

Fabíola Bertú Medeiros

**IDENTIFICAÇÃO DE ASSIMETRIAS BILATERAIS DOS
MEMBROS INFERIORES POR MEIO DE SALTO VERTICAL
EM PLATAFORMA DE FORÇA**

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG
2013

Fabíola Bertú Medeiros

**IDENTIFICAÇÃO DE ASSIMETRIAS BILATERAIS DOS
MEMBROS INFERIORES POR MEIO DE SALTO VERTICAL
EM PLATAFORMA DE FORÇA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Hans Joachim Karl Menzel

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG
2013



Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte



Dissertação intitulada “**Efeitos da estimulação colinérgica central sobre a temperatura talâmica durante o exercício físico**”, de autoria da mestranda Fabíola Bertú Medeiros, defendida em 07 de junho de 2013, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais e submetida à banca examinadora composta pelos professores:

H. J. Menzel

Prof. Dr. Hans-Joachim Karl Menzel
Departamento de Esportes
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

André Gustavo Pereira de Andrade

Prof. Dr. André Gustavo Pereira de Andrade
Departamento de Educação Esportes
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Teoria Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Ricardo Machado Leite De Barros

Profa. Dra. Ricardo Machado Leite De Barros
Faculdade de Educação Física
Departamento de Educação Motora
Universidade Estadual de Campinas

Belo Horizonte, 07 de junho de 2013.

Dedico esse trabalho a meu pai Cláudio e a minha mãe Cristina. Vocês são meu porto seguro, meu exemplo e acima de tudo, me deram a vida e me deram a condição de hoje ser quem sou! Devo tudo o que eu tenho a vocês. Essa conquista é dedicada a vocês.

Muito obrigada! Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Nesse momento tenho que agradecer a muitas pessoas que estiveram do meu lado para que eu pudesse concluir esse trabalho.

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado essa oportunidade e por me fazer acreditar que a cada dia eu era capaz de atingir meus objetivos.

Agradeço meu pai e minha mãe, por não desistirem de mim e por estarem sempre ao meu lado nos momentos difíceis, nos momentos felizes, nos momentos das derrotas e principalmente nos momentos das conquistas! Essa principalmente vai para vocês.

Aos meus irmãos, por serem exemplos de vida e por também me fazerem acreditar que é sempre possível ser melhor.

A minha família, que está sempre comigo independente dos momentos em que estamos vivendo. Vocês também são minha força e meu porto seguro e de certa forma vocês são parte grande nessa conquista! Cada um tem uma parte diferente nesse trabalho, pelo apoio, pelo amor, pelo carinho, por tudo, vocês são demais.

Ao Prof. Hans, por ter me acolhido como orientanda, por ter acreditado no meu trabalho, pelos inúmeros ensinamentos, e acima de tudo, pelo modelo de profissional em sempre fazer as coisas certas, em sempre querer o melhor e sempre buscar esse melhor! Que venha agora o doutorado.

A Prof. Sílvia, por ter me acolhido desde os tempos de graduação, por ter sido literalmente minha “mãe” universitária, por tirar de mim meu melhor, por ter acreditado que eu era capaz, por me ensinar um exemplo de profissional, que não importa o que aconteça, o profissionalismo está acima das coisas. Você foi e sempre será mais do que uma professora em minha vida. Talvez sem você eu não teria chegado tão longe. Obrigada por tudo mesmo.

Ao Prof. André, que mesmo chegando “chegando mais tarde” foi importante pelos ensinamentos e pelo meu crescimento como aluna e como pessoa.

A todos os professores da EEEFTO, tanto da graduação tanto da pós – graduação, que me fizeram querer continuar estudando e me fizeram querer sempre mais do que aquilo que estava disponível. Vocês me fizeram uma profissional melhor, diferenciada e me fizeram sentir orgulho da profissão e do caminho que eu escolhi.

A todos os funcionários da EEEFTO, das faxineiras até o nosso Diretor, sem o bom funcionamento da escola essa conquista seria impossível. Vocês são a engrenagem de um sistema grande e complexo, sem vocês todo o sistema pararia de funcionar.

Aos companheiros do BIOLAB, principalmente o Edgardo, pelo apoio, pela companhia nas longas horas de estudo, pelos favores e por sempre acreditarmos que seríamos capazes de chegar aonde chegamos!

Aos integrantes do Manguito Rotador Futebol e Chopp, vocês me ensinaram que as diferenças podem ser superadas quando se está sob um manto sagrado preto e rosa. Me ensinaram o significado da palavras amizade e companheirismo. E como sempre, me ensinaram que nem sempre vencer é o mais importante. Vocês estarão para sempre no meu coração.

As amigas do D.A (e agregadas) e os amigos do vO₂, vocês são demais e amigos para a vida inteira. Nossas noites no balaio, nossas noites no Toninho, nossas festas e nossos encontros são para mim um momento de esquecer tudo e poder lembrar que não importa o caminho que seguimos em algum momento eles sempre se cruzam.

As amigas e companheiras da Contours, vocês estiveram sempre do meu lado, me apoiando, me aguentando e em muitas vezes até me aconselhando. Tenho certeza de que me aguentar esse tempo todo não foi nada fácil!

A Mari, você merece um agradecimento especial, porque foi principalmente você que me aguentou nesses dois anos de mestrado, foi você que aguentou meu estresse, foi você que sempre acreditou em mim, porque foi você que leu e releu meu trabalho milhões de vezes. Só eu sei o tanto que seu apoio foi importante.

As amigas (Dani, Déia, Lú, Tâmara, Tati e suas lindas filhas, Maria, Bruna, Nana), vocês também estiveram do meu lado nesse tempo, e não somente em assuntos acadêmicos. O apoio, o carinho, a atenção e principalmente por acreditarem em mim e em meu potencial. Vocês são amigas para a vida inteira! Amo vocês.

Agradeço aqueles que já não mais estão entre nós, sei que vocês ai de cima sempre estavam olhando por mim, sempre me mandando energia positiva e principalmente me dando o apoio que eu precisei. Vocês não estão aqui ao meu lado, mas estão dentro do meu coração! Essa conquista também vai para vocês!

Enfim, agradeço a todo mundo que cruzou meu caminho nesses dois anos em que estive lutando para alcançar essa conquista! E desculpe-me se esqueci de alguém, você não é menos importante que os outros.

Minha eterna gratidão a todos vocês!!

“Looking up there's only sky
Rest your head I'll take you high
And we won't fade into darkness
Nothing to fear but fear itself
We'll be okay just keep the faith
Hold my hand, just in case”

Avicii

RESUMO

A assimetria bilateral (AB) é definida como uma diferença lateral nos parâmetros cinéticos ou cinemáticos entre os membros inferiores ou superiores. Recentemente o uso de plataforma de força para obtenção da força de reação do solo (FRS) durante os saltos verticais tem sido sugerido para a identificação das AB nos membros inferiores por causa da maior similaridade dos saltos verticais com os movimentos esportivos do que o teste isocinético. A determinação das diferenças laterais pode ser identificada por medidas simultâneas, medindo separadamente as FRS dos membros inferiores, ou por medidas sequenciais de cada membro inferior usando somente uma plataforma de força. Assim, o principal objetivo do presente estudo foi comparar o método de medidas sequenciais com o método de medidas simultâneas, como objetivo secundário, verificou-se a confiabilidade do índice de simetria bilateral, obtido nos dois procedimentos, e a confiabilidade das variáveis dinâmicas obtidas em duas plataformas de força sincronizadas. 31 atletas, das modalidades vôlei e futebol, (idade: $19 \pm 0,6$ anos; massa corporal: $73,29 \pm 11,17$ Kg; altura: $176,08 \pm 0,06$ cm) realizaram seis saltos verticais com contramovimento em duas plataformas de força sincronizadas. Foram avaliadas as variáveis dinâmicas: impulso, força máxima e potência máxima. Para comparar os diferentes procedimentos na diagnose da AB foi aplicado o teste X^2 de McNemar para identificar a correspondência da informação diagnóstica. O coeficiente de correlação intraclasse (CCI 3,1) foi utilizado para determinar a confiabilidade dos ISB, nos diferentes procedimentos, e das variáveis dinâmicas, força máxima, impulso e potência máxima. Não foram encontradas diferenças significativas entre as informações diagnósticas nos diferentes procedimentos, simultâneo e sequencial. Os valores de CCI para as variáveis dinâmicas ficaram entre 0,85 e 0,90, e os valores do CCI para os ISB ficaram entre 0,61 e 0,96. Concluiu – se que duas plataformas de força sincronizadas produzem resultados confiáveis para as variáveis dinâmicas e para o ISB. E que não há evidências suficientes para se rejeitar a hipótese de que os dois procedimentos produzem resultados distintos.

Palavras-Chave: Assimetria bilateral. Plataforma de força. Salto vertical com contramovimento.

ABSTRACT

Bilateral asymmetry (BA) is defined as lateral differences of kinetic or kinematic variables between the upper or lower limbs. Recently the use of force platforms in order to determine the ground reaction force (GRF) during vertical jumps has been suggested for the identification of BA of the lower limb because of the higher similarity of vertical jumps with sports movements than isokinetic assessment. The determination of lateral differences can be achieved by simultaneous, separate measurement of the GRF of the two legs or by sequential measurement of each leg using only one force plate. Therefore, the main aim of the study was to compare simultaneous measurements and sequential measurement methods, and as a secondary aim, determine the reliability of bilateral symmetry index, in both methods, and the reliability of dynamic variables in two synchronized force plates. 31 athletes, volleyball and soccer players, (age: $19 \pm 0,6$ years; body mass: $73,29 \pm 11,17$ Kg; height: $176,08 \pm 0,06$ cm) performed six maximal countermovement jumps on two force platforms. The maximal force, maximal power and impulse were the dynamic variables analyzed. To compare the different procedures in the diagnosis of BA the X^2 of McNemar was used to identify the correspondence of the diagnostic information. The interclass correlation coefficient (ICC 3,1) was used to determine the reliability of the dynamics variables, maximal force, maximal power and impulse, and of the ISB, in both procedures. There were no significant differences between the diagnostic information in sequential and simultaneous analysis. The ICC values for the variables were between 0,85 and 0,90, and the ICC values for the ISB were between 0,61 and 0,96. It is concluded that the use of two force plates are a reliable for the dynamic variables and for the ISB. And there are no sufficient evidences to reject the hypothesis that the different procedures produce distinct results.

Keywords: Bilateral asymmetry. Force plate. Countermovement jump.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. Posicionamento do voluntário no teste isocinético.....	23
FIGURA 2. Salto horizontal e variações (Fonte: Adaptado de NOYES <i>et al.</i> , 1991).....	26
FIGURA 3. Salto vertical com contramovimento.....	31
FIGURA 4. Esquema dos procedimentos.....	43
FIGURA 5. Plataforma dupla de força modelo PLA3-1D-7KN/JBAZb, Staniak, Polônia.....	44
FIGURA 6. Posicionamento para execução dos saltos verticais em duas plataformas de força.....	45
FIGURA 7. Curvas força vs tempo obtidas por duas plataformas de força.....	46
FIGURA 8. Representação das variáveis dinâmicas.....	47
FIGURA 9. Esquema salto com contramovimento.....	48
FIGURA 10. Determinação da resultante e início do movimento.....	49
FIGURA 11. Salto com contramovimento.....	50
FIGURA 12. Esquema da análise simultânea utilizada para obtenção do ISB.....	51
FIGURA 13. Esquema das análises sequenciais utilizadas para obtenção do ISB.....	52
QUADRO 1. Quadro com valores de índice de simetria bilateral.....	37
QUADRO 2. Variáveis dinâmicas analisadas no estudo.....	46
QUADRO 3. Classificação dos indivíduos em assimétricos e normais nas variáveis estudadas pelos resultados obtidos no ISB.....	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Análise descritiva dos dados antropométricos da amostra.....	41
TABELA 2. Resultados descritivos para variáveis dinâmicas.....	54
TABELA 3. Resultados descritivos dos índices de simetria bilateral (ISB) das variáveis dinâmicas.....	55
TABELA 4. Resultados para o coeficiente de correlação intraclasse (CCI 3,1) das medidas em duas plataformas de força.....	55
TABELA 5. Resultados para o coeficiente de correlação intraclasse (CCI 3,1) dos índices de simetria bilateral (ISB) nas diferentes análises	56
TABELA 6. Teste X^2 de McNemar para concordância diagnóstica da análise simultânea e a análise sequencial aleatória.....	58
TABELA 7. Teste X^2 de McNemar para concordância diagnóstica da análise simultânea e a análise sequencial alternada.....	59
TABELA 8. Teste X^2 de McNemar para concordância diagnóstica da análise simultânea e a análise sequencial início perna direita.....	59
TABELA 9. Teste X^2 de McNemar para concordância diagnóstica da análise simultânea e a análise sequencial início perna esquerda.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS

AB – assimetria bilateral

mmii – membros inferiores

ISB – índice de simetria bilateral

ISO – dinamometria isocinética

SH – salto horizontal

PF – plataforma de força

CCI – coeficiente de correlação intraclassa

CAE – ciclo de alongamento e encurtamento

SV – salto vertical

FRS – força de reação do solo

SCM – salto com contramovimento

COEP – Comitê de ética em pesquisa

EEFFTO – escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

TCLE – termo de compromisso livre e esclarecido

CCI_d – coeficiente de correlação intraclassa perna direita

CCI_e – coeficiente de correlação intraclassa perna esquerda

CCI_r – coeficiente de correlação intraclassa resultante

CCI_{Fmáx} – coeficiente de correlação intraclassa força máxima

CCI_{Pmáx} – coeficiente de correlação intraclassa potência máxima

CCI_I – coeficiente de correlação intraclassa impulso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivos e hipóteses.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	Diferenças laterais funcionais.....	19
2.2	Testes para a identificação das diferenças laterais funcionais.....	22
2.2.1	Teste isocinético.....	22
2.2.2	Testes motores.....	25
2.2.2.1	Salto Horizontal.....	25
2.2.3	Testes biomecânicos.....	29
2.2.3.1	Testes de saltos verticais em plataforma de força.....	29
2.2.3.1.1	<u>Salto Vertical com Contra Movimento</u>	31
2.3	Índice de simetria bilateral.....	35
2.4	Síntese da análise de literatura.....	38
3	MÉTODOS.....	40
3.1	Cuidados éticos.....	40
3.2	Amostra.....	40
3.3	Procedimento.....	42
3.4	Instrumentação e métodos de medição.....	43
3.4.1	Avaliação cinética.....	43
3.4.2	Variáveis analisadas.....	46
3.4.2.1	<u>Salto vertical com contramovimento em plataforma dupla de força</u>	48
3.4.3	Análises sequenciais e simultâneas.....	50
3.5	Métodos estatísticos.....	52
4	RESULTADOS.....	54
5	DISCUSSÃO.....	61
5.1	Confiabilidade das medidas obtidas pelas duas plataformas de força.....	61
5.2	Diagnóstico das assimetrias bilaterais.....	62
5.2.1	Confiabilidade do índice de simetria bilateral nas diferentes análises.....	64
5.3	Concordância da informação diagnóstica da AB entre análises sequenciais e simultâneas.....	65
6	CONCLUSÃO.....	67
	REFERÊNCIAS.....	68
	APÊNDICE.....	74
	ANEXO.....	76

1 INTRODUÇÃO

A assimetria bilateral (AB) pode ser definida como a diferença em parâmetros cinéticos ou cinemáticos entre os membros inferiores (mmii) direito e esquerdo.

Uma assimetria bilateral na força muscular, por exemplo, pode afetar o desempenho esportivo, pois, ser igualmente eficiente em realizar giros para ambos os lados ou usar ambas as pernas para saltar são características fundamentais para a melhora do desempenho (JONES; BAMPOURAS, 2010). Além disso, a AB pode estar relacionada a uma maior probabilidade de lesões dos mmii (PREATONI *et al.*, 2005; ZIFCHOCK *et al.*, 2006). Uma das possibilidades de quantificar a AB é através do índice de simetria bilateral (ISB) (ZIFCHOCK *et al.*, 2008) o qual possibilita a identificação de atletas com risco de lesão ou se eles estão aptos ao retorno às suas atividades esportivas após a reabilitação de um lesão (ZIFCHOCK *et al.*, 2006; IMPELLIZZERI *et al.*, 2007; PREATONI *et al.*, 2005).

As demandas esportivas específicas de determinadas modalidades (JONES; BAMPOURAS, 2010; HOSHIKAWA *et al.*, 2009; EBBEN; FLANAGAN, 2009; NEWTON *et al.*, 2006), a intensidade do exercício praticado (SIMON; FERRIS, 2009), fatores musculoesqueléticos ou neuromusculares (YOSHIOKA *et al.*, 2010; COWLEY *et al.*, 2006), ou a qualidade da coordenação entre membros e/ou a fadiga (YOSHIOKA *et al.*, 2010; CHALLIS, 1998) são fatores que podem acarretar o aparecimento ou o aumento da AB. Outros fatores como as diferenças geométricas do desenvolvimento ósseo (BLUESTEIN; D'AMICO, 1985), a não recuperação de uma lesão (FERBER *et al.*, 2004), ou ações repetidas que utilizam os lados do corpo com diferentes demandas (LEROY *et al.*, 2000) também podem ser considerados determinantes para o aparecimento ou o aumento de uma AB. Se a AB ultrapassar um determinado limiar (10-15%, dependendo do método de análise), o risco de lesão pode ser significativamente aumentado (NOYES *et al.*, 1991; PETSCHNIG *et al.*, 1998).

A dinamometria isocinética (ISO) (ASKLING *et al.*, 2003; NEWTON *et al.*, 2006; IMPELLIZZERI *et al.*, 2007; HOSHIKAWA *et al.*, 2009; LEPHART *et al.*, 1992; MAUPAS *et al.*, 2002), os saltos horizontais (SH) (NOYES *et al.*, 1991; MAULDER *et al.*, 2005; STEPHENS II *et al.*, 2007; MORAN; WALLACE, 2007; SIMON; FERRIS, 2008) e o salto vertical em plataforma de força (PF) (CORDOVA *et al.*, 1996; PREATONI *et al.*, 2005; MENZEL *et al.*, 2006; IMPELLIZZERI *et al.*, 2007; PATERNO *et al.*, 2007; EBBEN;

FLANAGAN, 2009; CERONI *et al.*, 2012; MENZEL *et al.*, 2013) são testes comumente utilizados para a diagnose da AB. Um dos problemas encontrados na literatura é a determinação de qual método deveria ser utilizado para a diagnose da AB, já que, a utilização de diferentes métodos de medição pode resultar em diferentes informações sobre AB. No presente estudo a ênfase será dada ao protocolo de saltos verticais com contramovimento bipodais em duas plataformas de força sincronizadas (MENZEL *et al.*, 2006, 2012, 2013).

Menzel *et al.* (2013) afirmam que a AB identificada pelo protocolo de saltos verticais pode ser consequência das diferenças laterais na força dos mesmos grupos musculares nos membros direito e esquerdo, da diferença de força proveniente de grupos musculares distintos no mesmo membro inferior, ou ainda pode ser devido às diferenças na técnica do movimento. Assim, as diferenças encontradas no teste isocinético podem não ser identificadas pelo teste de salto, já que outros grupos musculares podem compensar essa diferença.

Usualmente, no salto vertical em plataforma de força a força máxima é a única variável utilizada para a identificação de AB (NEWTON *et al.*, 2006; IMPELLIZZERI *et al.*, 2007). Porém, como a propulsão e a mudança na velocidade durante o salto vertical são mecanicamente determinados pelo impulso, essa variável também deveria ser considerada para a análise de AB (MENZEL *et al.*, 2013).

Impellizzeri *et al.* (2007) analisaram a existência de uma assimetria bilateral de força, diferença relativa na força máxima entre os membros inferiores, no salto vertical com contramovimento de maneira bipodal em uma PF. Esse método possibilita apenas obtenção dos dados de maneira sequencial, sendo assim, a análise da AB, que ocorre simultaneamente no movimento bipodal, é feita somente pela análise sequencial dos dados. A fadiga, uma variação no desempenho dos saltos e a AB obtida em diferentes movimentos, podem ser considerados como problemas para a utilização do método sequencial na análise da AB.

Já Menzel *et al.* (2013) analisaram a existência de uma AB no salto vertical com contramovimento de maneira bipodal em duas plataformas de força sincronizadas nas variáveis: força máxima, impulso e potência máxima, possibilitando assim, a obtenção dos dados de maneira simultânea. Esse método possibilita uma análise simultânea da AB. A utilização de duas plataformas de força sincronizadas possibilita a análise da AB no mesmo movimento, e também são necessárias menos tentativas para tal análise.

No entanto, nenhum estudo verificou comparou o método proposto por Impellizzeri *et al.* (2007), medição sequencial das variáveis dinâmicas, por meio da medição simultânea (MENZEL *et al.*, 2013) das variáveis dinâmicas.

Não foi encontrado nenhum estudo que determinasse a confiabilidade relativa de variáveis dinâmicas obtidas em duas plataformas de força sincronizadas. Assim como também não foi encontrado nenhum estudo que verificasse a existência de uma variação dos resultados obtidos pela análise sequencial (IMPELLIZZERI *et al.*, 2007) do salto vertical com contramovimento em uma plataforma de força e a análise simultânea (MENZEL *et al.*, 2013) do salto vertical com contramovimento em duas plataformas de força sincronizadas.

Mediante os problemas apresentados o presente estudo tem objetivo contribuir para a validação do método com medições sequenciais e medições simultâneas e a determinação confiabilidade relativa das características dinâmicas e da AB no salto vertical em duas plataformas de força sincronizadas.

1.1 Objetivos e hipóteses

O objetivo principal do presente estudo foi comparar o método de análise sequencial de saltos proposto por Impellizzeri *et al.* (2007) com o método de análise simultânea de saltos proposto por Menzel *et al.* (2013) das variáveis dinâmicas em duas plataformas de força sincronizadas.

Para tal fim, verificou-se se existe uma concordância na informação diagnóstica das assimetrias bilaterais identificadas a partir das variáveis dinâmicas entre os procedimentos de análise sequencial e simultâneo.

Como objetivo secundário, verificou-se a confiabilidade das variáveis em duas plataformas de força e a confiabilidade do índice de simetria bilateral obtido nos dois procedimentos (sequencial e simultâneo).

Baseado nos objetivos acima relatados, as seguintes hipóteses foram formuladas:

H_1 – Existe uma concordância da informação diagnóstica, obtida a partir do ISB, para as variáveis, força máxima, potência máxima e impulso, entre os dois procedimentos (sequencial e simultâneo).

H_2 – As variáveis dinâmicas medidas por duas plataformas de força, e os ISB obtidos nos dois procedimentos serão confiáveis.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura refere-se aos seguintes assuntos que são relevantes para o entendimento e para o objetivo do presente estudo: primeiramente será abordada a temática das diferenças laterais funcionais, e em seguida serão descritos os métodos mais comumente usados para as diagnoses das DLF. Após, será descrito o índice de simetria lateral.

2.1 Assimetria bilateral

Mesmo com a expectativa de que o desempenho da extremidade inferior deveria ser considerado simétrico (SCHOT, 1994), o termo desequilíbrio muscular vem sendo frequentemente utilizado no desempenho esportivo (JONES; BAMPOURAS, 2010) para caracterizar diferenças em parâmetros analisados nos membros inferiores. Esse desequilíbrio muscular no presente estudo foi considerado como a assimetria bilateral.

Ações simétricas são necessárias para muitas atividades da vida diária tais como ficar de pé, sentar e levantar de uma cadeira, levantar uma caixa do chão e colocá-la em uma prateleira (SIMON; FERRIS, 2008). Porém, a maioria das pessoas tem um membro, inferior ou superior, preferido para realizar essas atividades (YOSHIOKA *et al.*, 2010), podendo dessa maneira criar uma AB na força muscular entre os membros inferiores e entre diferentes grupos musculares (FOUSEKIS *et al.*, 2010).

A causa do aparecimento de AB é multifatorial. Newton *et al.* (2006), Jones e Bampouras (2010) e Meylan *et al.* (2010) identificam como causas do aparecimento ou do aumento da AB: a preferência lateral, lesões anteriores e demandas esportivas específicas. Fousekis *et al.* (2010) apontam como fatores que causam o aparecimento de lesão: as demandas esportivas de padrões assimétricos, como o futebol, lesões nos membros inferiores e uma preferência lateral já pré-existente. McElveen *et al.* (2010) afirmam que as diferenças laterais podem ser causadas por lesões anteriores, demandas esportivas, diferenças geométricas, inervações nervosas e problemas na ativação muscular.

A AB caracteriza uma diferença no desempenho entre os membros inferiores direito e esquerdo (NEWTON *et al.*, 2006; IMPELLIZZERI *et al.*, 2007; JONES; BAMPOURAS, 2010), bem como entre os membros inferiores lesionados e não lesionados (PETSCHNIG *et al.*, 1998; NOYES *et al.*, 1991; PATERNO *et al.*, 2007; SCHILTZ *et al.*, 2009), assim como também entre o membro inferior dominante e não dominante (MAULDER; CRONIN, 2005; JONES; BAMPOURAS, 2010; MCELVEEN *et al.*, 2010; MEYLAN *et al.*, 2010; CERONI *et al.*, 2012).

Outra possibilidade de avaliar a AB é através da relação das musculaturas flexoras e extensoras das articulações do corpo. A diferença entre a musculatura flexora e extensora vem sendo usada para quantificar o déficit funcional consequente de uma lesão ou após uma cirurgia (IMPELLIZZERI *et al.*, 2007). Newton *et al.* (2006) afirmam que há uma maior tendência para maiores taxas de lesão associadas ao desequilíbrio flexor/extensor, porém, a diferença contralateral não é tão estudada e pode ter o mesmo risco quanto esse desequilíbrio.

A identificação da AB em indivíduos que passaram por um processo de lesão vem sendo utilizada principalmente no campo da reabilitação para verificar se o indivíduo atingiu valores de AB, valores inferiores a 15% para o ISB, que o possibilitem voltar às suas atividades esportivas (CORDOVA; ARMSTRONG, 1996; HAMILTON *et al.*, 2008; LANSHAMAR *et al.*, 2011; PATERNO *et al.*, 2007; RAHNAMA *et al.*, 2005; SCHILTZ *et al.*, 2009; YOSHIOKA *et al.*, 2010).

Croisier *et al.* (2002) verificaram se uma recuperação completa, avaliada pelo teste isocinético, e a relação flexão/extensão poderia significar uma redução nos riscos de lesão em atletas com histórico de lesão muscular. Os 26 atletas em fase de reabilitação realizaram o teste isocinético em ações concêntricas, com extensão do joelho a 60°/s e 240°/s e ações excêntricas, com flexão do joelho a 30°/s e 120°/s. Foi avaliada a existência de um AB nas variáveis: pico de torque, e na relação flexão(30°/s)/extensão(240°/s). Dos 26 indivíduos avaliados, em 18 foram consideradas AB para as variáveis analisadas, pico de torque, e a relação flexão/extensão. Esses indivíduos foram orientados a frequentar mais algumas sessões de reabilitação e após esse tratamento, 17 dos 18 indivíduos não apresentaram déficits de força, não apresentaram nenhuma lesão muscular posterior, além da redução do grau da dor e do desconforto e do retorno ao nível competitivo anterior à lesão.

Além de estar relacionada com uma maior probabilidade de risco de lesões nos membros inferiores (KOBAYASHI *et al.*, 2010; PREATONI *et al.*, 2005; ZIFCHOCK *et al.*, 2006), a DLF também pode afetar negativamente o desempenho (CERONI *et al.*, 2012). Kobayashi *et al.*

(2010) afirmam em seu estudo com saltadores de distância, que realizam uma corrida de média distância antecedendo o salto, que a DLF afeta negativamente o desempenho nessa corrida anterior ao salto. Stephens II *et al.* (2007) ainda apontam que se essa AB existe o desempenho pode ser prejudicado por ajustes táticos e técnicos e com o aumento da fadiga unilateral.

Em indivíduos saudáveis, a AB é identificada para que possam ser feitas adaptações ao treinamento (SCHILTZ *et al.*, 2009), já que valores superiores a 15% para o ISB estão relacionados a maiores riscos de lesão nos membros inferiores (MAUPAS *et al.*, 2002; IMPELLIZZERI *et al.*, 2007; STEPHENS II *et al.*, 2007; EBBEN; FLANAGAN, 2009; FOUSEKIS *et al.*, 2010; JONES; BAMPOURAS, 2010; MCELVEEN *et al.*, 2010; CERONI *et al.*, 2012).

Schiltz *et al.* (2009) compararam se jogadores profissionais de basquete desenvolvem AB entre o membro inferior dominante e o membro inferior não dominante em comparação com jogadores juniores e um grupo controle. Foram avaliados 10 jogadores profissionais, 15 jogadores juniores e 20 homens saudáveis (grupo controle). Todos os voluntários realizaram o teste isocinético em diferentes velocidades (concêntrica: 60°/s e 240°/s (flexores e extensores); excêntrica: 30°/s e 120°/s (somente os flexores), para a avaliação do pico de torque concêntrico e relação flexão (30°/s)/Extensão (240°/s), e realizaram também o salto vertical com contramovimento, em que foi avaliada a altura do salto e uma corrida de 10m, em que foi avaliado o tempo gasto para percorrer essa distância. Apenas os voluntários que relataram um histórico de lesão apresentaram valores do ISB superior a 10% no pico de torque e na relação flexão/extensão, e valores superiores a 15% para a altura do salto. Com esse resultado os autores concluíram que esses atletas estavam mais propensos a sofrerem novas lesões nos mmii.

Dessa maneira, pode-se verificar que a AB é a diferença relativa no desempenho dos membros inferiores, diferença essa que pode ser resultado de uma combinação multifatorial, como uma preferência lateral e demandas esportivas específicas. Essa AB pode estar relacionada a um maior risco de lesão e pode estar relacionada também a uma redução no desempenho esportivo. A importância da determinação da AB está relacionada à identificação de atletas com maiores riscos de lesão e para identificação da possibilidade da volta às atividades esportivas após o processo de reabilitação.

2.2 Testes para a identificação da assimetria bilateral

Os métodos mais comumente utilizados para a identificação de diferenças laterais funcionais são: o método isocinético, testes motores funcionais, e saltos verticais em plataforma de força.

2.2.1 Teste isocinético

O teste isocinético é comumente utilizado para a avaliação da função muscular dinâmica, sendo que sua aplicação é feita em testes monoarticulares para diversas articulações (IMPELLIZZERI, *et al.*, 2007). É um método de avaliação que apresenta medidas válidas e confiáveis para a identificação da AB. A dinamometria isocinética é referida como um teste em cadeia cinética aberta que quantifica o torque e o trabalho muscular de grupos musculares específicos, como por exemplo, os músculos flexores e extensores do joelho (PALMITIER, 1991; CROISSER, 2000; NEWTON *et al.*, 2006), em que a musculatura avaliada não está pré-ativada pela sustentação do peso corporal (LEPHART, 1992). Esses testes de cadeia cinética aberta podem ser usados para calcular a diferença de determinados parâmetros em músculos específicos (IMPELLIZZERI *et al.*, 2007).

Na avaliação isocinética de mmii, o indivíduo é posicionado no assento do dinamômetro com o dorso fixado neste através de fitas de velcro e o eixo da articulação do joelho é alinhado com o eixo do dinamômetro (FIGURA 1). O indivíduo pode realizar tanto a flexão quanto a extensão do joelho, por exemplo, e a amplitude do teste pode ser limitada em ambos os movimentos. O teste isocinético pode ser realizado através de ações musculares excêntricas e/ou concêntricas (FOUSEKIS *et al.*, 2010; MAUPAS, 2002; LEPHART, 1992; RAHNAMA *et al.*, 2005; IMPELLIZZERI, 2007; NEWTON *et al.*, 2006; SCHILTZ *et al.*, 2009; NUZZO *et al.*, 2008; MENZEL *et al.*, 2012b), com diferentes velocidades, com o objetivo de comparar as musculaturas agonistas/antagonistas e entre os membros contralaterais (GREENBERGER; PATERNO, 1995). As variáveis geralmente analisadas são o pico de torque, o trabalho máximo e a potência máxima.



FIGURA 1 – posicionamento do voluntário no teste isocinético

Fonte: <http://www.santosfc.com.br/noticias/conteudo.asp?id=21165#.UZTLyRWkqcs>

Impellizzeri *et al.* (2008) avaliaram a confiabilidade das variáveis pico de torque e trabalho obtidas no teste isocinético. Os resultados obtidos foram: pico de torque, CCI = 0,90, e trabalho, CCI = 0,98. Com esses resultados os autores concluíram que as variáveis obtidas no teste isocinético são confiáveis.

O teste isocinético é utilizado como a primeira ferramenta para avaliar a progressão pós - lesão principalmente quando se quer avaliar uma musculatura específica isoladamente (NEWTON *et al.*, 2006; IMPELLIZZERI *et al.*, 2007), e sua utilização também possibilita a comparação entre as ações concêntricas e excêntricas.

Lephart *et al.* (1992) utilizaram uma amostra de 41 indivíduos (32 homens e 9 mulheres) que sofreram uma lesão no período de 10 a 30 meses antes do estudo. O objetivo do estudo foi comparar os resultados do membro lesionado e o membro não lesionado, para isso foi realizado o teste isocinético em duas velocidades diferentes (60°/s e 270°/s) na variável pico de torque. Os resultados encontrados pelos autores apresentaram uma assimetria bilateral, superior a 10%, entre os membros lesionados e não lesionados. Os autores concluíram que os indivíduos não poderiam voltar a suas atividades esportivas já que seria necessária uma equivalência nos valores do pico de torque.

Maupas *et al.* (2002) utilizaram a avaliação isocinética para a diagnose de AB entre os mmii de 40 indivíduos saudáveis (21 homens e 19 mulheres). Foi realizada uma avaliação isocinética com flexão e extensão completa do joelho, em duas velocidades angulares (60°/s e 180°/s). Os resultados do estudo apontaram uma correlação significativa

entre o pico de torque, trabalho total e aceleração articular com o sexo e a velocidade do movimento, porém, não foram encontradas assimetrias bilaterais superiores a 10% mmii dos sujeitos.

Rahnama *et al.* (2005) utilizaram como amostra 41 jogadores de futebol amadores e profissionais. O teste isocinético foi realizado em diferente velocidade nas ações concêntricas (60°/s, 120°/s e 300°/s) e nas ações excêntricas (120°/s). Foram encontradas diferenças no membro dominante e não dominante nos flexores do joelho na velocidade de 120°/s e na relação dinâmica de controle, na velocidade de 120°/s ($\text{flexores}_{\text{excêntrico}}/\text{extensores}_{\text{concêntrico}}$), em ambos os casos os flexores eram mais fortes no membro inferior não dominante. Foi encontrado também que 68% da amostra obtiveram uma assimetria bilateral superior a 10% (ISB). Os autores concluíram que esses resultados podem ser relativos à dinâmica utilizada na prática do futebol.

Assim como Rahnama *et al.* (2005), Fousekis *et al.* (2010) utilizaram a avaliação isocinética para identificar uma possível AB em jogadores de futebol em nível profissional, com diferentes anos de treinamento profissional. Foi realizada uma avaliação com flexão e extensão do joelho com diferentes velocidades na contração concêntrica (60°/s, 180°/s e 300°/s) e excêntrica (60°/s e 180°/s). As variáveis avaliadas foram: pico médio de torque, relação flexão/extensão do joelho. Os autores perceberam que na avaliação concêntrica nas velocidades de 180°/s e 300°/s atletas com mais tempos de treino apresentaram menores valores de AB para o torque. Foi concluído assim que os atletas com mais tempo de treino tem a capacidade de utilizar os mmii de uma maneira mais balanceada, reduzindo assim os riscos de lesão.

Lanshammar e Ribom (2011) avaliaram em seu estudo se as assimetrias bilaterais entre flexores e extensores ou a relação flexores/extensores tem uma importância clínica. Para que o objetivo fosse atingido, 159 mulheres foram selecionadas para realizar o teste isocinético com uma velocidade angular constante de 90°/s. Os resultados mostraram uma assimetria favorecendo o lado não dominante nos músculos flexores e uma diferença favorecendo o lado dominante nos músculos extensores. Porém, os autores não concluíram como essa informação pode ser utilizada para a determinação do retorno às atividades esportivas normais após o processo de reabilitação.

Apesar de o método isocinético ser o mais comum para a análise da AB, o isocinético é um instrumento de custo elevado (IMPELLIZZERI *et al.*, 2007) e por ser uma

ação muscular de cadeia cinética aberta, não assemelha-se aos movimentos esportivos, que são movimentos considerados de cadeia cinética fechada (NEWTON *et al.*, 2006).

Os movimentos esportivos são caracterizados por ações musculares rápidas e que envolvem o ciclo de alongamento e encurtamento (CAE) (ABERNETHY, 1995), os quais não conseguem ser reproduzidos pelo teste isocinético em que o movimento é realizado com a velocidade angular constante.

Além disso, outra limitação do teste isocinético é que ele é inapropriado para acessar o papel compensatório da musculatura devido à incapacidade de reproduzir a translação tíbio-femoral quando o atleta está num sistema de cadeia cinética fechada ou em um estado de sustentação do peso (LEPHART *et al.*, 1992).

Dessa maneira, apesar da ampla utilização do teste isocinético como ferramenta para a diagnose da DLF, em alguns casos ele demonstrou não ser capaz de detectar atletas com lesão. O teste isocinético apresenta como vantagem isolar os grupos musculares específicos que serão avaliados, e apresenta como desvantagem não reproduzir os movimentos esportivos que são caracterizados por contrações musculares rápidas e que utilizam do CAE.

2.2.2 Testes motores

Dentre todos os testes motores funcionais os mais utilizados para a avaliação da AB nos membros inferiores são os saltos horizontais: salto horizontal à distância, salto horizontal cronometrado à distância, salto triplo horizontal à distância e salto lateral à distância.

2.2.2.1 Saltos Horizontais

O salto horizontal (*hop test for distance*) e suas variações (FIGURA 2) (NOYES *et al.*, 1991; PETSCHNIG *et al.*, 1998; MAULDER; CRONIN, 2005; BARBER - WESTIN *et*

al., 2006; NEWTON *et al.*, 2006; JONES; BAMPOURAS, 2010) podem representar alternativas de baixo custo para a diagnose da DLF (JONES; BAMPOURAS, 2010).

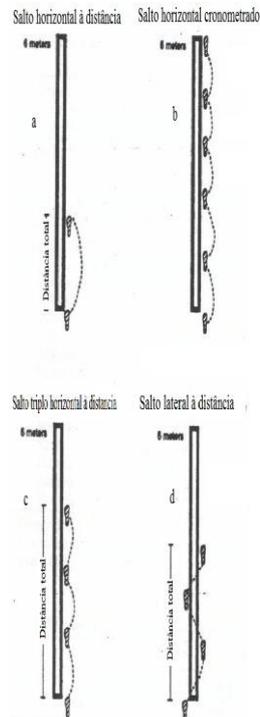


FIGURA 2 – Salto horizontal e algumas de suas variações
Fonte: Adaptado de NOYES *et al.*, 1991

A variável de interesse avaliada nesse teste é a distância horizontal. Os saltos horizontais são mais específicos às atividades esportivas devido ao recrutamento de CAE e a produção de força em alta velocidade (IMPELLIZZERI *et al.*, 2007) além de estimar os valores de produção de força e da potência dos membros inferiores. Por envolver forças propulsivas nas direções horizontais e verticais esses saltos podem prever melhor atividades que envolvam o movimento linear horizontal do centro de gravidade (MAULDER; CRONIN, 2005).

A seguir serão apresentadas as diferentes técnicas do salto horizontal e a confiabilidade de cada técnica.

O salto horizontal monopodal à distância é um teste utilizado para avaliar a força e a habilidade dos membros inferiores de indivíduos com lesão ou em indivíduos saudáveis. Nesse salto, o indivíduo é orientado a ficar de pé com o apoio do membro inferior escolhido para análise posicionando o pé atrás da linha demarcada no chão. As mãos devem permanecer fixadas na cintura durante todo o teste. O indivíduo salta tentando alcançar a maior distância horizontal

possível aterrissando com o mesmo membro (FIGURA 2, a). A distância da linha inicial até o calcâneo é então mensurada para avaliações posteriores, um CCI = 0,92, para a variável distância horizontal foi encontrado para esse teste, na avaliação teste-reteste (ROSS *et al.*, 2002).

O salto horizontal cronometrado à distância é realizado de maneira monopodal. O indivíduo inicia o teste com o membro inferior a ser avaliado apoiado, posicionando-se atrás da linha de início. O indivíduo deverá percorrer uma distância de seis metros o mais rápido possível (FIGURA 2, b). O tempo é cronometrado até o indivíduo ultrapassar a linha de seis metros (ROSS *et al.*, 2002). O estudo de Ross *et al.* (2002) apresentou um alto valor de CCI para esse teste, CCI = 0,92, para a variável de tempo gasto até o final dos 6 metros.

O salto triplo à distância é um teste monopodal utilizado para avaliar a força dos mmii e também para a diagnose da DLF. O indivíduo inicia o teste posicionando o membro avaliado atrás da linha de início e realiza três saltos horizontais máximos com o mesmo membro inferior (FIGURA 2, c). A distância da linha de início até o osso calcâneo do indivíduo no terceiro salto é mensurada (ROSS *et al.*, 2002). O coeficiente de correlação intraclasse para esse salto, para a variável distância horizontal, foi de 0,97 (ROSS *et al.*, 2002).

Os saltos laterais à distância também são testes monopodais e são utilizados para a diagnose das DLF nos mmii. Nesses saltos, o indivíduo inicia o teste com o apoio do membro inferior a ser avaliado, posicionando-se atrás da linha de início. O indivíduo realiza três saltos máximos, cada um de um lado da linha (FIGURA 2, d). A distância da linha inicial até o ponto em que o indivíduo aterrissa no terceiro salto será medida, esse salto apresentou um CCI de 0,93, também para a distância horizontal (ROSS *et al.*, 2002).

Maulder e Cronin (2005) mediram a confiabilidade de um novo teste de salto horizontal, nesse salto o indivíduo iniciaria o salto apoiando o glúteo em uma cadeira com os pés posicionados atrás da linha de início, essa posição é bastante similar ao do salto agachado, e foi instruído ao indivíduo que saltasse o mais distante possível, e comparar essa confiabilidade com de outros testes de saltos verticais e horizontais, salto horizontal agachado, salto horizontal com contramovimento, salto horizontal repetido, salto vertical agachado, salto vertical com contramovimento e salto vertical repetido e se eles se diferem na diagnose da DLF. A amostra foi composta por 18 homens ativos saudáveis. O CCI de 0,90 foi encontrado para o teste proposto pelos autores e nenhuma diferença foi encontrada entre os

diferentes testes para a identificação das DLF, confirmando assim que o novo teste é válido e confiável.

O teste de salto horizontal pode ser utilizado, assim como o teste isocinético, para avaliar o processo de reabilitação e para avaliar se o indivíduo está pronto para voltar às atividades normais.

Noyes *et al.* (1991) avaliaram a capacidade de quatro tipos de teste monopodais à distância identificar AB em 67 indivíduos com lesão no ligamento cruzado anterior avaliando as alterações nas funções dos mmii, caracterizadas pela distância horizontal. Em 52% dos indivíduos foram encontradas DLF superiores a 10% no salto horizontal à distância. 49% dos indivíduos foram considerados assimétricos no salto horizontal cronometrado. Foi encontrada uma correlação entre os valores dos saltos horizontais e valores nos testes isocinético em baixa velocidade, entretanto o coeficiente de correlação foi baixo. Os autores não encontraram uma concordância, um exemplo de validade lógica, entre os resultados dos saltos monopodais, apenas 37% foram considerados assimétricos para os dois testes. Apesar da baixa sensibilidade apresentada pelos testes de saltos horizontais, a alta especificidade e os baixos valores falso-positivos encontrados indicam que esses testes podem ser usados para confirmar DLF nos mmii para a amostra.

Newton *et al.* (2006) correlacionaram o teste de cinco saltos horizontais monopodais com o teste isocinético. Os autores selecionaram 14 atletas de *softball* para realizarem os testes. Não foram encontradas correlações significativas entre os saltos horizontais e o teste isocinético, porém, os autores afirmam que esse resultado pode ter sido devido ao baixo número de voluntários.

Apesar dos altos valores de CCI encontrados para os saltos horizontais, 0,92-0,97 (ROSS *et al.*, 2002) e 0,90 (MAULDER; CRONIN, 2005), esses saltos não medem diretamente a produção de força e seu desempenho pode ser influenciado por diversos fatores como o equilíbrio e a coordenação entre os membros inferiores e superiores (IMPELLIZZERI *et al.*, 2007). Além disso, mesmo sendo capaz de identificar AB entre os membros inferiores, o SH não detecta as limitações funcionais específicas, tais como: força máxima, potência ou impulso (HAMILTON *et al.*, 2008).

Dessa forma, o método de salto horizontal pode ser utilizado como uma ferramenta válida para a diagnose das AB. Porém, esse teste apresenta algumas limitações supracitadas que inviabilizam a aplicação de programas de reabilitação ou treinamento para a

redução dessas AB para níveis inferiores a 15%, já que não é possível através dele verificar onde essa deficiência é significativa e necessitaria uma maior atenção.

2.2.3 Testes biomecânicos

Será feita uma descrição do protocolo de salto vertical em plataforma de força, e mais especificamente após o salto vertical com contramovimento em plataforma de força.

2.2.3.1 Testes de saltos verticais em plataforma de força

Os saltos verticais em plataforma de força são utilizados frequentemente para a avaliação da função motora (CORDOVA; ARMSTRONG, 1996), pois são movimentos humanos dinâmicos (YOSHIOKA *et al.*, 2010) e necessitam de uma alta demanda de coordenação entre os membros inferiores e superiores (MARKOVIC *et al.*, 2004).

O salto vertical (SV) é um movimento de cadeia cinética fechada e que pode ser realizado utilizando o CAE (ações excêntricas - concêntricas), como nos saltos SCM e salto em profundidade, ou puramente ações musculares do tipo concêntricas, como no caso do salto agachado. O SV é similar ao desempenho de algumas ações esportivas, por exemplo, saltos para cabeceio no futebol, movimento de bloqueio no vôlei (NEWTON *et al.*, 2006; MENZEL *et al.*, 2013), além de ser um bom indicador do desempenho funcional dos mmii e ser mais específico que os procedimentos que utilizam testes de cadeia cinética aberta (teste isocinético) (EBBEN; FLANAGAN, 2009).

Essa habilidade motora pode ser realizada e avaliada, tanto em testes quanto durante práticas esportivas ou recreativas, de maneira bipodal, em que os dois mmii são utilizados simultaneamente durante o movimento, e de maneira monopodal, em que somente o membro inferior que será avaliado realiza o movimento.

Apesar do teste isocinético ser o método de medição mais comumente usado para a diagnose da DLF (IMPELLIZZERI *et al.*, 2007), Menzel *et al.* (2006) constataram que o padrão do salto vertical apresenta uma maior similaridade com as atividades esportivas. Dessa

maneira, esse teste seria mais sensível para a identificação da AB por meio das variáveis impulso e potência máxima em atletas. Essas variáveis são obtidas de forma direta e confiável com a utilização da plataforma de força (CERONI, 2012; CORDOVA; ARMSTRONG, 1996; IMPELLIZZERI *et al.*, 2007; MARKOVIC, 2004; MCELVEEN 2010).

McElveen *et al.* (2010) determinaram a confiabilidade das variáveis: força máxima (CCI = 0,859 – 0,901), a potência (CCI = 0,876 – 0,917) e o impulso (CCI = 0,656 – 0,800) no saltos verticais realizado em uma plataforma de força no. Cordova e Armstrong (1996) analisaram a confiabilidade das variáveis dinâmicas no salto vertical fazendo uma média de cinco tentativas de cada voluntário para o SCM para as variáveis: força máxima (CCI = 0,94) e impulso (CCI = 0,22).

Impellizzeri *et al.* (2007), Jones e Bampouras (2010), Menzel *et al.* (2012), Menzel *et al.* (2013), Menzel *et al.* (2006), Newton *et al.* (2006), Schot *et al.* (1994), Stephens II *et al.* (2007) utilizaram o salto vertical bipodal em uma ou em duas plataformas de força para a diagnose das AB e para a determinação da confiabilidade das variáveis dinâmicas. No salto bipodal é esperado que as contribuições da força muscular, por exemplo, sejam similares para ambas as pernas, e se realmente existir alguma diferença entre elas, o desempenho esportivo pode ser comprometido por ajustes em aspectos técnicos e táticos (STEPHENS II *et al.*, 2007). As variáveis estudadas no salto vertical bipodal foram: força máxima, potência máxima, impulso.

Ceroni *et al.* (2012), Cordova e Armstrong (1996), Jones e Bampouras (2010), Maulder e Cronin (2005), McElveen *et al.* (2010), Newton *et al.* (2006), Petsching *et al.* (1998) utilizaram o salto vertical monopodal para a diagnose das DLF e para a determinação da confiabilidade do salto. Todos os autores realizaram a habilidade da mesma maneira, em que o membro inferior contralateral deveria ficar flexionado em um ângulo de aproximadamente 90° e as mãos deveriam permanecer fixas à cintura. Assim como nos saltos bipodais, as variáveis estudadas no salto monopodaram foram: força máxima, potência máxima e impulso.

Petsching *et al.* (1998), com os resultados obtidos por seu estudo, afirmaram que o salto vertical monopodal é suficientemente sensível para detectar limitações funcionais nos membros inferiores, de indivíduos lesionados e não lesionados. Porém, a dificuldade de equilíbrio estático e dinâmico pode afetar o desempenho do salto e paliar as reais diferenças entre os mmii (IMPELLIZZERI *et al.*, 2007).

Dessa forma, o salto vertical é uma habilidade motora válida e confiável para a análise do desempenho funcional dos indivíduos, podendo ser realizada de forma bipodal e monopodal e tendo o SCM como a forma mais utilizada para a diagnose das AB.

2.2.3.1.1 Salto Vertical com Contramovimento

O salto vertical com contramovimento (SCM) pode ser realizado em uma plataforma de força, na maneira monopodal e bipodal, ou em duas plataformas de força, da maneira bipodal. Mesmo com a diferenciação da técnica monopodal e bipodal, o movimento realizado deve ser o mesmo.

No salto vertical com contramovimento o indivíduo parte da posição inicial em pé, realiza um movimento para baixo com flexão de quadril, joelhos e tornozelos e, em seguida, estende estas articulações para realizar um movimento ascendente máximo, nesse movimento é dada a instrução de que de saltar o mais alto possível (FIGURA 3). As mãos devem permanecer fixas na cintura durante todo o movimento para evitar que o movimento dos braços influencia o desempenho (LESS *et al.*, 2004). Esse salto é de fácil execução sendo o mais encontrado na maioria das modalidades esportivas e se caracteriza por uma ação muscular excêntrica seguida de uma concêntrica, combinação que caracteriza o CAE de longa duração (SCHMIDTBLEICHER, 1992). Algumas variáveis avaliadas durante o SCM são: força máxima, tempo até atingir a força máxima, potência máxima e impulso.

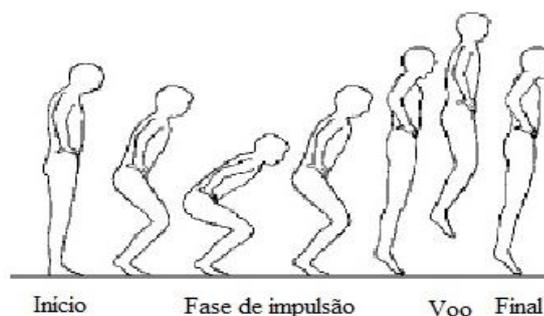


FIGURA 3 – Salto vertical com contramovimento
Fonte: Adaptado de SCHMIDTBLEICHER, 1992

O SCM pode ser realizado em uma ou em duas plataformas de força. Os saltos realizados em uma plataforma de força, sendo da maneira monopodal ou bipodal, possibilitam somente a análise sequencial, ou seja, medem-se as variáveis em um membro depois no outro, o desempenho entre os membros será comparado em diferentes tentativas. Os saltos realizados em duas plataformas de força, de maneira bipodal, possibilitam tanto a análise sequencial quanto a análise simultânea, o que garante que os membros serão comparados na mesma tentativa, ou seja, as variáveis dinâmicas dos membros são obtidas simultaneamente.

Para avaliar a confiabilidade do salto vertical com contramovimento realizado em uma plataforma de força, Meylan *et al.* (2010) avaliaram as variáveis: potência, impulso, força máxima, velocidade de saída e altura do salto, tempo de contato, tempo até a força máxima e tempo até a potência máxima, no SCM monopodal. Os resultados desse estudo para a confiabilidade foram de CCI = 0,95 para a força máxima, CCI = 0,94 para potência máxima, CCI = 0,64 para o tempo para atingir a força máxima e CCI = 0,77 para o tempo para atingir a potência máxima. Os autores também avaliaram as AB, porém em nenhuma das variáveis analisadas foram encontradas assimetrias bilaterais superiores ao valor limiar (15% para as variáveis analisadas) encontrado na literatura.

Impellizzeri *et al.* (2007) avaliaram a confiabilidade da força máxima no salto vertical bipodal em uma plataforma de força. Nesse estudo, os autores avaliaram cada membro em uma tentativa diferente, identificando uma AB que ocorre simultaneamente no movimento bipodal de maneira sequencial. Foi encontrado um valor de CCI = 0,91. Os autores concluem que o SCM é uma técnica confiável e que a força máxima pode ser utilizada para obtenção do ISB.

Os saltos verticais com contramovimento realizados em uma plataforma de força também podem ser utilizados para a diagnose da AB. A utilização de uma plataforma de força possibilita aos avaliadores obtenção de medidas sequenciais. Primeiramente serão abordados os saltos monopodais, em sequência serão abordados os saltos bipodais.

Ceroni *et al.* (2012) utilizaram crianças (117 meninos e 106 meninas) saudáveis (média de 13 anos de idade) para a diagnose da DLF entre o membro dominante e não dominante e entre o membro inferior mais eficiente e o menos eficiente (mais forte e mais fraco, respectivamente) no salto vertical monopodal com contramovimento realizado em uma plataforma de força. Os autores avaliaram a força máxima e a potência máxima. Pelos resultados obtidos no estudo não houve assimetria bilateral superior a 15% entre os membros

quando foi utilizada a relação membro dominante e membro não dominante, porém quando foi utilizada a relação de eficiência para ambos os sexos foram encontradas diferenças significativas, tanto para força quanto para a potência. Outro resultado encontrado pelos autores foi que a relação de indivíduos com diferenças superiores a 15% aumentou quando a potência máxima foi usada como referência.

No estudo de Ebben e Flanagan (2009) 23 atletas de atletismo (13 homens e 10 mulheres) realizaram o SCM de maneira bipodal e monopodal em uma plataforma de força para identificação das AB. Foram avaliados no estudo a altura do salto, força de reação do solo e o tempo para estabilização. Foram encontradas diferenças nas alturas do salto para o SCM bipodal e o SCM monopodal.

O estudo de Preatoni *et al.* (2005) teve como objetivo a diagnose da AB em parâmetros cinéticos e cinemáticos, força máxima e duração da fase de impulsão, em 12 jovens corredores. Foram realizados 10 SCM, de maneira bipodal, por cada indivíduo em uma plataforma de força (500Hz), sendo que um membro era avaliado por salto e a ordem foi aleatória, e também foram filmados por quatro câmeras (100Hz). Todos os indivíduos apresentaram diferenças significativas, superiores a 15%, em pelo menos uma das variáveis analisadas e 33% dos indivíduos foram assimétricos em seis ou sete variáveis. Esses resultados mostraram a sensibilidade do teste em encontrar indivíduos com AB.

Para a validade do salto monopodal, Newton *et al.* (2006) investigaram se existiam DLF da força muscular realizadas por meio de teste isocinético e testes de saltos verticais monopodal e bipodal e o teste de cinco saltos horizontais referentes entre o membro inferior dominante e não dominante de 14 atletas femininas de *softball*. Os autores verificaram também possíveis correlações entre testes. Foram encontradas correlações significativas entre o salto vertical e o teste isocinético, porém não foram encontradas correlações significativas entre as AB no salto horizontal e na força máxima no SCM.

Impellizzeri *et al.* (2007) utilizaram atletas adultos saudáveis, com ausência de lesão nos mmii, do sexo masculino (451) para avaliar a confiabilidade e validade do salto vertical com contramovimento para a diagnose da AB. Nesse estudo os indivíduos realizavam o SCM de maneira bipodal, porém, somente um membro inferior por vez era posicionado na plataforma de força. Somente a força máxima foi avaliada nesse estudo. Os autores também avaliaram a quantidade de saltos necessária para obter AB de força de maneira confiável. O CCI encontrado para a força máxima foi de 0,91, e que com três saltos já era possível obter a

confiabilidade superior a 0,8, e que mesmo com o limite de concordância mais severo o salto vertical pode ser utilizado para monitorar mudanças na assimetria bilateral.

Os saltos verticais com contramovimento realizados em duas plataformas de força também podem ser utilizados para a diagnose da AB. A utilização de duas plataformas de força propicia a obtenção de dados simultâneos. Somente a técnica bipodal é utilizada nas duas plataformas de força.

Não foram encontrados estudos na literatura que avaliassem a confiabilidade de variáveis dinâmicas, força máxima, impulso e potência máxima, em duas plataformas de força. Porém esse método vem sendo utilizado para a diagnose de AB.

Menzel *et al.* (2006) identificaram AB dos mmii em 46 jogadores profissionais de futebol. Os indivíduos realizaram o SCM em duas plataformas de força sincronizadas. As variáveis, a força máxima, o impulso e a potência máxima, foram avaliadas para a identificação de AB. As variáveis, impulso e potência máxima, apontaram mais indivíduos considerados assimétricos do que a variável força máxima. Os autores constataram também que o SCM possui maior similaridade com as técnicas de movimento do futebol que o teste isocinético, assim sendo, são mais sensíveis e apropriados para a identificação de DLF em relação à produção de impulso e potência máxima.

Stephens II *et al.* (2007) avaliaram atletas no SCM monopodal, identificando as diferenças entre os membros inferiores, e comparar os resultados do salto mono com os resultados salto bipodal e verificar se essas diferenças seriam mantidas. A técnica bipodal foi realizada em duas plataformas de força, porém, quando o salto monopodal foi realizado, somente os dados de uma plataforma foram interpretados. A amostra do estudo foi composta por 25 jogadores (13 homens e 12 mulheres) de vôlei. Os resultados do estudo mostraram que os homens saltaram mais alto com o membro dominante, além também de maiores valores de força máxima, no SCM monopodal. Porém, essas assimetrias encontradas no salto monopodal não foram mantidas no SCM bipodal.

Menzel *et al.* (2013) analisaram a correlação e a concordância na identificação das AB pelo método de isocinético, as variáveis analisadas foram trabalho e pico de torque, e pelo método do SCM bipodal em duas plataformas de força sincronizadas, as variáveis analisadas foram força máxima, impulso e potência máxima. Foram analisados nesse estudo 46 jogadores de futebol profissional. Os resultados do estudo não apresentaram uma concordância na identificação das AB entre o teste isocinético e teste de SCM em duas plataformas de força.

Foi verificado dessa maneira que os testes de salto vertical com contramovimento, monopodal ou bipedal, podem ser utilizados de maneira confiável para a diagnose de AB nos membros inferiores. Apesar da maior utilização do teste isocinético e da utilização dos saltos horizontais para a análise das AB, os saltos verticais, devido a sua maior similaridade a ações esportivas, podem ser mais adequados para tal diagnose.

2.3 Índice de simetria bilateral

Para avaliar a AB é necessária uma medida discreta que descreva a igualdade ou a diferença entre os membros para que o desequilíbrio seja caracterizado (ZIFCHOCK *et al.*, 2008). O índice de simetria bilateral é um dos métodos mais utilizados para quantificar a DLF. Pela utilização desse índice obtém-se um único valor que quantifica o desequilíbrio entre os membros inferiores e possibilita também uma comparação entre diferentes grupos (ZIFCHOCK *et al.*, 2008).

Os valores obtidos para cada variável de interesse, por exemplo, força máxima, impulso, potência máxima, para o membro inferior direito ou esquerdo, ou para membro inferior dominante ou não dominante, são apresentados em equações que determinam valores em porcentagem para a identificação de uma diferença significativa entre os membros comparados.

Zifchock *et al.* (2008) apresentaram a equação geral utilizada para a determinação do ISB: $((\text{lado 1} - \text{lado 2}) / \text{valor de referência}) \times 100$. Porém, os autores apontam problemas para a utilização de tal equação, já que a utilização de diferentes valores pode alterar o resultado. Por exemplo, a força máxima da perna direita (lado 1) é de 100N, e a força máxima da perna esquerda (lado 2) é de 80N, se o lado 1 for utilizado como o valor de referência, o ISB = 20%. Porém, se o lado 2 fosse usado como referência, o ISB = 25%. Se a média dos valores for utilizada como referência, o ISB = 22%. Os resultados obtidos no estudo apontaram que a equação geral do ISB foi sensível para identificar a assimetria com qualquer valor de referência utilizado, porém os valores encontrados não foram iguais.

Barber e Westin (1990) calcularam o ISB através da equação: $(\text{membro inferior direito} / \text{membro inferior esquerdo}) \times 100$. E valores do ISB menores que 15% foram

considerados normais. Porém a utilização dessa relação não é possível identificar a origem dessa diferença (SADEGHI *et al.*, 2000).

Maulder e Cronin (2005) utilizaram uma equação um pouco diferente da anterior: [(membro inferior não dominante – membro inferior dominante)/membro inferior dominante] x 100, e valores do ISB maiores que 15% foram considerados como assimétricos para os saltos tanto verticais quanto horizontais. Newton *et al.* (2006) aplicaram uma equação parecida com a de Maulder e Cronin (2005), porém, a comparação é feita entre os membros direito e esquerdo: [(membro inferior direito – membro inferior esquerdo)/membro inferior direito] x 100. Apesar da relação ser feita entre membros direito e esquerdo, os valores do ISB acima de 15% também foram considerados como assimétricos. A desvantagem das equações propostas por esses autores é que não há a garantia de que o valor utilizado como referência será sempre o menor ou o maior, dessa maneira, os resultados podem ficar supra ou superestimados, inviabilizando a comparação entre indivíduos e entre diferentes grupos (ZIFCHOCK *et al.*, 2008).

A equação proposta por Sadeghi *et al.* (2000), [(membro inferior esquerdo – membro inferior direito)/maior valor] x 100, e a proposta por Clark (2001), [(membro inferior direito – membro inferior esquerdo)/maior valor entre os membros] x 100, resultam em ISL variando entre -1 e 1. Sendo que, na equação de Sadeghi *et al.* (2000), os valores positivos indicam maiores valores para o membro esquerdo, enquanto que, os valores positivos na equação de Clark (2001) indicam maiores valores para o membro direito. A utilização do maior valor com referência possibilita a comparação entre os indivíduos e entre possíveis grupos, além da possibilidade de identificar qual dos membros é responsável pela diferença.

Os valores de limiar utilizados para o ISB variam de acordo com as variáveis que serão analisadas (Quadro 1). Para as variáveis, pico de torque, trabalho e relação flexão/extensão, o valor do ISB não deveria ultrapassar 10% (IMPELLIZZERI *et al.*, 2007; PETSCHING *et al.*, 1998; SCHILTZ *et al.*, 2009; RAHNAMA *et al.*, 2007; LANSHAMMAR, 2011), porém Croisier *et al.* (2008) em seu estudo utiliza valores do ISB superiores a 15% para classificar indivíduos como assimétrico para as mesmas variáveis. Para as variáveis, distância horizontal, força máxima, potência máxima, impulso e altura do salto, somente indivíduos com valores do ISB superiores a 15% foram considerados assimétricos (EBBEN ; FLANAGAN, 2009; IMPELLIZZERI *et al.*, 2007; JONES ; BAMPOURAS, 2010; MAULDER ; CRONIN, 2005; MEYLAN *et al.*, 2010; NEWTON *et al.*, 2006; NOYES *et al.*, 1991; PATERNO *et al.*, 2007; PETSCHING *et al.*, 1998; MENZEL *et al.*, 2006).

Dessa maneira, apesar das várias possibilidades de cálculo do ISB algumas equações utilizadas apresentaram desvantagens e dificuldades para uma diagnose mais precisa da AB, como por exemplo, diferentes resultados obtidos por diferentes valores de referência, a não identificação de qual dos mmii é responsável pela diferença.

E a escolha da equação ideal é fundamental e determinante para que o resultado do ISB não seja supra ou superestimado. As equações apresentada por Sadeghi *et al.* (2000) e Clark (2001), apesar da discreta diferença entre elas, parecem ser as opções mais adequadas para o cálculo do ISB, já que a sempre utilizar o maior valor entre os membros como referência não supra ou superestima os valores do índice. A utilização de diferentes valores do limiar para o ISB varia de acordo com as variáveis analisadas no teste.

QUADRO 1

Quadro com valores de índice de simetria bilateral

Valores de índice de simetria lateral	Variáveis	Autores
10%	Pico de Torque Trabalho Flexao/Extensão	IMPELLIZZERI <i>et al.</i> , 2007; PETSCHING <i>et al.</i> , 1998; SCHILTZ <i>et al.</i> , 2009; RAHNAMA <i>et al.</i> , 2007; LANSHAMMAR, 2011.
15%	Distância Horizontal Força Máxima Potência Máxima Impulso Altura do salto	EBBEN ; FLANAGAN, 2009; IMPELLIZZERI <i>et al.</i> , 2007; JONES ; BAMPOURAS, 2010; MAULDER ; CRONIN, 2005; MEYLAN <i>et al.</i> , 2010; NEWTON <i>et al.</i> , 2006; NOYES <i>et al.</i> , 1991; PATERNO <i>et al.</i> , 2007; PETSCHING <i>et al.</i> , 1998; MENZEL <i>et al.</i> , 2006 ; CROISIER <i>et al.</i> , 2008

2.4 Síntese da análise de literatura

A diagnose da AB vem sendo foco de estudo nos campos de reabilitação e esportivo devido a sua relação com maiores riscos de lesão (PREATONI *et al.*, 2005; ZIFCHOCK *et al.*, 2006; CROISIER *et al.*, 2008; KOBAYASHI *et al.*, 2010) nos membros inferiores e devido a sua influência no desempenho esportivo (STEPHENS II *et al.*, 2007; KOBAYASHI *et al.*, 2010; CERONI, 2012).

A AB pode ser identificada por meio de diferentes métodos de medição, destacando entre eles o método isocinético, testes funcionais de saltos horizontais e os saltos verticais realizados em plataforma de força.

O teste isocinético é o teste comumente usado como a primeira avaliação da progressão pós-lesão. As variáveis mais comumente analisadas são o: pico de torque e o trabalho, em ações concêntricas e excêntricas e em diferentes velocidades angulares. Esse teste tem como vantagem: o isolamento da musculatura que será analisada, possibilitando dessa maneira, medidas diretas do músculo lesionado e não lesionado, possibilita a avaliação da relação agonista-antagonista, já que esse desequilíbrio já relacionado a um maior risco de lesão. Porém, o teste isocinético avalia apenas ações musculares monoarticulares, pouco reproduz as ações esportivas, já que é um teste de cadeia cinética aberta, e o teste necessita de um equipamento de alto custo e específico.

Os saltos horizontais surgem como um método alternativo válido e confiável. Nesse teste a variável de interesse é a distância horizontal alcançada pelo indivíduo durante o salto, estimando dessa maneira a potência muscular dos mmii. Os saltos horizontais aproximam-se das ações esportivas e são mais específicos que o teste isocinético devido a sua característica de ser uma ação de cadeia cinética fechada, além de ser uma alternativa de baixo custo. Por não medir diretamente parâmetros cinéticos, como a força máxima, a potência e o impulso, e por apenas estimar o desempenho dos mmii, não é possível através desse método identificar qual dos parâmetros cinéticos deveriam ser enfatizados no treinamento ou reabilitação.

Os saltos verticais com contramovimento em plataforma de força, assim com os saltos horizontais, são mais específicos e melhor reproduzem as ações esportivas. A técnica do SCM pode ser realizada de maneira monopodal e bipodal, sendo que a técnica bipodal pode ser realizada em uma ou duas plataformas de força. A utilização da plataforma de força

possibilita a medição direta dos parâmetros cinéticos e de variáveis no domínio temporal. A variável mais utilizada para a diagnose das DLF é a força máxima, porém alguns estudos utilizaram além da força máxima, o impulso e a potência máxima como variáveis de referência e verificaram que estas são mais sensíveis para detectar tal diferença (MENZEL *et al.*, 2013).

Newton *et al.* (2006) e Impellizzeri *et al.* (2007) verificaram a confiabilidade e validade do teste de SCM bipodal e a utilização da força máxima para identificação das AB em uma plataforma de força, sendo que as análises foram feitas de maneira sequencial, ou seja, os indivíduos realizavam os saltos alternando o membro inferior que estava sendo avaliado e o ISB entre os membros inferiores foi calculado em diferentes tentativas.

Menzel *et al.* (2013) utilizaram duas plataformas de força sincronizadas para fazer a diagnose das AB de maneira simultânea, ou seja, os indivíduos realizavam os saltos com os dois membros inferiores sendo analisados simultaneamente e o ISB foi calculado na mesma tentativa.

A diagnose das AB medida por duas plataformas de força propicia a obtenção de dados simultâneos e a análise de variáveis para além da força máxima tais como, potência máxima, a taxa de produção de força e o impulso, que, por exemplo, mecanicamente determina a propulsão e mudanças de velocidade no corpo humano (MENZEL *et al.*, 2013), pode resultar em diferentes interpretações para adaptações ao treinamento que se objetiva a diminuição dessas diferenças.

Dessa maneira, há a necessidade de estudos que determinem a confiabilidade das variáveis dinâmicas, força máxima, impulso e potência máxima, em duas plataformas de força sincronizadas. Não foram encontrados estudos que comparassem as informações diagnósticas do método de análise sequencial (IMPELLIZZERI *et al.*, 2007) com o método de análise simultâneo (MENZEL *et al.*, 2013) para a identificação de AB.

3 MÉTODOS

Este trabalho trata-se de uma pesquisa de campo de caráter experimental. Os materiais e métodos serão descritos na seguinte sequência: cuidados éticos, amostra, procedimentos, métodos de medição e instrumentação, e métodos estatísticos.

3.1 Cuidados éticos

Este estudo respeitou todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde (Res. 196/96) envolvendo pesquisas com seres humanos. O estudo, bem como todos os seus procedimentos foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP), sob o parecer número CAAE – 01513712.8.0000.5149 (ANEXO A).

3.2 Amostra

Após a realização de um estudo piloto, para a realização do cálculo amostral utilizou-se a equação proposta por Zou (2012), baseado no limite inferior do intervalo de confiança do CCI.

$$N = 1 + \frac{2(z_{\alpha} + z_{\beta})^2 k}{\{\ln[F(\rho)/F(\rho_0)]\}^2 (k - 1)},$$

Em que: N = tamanho da amostra, $z_{\alpha} = 1,96$ e corresponde ao valor que corresponde a um intervalo de confiança de 95 %, z_{β} = maior valor da distribuição normal, K = número de repetições, F= distribuição dos graus de liberdade, ρ = CCI, ρ_0 = o coeficiente de confiabilidade não é nada menos que um valor perspectivo.

Dessa forma, a amostra foi composta por 31 indivíduos do sexo masculino que praticavam em nível competitivo atletismo ou futebol.

As características da amostra em relação à idade, estatura, massa corporal estão mostradas na tabela 1.

TABELA 1
Análise descritiva dos dados antropométricos da amostra

	N	MÍN	MÁX	\bar{x}	\pm
Idade (anos)	31	18	21	19	0,6
Massa (kg)	31	55,1	98,9	73,2	11,1
Altura (cm)	31	158	187	176,8	0,1

N – Tamanho da amostra.

MÍN – mínimo.

MÁX – máximo.

\bar{x} – média.

\pm – Desvio padrão

Como critérios de inclusão, foram adotados: a) praticar atletismo ou futebol como a principal atividade de rendimento, e b) relato de ausência de lesões musculoesqueléticas nos últimos seis meses nos membros inferiores, pelve e coluna lombar. Como critérios de exclusão foram adotados: a) apresentar qualquer tipo de patologia nos membros inferiores ou coluna vertebral, b) ser incapaz de realizar os movimentos necessários para o protocolo de avaliação, c) ter sido submetido a procedimentos cirúrgicos nos últimos seis meses, d) estar em tratamento para qualquer patologia nos membros inferiores, e e) apresentar quadro algico incapacitante.

As modalidades de atletismo e futebol foram selecionadas devido à proximidade das demandas físicas das mesmas com o protocolo dos testes que foram utilizados no presente estudo.

3.3 Procedimentos

Após a aprovação do projeto pelo COEP, foi realizada uma reunião com os voluntários para explicitação dos objetivos e os procedimentos que seriam realizados durante o estudo.

A definição do horário e data para os testes foi definida de acordo com a disponibilidade dos voluntários, porém o critério de que as sessões deveriam ser realizadas no mesmo horário foi respeitado. Duas visitas para cada voluntário foram necessárias para a realização dos testes.

Dois dias antes da coleta de dados, uma sala na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) foi reservada para a montagem do equipamento para que o teste fosse feito nas mesmas condições durante todo o dia e para todos os voluntários, e para que não houvesse nenhuma interferência externa, tanto na familiarização quanto no dia do teste.

No 1º dia, após o fornecimento de informações básicas como: nome, esporte praticado e o tempo de treino, o Termo de Compromisso Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A) foi entregue para que os voluntários lessem e assinassem, e questionassem caso necessário. Após a assinatura do TCLE, foram mensuradas medidas antropométricas, massa e estatura, dos indivíduos.

Após a assinatura do TCLE e da obtenção dos dados básicos dos indivíduos, eles foram familiarizados com os procedimentos dos SCM propostos no estudo. Os voluntários realizaram uma série de seis SCM de maneira bipodal com o intervalo de 30 segundos entre as tentativas nas duas plataformas de força.

No dia da coleta de dados, 48h após o dia de familiarização, os voluntários realizaram uma atividade preparatória, corrida leve representada pelo nível moderado (4) da escala de BORG (1992), nas quadras existentes na EEFFTO e alongamentos estáticos para a musculatura de membros inferiores. Foi permitida aos voluntários a realização de alguma outra atividade preparatória na qual estariam mais adaptados.

Após essas atividades preparatórias, foram realizados saltos verticais bipodais simultâneos com contramovimento nas duas plataformas de forças sincronizadas. Cada voluntário, assim como na familiarização, realizou uma série de seis tentativas, com um intervalo de 30s entre cada tentativa (FIGURA 4).

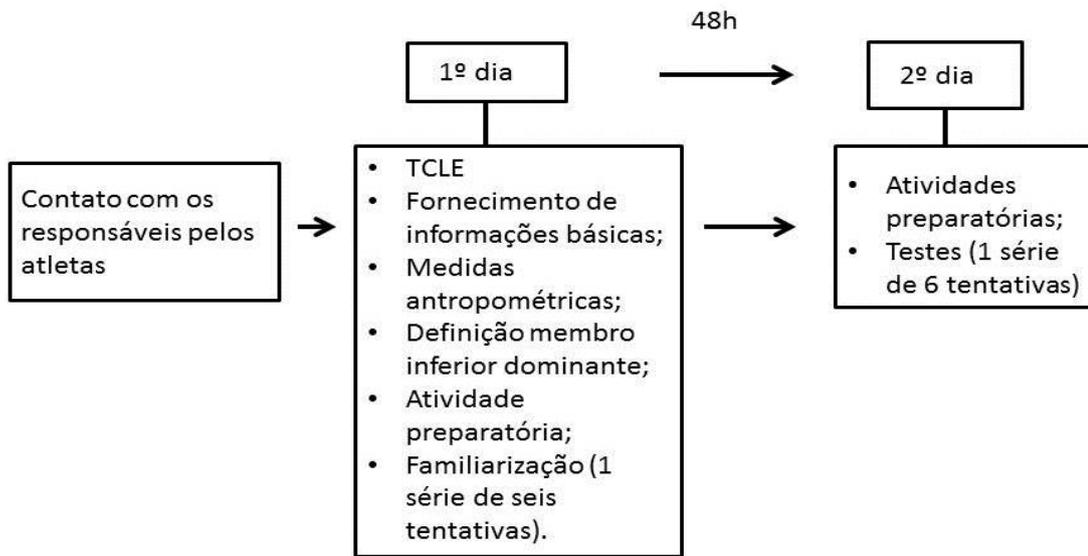


FIGURA 4 – Esquema procedimentos

3.4 Instrumentação e métodos de medição

3.4.1 Avaliação cinética

Para o registro da FRS na fase de impulsão dos saltos verticais com contramovimento foram utilizadas duas plataformas de força sincronizadas do modelo PLA3-1D-7KN/JBAZb, Staniak, Polônia (FIGURA 5). Cada plataforma tem a dimensão de 45 cm por 45 cm, e uma altura de 10 cm. As duas plataformas são protegidas por uma estrutura de madeira que impede o movimento das mesmas e para igualar a altura da plataforma com o apoio.



FIGURA 5 – Plataforma dupla de força PLA3-1D-7KN/JBAZb, Staniak, Polônia
Fonte: Arquivo BIOLAB, 2012

A FRS foi coletada separadamente para cada membro inferior a uma frequência de 500 Hz (PREATONI, *et al.*, 2005; IMPELLIZZERI *et al.*, 2007).

As plataformas de força foram calibradas com pesos conhecidos antes de cada aquisição de dados, e essa calibração foi sistematicamente verificada entre as sessões de teste de cada indivíduo.

Todos os indivíduos foram orientados durante o salto a sempre posicionar a perna esquerda em uma plataforma de força, canal 1, e a perna direita na outra plataforma força, canal 2 (FIGURA 6). As plataformas estavam conectadas a um computador, modelo HP Compact dc5750.



FIGURA 6- Posicionamento para execução dos saltos verticais em duas plataformas de força
Fonte:Arquivo BIOLAB, 2012.

O software DasyLab® versão 10.0 foi utilizado para a obtenção das curvas de força vs tempo (FIGURA 7). Para o tratamento dos dados, foi utilizado um filtro passa baixa *Butterworth*, com frequência de corte de 50Hz (MENZEL *et al.*, 2013). O software MatLab® versão 2011b foi utilizado para analisar as curvas obtidas nas duas plataformas de força.

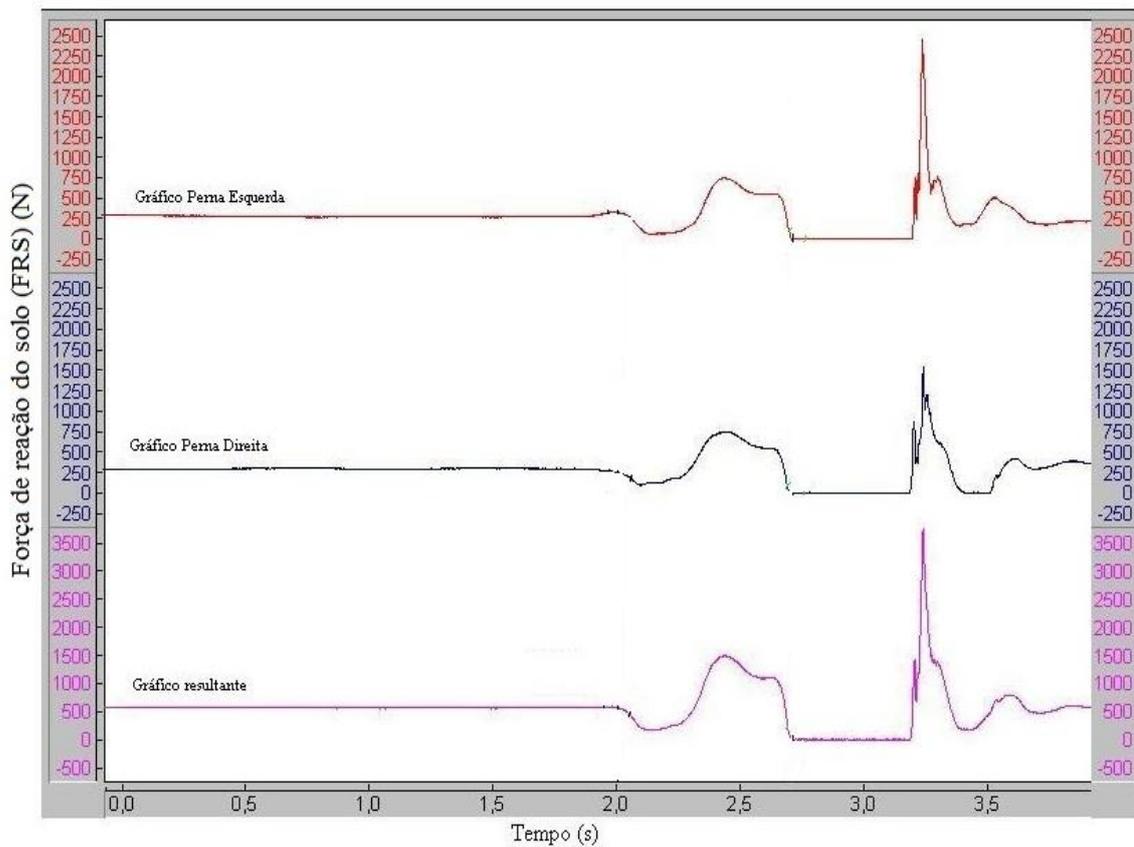


FIGURA 7 – Curvas força vs tempo obtidas pelas duas plataformas de força
 Fonte: Arquivo BIOLAB, 2012

3.4.2 Variáveis analisadas

As variáveis extraídas das análises estão representadas no quadro 2.

Quadro 2

Variáveis dinâmicas e temporais analisadas no estudo.

VARIÁVEIS	ABREVIATURA	DEFINIÇÕES	UNIDADE
Força máxima	F_{max}	m.a	N
Potência máxima	P_{max}	F.v	N.m/s
Impulso	I	F.t	N.s

A variável força máxima foi determinada pelo maior valor encontrado na curva força vs tempo (FIGURA 8) na fase de impulsão do movimento do salto vertical.

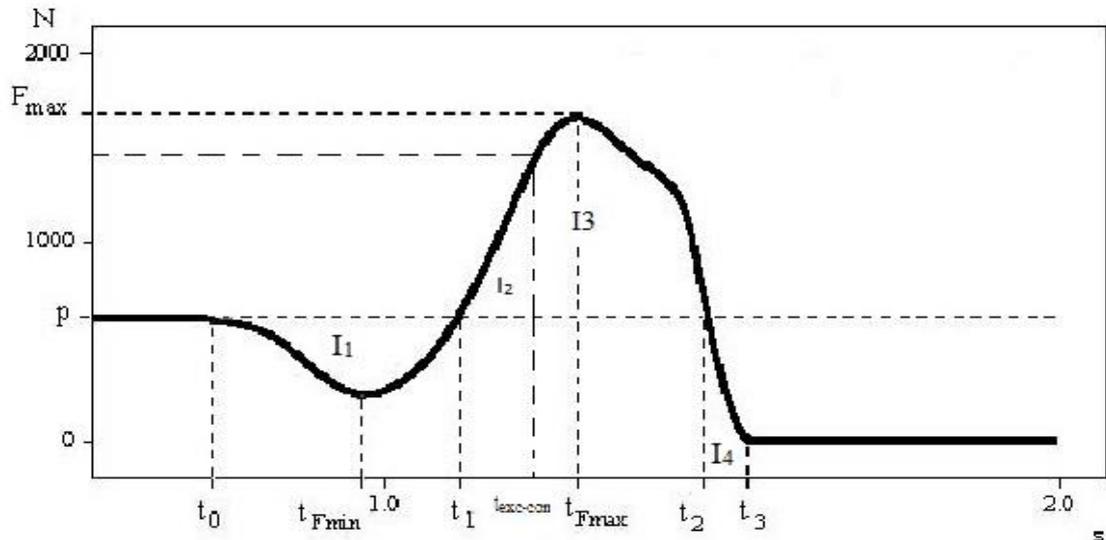


Figura 8 – Representação das variáveis dinâmicas
Fonte: acervo BIOLAB-UFMG

A potência instantânea foi calculada pela seguinte equação (AUGUSTSSON; THOMEE, 2000):

$$(P_{ti} = F_{ti} \cdot v_{ti} = F_{ti} \cdot \frac{1}{m} \int_{t_0}^{ti} F dt)$$

em que F_{ti} é a força de reação vertical instantânea, e v_{ti} é a velocidade vertical instantânea do centro de gravidade. A Potência máxima é o maior valor da potência instantânea.

O impulso pode ser determinado pela integral da curva de força vs tempo. A integral é referente à área embaixo da curva, representando a relação de impulso (força x tempo). O impulso foi calculado pelo somatório dos impulsos parciais I_1 , I_2 , I_3 e I_4 (FIGURA 8).

Todas as variáveis supraditas foram calculadas em uma rotina desenvolvida no software Matlab®, versão 2011b.

3.4.2.1 Salto vertical com contramovimento em plataforma dupla de força

Todas as variáveis analisadas no presente estudo foram obtidas através da análise das curvas de força vs tempo do salto vertical com contramovimento realizado em duas plataformas de força.

Antes da realização do salto vertical com contramovimento, os indivíduos foram orientados quanto à realização do movimento. As mãos permaneceram fixas no quadril, para evitar que o movimento dos braços influenciasse o desempenho (LEES *et al.*, 2004), e deveria ser realizado pelo máximo esforço de modo a atingir a maior altura possível, representada pela maior elevação vertical do centro de gravidade. No SCM o indivíduo parte da posição inicial em pé, realiza um movimento descendente com a flexão do quadril, dos joelhos e tornozelos, seguindo por uma extensão para realização de um movimento ascendente (FIGURA 9).

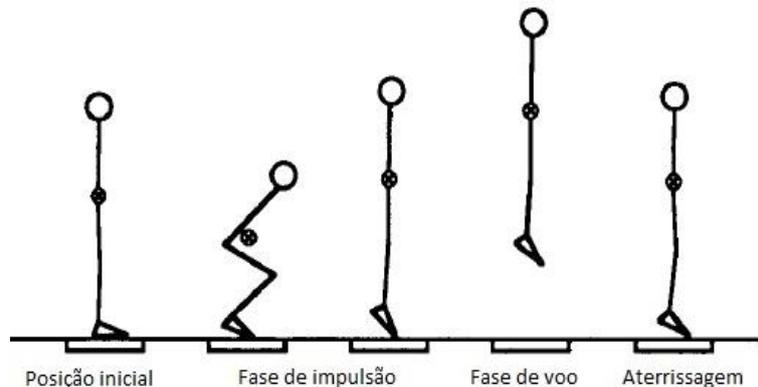


FIGURA 9 – Esquema salto com contramovimento
Fonte: Adaptado de LINTHORNE, 2001

Após a aquisição dos sinais (FRS), as curvas de força x tempo de cada membro inferior foram somadas. Para isso foi utilizado o programa DasyLab®, versão 10.0, o que possibilitou a determinação do início da curva. O somatório das duas curvas foi denominado curva resultante (FIGURA 10).

O início do movimento foi determinado quando os valores de força, na curva força x tempo resultante, foram menores do que o valor do peso do indivíduo, característica

que representa a aceleração negativa do movimento descendente da técnica do salto com contramovimento.

O final do movimento foi determinado quando os valores de força, na curva força x tempo, atingiram o zero, ponto em que indica o início da fase de voo ou a perda de contato com a plataforma de força.

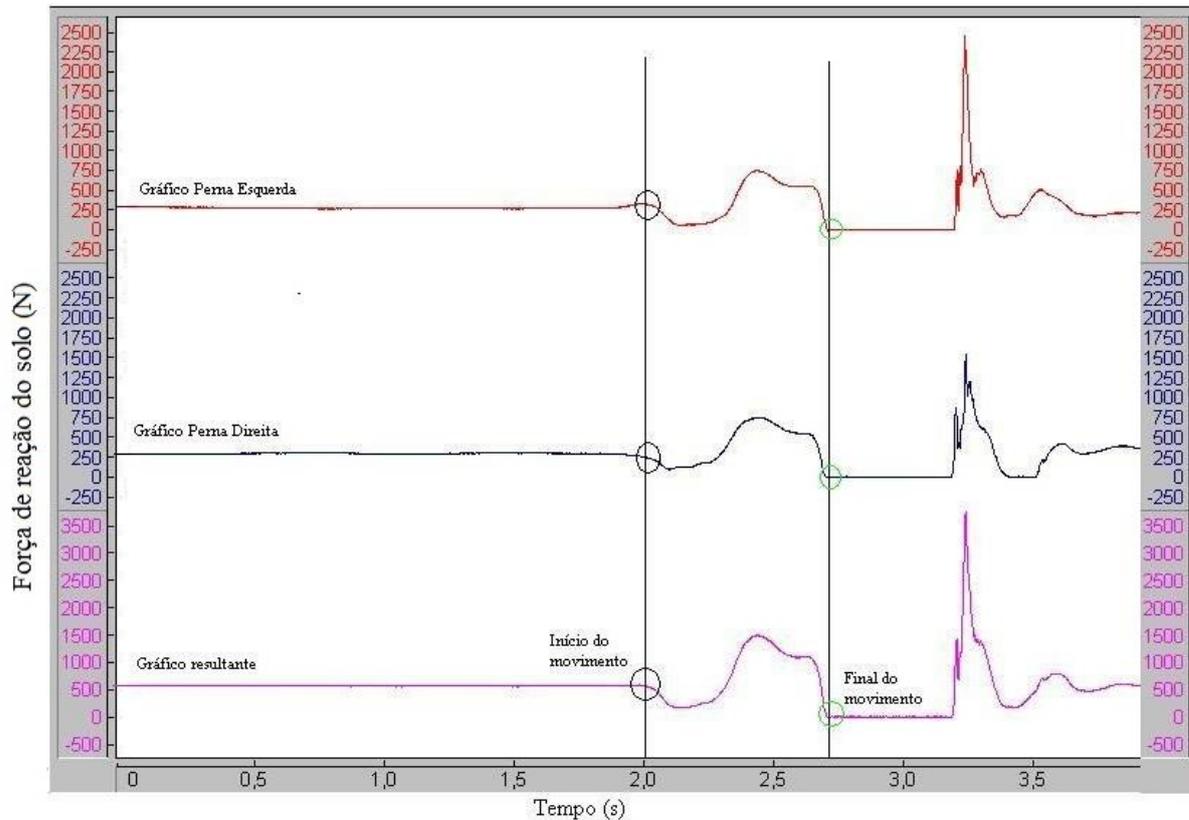


FIGURA 10 – Determinação da resultante e início do movimento
 Fonte: Arquivo BIOLAB, 2012

Aos voluntários foi solicitado pelo examinador que o peso corporal fosse distribuído igualmente entre os membros. O comando verbal do examinador marcou o início da execução do movimento (FIGURA 11).



FIGURA 11 – Salto com contramovimento
Fonte: Arquivo BIOLAB, 2012

3.4.3 Análise simultânea e análises sequenciais

Para o cálculo do ISB foram utilizadas uma análise simultânea e diferentes análises sequenciais.

Na análise simultânea (FIGURA 12) (MENZEL *et al.*, 2013) as variáveis obtidas para cada membro foram comparadas com o membro contralateral da mesma tentativa.

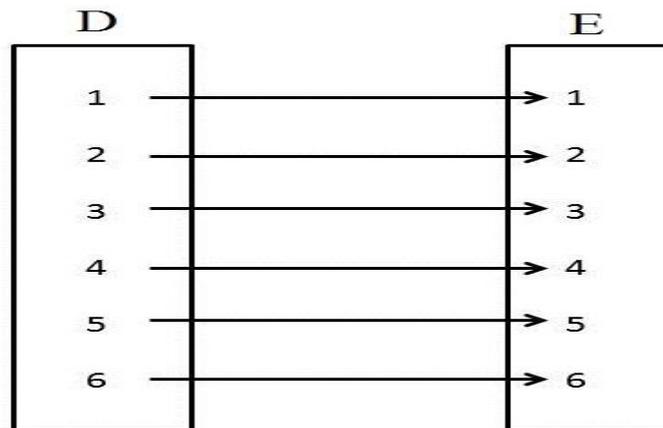


FIGURA 12 – esquema da análise simultânea utilizada para obtenção do ISB

Com os dados obtidos nas seis tentativas realizadas em duas plataformas de força sincronizadas foram realizadas quatro formas diferentes de análises sequenciais: alternada (IMPELLIZZERI *et al.*, 2007), iniciando com a perna direita e iniciando com a perna esquerda (BENJANUVATRA *et al.*, 2013) e aleatória (PREATONI *et al.*, 2005).

- Análise alternada (FIGURA 13, a) - as variáveis foram comparadas com a tentativa seguinte;
- Análise das três primeiras tentativas da perna direita comparando com as três últimas da perna esquerda (FIGURA 13, b);
- Análise das três primeiras tentativas da perna esquerda comparando com as três últimas da perna direita (FIGURA 13, c);
- Análise aleatória (FIGURA 13, d) - as variáveis dos membros inferiores foram comparadas de forma aleatória, excluindo as comparações com os pares correspondentes.

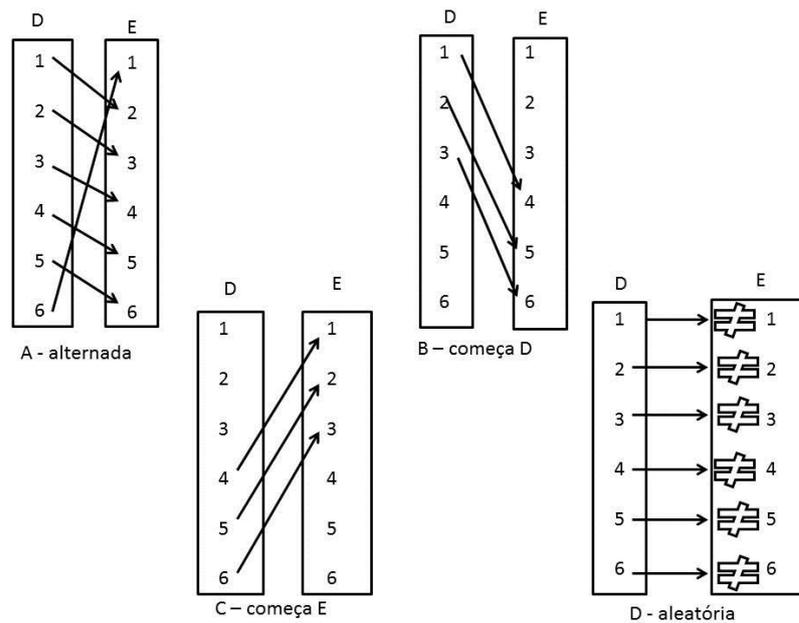


FIGURA 13– esquema das análises sequenciais utilizadas para obtenção do ISB

3.5 Métodos estatísticos

Os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o programa *Statistical Package of the Social Sciences* (SPSS) versão 15.00 (SPSS Inc.).

Inicialmente foi realizada uma análise estatística descritiva dos dados por meio de média e desvio padrão, bem como a normalidade dos dados via teste estatístico de Shapiro-Wilk.

Para o cálculo das AB foi utilizado o índice de simetria lateral proposto por Clark (2001):

$$ISB (\%) = ((\text{membro inferior direito} - \text{membro inferior esquerdo}) / \text{maior valor entre os mmii}) * 100$$

Valores positivos para o ISB indicavam maiores valores das variáveis analisadas para o membro inferior direito, enquanto que os valores negativos para o ISB indicavam maiores valores das variáveis analisadas para o membro inferior esquerdo. Essa equação foi utilizada porque o objetivo do estudo não foi de avaliar se a dominância de um membro inferior sobre o outro interfere nas assimetrias bilaterais. Valores do ISB superiores a 15% foram considerados relevantes para a classificação dos indivíduos como simétricos ou

assimétricos em todas as variáveis analisadas (NOYES *et al.*, 1991; PETSCHING *et al.*, 1998; MAULDER ; CRONIN, 2005; NEWTON *et al.*, 2006; MENZEL *et al.*,2006; IMPELLIZZERI *et al.*, 2007; PATERNO *et al.*, 2007; CROISIER *et al.*, 2008 ; EBBEN; FLANAGAN, 2009; JONES; BAMPOURAS, 2010; MEYLAN *et al.*, 2010 ; MENZEL *et al.*, 2012 ; MENZEL *et al.*, 2013).

Na análise de concordância da informação diagnóstica foi aplicado o teste X^2 de McNemar. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

Com o intuito de verificar a confiabilidade das variáveis dinâmicas obtidas em duas plataformas de força sincronizadas e dos ISB obtidos nos dois procedimentos foi utilizado o coeficiente de correlação intraclassa (CCI 3,1) (ZOU, 2012).

4 RESULTADOS

Os resultados do presente estudo foram apresentados de acordo com os objetivos. Primeiramente foram apresentados: as médias, o desvio padrão, das variáveis do desempenho do SCM e logo depois foram apresentadas, na mesma estrutura, os ISB para as quatro análises sequenciais e a análise.

Após foram apresentados os coeficientes de correlação intraclasse (CCI) para todas as variáveis e para os ISB das diferentes análises. Posteriormente, foi apresentada a classificação dos indivíduos como simétricos ou assimétricos pela análise simultânea, e em seguida, foi apresentada a comparação e a concordância dos métodos.

O resultado do teste de Shapiro - Wilk apresentou que a amostra está dentro da distribuição normal dos dados.

Os resultados descritivos de todas as variáveis dinâmicas analisadas no presente estudo estão representados em média e desvio padrão na tabela 2.

TABELA 2
Resultados descritivos para variáveis dinâmicas

	Perna D		Perna E		Resultante	
	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm
I	75,9	17,2	70,6	18,9	143,8	27,6
F_{max}	839,3	144,6	841,4	146,7	1669,3	312,7
P_{max}	756,8	198,8	723,4	205,1	2912,1	684,1

I – impulso

F_{max} – força máxima

P_{max} – potência máxima

\bar{x} – média

\pm – desvio padrão

Na tabela 3 estão representados os resultados descritivos dos índices de simetria bilateral de todas as variáveis para uma análise simultânea e as quatro análises sequenciais.

TABELA 3

Resultados descritivos dos índices de simetria bilateral (ISB) das variáveis dinâmicas

Variáveis Análises	I		F _{max}		P _{max}	
	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm
Simultânea	17,2	15,2	4,1	4,4	19,2	15,2
Aleatória	15,2	15,7	5,2	4,2	19,1	15,0
Alternada	15,7	15,0	5,0	4,1	20,5	15,6
Início D	17,1	15,7	6,7	5,2	22,9	16,6
Início E	16,4	15,6	6,7	5,3	21,5	16,0

I – impulso

F_{max} – força máximaP_{max} – potência máxima \bar{x} – média \pm – desvio padrão

Os resultados obtidos para o ISB mostram que na média os indivíduos são considerados assimétricos para impulso e potência máxima, porém, com um alto desvio padrão, esses resultados podem representar a alta variabilidade entre os indivíduos.

A tabela 4 apresenta os dados relacionados ao coeficiente de correlação intraclasse das variáveis dinâmicas analisadas no presente estudo.

TABELA 4

Resultados para o Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI 3,1) das medidas em duas plataformas de força

Variáveis	CCI	p
I	0,86	0,000
F_{max}	0,85	0,000
P_{max}	0,90	0,000

I – impulso

F_{max} – força máximaP_{max} – potência máxima

Os resultados do CCI (3,1) demonstraram que todas as variáveis apresentam um valor superior a 0,85, significando que as variáveis obtidas pelas duas plataformas de força sincronizadas são confiáveis.

A tabela 5 apresenta os dados relacionados ao coeficiente de correlação intraclasse dos índices de simetria lateral obtidos nas quatro análises sequenciais e na análise simultânea.

TABELA 5
Resultados para o Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI 3,1) dos índices de simetria bilateral nas diferentes análises

Variáveis	Simultânea		Aleatória		Alternada		Início D		Início E	
	CCI	p	CCI	p	CCI	p	CCI	p	CCI	p
F_{max}	0,95	0,000	0,61	0,000	0,82	0,000	0,80	0,000	0,75	0,000
P_{max}	0,95	0,000	0,94	0,000	0,95	0,000	0,91	0,000	0,91	0,000
I	0,94	0,000	0,94	0,000	0,96	0,000	0,64	0,000	0,74	0,000

F_{max} – força máxima

P_{max} – potência máxima

I – impulso

Os resultados do CCI para os ISB não apresentaram uma concordância de valores para as diferentes análises. A variável potência máxima apresentou valores de CCI sempre superiores a 0,9.

O quadro 3 mostra categorização dos indivíduos em “assimétricos” quando o índice de simetria lateral ultrapassou 15% (NOYES *et al.*, 1991; PETSCHNIG *et al.*, 1998). Os resultados apresentados no quadro 1 são referentes à análise simultânea do ISB.

QUADRO 3

Classificação dos indivíduos em assimétricos e simétricos nas variáveis estudadas pelos resultados obtidos no ISB

Indivíduo	F_{max}	P_{max}	I
1			
2			
3		assim +	assim +
4			
5			
6			
7		assim +	assim +
8	assim +	assim +	assim +
9	assim -	assim -	assim -
10			
11		assim -	assim -
12			
13		assim +	assim +
14		assim -	assim -
15		assim -	assim -
16		assim +	assim +
17		assim +	assim +
18			
19		assim +	assim +
20		assim -	
21		assim -	assim -
22		assim -	assim -
23			
24		assim +	assim +
25		assim +	assim +
26		assim -	-assim
27			assim +
28			
29			
30		assim +	assim +
31		assim -	assim -

+Assim - Percentual de assimetria maior que 15% com predominância do membro inferior direito

-Assim - Percentual de assimetria maior que 15% com predominância do membro inferior esquerdo.

F_{max} – força máxima

P_{max} – potência máxima

I – impulso

Pelos resultados apresentados no quadro 3, é possível verificar que a maioria, 19 indivíduos, foram considerados assimétricos para as variáveis dinâmica impulso (60%) e potência máxima (60%), sendo que houve uma concordância entre 18 indivíduos (89%) enquanto que a minoria, 2 indivíduos, foi considerada assimétrica para a força máxima.

As tabelas 6, 7, 8 e 9 representam os resultados da concordância da informação diagnóstica entre as diferentes análises sequenciais e a análise simultânea.

A tabela 6 representa resultados da concordância da informação diagnóstica da análise simultânea e da análise sequencial aleatória.

TABELA 6

Teste X^2 de McNemar para concordância diagnóstica da análise simultânea e a análise sequencial aleatória

Simultanea		Aleatoria		p
		Assimétrico	Simétrico	
Impulso	Assimétrico	16	3	0,313
	Simetrico	1	11	
F_{máx}	Assimétrico	2	0	0,893
	Simetrico	0	29	
P_{máx}	Assimétrico	13	7	0,750
	Simetrico	7	4	

F_{máx} – Força máxima

P_{máx} – Potência máxima

p – nível de significância (p<0,05)

A tabela 7 representa os resultados da concordância da informação diagnóstica da análise simultânea e da análise sequencial alternada.

TABELA 7

Teste X^2 de McNemar para concordância diagnóstica da análise simultânea e a análise sequencial alternada

Simultanea		Alternada		p
		Assimétrico	Simétrico	
Impulso	Assimétrico	17	2	0,500
	Simetrico	1	11	
F_{máx}	Assimétrico	1	1	0,753
	Simetrico	0	29	
Pot_{máx}	Assimétrico	12	8	0,500
	Simetrico	7	4	

F_{máx} – Força máxima

P_{máx} – Potência máxima

p – nível de significância (p<0,05)

A tabela 8 representa resultados da concordância da informação diagnóstica da análise simultânea e da análise sequencial iniciando com a perna direita.

TABELA 8

Teste X^2 de McNemar para concordância diagnóstica da análise simultânea e a análise sequencial início perna direita

Simultanea		Início D		p
		Assimétrico	Simétrico	
Impulso	Assimétrico	17	2	0,688
	Simetrico	2	10	
F_{máx}	Assimétrico	0	2	0,500
	Simetrico	3	26	
Pot_{máx}	Assimétrico	13	7	0,688
	Simetrico	7	4	

F_{máx} – Força máxima

P_{máx} – Potência máxima

p – nível de significância (p<0,05)

A tabela 9 representa resultados da concordância da informação diagnóstica da análise simultânea e da análise sequencial iniciando com a perna direita.

TABELA 9

Teste X^2 de McNemar para concordância diagnóstica da análise simultânea e a análise sequencial início perna esquerda

Simultanea		Início E		p
		Assimétrico	Simétrico	
Impulso	Assimétrico	16	3	0,656
	Simetrico	3	9	
F_{máx}	Assimétrico	2	0	0,750
	Simetrico	1	28	
Pot_{máx}	Assimétrico	13	7	0,500
	Simetrico	6	5	

F_{máx} – Força máxima

P_{máx} – Potência máxima

p – nível de significância ($p < 0,05$)

O valor de p para o teste de X^2 de McNemar variou entre 0,313 e 0,753. A partir desses resultados é possível afirmar que não foi encontrada nenhuma diferença significativa entre a informação diagnóstica da análise simultânea e as análises sequenciais, aleatória, alternada, iniciando com a perna direita e iniciando com a perna esquerda.

5 DISCUSSÃO

A discussão sobre as variáveis analisadas no estudo será dividida em três partes, na primeira parte será abordada a temática confiabilidade das medidas, na segunda a categorização dos indivíduos e na terceira parte a comparação das diferentes análises, quatro sequenciais e uma simultânea.

5.1 Confiabilidade das medidas obtidas pelas duas plataformas de força

Foram encontrados valores para os coeficientes de correlação intraclasse superiores a 0,85 para as variáveis dinâmicas em duas plataformas de força. De acordo com Cicchetti (1994) valores de CCI entre 0,75 e 1 são interpretados como excelentes.

Os valores de CCI para a força máxima ($CCI_{Fmáx}$) $CCI_{Fmáx} = 0,85$, são condizentes com os resultados encontrados na literatura. Impellizzeri *et al.* (2007) encontraram o valor de $CCI_{Fmáx} = 0,91$, Cordova e Armstrong (1996) o valor $CCI_{Fmáx} = 0,94$, e Cronin *et al.* (2004) encontraram um valor médio de $CCI_{Fmáx} = 0,86-0,93$. McElveen *et al.* (2010) também encontraram $CCI_{Fmáx} = 0,90$, para o membro dominante e $CCI_{Fmáx} = 0,85$, para o membro não dominante.

Com os excelentes valores (CICCHETTI, 1994) para $CCI_{Fmáx}$ encontrados em estudos prévios e reproduzidos em valores mais altos por esse estudo, pode-se afirmar que a variável força máxima é altamente confiável para a análise do desempenho dos membros inferiores.

Este estudo também obteve valores superiores a 0,9 de CCI para a potência máxima ($CCI_{Pmáx}$). O valor obtido foi $CCI_{Pmáx} = 0,90$. Os resultados do presente estudo são condizentes com os resultados obtidos por McElveen *et al.* (2010), em que o $CCI_{Pmáx} = 0,876$ para o membro inferior dominante e $CCI_{Pmáx} = 0,917$ para o membro inferior dominante.

Pelos resultados obtidos pelo estudo de McElveen *et al.* (2010) e pelo presente estudo é possível afirmar que a potência máxima é uma variável confiável para a determinação do desempenho no salto com contramovimento.

Os valores de CCI para a variável de impulso (CCI_I), $CCI_I = 0,86$, corroboram os valores encontrados por McElveen *et al.* (2010), $CCI_I = 0,800$, para o membro inferior dominante, $CCI_I = 0,656$, para o membro inferior não dominante, porém, os resultados não são similares aos resultados obtidos por Cordova e Armstrong (1996) que obtiveram um valor de $CCI_I = 0,22$.

Os resultados obtidos pelo presente estudo e por McElveen *et al.* (2010) concordam que o impulso é uma variável com um CCI excelente para a análise do desempenho do salto.

Através dos resultados obtidos para os valores de CCI em todas as variáveis é possível afirmar que as duas plataformas de força sincronizadas reproduzem valores altamente confiáveis e que estes instrumentos são opções válidas para a análise de variáveis dinâmicas e durante o SCM. Além disso, como em todas as variáveis analisadas o valor do CCI foi igual ou superior a 0,85, conclui-se que todas são confiáveis para serem utilizadas para análises subsequentes de desempenho.

5.2 Diagnóstico das assimetrias bilaterais

As seguintes análises da existência de uma assimetria bilateral foram feitas somente pela análise simultânea, já que os resultados obtidos no presente estudo apontam que não existe diferença significativa na informação diagnóstica entre as quatro análises sequenciais e a análise simultânea.

Dos 31 voluntários, somente quatro (12,9%) relataram a perna esquerda como o membro inferior dominante e 27 (87,1%) relataram a perna direita como o membro inferior dominante. O membro inferior dominante foi considerado aquele com que os indivíduos preferencialmente chutariam uma bola de futebol (O'DONNELL *et al.*, 2006; MAULDER e CRONIN, 2005; FAGENBAUM e DARLING, 2003; CHAVET *et al.*, 1997; WIKSTROM *et al.*, 2008).

Foram obtidos os ISB para todos os indivíduos nas variáveis dinâmicas, força máxima, potência máxima, impulso.

Analisando a força máxima, somente dois (6,45% da amostra) dos 31 voluntários foram considerados assimétricos, sendo que esses dois voluntários também foram considerados assimétricos para o impulso e para a potência máxima. Os resultados do presente estudo concordam com os resultados obtidos por Newton *et al.* (2006), em que não foram encontradas diferenças do ISB para os membros inferiores. Paterno *et al.* (2007) ao analisar a força máxima em indivíduos saudáveis também não encontrou diferenças entre as pernas direita e esquerda, tanto na fase de impulsão, quanto na aterrissagem. Menzel *et al.* (2013) avaliaram existência de uma assimetria da força máxima em jogadores de futebol e também não foram encontradas diferenças entre os membros inferiores esquerdo e direito.

No presente estudo dos 31 voluntários estudados, 20 (60% da amostra) foram considerados assimétricos quando o impulso e a potência máxima foram analisados, sendo que desses 20 voluntários, 18 (89% dos voluntários considerados assimétricos para impulso e/ou potência máxima) foram considerados assimétricos para ambas as variáveis. Podendo assim, identificar uma alta correlação entre as duas variáveis, resultados que concordam com o estudo de Menzel *et al.* (2012; 2013).

As variáveis impulso, força máxima e potência máxima foram analisadas também por Menzel *et al.* (2012; 2013), e assim como os resultados obtidos por esses autores, as variáveis impulso e potência máxima identificaram mais indivíduos com uma assimetria bilateral entre os membros inferiores direito e esquerdo.

Nem todos os indivíduos que foram considerados assimétricos apresentaram essa diferença no membro inferior dominante. Na força máxima, os dois indivíduos apresentados como assimétricos, apresentaram essa diferença favorecendo o membro inferior não dominante. Na potência máxima, 11 dos 19 indivíduos apresentaram a diferença maior para o membro inferior não dominante. No impulso, dos 19 indivíduos assimétricos, nove apresentaram os valores assimétricos para o membro contra lateral não dominante. Esses resultados discordam dos resultados esperados pelo presente estudo de que os valores de assimetria seriam sempre encontrados para o membro inferior dominante.

Os 17 indivíduos considerados assimétricos para impulso e potência máxima foram assimétricos para o mesmo membro, sendo ele o membro inferior dominante ou não. Esses resultados apresentam uma concordância nos ISL.

Apesar de não ter sido encontrada nenhuma diferença significativa entre os cinco análises para obtenção do ISB, em algumas análises, os indivíduos foram considerados

assimétricos em algumas e simétricos em outras, porém no presente estudo só foram apresentados os resultados da análise simultânea.

O ISB apresentado para o membro inferior não dominante pode ser explicado pelas demandas físicas do esporte, em que o indivíduo utiliza o esse membro para impulsionar o seu corpo enquanto utiliza o membro contralateral para chutar a bola por exemplo.

Dessa maneira, é possível concluir que as variáveis, impulso e potência máxima, identificam mais indivíduos com AB. É possível afirmar também que os ISB concordam nessas duas variáveis no membro inferior que apresentou maiores valores de diferenças.

5.2.1 Confiabilidade do índice de simetria lateral nas diferentes análises

Foi determinada a confiabilidade para o ISB de todas as variáveis nas quatro análises sequenciais e na análise simultânea. Nem todos os resultados encontrados para valores de CCI foram considerados excelentes (CICHETTI, 1994) para as variáveis estudadas nas diferentes análises.

Ao analisar ISB para a força máxima, somente a análise aleatória (CCI = 0,612) apresentou um valor de CCI menor que 0,75. Significando que, além da alta confiabilidade da variável, o cálculo do ISB também é confiável para identificação de indivíduos com possíveis AB. Os resultados do presente estudo concordam com os resultados do estudo de Menzel *et al.* (2012) em que a variável força máxima obteve um CCI = 0,91. Menzel *et al.* (2013) também determinaram a confiabilidade da diferença na força máxima e encontraram um valor de CCI = 0,74.

Na potência máxima, todas as cinco análises apresentaram um CCI superior a 0,9, simultânea, 0,955, aleatória, 0,947, alternada, 0,958, início D, 0,914 e início E, 0,911. Esse resultado demonstra que em qualquer uma das análises propostas, o ISB da potência máxima é confiável. Menzel *et al.* (2012) não encontraram um valor de CCI superior a 0,9, CCI = 0,77, porém esse valor ainda pode ser considerado como excelente (CICHETTI, 1994). Um valor excelente (CICHETTI, 1994) também foi encontrado no estudo de Menzel *et al.* (2013) para o ISB da potência máxima, CCI = 0,81.

Assim como na força máxima, nem todos os ISB no impulso foram superiores a 0,9. As análises início D, 0,646 e início E, 0,741, apresentaram valores inferiores ao

considerado por Cichetti (1994) como excelentes. Porém, as demais análises demonstram serem alternativas confiáveis para a diagnose das AB. As análises que obtiveram um valor superior a 0,9, concordam com o resultado obtido por Menzel *et al.* (2012), CCI = 0,93. Os resultados obtidos por Menzel *et al.* (2013), CCI = 0,71, assim como os resultados encontrados no presente estudo, estão considerados como bons (CICHETTI, 1994).

Dessa maneira, os valores obtidos para o CCI do ISB na análise simultânea e na análise sequencial alternada foram sempre superiores a 0,80, assim sempre considerados como excelentes. Isso demonstra que, a utilização da análise simultânea dos dados obtidos em duas plataformas de força pode ser mais confiável do que as análises sequenciais para a identificação de AB. É possível concluir também que os valores do ISB também são medidas confiáveis.

5.3 Concordância da informação diagnóstica da AB entre análises sequenciais e simultâneas

Impellizzeri *et al.* (2007) propuseram o método de análise de diferenças laterais funcionais entre os membros inferiores através de uma plataforma de força. A FRS de cada membro inferior foi coletada separadamente, forma sequencial. Os indivíduos saltavam cinco vezes medindo somente a perna direita e cinco vezes medindo somente a perna esquerda. A variável dinâmica extraída das curvas força vs tempo foi a força máxima, e a comparação entre as tentativas foi realizada entre os pares (1ª tentativa da perna direita comparada com a 1ª tentativa da perna esquerda e assim sucessivamente).

No estudo de Menzel *et al.* (2013) o método proposto para a diagnose de assimetrias bilaterais entre os membros inferiores foi aquisição simultânea de FRS utilizando duas plataformas de força sincronizadas. Os indivíduos realizaram três SCM das duas plataformas de força o que garantiu aos autores a comparação entre os dois membros inferiores na mesma tentativa.

O presente estudo utilizou duas plataformas de força ligadas simultaneamente para a obtenção da FRS. Porém, não foi realizada somente a análise simultânea como proposto pelo estudo de Menzel *et al.* (2013). Para a obtenção dos ISB foram também realizadas quatro análises sequenciais, aleatória, alternada, iniciando a análise com a perna direita e iniciando a análise com a perna esquerda. A realização das quatro diferentes análises

sequenciais foram realizadas por terem sido relatadas na literatura diferentes métodos de obtenção dos dados para os membros inferiores.

Após o cálculo do índice de simetria bilateral os indivíduos foram classificados como: simétricos ou assimétricos, para as variáveis dinâmicas, impulso, força máxima e potência máxima, nas quatro análises sequenciais, aleatória, alternada, iniciando com a perna direita e iniciando com a perna esquerda, e na análise simultânea.

O teste de X^2 de McNemar foi utilizado para avaliar a concordância da informação diagnóstica entre essas diferentes análises, em que o $p < 0,05$ indicaria diferenças significativas entre a informação diagnóstica. O valor de p nesse estudo variou entre 0,313 e 0,758. Não foram encontradas diferenças significativas entre a informação diagnóstica entre as quatro análises sequenciais e a análise simultânea.

Menzel *et al.* (2013) realizaram o mesmo procedimento para identificar possíveis diferenças na informação diagnóstica entre o teste de salto vertical com contramovimento e o teste isocinético. Esses autores avaliaram no SCM o impulso, a força máxima e a potência máxima, e no teste isocinético foram avaliados o pico de torque e o trabalho em diferentes velocidades, 60°/s, 180°/s e 300°/s. Foram encontradas diferenças significativas entre a informação diagnóstica do impulso e da potência máxima para o pico de torque e o trabalho em todas as velocidades avaliadas. Quando foi analisada a força máxima, só foi encontrada uma diferença significativa quando comparada ao pico de torque a 60°/s. Foi então concluído que o teste isocinético e o teste de salto vertical em plataforma de força são diferentes métodos de diagnose da AB e que levam a diferentes resultados.

É possível então afirmar que o teste de salto vertical em plataforma de força, analisado de maneira sequencial e/ou simultânea resulta na mesma informação diagnóstica da AB.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo, que teve como objetivo comparar o método de análise sequencial de saltos em uma plataforma de força com o método de análise simultânea de saltos em duas plataformas de força sincronizadas e verificar a confiabilidade das variáveis em duas plataformas de força e do índice de simetria bilateral nos dois procedimentos (sequencial e simultâneo) em atletas de atletismo e futebol, demonstrou que para essa população não foram encontradas diferenças significativas entre as informações diagnósticas nos dois procedimentos. E que as variáveis obtidas em duas plataformas de força são confiáveis assim como são os ISB para os dois procedimentos. Entretanto, é possível perceber que a variável impulso identificou mais indivíduos com assimetria bilateral em concordância com os dois procedimentos.

Sugestões futuras são dadas para a realização de estudos que combinem uma maior diversidade de testes são necessários para a avaliação da concordância das informações diagnósticas entre diferentes os diferentes testes. E estudos que discutam valores normativos de assimetrias que podem provocar lesões promovendo novas discussões sobre esses valores. Tais estudos deveriam ser longitudinais e mostrarem os percentuais de assimetrias em mmii de atletas e as lesões associadas a esses percentuais durante o período de observação.

REFERÊNCIAS

ABERNETHY, P.; WILSON, G.; LOGAN, P. Strength and power assessment. issues, controversies and challenges. **Sports Medicine**, v. 19, p. 401-417, 1995.

AUGUSTSSON, J.; THOME, R. Ability on closed and open kinetic chain tests of muscular strength to assess functional performance. **Scandinavian Journal of Medicine Science & Sports**, v. 10, p. 164-168, 2000.

BARBER, S. D. *et al.* Quantitative assessment of functional limitation in normal and anterior ligament deficient knee. **Clinical Orthopaedic and Related Research**, v. 255, p. 204-214, 1990.

BLUSTEIN, S. M.; D'AMICO, J. C. Limb length discrepancy Identification, clinical significance, and management. **Journal of the American Podiatric Medical Association**, n. 75, p. 200-206, 1985.

BORG, G. A. V. **Escalas de Borg para a dor e esforço percebido**. São Paulo: Manole, 2000.

BOSCO, C; LUHTANEN, P; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **European Applied Physiology**, v. 50, p. 273-282, 1983.

CHALLIS, J. H. An investigation of the influence of bilateral deficit on human jumping. **Human Movement Science**, n. 17, p. 307-325, 1998.

CHAVET, P.; LAFORTUNE, M. A.; GRAY, J. R. Asymmetry of lower extremity responses to external impact loading. **Human Movement Science**, n. 16, p. 391-406, 1997.

CICHETTI, D. V. Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. **Psychological Assessment**, n. 6, p. 284-290, 1994.

CLARK, N. C. Functional Performance Testing Following Knee Ligament Injury. **Physical Therapy in Sports**, v. 2, p. 91-105, 2001.

CORDOVA, M. L.; ARMSTRONG, C. W. Reliability of ground reaction forces during a vertical jump: implications for functional strength assessment. **Journal of Athletic Training**, v. 4, p. 342-345, 1996.

CORTES, N. *et al.* Effects of gender and foot-landing techniques on lower extremity kinematics during drop-jump landings. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 23, p. 289-299, 2007.

COWLEY, H. R. *et al.* Differences in neuromuscular strategies between landing and cutting tasks in female basketball and soccer athletes. **Journal of Athletic Training**, v. 41, p. 67-73, 2006.

CROISIER, J. L.; E CRIELAARD, J. M. Hamstring muscle tear with recurrent complaints: An isokinetic profile. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 8, p. 175-180, 2000.

CROISIER, J. L. *et al.* Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. **American Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 2, p. 199-203, 2002.

CROISIER, J. L. *et al.* Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. **American Journal of Sports and Medicine**, v. 36, p. 1469-1475, 2008.

EBBEN, W. P.; FLANAGAN, E. Bilateral facilitation and laterality during the countermovement jump. **Perceptual and Motor Skills**, v. 108, p. 251-258, 2009.

FAGENBAUM, R.; DARLING, W. G. Jump landing strategies in male and female college athletes and the implications of such strategies for anterior cruciate ligament injury. **American Journal of Sports Medicine**, n.31, p.233-240, 2003.

FERBER, R. *et al.* Bilateral accommodations to anterior cruciate ligament deficiency and surgery. **Clinical Biomechanics**, n.19, p.136-144, 2004.

FOUSEKIS, K.; TSEPIS, E.; VAGENAS, G. Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. **Journal of Sports Science and Medicine**, v.9, p.364-373, 2010.

GIOFTSIDOU, A. *et al.* Isokinetic strength training program for muscular imbalances in professional soccer players, **Sport Science and Health**, v.2, p.101-105, 2008.

GREENBERGER, H.; PATERNO, M. V. Relationship of knee extensor strength and hopping test performance in the assessment of lower extremity function. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v.5, p.202–206, 1995.

HAALAND, E.; HOFF, J. Non-dominant leg training improves the bilateral motor preference of soccer players. **Scandinavian Journal of Medicine Science & Sports**, v.13, p.179-184, 2003.

HAMILTON, R. T. *et al.* Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. **Journal of Athletic Training**, v.43, n.2, p.144–151, 2008.

HEWETT, T. E. *et al.* Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. **American Journal of Sports and Medicine**, n.4, p.492-501, 2005.

HOSHIKAWA, Y. *et al.* Differences in thigh muscularity and dynamic torque between junior and senior soccer players. **Journal of Sports Sciences**, n.2, p.129-138, 2009.

IMPELLIZZERI, F. M. *et al.* A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, n.?, p.2044-2050, 2007.

IMPELLIZZERI, F. M. *et al.* Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using the Cybex NORM dynamometer. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v.28, n.2, p.113-119, 2008.

JONES, P. A.; BAMPOURAS, T. M. A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, n.6, p.1553-1557, 2010.

KRAMER, J. F.; BALSOR, B. E. Lower extremity preference and knee extensor torques in intercollegiate soccer players. **Canadian Journal of Sports and Science**, v.15, n.3, p.180-184, 1990.

LANSHAMMAR, K.; RIBOM, E. L. Differences in muscle strength in dominant and non-dominant leg in females aged 20-39 years – A population-based study. **Physical Therapy in Sport**, v. 12, p. 76–79, 2011.

LEHANCE, C. *et al.* Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.19, n.2, p.243-251, 2009.

LEPHART, S. M. *et al.* Relationship between selected physical characteristics and functional capacity in the anterior cruciate ligament insufficient athlete. **Journal Orthopaedic Sports Physical Therapy**, n.4, p.174-181, 1992.

LEROY, D. *et al.* Spatial and temporal gait variable differences between basketball, swimming and soccer players. **International Journal of Sports Medicine**, n.21, p.158-162, 2000.

LESS, A.; VANRENTERGHEM, J.; CLERCQ, D. D. Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. **Journal of Biomechanics**, p.1-12, 2004.

MAULDER, P.; CRONIN, J. Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. **Physical Therapy in Sport**, n.6, p.74 -82, 2005.

MENZEL, H. J.; CHAGAS, M. H.; CRUZ, G. L. H. Identification of bilateral asymmetries in lower limbs of soccer players by vertical jumps on a double force platform. In: XXIV ISBS SYMPOSIUM. Salzburg, Austria, p.1-4, 2006.

MENZEL, H. J. *et al.* Reliability of symmetry differences of dynamics variables during countermovement jump. In: XXX ISBS SYMPOSIUM. Melbourne, Australia, p.327-330, 2012.

MENZEL, H. J. K. *et al.* Analysis of lower limb asymmetries by isokinetic and vertical jump tests in soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, n.27, v.5, p.1370–1377, 2013.

MENZEL, H. J. *et al.* Relação entre força muscular de membros inferiores e capacidade de aceleração em jogadores de futebol. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v.19, n.3, p.233-241, 2005.

NEWTON, R. U. *et al.* Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. **Journal of Strength and Conditioning Research**, n.20, p.971-977, 2006.

NUZZO, J. L. *et al.* Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, n.3, p.699-706, 2008.

O'DONNELL, S.; THOMAS, S. G.; MARKS, P. Improving the sensitivity of the hop index in patients with an ACL deficient knee by transforming the hop distance scores. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v.7, n.9, 2006.

PETSCHNIG, R.; BARON, R.; ALBRECHT, M. The relationship between isokinetic quadriceps strength test and hop tests for distance and one-legged vertical jump test following anterior cruciate ligament reconstruction. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.28, n.1, p.23-31, 1998.

PREATONI, E.; GIULIO, I. D.; RODANO, R. Asymmetries in vertical jump: a support for functional motor evaluation? **The 3rd European Medical and Biological Engineering Conference**. Prague, Czech Republic, p.20-25, 2005.

RAHNAMA, N.; LESS, A.; BAMBACICHI, E. A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. **Ergonomics**, v.48, n.11-14, p.1568-1575, 2005.

ROSS, M. D.; LANGFORD, B.; WHELAN, P. J. Test-retest reliability of 4 single-leg horizontal hop tests. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.16, n.4, p.617-622, 2002.

SCHMIDTBLEICHER, D. Training for power events. In: KOMI, P. (Ed.). **Strength and power in sport**. London: Blackwell, p.381-395, 1992.

SEELEY, M. K.; UMBERGER, B. R.; SHAPIRO, R. A test of the functional asymmetry hypothesis in walking. **Gait & Posture**, n.28, p.24-28, 2008.

SHORTER, K. A. *et al.* A new approach to detecting asymmetries in gait. **Clinical Biomechanics**, n.23, p.456-467, 2008.

SIMON, A. M.; FERRIS, D. P. Lower limb force production and bilateral force asymmetries are based on sense of effort. **Experimental Brain Research**, n.187, p.129-138, 2008.

STEPHENS II, T. M. *et al.* Gender and bilateral differences in single-leg countermovement jump performance with comparison to a double-leg jump. **Journal of Applied Biomechanics**, n.23. p.190-202, 2007.

WIKSTROM, E. A. *et al.* Failed jump landing trials: deficits in neuromuscular control. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, n.18, p.55-61, 2008.

WIKSTROM, E. A. *et al.* Jump-landing direction influences dynamic postural stability scores. **Journal of Science and Medicine in Sport**, n.11, p.106-111, 2008.

YOSHIOKA, S. *et al.* The effect of bilateral asymmetry of muscle strength on jumping height of the countermovement jump: A computer simulation study. **Journal of Sports Sciences**, n.28, p.209-218, 2010.

ZIFCHOCK, R. A. *et al.* The symmetry angle: A novel, robust method of quantifying asymmetry. **Gait & Posture**, n.27, p.622-627, 2008.

APÊNDICE
APENDICE A - TERMO DE COMPROMISSO LIVRE E ESCLARECIDO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**IDENTIFICAÇÃO DE ASSIMETRIAS BILATERAIS DOS MEMBROS INFERIORES
POR MEIO DE SALTO VERTICAL EM PLATAFORMA DE FORÇA**

Venho por meio deste, convidá-lo a participar do projeto de pesquisa intitulado “Identificação de assimetrias bilaterais dos membros inferiores por meio de salto vertical em plataforma de força.”.

O objetivo do presente estudo é comparar as assimetrias bilaterais entre os membros inferiores mensuradas por meio de salto vertical padronizado com contramovimento (SCM), em plataforma de força dupla, em análise sequencial e simultânea.

O desenho experimental consistirá de duas sessões, sendo que na primeira sessão para coletar dados pessoais (nome, idade, modalidade praticada, membro dominante). Além disso, serão mensuradas medidas antropométricas (massa corporal e altura) e será realizada a familiarização na plataforma de força dupla. Na sessão 2 os voluntários realizarão o protocolo experimental, que será a realização do salto com contramovimento.

Será garantido o anonimato quanto à sua participação e os dados obtidos serão utilizados exclusivamente para fins de pesquisa pelo Laboratório de Biomecânica.

A realização deste estudo envolve riscos menores de lesões musculoesqueléticas do que os riscos gerais relacionados ao treinamento esportivo das modalidades. Além disso, para a realização do teste serão adotados todos os critérios de segurança relativos ao controle de carga e de amplitude de movimento. Caso venha ocorrer alguma lesão, serão realizados os primeiros socorros e será acionado o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU - 192) para o encaminhamento do voluntário ao hospital.

O voluntário pode recusar a participar desse estudo ou pode abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar se justificar e sem qualquer constrangimento.

Eu, _____ concordo em participar desta pesquisa realizada pelo Laboratório de Biomecânica da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG.

Sei que não está prevista qualquer forma de remuneração e que todas as despesas relacionadas com o estudo são de responsabilidade do pesquisador – UFMG.

Se, após o esclarecimento de todos os procedimentos novas dúvidas surgirem durante o andamento da pesquisa, terei total liberdade para esclarecê-las com a equipe responsável.

Compreendo, também, que os pesquisadores podem decidir sobre sua exclusão do estudo por razões científicas, sobre as quais serei devidamente informado.

Portanto, concordo com o que foi exposto acima e dou o meu consentimento.

Belo Horizonte, de _____ 2012

Assinatura do voluntário

Declaro que expliquei os objetivos desse estudo, dentro dos limites dos meus conhecimentos científicos.

Pesquisadores: Hans Hans-Joachim Menzel: Rua Desembargador Paulo Mota, 490, Ouro Preto, Belo Horizonte, MG – Brasil, CEP: 31310-340 tel: (31) 34092327

Fabíola Bertú Medeiros: Avenida Olegário Maciel, 1741/800, Lourdes, Belo Horizonte, MG – Brasil, CEP: 30180-111 tel:(31) 91821413/33374896

Assinatura do pesquisador responsável

COEP: Av. Antônio Carlos, 6627- Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005
Campus Pampulha Belo Horizonte, MG – Brasil CEP: 31270-901 tel:(31) 3409- 459

ANEXO**ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UFMG**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Projeto: CAAE – 01513712.8.0000.5149

Interessado(a): Prof. Hans-Joachim Karl Menzel
Departamento de Esportes
EEFFTO - UFMG

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 04 de setembro de 2012, o projeto de pesquisa intitulado "**Análise das diferenças bilaterais funcionais dos membros inferiores identificadas por meio do salto vertical bipodal simultâneo em plataforma de força dupla**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

Profa. Maria Teresa Marques Amaral
Coordenadora do COEP-UFMG

