping, sprinting and agility performance of prepubertal basketball players. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 7, p. 802–808, 3 abr. 2018. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2017.1340662>>.

LEHNERT, M.; HULKA, K.; MALY, T.; FOHLER, J.; ZAHALKA, F. The effects of a 6 week plyometric training programme on explosive strength and agility in professional basketball players. **Acta Gymnica**, v. 43, n. 4, p. 7–15, 1 set. 2013. Disponível em: <<http://gymnica.upol.cz/doi/10.5507/ag.2013.019.html>>.

LUEBBERS, P. E. et al. Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. **The Journal of strength & conditioning research**, v. 17, n. 4, p. 704-709, 2003.

LYTTLE, A. D.; WILSON, G. J.; OSTROWSKI, K. J. Enhancing performance: Maximal power versus combined weights and plyometrics training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 10, n. 3, p. 173-179, 1996.

MACEDO, C. S. G. et al. Cold-water immersion alters muscle recruitment and balance of basketball players during vertical jump landing. **Journal of sports sciences**, v. 34, n. 4, p. 348-357, 2016.

MAKARUK, H. et al. The effects of single versus repeated plyometrics on landing biomechanics and jumping performance in men. **Biology of sport**, v. 31, n. 1, p. 9, 2014.

MALISOUX, L. et al. Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 3, p. 771-779, 2006.

MARKOVIC, G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. **British journal of sports medicine**, v. 41, n. 6, p. 349-355, 2007.

MARKOVIC, G.; MIKULIC, P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. **Sports medicine**, v. 40, n. 10, p. 859-895, 2010.

MARSIT, Joseph L.; KRAEMER, William J. PROGRAM DESIGN: Beginning Off-season Workout for High School Volleyball. **Strength & Conditioning Journal**, v.14, n.3, p.62-67, 1992.

MATAVULJ, D. et al. Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. **Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 41, n. 2, p. 159-164, 2001.

MCBRIDE, J. M. et al. Effect of absolute and relative loading on muscle activity during stable and unstable squatting. **International journal of sports physiology and performance**, v. 5, n. 2, p. 177-183, 2010.

MCCLINTON, LaKeysha S., et al. The effect of short-term VertiMax vs. depth jump training on vertical jump performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 22, n.2, p.321-325, 2008.

MCNITT-GRAY, Jill L.; YOKOI, Takashi; MILLWARD, Carl. Landing strategies used by gymnasts on different surfaces. **Journal of applied biomechanics**, v.10, n.3, p.237-252, 1994.

MIKLITSCH, C. et al. Effects of a predefined mini-trampoline training programme on balance, mobility and activities of daily living after stroke: a randomized controlled pilot study. **Clinical Rehabilitation**, v. 27, n. 10, p. 939-947, 2013.

MILLER, M. G. et al. Comparisons of land-based and aquatic-based plyometric programs during an 8-week training period. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 11, n. 4, p. 268-283, 2002.

MIZRAHI, J.; SUSAK, Z. Analysis of parameters affecting impact force attenuation during landing in human vertical free fall. **Engineering in Medicine**, v. 11, n. 3, p. 141-147, 1982.

MYER, G. D. et al. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 20, n. 2, p. 345-353, 2006.

MYER, G. D.; FORD, K. R.; MCLEAN, S. G.; HEWETT, T. E. The Effects of Plyometric versus Dynamic Stabilization and Balance Training on Lower Extremity Biomechanics. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 34, n. 3, p. 445–455, 30 mar. 2006b. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546505281241>>.

NAGAI, T. et al. Knee proprioception and strength and landing kinematics during a single-leg stop-jump task. **Journal of athletic training**, v. 48, n. 1, p. 31-38, 2013.

NEGRA, Y.; CHAABENE, H.; HAMMAMI, M.; HACHANA, Y.; GRANACHER, U. Effects of High-Velocity Resistance Training on Athletic Performance in Prepuberal Male Soccer Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 12, p. 3290–3297, dez. 2016. Disponível em: <<http://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201612000-00003>>.

NIGG, B. M.; YEADON, M. R.; HERZOG, W. The influence of construction strategies of sprung surfaces on deformation during vertical jumps. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 20, n. 4, p. 396-402, 1988.

NUZZO, J. L. et al. Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 22, n. 3, p. 699-707, 2008.

PELZER, T. et al. A biomechanical comparison of countermovement performance after short-term traditional and daily-undulated loaded vertical jump training. **Journal of sports sciences**, v. 36, n. 16, p. 1816-1826, 2018.

RAMIREZ-CAMPILLO, R. et al. Optimal Reactive Strength Index: Is It an Accurate Variable to Optimize Plyometric Training Effects on Measures of Physical Fitness in Young Soccer Players?. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 4, p. 885-893, 2018.

RAMÍREZ-CAMPILLO, R., ANDRADE, D. C. & IZQUIERDO, M. Effects of plyometric training volume and training surface on explosive strength. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 10, p. 2714-2722, 2013.

ROBBINS, D. W. Postactivation Potentiation and Its Practical Applicability: A Brief Review. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 2, p. 453, 2005. Disponível em: <<http://nsca.allenpress.com/nscaonline/?request=get-abstract&doi=10.1519%2FR-14653.1>>.

ROMERO-FRANCO, N.; GALLEGO-IZQUIERDO, T.; MARTÍNEZ-LÓPEZ, E. J.; HITTA-CONTRERAS, F.; CATALINA, O.-P. M.; MARTÍNEZ-AMAT, A. Postural Stability and Subsequent Sports Injuries during Indoor Season of Athletes. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 26, n. 5, p. 683–687, 2014. Disponível em: <<http://jlc.jst.go.jp/DN/JST.JSTAGE/jpts/26.683?lang=en&from=CrossRef&type=abstract>>.

ROMERO-FRANCO, N.; JIMÉNEZ-REYES, P. Unipedal Postural Balance and Countermovement Jumps After a Warm-up and Plyometric Training Session. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 11, p. 3216–3222, nov. 2015. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201511000-00028>>.

ROSS, A. L. & HUDSON, J. L. Efficacy of a mini-trampoline program for improving the vertical jump. **Biomechanics in Sports XV**, p. 63-69, 1997.

SAETERBAKKEN, A. H.; FIMLAND, M. S. Muscle force output and electromyographic activity in squats with various unstable surfaces. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 1, p. 130-136, 2013.

SÁEZ DE VILLARREAL, E.; REQUENA, B.; CRONIN, J. B. The Effects of Plyometric Training on Sprint Performance: A Meta-Analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 2, p. 575–584, fev. 2012. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201202000-00035>>.

ŞAHİN, G., DEMİR, E., & AYDIN, H. Does Mini-Trampoline Training More Effective than Running on Body Weight, Body Fat, VO<sub>2</sub> max and Vertical Jump in Young Men?. **International Journal of Sports Science**, v. 6, n. 1, p. 1-5, 2016.

SANTOS, E. J. A. M.; JANEIRA, M. A. A. S. The effects of plyometric training followed by detraining and reduced training periods on explosive strength in adolescent male basketball players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 2, p. 441-452, 2011.

SAXTON, J. M.; CLARKSON, P. M.; JAMES, R.; MILES, M.; WESTERFER, M.; CLARK, S.; DONNELLY, A. E. Neuromuscular dysfunction following eccentric exercise. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 27, n. 8, p. 1185–93, ago. 1995. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7476064>>.

SAYERS, S. P.; HARACKIEWICZ, D. V.; HARMAN, E. A.; FRYKMAN, P. N.; ROSENSTEIN, M. T. Cross-validation of three jump power equations. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 31, n. 4, p. 572–7, abr. 1999. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10211854>>.

SILVA, M. A. C. Determinação da Incidência de Lesões e Características Isocinéticas de Jogadores Profissionais de Futebol Pré e Pós Temporada. 2014.

SILVA, P. C. R.; DE OLIVEIRA, V. H.; NETO, E. C. A.; AZEVEDO, K. P. M.; REBOUÇAS, G. M.; KNACKFUSS, M. I. Impacto do agachamento em superfície estável e instável sobre o equilíbrio estático e dinâmico de idosos. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 10, n. 4, p. 176–180, dez. 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S188875461630003X>>.

SIMENZ, C. J.; DUGAN, C. A.; EBBEN, W. P. Strength and conditioning practices of National Basketball Association strength and conditioning coaches. **Journal of strength and conditioning research**, v.19, n.3, p.495, 2005.

SLIMANI, M.; CHAMARI, K.; MIARKA, B.; DEL VECCHIO, F. B.; CHÉOUR, F. Effects of Plyometric Training on Physical Fitness in Team Sport Athletes: A Systematic Review. **Journal of Human Kinetics**, v. 53, n. 1, p. 231–247, 1 dez. 2016. Disponível em: <<http://content.sciendo.com/view/journals/hukin/53/1/article-p231.xml>>.

STEMM, J. D. & JACOBSON, B. H. Comparison of land-and aquatic-based plyometric training on vertical jump performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 568-571, 2007.

STRUZIK, A.; ZAWADZKI, J.; PIETRASZEWSKI, B. Balance disorders caused by running and jumping occurring in young basketball players. **Acta of bioengineering and biomechanics**, v. 17, n. 2, p. 103–9, 2015. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26399364>>.

TAUBE, W.; LEUKEL, C.; LAUBER, B.; GOLLHOFER, A. The drop height determines neuromuscular adaptations and changes in jump performance in stretch-shortening cycle training. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**,

v. 22, n. 5, p. 671–683, out. 2012. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0838.2011.01293.x>>.

TEIXEIRA, C.S. et al. Equilíbrio corporal e exercícios físicos: uma investigação com mulheres idosas praticantes de diferentes modalidades. **Acta Fisiatr.** v.15, n.3, p.154-7, 2008.

THOMAS, K.; FRENCH, D.; HAYES, P. R. The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 332-335, 2009.

TOBIN, D. P.; DELAHUNT, E. The Acute Effect of a Plyometric Stimulus on Jump Performance in Professional Rugby Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 2, p. 367–372, fev. 2014. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201402000-00009>>.

TOFAS, T.; JAMURTAS, A. Z.; FATOUROS, I.; NIKOLAIDIS, M. G.; KOUTEDAKIS, Y.; SINOURIS, E. A.; PAPAGEORGAKOPOULOU, N.; THEOCHARIS, D. A. Plyometric Exercise Increases Serum Indices of Muscle Damage and Collagen Breakdown. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 490–496, mar. 2008. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-200803000-00023>>.

TWIST, C.; GLEESON, N.; ESTON, R. The effects of plyometric exercise on unilateral balance performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 26, n. 10, p. 1073–1080, 17 ago. 2008. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640410801930168>>.

VÁCZI, M., et al. Short-term high intensity plyometric training program improves strength, power and agility in male soccer players. **Journal of human kinetics**, v. 36, n. 1, p. 17-26, 2013.

VERKHOSHANSKI, Y. V. **Força: treinamento da potência muscular.** [s.l: s.n.]

VESCOVI, J. D.; CANAVAN, P. K.; HASSON, S. Effects of a plyometric program on vertical landing force and jumping performance in college women. **Physical Therapy in Sport**, v. 9, n. 4, p. 185-192, 2008.

WANG, H.-K.; CHEN, C.-H.; SHIANG, T.-Y.; JAN, M.-H.; LIN, K.-H. Risk-Factor Analysis of High School Basketball–Player Ankle Injuries: A Prospective Controlled Cohort Study Evaluating Postural Sway, Ankle Strength, and Flexibility.

**Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 87, n. 6, p. 821–825, jun. 2006. Disponível em:

<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003999306001729>>.

WILK, K. E. et al. Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 17, n. 5, p. 225-239, 1993.

WILSON, J. M. et al. Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 3, p. 854-859, 2013.

YAGGIE, J.; ARMSTRONG, W. J. Effects of Lower Extremity Fatigue on Indices of Balance. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 13, n. 4, p. 312–322, nov. 2004. Disponível em: <<http://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/jsr.13.4.312>>.

YEUNG, S. S.; SUEN, Annabella MY; YEUNG, Ella W. A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. **British journal of sports medicine**, 2009.

YEUNG, S. S.; YEUNG, E. W. Shift of peak torque angle after eccentric exercise. **International journal of sports medicine**.

ZEMKOVÁ, E.; HAMAR, D. The effect of 6-week combined agility-balance training on neuromuscular performance in basketball players. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 50, n. 3, p. 262–7, set. 2010. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20842085>>.

ZIV, G.; LIDOR, R. Vertical jump in female and male basketball players — A review of observational and experimental studies. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, n. 3, p. 332-339, 2010.