



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
CAMPUS MINISTRO REIS VELLOSO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOMÉDICAS**

**DELFRAN DA COSTA E SILVA JUNIOR**

**EQUILÍBRIO ESTÁTICO COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE EXAUSTÃO  
MUSCULAR**

**PARNAÍBA – PI  
DEZEMBRO - 2018**

DELFRAN DA COSTA E SILVA JUNIOR

**EQUILÍBRIO ESTÁTICO COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE EXAUSTÃO MUSCULAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biomédicas da Universidade Federal do Piauí, *Campus* Ministro Reis Velloso, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biomédicas.

Área de concentração: Medicina investigativa e marcadores epidemiológicos

Orientador: Prof. Dr. Baldomero Antonio Kato da Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Vinícius Saura Cardoso.

PARNAÍBA – PI  
DEZEMBRO – 2018

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial Prof. Cândido Athayde – Campus Parnaíba  
Serviço de Processamento Técnico

S586e Silva Júnior, Delfran da Costa e  
Equilíbrio estático como ferramenta de avaliação de exaustão muscular  
[manuscrito] / Delfran da Costa e Silva Júnior. – 2018.  
69 f. : il. color.

Impresso por computador (printout).  
Dissertação (Mestrado em Ciências Biomédicas) – Universidade  
Federal do Piauí, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Baldomero Antonio Kato da Silva.  
Coorientador: Prof. Dr. Vinícius Saura Cardoso.

1. Controle Postural. 2. Equilíbrio Postural. 3. Exaustão Muscular. I.  
Titulo.

CDD: 613.78

DELFRAN DA COSTA E SILVA JUNIOR

**EQUILÍBRIO ESTÁTICO COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE EXAUSTÃO MUSCULAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biomédicas da Universidade Federal do Piauí, *Campus* Ministro Reis Velloso, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biomédicas.

APROVADA EM \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Baldomero Antonio Kato da Silva – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Vinícius Saura Cardoso – Universidade Federal do Piauí

Profa. Dra. Alessandra Tanuri Magalhães – Universidade Federal do Piauí

---

Prof. Dr. Baldomero Antonio Kato da Silva  
Universidade Federal do Piauí - UFPI  
(Orientador)

PARNAÍBA – PI  
DEZEMBRO – 2018



## SUMÁRIO

RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	2
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	3
LISTA DE TABELAS .....	4
LISTA DE FIGURAS .....	4
INTRODUÇÃO.....	6
REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
Exaustão Muscular.....	9
Controle Postural .....	10
Variáveis de análise .....	13
OBJETIVOS.....	16
Objetivo geral .....	16
Objetivo Específico.....	16
METODOLOGIA.....	17
Local .....	17
Materiais .....	17
Amostra.....	17
Desenho do estudo .....	18
Procedimentos.....	18
Medidas para proteção ou minimização de quaisquer riscos.....	26
Variáveis analisadas.....	27
Análise estatística dos dados.....	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
APÊNDICES .....	44
ANEXOS.....	51

## RESUMO

**Introdução:** A exaustão muscular pode ser definida como a incapacidade na geração e manutenção do nível de força, resultando em diminuição do controle postural. Entretanto, torna-se cada vez mais relevante o estudo das características do deslocamento corporal, e assim são propostas análises que observam também a estrutura do deslocamento, por meio de variáveis de análise não-linear, como as entropias. Através destes descritores, serão possíveis novas abordagens de conhecimento sobre o controle postural para a manutenção do equilíbrio frente a situações adversas, como na presença de exaustão muscular. **Objetivo:** Analisar as alterações do equilíbrio estático por meio do comportamento de variáveis não-lineares do deslocamento do COP em indivíduos saudáveis após protocolo de exaustão muscular de MMII. **Metodologia:** A amostra foi composta por 39 voluntários de 18 a 25 anos do sexo masculino e que cumpriram os critérios de inclusão. O equilíbrio estático foi avaliado por meio de uma plataforma de força nos seguintes momentos: pré-exaustão, pós-exaustão e aos 20 minutos após a interrupção do protocolo de indução à exaustão muscular em MMII, sendo estas avaliações realizadas em apoio unipodal e bipodal, com olhos abertos e fechados. **Resultados:** Os resultados mostram que após a exaustão houve um aumento ( $p < 0,05$ ) em todas as variáveis, quando em postura bipodal, tanto com olhos abertos quanto com olhos fechado, tendo resultado semelhante em postura unipodal com olhos abertos, onde apresentou um aumento ( $p < 0,05$ ) em ApEn em sentido AP e em CrossEn. Enquanto que no processo de recuperação, observamos que: em postura BEO houve uma diminuição ( $p < 0,05$ ) apenas em ApEn em sentido AP e em CrossEn; em BEC não foi observado diferença ( $p < 0,05$ ); e em postura UEO foi encontrado uma diminuição ( $p < 0,05$ ) apenas em ApEn no sentido AP. **Conclusão:** Os achados desse estudo apontam que a instabilidade postural medida por meio das entropias pode ser uma ferramenta coadjuvante na avaliação da exaustão muscular de MMII em atividades atléticas, recreativas ou até mesmo atividades de vida diária. Porém necessita-se de mais estudos para analisar a que nível de exaustão os indivíduos foram submetidos e até mesmo se esta modificação dos padrões de equilíbrio ocorreu por alterações em nível muscular ou sensitivo.

**Palavras-Chave:** Controle Postural, Equilíbrio Postural, exaustão Muscular

## ABSTRACT

**Introduction:** Muscle exhaustion can be defined as the incapacity to generate and maintain the level of strength, resulting in decreased postural control. However, it is becoming more and more relevant to study the characteristics of this displacement, and thus we propose analyzes that also observes the structure of the displacement of the body, through variables of nonlinear analysis, such as entropies. Through these descriptors, new approaches of knowledge about the postural control will be possible to maintain the balance in the face of adverse situations, as in the presence of muscle exhaustion. **Objective:** The aim of the study was to analyze the effectiveness of static balance assessment as an evaluation toll for muscle exhaustion in healthy youngsters. **Methodology:** The sample consisted of 39 male volunteers aged 18 to 25 years of age who met the other inclusion criteria. The static balance was evaluated by means of a force platform in the following moments: pre-exhaustion, post-exhaustion and 20 minutes after the interruption of the induction protocol to muscle exhaustion in LLL, this evaluation was realized on different postural bases - unipodal and bipodal support and visual stimuli. **Results:** The results of this study show that after muscle exhaustion all of the variables increased ( $p < 0,05$ ) in bipodal posture with eyes open and closed, and for unipodal posture the results was very similar, show an increase ( $p < 0,05$ ) on ApEn in AP way and for CrossEn. The results of recovery process show that in BEO was a decrease ( $p < 0,05$ ) on ApEn in AP way and on CrossEn; was not found diference ( $p < 0,05$ ) on BEC posture; and for UEO was found decrease ( $p < 0,05$ ) only on ApEn in AP way. **Conclusion:** the finds of this study suggests that postural stability measure by entropy can be a supporting toll for lower limbs muscle exhaustion evaluation, in athletic, recreational and daily life activites. However, further studies are needed to confirm what level of exhaustion the individuals were submitted and even if this modification of the equilibrium patterns occurred by changes at the muscular or sensory level.

**Keywords:** Postural Control, Postural Balance, Muscle exhaustion



**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

COP	<i>Center of pressure</i>
MMII	Membros inferiores
SNC	Sistema Nervoso Central
AM	Amplitude de Movimento
CG	Centro de Gravidade
AP	Sentido ântero-posterior
ML	Sentido médio-lateral
h	Altura
ATP	Adenosina Trifosfato
ROS	<i>Reactive Oxygen Species</i>
BioSignal	Laboratório de Estudos de Sinais Biológicos
UFPI	Universidade Federal do Piauí
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
ParQ	<i>Physical Activity Readiness Questionnaire</i>
IPAQ	<i>International Physical Activity Questionnaire</i>
BEO	<i>Bipodal with eyes open</i>
BEC	<i>Bipodal with eyes closed</i>
UEO	<i>Unipodal with eyes open</i>
UEC	<i>Unipodal with eyes closed</i>
RPM	Rotações por minuto
W	<i>Watts</i>
RMS	<i>Root Mean Square</i>
MPF	<i>Mean Power Frequency</i>
ApEn	<i>Approximate entropy</i>
CrossEn	<i>Cross - Approximate entropy</i>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> Médias ( $\pm$ desvio padrão) dos dados antropométricos da amostra.....	30
<b>Tabela 02:</b> Valores em média e desvio padrão das variáveis no processo de exaustão. ....	32
<b>Tabela 03:</b> Valores em média e desvio padrão das variáveis no processo de recuperação. .....	34

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> avaliação do equilíbrio estático em postura bipodal (vista lateral).....	20
<b>Figura 02:</b> avaliação do equilíbrio estático em postura bipodal (vista posterior). ....	21
<b>Figura 03:</b> avaliação do equilíbrio estático em postura unipodal.....	22
<b>Figura 04:</b> Configuração dos <i>steps</i> aplicados no protocolo de indução à exaustão subjetiva, com valores referentes a RPM e Watts.....	24
<b>Figura 05:</b> protocolo de exaustão .....	26

## INTRODUÇÃO

O ponto de exaustão ou a exaustão muscular, ocorre no momento em que um nível de exercício constante não pode mais ser sustentado, sendo este uma queixa comum entre praticantes de atividades física com ênfase em treinamento ou reabilitação de forma geral (Abd-Elfattah et al. 2015; Fulco et al. 1996).

É consenso na literatura que a exaustão muscular altera o desempenho motor, devido às modificações dos mecanismos neurológicos, bioquímicos, biomecânicos (Bigland-Ritchie; Woods, 1984; Enoka; Stuart, 1992; Gandevia, 1998). Assim, déficits nas capacidades de produzir movimentos de compensação podem surgir em função de exaustão decorrente de intensa atividade muscular, o que pode resultar em deficiências no controle postural, aumentando assim predisposições a lesões dos tecidos musculares e conjuntivos. Esse prejuízo pode ser transitório, durando minutos ou horas após o exercício, ou ter duração de longos períodos, como vários dias. Os prejuízos de curta duração resultam de distúrbios metabólicos ocorridos após o exercício de alta intensidade. Já os prejuízos de longa duração podem estar relacionados à lesão tecidual causada pelo exercício e ao fenômeno conhecido como dor muscular tardia (Baroni et al. 2010; Bison et al. 2011; McGregor et al. 2011; Bellew e Fenter, 2012; Thiele et al. 2014).

O efeito da exaustão muscular sobre o controle postural tem sido vastamente abordado na literatura especializada, com abordagens pontuais, como quando há indução de exaustão em músculos específicos (Baroni et al. 2010; Bisson et al. 2011; Barbieri et al. 2013; Boyas et al. 2013), ou global (Degache et al. 2014) em posturas bipodais e unipodais (Corbeil et al. 2003; Bizid et al, 2009; Bisson et al. 2011; McGregor et al. 2011; Bruniera et al. 2013; Paillard et al. 2013), em condições estática e dinâmicas (Barela e Duarte, 2013; Cortes et al, 2014), por meio de diversos protocolos de indução à exaustão (Fox et al. 2008; Baghbaninaghadehi et al. 2013). Estes estudos, entretanto, convergem em aspectos comuns que é o estudo das variáveis que mensuram o controle postural, de modo que forneçam dados clinicamente relevantes sobre sua influência sobre o equilíbrio.

O equilíbrio, ou a estabilidade postural, é o resultado das forças que atuam no centro de massa do corpo no interior da base de suporte e pode ser definida ainda como a capacidade do indivíduo para manter uma orientação vertical, apresentando-se como um componente fundamental para concluir com sucesso atividades da vida diária e participar de eventos físicos e esportivos (Reimer e Wikstrom, 2010). A manutenção do equilíbrio e da orientação corporal em humanos é garantida pelo adequado funcionamento do sistema de controle postural, sendo mediada pela integração de informações dos sistemas sensoriais e motores, como a utilização de múltiplas entradas sensoriais, tais como sistemas visual, vestibular e proprioceptivo e numerosas correções da musculatura e posicionamento articular dos membros inferiores (MMII) e tronco (Duarte e Freitas, 2010).

Além disso, o controle postural é uma medida quantificável do controle neuromuscular de reagir rapidamente a perturbações que produzem forças desestabilizadoras, as quais têm seus efeitos minimizados por meio de ajustes posturais (Thiele et al. 2014). A reduzida capacidade do sistema musculoesquelético de responder prontamente às forças que atuam sobre o corpo e perturbam o equilíbrio pode alterar os mecanismos perceptivos e efetores e modificar as respostas do sistema neuromuscular de forma a interferir na estabilidade corporal, desempenhando um papel importante na estabilidade da articulação dinâmica e proteção do corpo contra lesões (Reimer e Wikstrom, 2010). O comprometimento dos sistemas musculoesquelético e sensorial envolvidos no controle postural é de importância clínica ao caracterizar os resultados e precauções para a prevenção de lesões traumáticas e quedas (McGregor et al. 2011; Bruniera et al. 2013; Thiele et al. 2014). Uma das formas fisiológica e clinicamente relevante que o controle postural pode ser prejudicado é por meio do exercício fatigante. (Reimer e Wikstrom, 2010; Zech et al, 2012; Corbeil et al, 2013; Paillard, 2012).

As análises lineares geralmente quantificam a oscilação postural utilizando medidas espaciais relacionadas ao comprimento da trajetória do COP, ou seja, descrevem quanto movimento há no equilíbrio postural, levando-se em consideração a magnitude de sua variabilidade. Contudo, poucos estudos têm buscado características complementares a estas medidas, como os métodos baseados em dinâmica não-linear, como a análise das entropias,

que tem permitido a quantificação da estrutura temporal das trajetórias do COP, visando avaliar, mais enfaticamente, a complexidade da série temporal (Deffeyes et al, 2009)..

Os resultados obtidos nesta investigação poderão, deste modo, fornecer dados que propiciem avanços na área clínicas e desportiva, uma vez que a exaustão muscular é um fenômeno rotineiro na vida de atletas de forma geral, ocorrendo também com frequência em não atletas, porém os instrumentos capazes de mensurar essa exaustão ainda são muito vagos e subjetivos. Desde modo inferimos que a avaliação do equilíbrio estático seja capaz de avaliar a exaustão muscular. Especialmente por meio das entropias aproximada e cruzada.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.4. Exaustão Muscular

Exaustão é um termo usado para descrever uma diminuição no desempenho físico associada a um aumento da dificuldade real / percebida de uma tarefa ou exercício. De outro aspecto, a exaustão muscular é definida como a incapacidade dos músculos para manter o nível necessário de força durante os exercícios. Alternativamente, pode ser definido como um exercício intenso capaz de induzir redução na capacidade do músculo para gerar força. O termo exaustão muscular é usado para denotar uma diminuição transitória na capacidade muscular para realizar atividade física. A realização de uma tarefa motora por longos períodos induz a exaustão, que é geralmente aceita como um declínio na capacidade de uma pessoa exercer força (Abd-Elfattah, 2015).

Esse fenômeno biológico complexo, encontra-se, normalmente, associado à incapacidade em manter um nível requerido ou esperado de força, ou ainda, a impossibilidade de continuar se exercitando em uma determinada intensidade de trabalho, afetando ainda diversos outros fatores relacionados ao desempenho humano: coordenação do movimento, precisão, tempo de reação e capacidades proprioceptivas. Estes conceitos, entretanto, não devem transmitir a ideia equivocada da existência de um ponto exato durante o exercício em que acontece a exaustão, uma vez que ocorre o declínio gradual da capacidade de produção de força máxima de um músculo até a incapacidade de realização da tarefa motora em questão, ponto comumente denominado de “ponto de exaustão”. Além da redução da eficiência do sistema musculoesquelético, a exaustão também prejudica o funcionamento do sistema sensorial proprioceptivo e exteroceptivo, afetando negativamente o controle postural. (Baroni et al. 2011; Marchetti e Uchida, 2011; Abd-Elfattah et al. 2015).

Durante exercícios de intensidade moderada, o glicogênio muscular é uma das principais fontes de substrato para a ressíntese de ATP via metabolismo oxidativo. À medida que a duração do exercício se prolonga, os estoques intramusculares de glicogênio diminuem e, quando depletados, o indivíduo torna-se incapaz de manter a intensidade do exercício. Em exercícios prolongados, observa-se também um aumento na taxa de captação de glicose sanguínea pela célula muscular, local onde é oxidada, resultando em uma diminuição da glicemia. A degradação do glicogênio hepático é capaz de manter a glicemia dentro de valores

fisiológicos, mas somente enquanto houver disponibilidade de glicogênio. Quando o exercício se prolonga, observa-se, portanto, uma depleção dos estoques hepáticos e musculares de glicogênio, bem como uma redução da glicemia. Esses fatores têm sido classicamente associados à exaustão em exercícios de intensidade moderada e constituem a premissa que justifica a suplementação de glicose e outros substratos energéticos como agentes poupadores de glicogênio e, portanto, capazes de retardar a exaustão (Pinto et al. 2014).

## **2.1. Controle Postural**

O controle postural é um dos componentes do comportamento motor humano que são mais estudados, e possui dois componentes comportamentais; a orientação e o equilíbrio postural. A orientação postural é o posicionamento relativo do corpo aos demais segmentos e o meio ambiente. Para os humanos, durante a manutenção da postura ereta, isso significa: orientar o corpo para a manutenção vertical (perpendicular a terra) e alinhar os segmentos em relação aos demais segmentos para manutenção da posição ereta. Já o equilíbrio postural é referente à habilidade de manter a posição do corpo (do centro de massa) dentro dos limites de estabilidade através da inter-relação das várias forças que atuam sobre o corpo, incluindo a força da gravidade, dos músculos e inércia (Teixeira, 2010).

Geralmente, a ideia de equilíbrio está associada ao conceito do corpo em postura estática. Duarte (2010) elucida que, mecanicamente, o corpo está em equilíbrio estático quando diversas forças e momentos que agem sobre ele estão em sentidos opostos e se anulam (Duarte, 2010). Entretanto, biologicamente, mesmo quando um indivíduo decide ficar parado, na postura em pé, ocorrem oscilações (Duarte e Freitas, 2010). Essas oscilações devem-se principalmente por forças externas como a força gravitacional, força de reação ao solo e forças internas como as perturbações fisiológicas (batimento cardíaco e respiração) que aceleram continuamente o corpo em torno de seu centro de massa (Duarte e Freitas, 2010).

Deste modo, para inter-relação espacial do organismo com o meio ambiente, o equilíbrio postural é de fundamental importância, e os sistemas sensorial, motor e nervoso são os responsáveis por desempenhar este papel (Duarte e Freitas, 2010). O sistema sensorial fornece informações sobre a posição de segmentos corporais em relação a outros segmentos e ao ambiente. O sistema motor é responsável pela ativação correta e adequada de músculos para realização dos movimentos. O sistema nervoso central integra informações provenientes do



sistema sensorial para, então, enviar impulsos. Este sistema é de fundamental importância pois dependerá da capacidade do SNC em selecionar, suprir e combinar os estímulos de três sistemas perceptivos (Cruz et al. 2010; Duarte e Freitas, 2010; Camargo e Fregonesi, 2011) e juntamente com memórias e experiências prévias proporcionar o equilíbrio postural. Resumidamente, pode-se dizer que o controle postural depende das informações sensoriais disponíveis para que ações motoras sejam executadas.

A manutenção do controle postural exige um complexo sistema sensorio motor, que atua através de um conjunto de informações provenientes das aferências sensoriais, produzindo respostas manifestadas pela atividade muscular para corrigir os desvios do Centro de Gravidade (CG) do corpo (Lin e Woollacott, 2005). É, portanto, exigida uma complexa integração entre sistema musculoesquelético, como a amplitude de movimento (AM) das articulações; flexibilidade da coluna; propriedades musculares; relações biomecânicas entre os segmentos corpóreos; e propriedades neurais, como os processos sensoriais, motores e de integração (Camargo e Fregonesi, 2011).

Cada um dos três sistemas envolvidos no controle postural possui vários caminhos distintos e são formados anatômica e funcionalmente por subsistemas diferentes que realizam tarefas especializadas (Wieczorek, 2003).

O sistema vestibular é sensível às acelerações lineares e angulares, sendo considerado um dos mais importantes para a manutenção da postura ereta (Cruz et al. 2010). Este sistema fornece informações sobre a posição e o movimento da cabeça em relação à força da gravidade e forças inerciais (Duarte, 2000). O sistema vestibular possui dois tipos de receptores que sentem diferentes aspectos da orientação e movimento da cabeça. Os receptores que detectam acelerações angulares são os canais semicirculares preenchidos com fluido. Certas regiões destes canais têm células sensoriais ciliares. Quando a cabeça roda, a inércia do fluido move estas células ciliares e causa a liberação de um neurotransmissor. Os canais semicirculares são particularmente efetivos na detecção de rápidas acelerações. Os receptores que detectam estas acelerações lineares são o utrículo e a sáculo. Na parede interna destas estruturas há uma região chamada mácula com células ciliares. Estas células projetam-se em uma membrana gelatinosa, o otólito. O movimento linear desta membrana gelatinosa provoca uma inclinação das células ciliares causando a liberação do neurotransmissor (Duarte, 2000).

É importante destacar ainda que devido à capacidade dos olhos poderem se mexer enquanto a cabeça está estacionária e a cabeça pode ser mexer enquanto os olhos permanecem fixos em um alvo, o papel do sistema vestibular é crucial, pois fornece informações que são independentes das informações visuais (Spidurso, 2005).

O sistema somatossensorial fornece informações sobre a posição do corpo no espaço relativo à superfície de suporte, informações de posição e velocidade relativa entre os segmentos do corpo e informações sobre as pressões agindo na interface segmento/base de suporte. O sistema de feedback somatossensorial é mais efetivo para perturbações rápidas. Os sensores deste sistema compreendem proprioceptores musculares (órgão tendinoso de golgi e fusos musculares) e articulares e mecanorreceptores cutâneos (Duarte, 2000).

O sistema visual oferece referências para a verticalidade, por possuir duas fontes complementares de informação: a visão, que situa o indivíduo no seu ambiente através de coordenadas retineanas, e a motricidade ocular, que situa o olho na órbita através de coordenação cefálica (Cruz et al, 2010).

A investigação de como o equilíbrio e a orientação corporal são controlados tem despertado interesse de profissionais de diversas áreas e estudos atuais têm aplicado diferentes técnicas quantitativas para medir o equilíbrio, como a análise do centro de pressão e centro de gravidade, a posição relativa entre os segmentos corporais, a posição dos segmentos da cabeça e do corpo no espaço e os padrões (magnitude e sequenciação) do músculo (Duarte e Freitas, 2010). Estas análises têm ofertado uma ampla gama de informações implícitas ao controle postural quando comparada a uma simples análise visual clínica da postura ereta, por meios qualitativos, como quantitativa, através de instrumentos de medição (Duarte e Freitas, 2010). Apesar das vantagens de se utilizar técnicas laboratoriais para avaliar o equilíbrio, é importante identificar as medidas que devem ser consideradas e como traduzir resultados biomecânicos em informações clinicamente relevantes (Degani, 2016).

Embora a avaliação do equilíbrio seja complexa, uma das técnicas de pesquisa mais utilizadas para a medida da estabilidade postural de um indivíduo é a avaliação estabilométrica, que consiste na utilização de uma plataforma de força acoplada ao solo, a qual identifica diferentes sentidos e intensidades na aplicação de forças sobre o solo capaz de identificar as estratégias neuromusculares e biomecânicas em diferentes direções do

movimento para manutenção do equilíbrio. Esse é um método objetivo e quantitativo de análise da capacidade de manutenção da estabilidade postural por meio da quantificação das oscilações do corpo (Baroni et al. 2011; Shigaki et al. 2013).

Em geral, a plataforma de força consiste em uma placa sob a qual alguns (tipicamente quatro) sensores de força do tipo célula de carga ou piezoelétrico estão arranjados. Esse sistema utiliza transdutores do tipo *strain gauge* para medir os três componentes da força,  $F_x$ ,  $F_y$  e  $F_z$  ( $x$ ,  $y$  e  $z$  são as direções anteroposterior, médio-lateral e vertical, respectivamente), e os três componentes do momento de força (ou torque),  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_z$ , agindo sobre a plataforma. Por medir seis grandezas físicas, essas plataformas são geralmente referidas como plataformas de seis componentes. O dado do COP refere-se a uma medida de posição definida por duas coordenadas na superfície da plataforma de acordo com a orientação do avaliado. A partir dos sinais mensurados pela plataforma de força, a posição do COP nas direções anteroposterior (AP) e médio-lateral (ML) é calculado como:

$$\text{COP}_{\text{ap}} = (-h \cdot F_x - M_y) / F_z$$

$$\text{COP}_{\text{ml}} = (-h \cdot F_y + M_x) / F_z,$$

onde  $h$  = a altura da base de suporte acima da placa de força;  $F_x$  = componente anteroposterior horizontal da força resultante aplicada à placa de força;  $F_y$  = componente médio-lateral horizontal da força resultante aplicada à placa de força;  $F_z$  = componente vertical da força resultante aplicada à placa de força;  $M_x$  = momento de força em torno do eixo sagital;  $M_y$  = momento de força em torno do eixo frontal (Duarte e Freitas, 2010). A grandeza física força captada é transformada em sinais elétricos pela plataforma de força, que por sua vez serão transformados, através de amplificadores e filtros em sinais digitais para que os dados possam ser armazenados e analisados posteriormente em sistemas de computadores (Duarte e Freitas, 2010; Teixeira, 2010; Shigaki et al. 2013).

### 2.3. Variáveis de análise

Diferentes aspectos do equilíbrio corporal podem ser analisados por meio de diversas variáveis que são extraídos dos sinais do COP. Estas variáveis são agrupadas em diferentes domínios, como: domínio espaço-temporal, espectral e estrutural, já que cada variável analisa um aspecto das características do balanço do corpo. De modo geral, as variáveis do domínio

do tempo comumente utilizadas são: área de deslocamento do COP, amplitude de deslocamento do COP e velocidade média de deslocamento do COP (Degani, 2016; Duarte e Freitas, 2010). No domínio espectral são avaliadas as frequências, que definem características importantes do sinal, uma vez que a complexidade (ou a falta de complexidade) de um sinal não só tem sido comumente ligada aos princípios de controle da postura, mas também fornece o reconhecimento de padrões de sinais associados a estados patológicos específicos (Duarte e Freitas, 2010). Neste domínio são estudadas as variáveis: frequência de potência média, frequência de pico, e frequência com 50% ou 80% de potência espectral.

No que se refere a análise estrutural, a dinâmica do balanço postural humano é investigada através da entropia do sinal do COP. O uso das entropias para estudo dos sinais biológicos foi introduzido por Pincus (1991) em experimentos com variáveis cardíacas, e posteriormente por Richman e Moorman (2000) da flutuação do COP no tempo. As entropias podem ser classificadas, de modo geral, em dois tipos: entropias de estado e de sequência. As primeiras quantificam a informação contida no sinal do COP, medindo a probabilidade de o sinal ocupar estados discretos examinando a frequência em que uma posição do COP é visitada ao longo do sinal em considerar o caminho, como exemplos dessas entropias podemos citar as entropias de Shannon e a de Rényi (Degani, 2016). Já as entropias de sequência examinam a repetição de padrões dentro do sinal, estas entropias são representadas pela entropia aproximada e suas derivadas – entropia multiescalar e multiescalar composta (Degani, 2016).

Borg et al. (2010) elucidam que é possível perceber duas linhas gerais de interpretação fisiológica para as medidas de entropia. Pode-se interpretar a irregularidade e a entropia alta como sinais de um sistema vigilante saudável, pois explora o espaço e está preparado para o inesperado, em contraste, um sistema prejudicado pode tornar-se rígido e preso em repetir padrões incapazes de lidar com novos desafios. Por outro lado, esses dados podem ser interpretados como sinais de que o sistema está perdendo sua estrutura, se tornando insustentável e aproximando-se, desta forma, da interpretação tradicional da entropia como medida de desordem e ruído (Borg et al, 2010).

Diante do exposto, a exaustão muscular induzida pelo exercício de resistência pode afetar adversamente performances subsequentes em configurações com base esportivas, recreativas ou profissionais por gerarem uma deficiência na estabilidade postural. Estas alterações decorrentes podem modificar o controle neuromuscular e aumentar a incidência de lesões. Alterações do sistema perceptivo podem aumentar o risco de lesão muscular e ligamentar, especialmente ao redor das articulações do joelho e tornozelo, visto o relevante papel dessas articulações no controle postural e na manutenção do equilíbrio. O conhecimento destas potenciais deficiências pode ser benéfico para treinadores, profissionais e indivíduos durante a tentativa de fornecer tempo de recuperação, a fim de ajudar a prevenir os potenciais efeitos adversos da exaustão muscular sobre habilidades de desempenho relacionados com o equilíbrio. Compreender como a avaliação do equilíbrio estático pode mensurar a exaustão muscular em uma tarefa motora é importante se as tentativas devem ser feitas para limitar o papel prejudicial que a exaustão pode ter durante o desempenho de habilidades motoras (Dickin e Doan, 2008; Mcgregor et al. 2011; Bruniera et al. 2013; Thiele et al. 2014).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo geral**

Analisar as alterações do equilíbrio estático por meio do comportamento de variáveis não-lineares do deslocamento do COP em indivíduos saudáveis após protocolo de exaustão muscular de MMII

#### **3.2. Objetivo Específico**

Analisar o comportamento das variáveis não lineares do equilíbrio estático em diferentes posturas após indução de exaustão muscular em membros inferiores.

Avaliar os efeitos combinados da exaustão muscular induzida em membros inferiores e em condições de presença e ausência de estímulo visual sobre o equilíbrio estático.

Analisar o tempo resposta de recuperação do equilíbrio estático em diferentes posturas 20 minutos após o protocolo de exaustão muscular.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. Local**

A seleção dos indivíduos e demais fases de coletas de dados foram desenvolvidas no Laboratório de Estudos e Pesquisas em Sinais Biológicos (BioSignal) da Universidade Federal do Piauí - UFPI, *Campus* Ministro Reis Velloso, Parnaíba – PI.

### **4.2. Materiais**

Os materiais utilizados foram:

- a) Uma plataforma de força (EMG System do Brasil®), para registro dos momentos de força em torno dos eixos frontal e sagital (My e Mx, respectivamente), o componente vertical da força de reação (Fz) e também a trajetória do COP;
- b) Computador HP Inc.® do tipo desktop para coleta, armazenamento e análise dos dados;
- c) Balança antropométrica Welmy® digital com medidor de altura;
- d) Régua para mensuração do comprimento dos pés;
- e) Cicloergômetro RT 220, *Movement*, SP-Brasil.
- f) Questionários

### **4.3. Amostra**

#### **4.3.1. Critérios de inclusão**

Foram incluídos 47 jovens na faixa etária de 18 a 25 anos e saudáveis para minimizar a influência da idade e patologias e que fossem sedentários e do gênero masculino, visando eximir diferenças na capacidade de atingir e suportar a exaustão muscular entre gêneros.

#### **4.3.2. Critérios de exclusão**

Foram excluídos sujeitos com qualquer diagnóstico de afecção musculoesquelética, como fraturas, luxações, distensões ou qualquer outra em MMII e esqueleto axial, histórico de cirurgias de grande porte (prótese de joelho ou quadril), que apresentassem alguma alteração cognitiva que impedisse a compreensão dos procedimentos, comorbidades importantes (como distúrbios somatossensitivos: diabetes), distúrbios neurológicos (como acidente vascular

encefálico, Parkinson e esclerose múltipla), oftalmológicas (como catarata e glaucoma), cardíacos, vestibulares (como labirintite), que fossem usuários de fármacos que interferissem na capacidade de vigília e equilíbrio que pudessem interferir na realização dos testes e aqueles que por algum motivo estivessem incapacitados para realizar o protocolo proposto no cicloergômetro de MMII. Tais critérios de exclusão foram aplicados em entrevista e não excluem a possibilidade do desconhecimento pelos participantes.

#### **4.4. Desenho do estudo**

Este trabalho, que se trata de um estudo observacional transversal sem intervenção terapêutica, propôs-se a realizar a análise dos efeitos da exaustão induzida em MMII e seu tempo de recuperação sobre o equilíbrio estático de indivíduos saudáveis e sua relação com a presença e/ou ausência de estímulo visual durante a adoção de diferentes posturas (apoio bipodal e unipodal). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFPI em 22/05/2015, número 1.035.379.

#### **4.5. Procedimentos**

##### **4.5.1. Avaliação inicial**

Os indivíduos elegíveis para pesquisa, que foram selecionados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão, foram convidados a participar do estudo. As informações sobre a pesquisa (objetivos, riscos, benefícios e procedimentos aos quais seriam submetidos) foram fornecidas e quando demonstrado interesse em participar, o voluntário era convidado a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (APENDICE I) em duas vias.

Em seguida, foi aplicado o Questionário de Prontidão para a Atividade Física – ParQ (*Physical Activity Readiness Questionnaire*) (Luz et al. 2007) (ANEXO I) que tem como objetivo avaliar a prontidão para atividade física. Dentre as sete questões do ParQ, se apenas uma resposta for positiva o sujeito necessitaria de avaliação clínica e liberação médica para participar do estudo, se por algum motivo o sujeito não conseguir essa liberação o mesmo seria excluído do estudo a fim de se precaver de quaisquer riscos.



Foi aplicado ainda o Formulário Experimental de Controle (APENDICE II) para a obtenção de informações gerais do participante (nome, idade, gênero e membro superior dominante), medidas antropométricas (altura, peso e comprimento dos pés) e uma breve anamnese, onde foram investigadas a presença de lesões traumáticas encefálicas e musculoesqueléticas em MMII e condições de saúde em geral. Uma vez que a amostra deste estudo deveria ser composta por indivíduos sedentários, foi utilizado o Questionário Internacional de Atividades Físicas – IPAQ (International Physical Activity Questionnaire) (Hallal et al. 2010; Lee et al, 2011; Matsudo et al. 2011) (ANEXO II) para a classificação deste como sedentário ou não.

Os participantes receberam informações prévias sobre o teste e foram orientados a evitar prática de atividades físicas moderadas ou vigorosas 24 horas antes da coleta dos dados, a ingestão de bebidas alcoólicas ou remédios que pudessem influenciar no equilíbrio como aqueles com ação em sistema nervoso central e/ou vestibular periférico previsto em bula e a trajarem roupas adequadas para a prática de atividade física. Os testes foram realizados no mesmo turno do dia (entre 08:00 e 11:00 horas) e o laboratório foi mantido em temperatura de aproximadamente 22°C .

#### **4.5.2. Avaliação do equilíbrio estático**

Para a avaliação estabilométrica, os voluntários foram instruídos a posicionar-se sobre a plataforma de força com os pés descalços e em paralelo com 10 cm de distância (Mellroy e Maki, 1997), membros superiores cruzados sobre o peito, cabeça direcionada à frente e visão centrada em um ponto físico estático (diâmetro de 2,5 cm) colocado ao nível dos olhos e a uma distância de um metro e permanecer o mais imóvel possível. A posição dos pés foi demarcada na superfície da plataforma e reproduzida em todos os ensaios, para assegurar a mesma base em todos os testes. Além disso, os indivíduos fizeram uso de lentes corretivas caso as utilizassem habitualmente.



**Figura 01:** avaliação do equilíbrio estático em postura bipodal (visão lateral)



**Figura 02:** avaliação do equilíbrio estático em postura bipodal (visão posterior)

Foram analisadas três diferentes condições de equilíbrio, sendo: postura BEO (*bipodal eyes open*): apoio bipodal e olhos abertos com duração de 125 segundos; postura BEC (*bipodal eyes close*): apoio bipodal e olhos fechados com duração de 125 segundos; na postura unipodal, o voluntário deveria posicionar-se em seu membro dominante auto referido, de modo que suas coxas fiquem em paralelo e o joelho contralateral flexionado em aproximadamente  $60^\circ$  durante 25 segundos, em UEO (*unipodal eyes open*) apoio unipodal era associado à abertura ocular. Uma vez que os participantes adotassem a postura requerida e

estabilizassem seu balanço postural, a amostragem era iniciada. Após cada tentativa, os dados eram salvos e a plataforma novamente zerada para a nova tentativa. A tentativa foi considerada inválida se o voluntário apoiou o pé no solo ou plataforma, sendo essa tentativa realizada novamente por 3 tentativas, caso não conseguisse a coleta era descartada. Finalizada a coleta dos dados basais (coleta inicial utilizada como sessão de controle – pré-exaustão), foi aplicado o protocolo de exaustão muscular induzida em MMII.



**Figura 03:** avaliação do equilíbrio estático em postura unipedal

As coletas estabilométricas foram realizadas também imediatamente após a aplicação do protocolo de exaustão induzida em MMII, os indivíduos foram novamente posicionados sobre a plataforma de força para a coleta de dados referentes ao equilíbrio estático (Tempo Pós-exaustão), seguindo os procedimentos já descritos. Após o intervalo de tempo de 20 minutos da finalização da aplicação do protocolo de exaustão induzida, os dados foram novamente coletados (Tempo 20 minutos), seguindo intervalos de tempo anteriormente propostos por Nardone et al. 1998) e Fox et al. (2008). Para assegurar que a medição do equilíbrio foi obtida em um estado real de exaustão, o protocolo foi executado ao lado da plataforma de força, de modo que houve um intervalo de tempo muito curto entre a atividade fatigante induzida pelo exercício e a estabilometria, além disso, o controle postural foi medido em condições de curta duração (125s e 25s).

A comparação destes 3 tempos de coletas em 3 condições diferentes forneceu informações acerca do efeito da exaustão e da presença/ausência de insumos visuais sobre o equilíbrio estático e a adaptação postural ao longo do tempo de recuperação da função fisiológica.

#### **4.5.3. Protocolo de indução à exaustão muscular de membros inferiores**

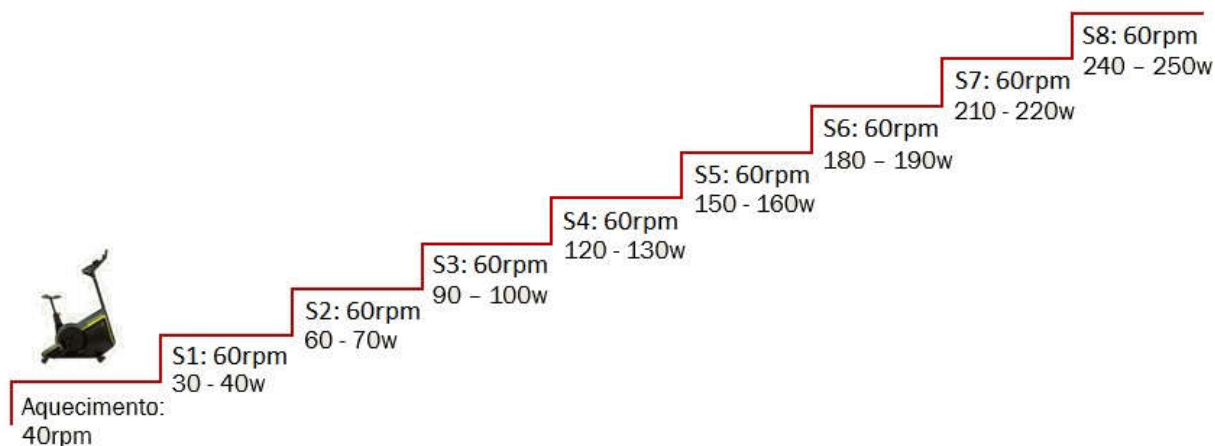
Após a chegada ao laboratório e realização dos procedimentos de avaliação já descritos, os voluntários permaneceram em repouso por um período mínimo de 10 minutos e foram submetidos a uma sessão padronizada de preparação para o exercício. Em seguida, os voluntários foram encaminhados para o cicloergômetro (RT 220, *Movement*, SP-Brasil), no qual realizaram um procedimento de aquecimento muscular, durante cinco minutos, de exercício sem carga e em uma velocidade de aproximadamente 40 RPM (Rotações por Minuto). Com o voluntário já posicionado no cicloergômetro, com o selim previamente ajustado de modo que o participante referisse maior conforto para pedalar, foi iniciado o protocolo de indução à exaustão em MMII.

A escolha deste protocolo foi baseada no estudo realizado por Azevedo (2010) que preconiza que os estágios que compõem o teste incremental devem ser suficientemente longos para que ocorra estabilização das concentrações de lactato sanguíneo após cada novo incremento de carga, ou seja, o equilíbrio dinâmico entre o lactato sanguíneo e muscular. Tem

sido sugerido que cada estágio tenha duração entre 3 e 10 minutos. Os autores indicam as seguintes cargas e tempos de incremento: 10 Watts (W) e duração de 2 minutos cada estágio; 20 W a cada 3 minutos; 30 W a cada 4 minutos; 40 W a cada 4 minutos e 45 segundos; 50 W a cada 5 minutos.

Os voluntários foram estimulados a realizar um protocolo incremental cujo esforço foi verificado no módulo eletrônico do cicloergômetro de MMII. O programa P1 foi selecionado para a aplicação do protocolo, pois permite a configuração manual de 8 níveis de resistência imposta ao exercício. O voluntário foi orientado a manter a velocidade do exercício em 60 RPM e o aumento da resistência era ajustado por meio do incremento manual do nível de resistência ao exercício. Inicialmente, no nível 01 de resistência, o voluntário foi orientado a manter a velocidade do exercício em 60 RPM, o que equivale de 30 a 40W de esforço durante 4 minutos. Após este período de tempo, o nível de resistência foi modificado – nível 02 – e o voluntário era orientado a manter a mesma velocidade (60 RPM) durante 4 minutos, sendo equivalente a 60-70W e assim sucessivamente. Os indivíduos que chegaram no 8º e último nível foram orientados a manter o nível de esforço de 240 -250W, ainda em uma velocidade de 60RPM pelo maior tempo possível até se tornarem incapazes de dar continuidade à tarefa.

A figura 04 apresenta os valores de RPM e watts referentes ao nível de resistência ao exercício e sua relação com rotações por minuto e watts.



**figura 04:** Configuração dos *steps* aplicados no protocolo de indução à exaustão subjetiva, com valores referentes a RPM e Watts.

Levando-se em consideração que o protocolo proposto foi realizado até o ponto de exaustão, para a classificação da percepção subjetiva do esforço, 30 segundos antes do incremento na carga do cicloergômetro de MMII, o indivíduo deveria classificar seu esforço utilizando a Escala de Borg, variando de 0 a 10, quantificando assim o seu nível de exaustão (ANEXO III). Era considerado como ponto de exaustão o momento em que indivíduo mensurasse seu esforço como 10 na Escala de Borg (Borg, 1982; Cavasini e Matsudo; 1983), sendo definida como a incapacidade de manter o esforço proposto pela atividade. Os procedimentos para tal avaliação foram padronizados e aplicados por um único avaliador treinado. Os indivíduos receberam estímulos verbais dos pesquisadores durante a realização do protocolo (Graham et al. 2016). Para garantir a integridade dos participantes foram adotados os seguintes sintomas para a interrupção do protocolo e exclusão da participação do voluntário no estudo: início de sintomas anginosos; sinais de má perfusão: tontura, confusão, ataxia, palidez, cianose, náuseas ou pele fria e úmida; solicitação da interrupção do teste pelo indivíduo; manifestações físicas ou verbais de fadiga severa, falha no equipamento ou quando o voluntário atingia a frequência cardíaca máxima prevista para a idade, utilizando a fórmula de Karvonen ( $220 - \text{idade}$ ) (Marins, 1998).



**Figura 05:** protocolo de exaustão muscular

#### **4.6. Medidas para proteção ou minimização de quaisquer riscos**

As perguntas do questionário e formulário foram apresentadas de forma clara e objetiva, com linguagem simples, evitando constrangimentos para o voluntário e foram tomadas às medidas necessárias para minimizar quaisquer riscos, em observância da Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Bem como, era assegurado aos voluntários que receberiam adequadas e acuradas descrições e informações dos riscos, desconfortos, e ou benefícios que pudessem ser antecipados. A confidencialidade dos sujeitos da pesquisa foi



mantida, não existindo a possibilidade de divulgação pública dos resultados que permitam identificar os dados do sujeito da pesquisa. Apenas os pesquisadores tiveram acesso aos dados dos sujeitos.

#### **4.7. Variáveis analisadas**

Avaliações de oscilação postural, utilizando a estabilometria, foram realizadas por meio do estudo do deslocamento do COP de todos os indivíduos. Para o estudo foram analisadas apenas as variáveis não-lineares, que corresponde à estrutura da variabilidade do COP (Hong et al, 2007), foram investigadas utilizando os métodos de entropias aproximada (ApEn) e cruzada (CrossEn), apresentados respectivamente em Pincus, 1991 e Pincus e Singer, 1996.

A ApEn corresponde a uma medida de quão desordenada é uma série temporal, quantificando a regularidade ou previsibilidade de uma série temporal (Georgoulis et al, 2006). A estratégia geral no cálculo da entropia aproximada é examinar todos os pontos no conjunto de dados para repetições de padrões curtos (Deffeyes et al, 2009). As séries temporais com maior probabilidade de permanecerem à mesma distância na comparação resultarão em valores de ApEn mais baixos, enquanto os pontos de dados que exibem grandes diferenças nas distâncias entre pontos de dados resultarão em valores mais altos (Georgoulis et al, 2006). ApEn gera um número real sem unidade de 0 a 2. Valores de ApEn menores indicam uma maior probabilidade de repetição regular de sequências de observações. Um valor de ApEn de zero, por exemplo, corresponde a uma série de tempo que é perfeitamente repetível (isto é, onda senoidal). Um valor ApEn de 2 é produzido por séries temporais aleatórias, para as quais quaisquer sequências repetidas de pontos ocorrem por acaso sozinho (isto é, ruído gaussiano) (Cavanaugh et al, 2007).

O uso de ApEn faz todo o sentido se considerarmos que avalia toda a sequência de dados gerada. Em outras palavras, cada ponto de dados na série de tempo é examinado. Tal avaliação é impossível com ferramentas lineares comuns como o desvio padrão. Ferramentas lineares fornecem apenas uma medida da quantidade de variabilidade e podem mascarar a verdadeira estrutura da variabilidade motora (Cavanaugh et al, 2007).

A CrossEn é calculada através de um algoritmo semelhante à ApEn (Pincus e Singer, 1996), com a exceção de que vetores sucessivos de dois pontos de um sinal são comparados com vetores de dois pontos atuais e anteriores de outro sinal (Hong et al, 2007), pois objetiva obter contagens de recorrência através de séries temporais AP e ML do COP, fornecendo uma medida de sincronia entre as duas series temporais (Hatzitaki et al, 2015). Ou seja, CrossEn quantifica a regularidade de padrões em um par de séries de tempo relacionadas (Pincus e Singer, 1996) e é indicativo da dimensionalidade de controle dos dois sinais (Hong et al, 2007) e tem a vantagem de ser independente da variância dos sinais em comparação. Valores de CrossEn maiores indicam assincronia de sinal, enquanto valores de CrossEn inferiores indicam maior sincronia de sinal (Hatzitaki et al, 2015).

Estas variáveis comportamentais serão calculadas utilizando sinais de saída da plataforma de força, transmitindo informações sobre os momentos de força nos eixos frontal e sagital ( $M_y$  e  $M_x$ , respectivamente) e a componente vertical da força de reação do solo ( $F_z$ ), exercidas pelos sujeitos. Para aquisição destas informações foi utilizado o software Biomec400 (EMG System do Brasil®), calibrado para uma frequência de aquisição dos sinais de 100Hz e ganho de amplificador de 600 vezes. A partir destes dados, foram realizadas as análises do deslocamento do COP utilizando o software BalanceLab 10, programa executado no ambiente de programação MATLAB (MathWorks®) (Cavalheiro, 2010; Duarte e Freitas, 2010).

#### **4.8. Análise estatística dos dados**

Para análise dos dados foi utilizada a estatística descritiva por meio da média e do desvio padrão. Os resultados foram tabulados de maneira a se observar a disposição dos valores quantificados das variáveis analisadas entre as posturas estudadas (BEO, BEC e UEO), realizando deste modo a análise intragrupo para identificar a influência das alterações sensoriais no grupo nos diferentes tempos. A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste Shapiro-Wilk. Para as distribuições normais, foi utilizado o teste ANOVA One-Way com *post hoc test* de Bonferroni e para aqueles cujas distribuições são não-normais foi utilizada o teste de Fridman com o *post hoc test* de Dunn. O nível de significância utilizado

para todos os testes foi de 5% ( $p \leq 0,05$ ). Para os cálculos estatísticos de todas as análises foi utilizado os softwares BioEstat 5.0 e GraphPad Prisma®5.0.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente investigação procurou analisar as alterações do equilíbrio estático através do comportamento de variáveis não-lineares do deslocamento do COP em indivíduos saudáveis após protocolo de exaustão muscular de MMII, além de sua relação com o estímulo visual e do tempo de recuperação pós-exaustão. A amostra inicial deste estudo foi composta por 47 participantes, entretanto, 8 foram excluídos: 4 por não se enquadrarem nos critérios de inclusão estabelecidos, 2 por apresentarem sintomatologia adversa após a execução do protocolo de indução à exaustão ou durante a avaliação estabilométrica e 2 por relatarem incapacidade de realizar o protocolo até atingirem a exaustão por motivos diversos.

Quanto ao desempenho dos sujeitos no protocolo de exaustão proposto no presente estudo, foi observado uma média de tempo de 33 minutos e 40 segundos com desvio padrão de 7 minutos e 31 segundos, sendo esta media, equivalente a completar os 7 steps propostos e se manter por mais 5 minutos e 40 segundos no 8º e ultimo step, sendo a distância média percorrida de 13,4km com desvio padrão de 3.3km.

Portanto, 39 indivíduos chegaram ao ponto de exaustão, aqui padronizado como score máximo na escala de Borg, ou seja, Borg 10. Estes foram aptos a participar deste estudo. A tabela 01 apresenta as características antropométricas da amostra estudada em relação à idade, estatura e massa corporal.

**Tabela 01:** Médias ( $\pm$  desvio padrão) dos dados antropométricos da amostra:

<b>Dados antropométricos</b>	<b>Média (<math>\pm</math>DP)</b>
Idade (anos)	21,95 anos ( $\pm$ 1,5)
Altura (m)	1,73 m ( $\pm$ 0,08)
Peso (kg)	74,60 kg ( $\pm$ 14,62)

O estudo do controle postural aqui realizado possibilitou a análise da grandeza biomecânica COP (Barela e Duarte, 2012). E, uma vez que, estratégias de equilíbrio mais

eficazes estão associadas a uma menor oscilação do COP e que alterações musculoesqueléticas associadas ao controle postural ocasionarão alterações em sua oscilação (Horak *et al.* 1997)

Neste estudo, foram utilizados métodos não-lineares para avaliar o sistema de controle postural e, deste modo, buscou-se compreender se a exaustão muscular acarretara em alterações das características da oscilação postural antes, durante e após o evento exaustivo. Estas medidas não-lineares, como a complexidade avaliada por entropia, refletem informações temporais da organização, sequenciamento e regularidade das oscilações do COP (Carmelo *et al.*, 2016), ou seja, indicam um padrão de oscilação referente à divergência e, portanto, à repetitividade e previsibilidade (Piirtola e Era, 2006). Os valores em média e desvio-padrão das variáveis analisadas são apresentadas em processo de exaustão (Tabela 02) e processo de recuperação (Tabela 03).

A partir da análise dos resultados expressos na Tabela 02 observou-se que após o protocolo de exaustão, podemos encontrar um aumento ( $p < 0,05$ ) em todas as variáveis, quando em postura bipodal, tanto com olhos abertos quanto com olhos fechado, tendo resultado semelhante em postura unipodal com olhos abertos, onde apresentou um aumento ( $p < 0,05$ ) em ApEn em sentido AP e em CrossEn.

**Tabela 02:** Valores em média e desvio padrão das variáveis no processo de exaustão.

<b>BEO</b>	<b>Pré</b>	<b>Pós</b>
<b>ApEn AP</b>	0,33±0,04	0,43±0,06*
<b>ApEn ML</b>	0,23±0,04	0,30±0,06*
<b>CrossEn</b>	0,19±0,03	0,22±0,04*
<b>BEC</b>	<b>Pré</b>	<b>Pós</b>
<b>ApEn AP</b>	0,40±0,07	0,48±0,10*
<b>ApEn ML</b>	0,25±0,04	0,30±0,06*
<b>CrossEn</b>	0,19±0,03	0,22±0,04*
<b>UEO</b>	<b>Pré</b>	<b>Pós</b>
<b>ApEn AP</b>	0,52±0,12	0,62±0,16*
<b>ApEn ML</b>	0,57±0,12	0,66±0,19
<b>CrossEn</b>	0,40±0,09	0,46±0,13*

\*  $p < 0,05$ . Comparado à avaliação pré

A característica mais expressiva foi que tanto em ApEn, como em CrossEn, foi um aumento no período pós quando comparado ao período pré em todos os ensaios, exceto em ApEn no sentido ML em postura UE0, ou seja, se tornaram um sinal mais aleatório. Isso aponta que a exaustão induzida em MMII foi capaz de causar uma desorganização nos sistemas biológicos de manutenção do controle postural dos voluntários.

Silva e colaboradores em seu estudo, que teve como objetivo verificar os efeitos da exaustão no tempo de reação muscular dos músculos fibulares, que são os primeiros a responder a um estresse em inversão do tornozelo, concluem que após o processo de exaustão, o controle neuromuscular fica parcialmente comprometido, gerando uma diminuição no controle postural que necessita de constantes ajustes musculares de MMII e tronco, indicando assim que as respostas encontradas no presente estudo eram esperadas (Silva *et al.* 2006).

Bisson *et al.* realizaram um estudo e apontaram que a exaustão muscular induzida na musculatura agonista e antagonista do tornozelo e quadril ocasionou o aumento da variabilidade do COP e da velocidade do COP em postura unipodal no plano AP sendo importante destacar que a velocidade de oscilação no sentido ML aumentou somente após a indução da exaustão nos grupos musculares do quadril, sugerindo um maior declínio no controle postural com a exaustão para estes grupos musculares (Bisson *et al.* 2011). Bizid *et al.* mensurou a velocidade de deslocamento do COP através da indução de exaustão muscular em dois diferentes grupos musculares: quadríceps e tríceps sural e também observou que a exaustão em quadríceps ocasionou uma velocidade maior de deslocamento em sentido ML (Bizid *et al.* 2009).

Segundo Ericson em seu estudo que avaliou a atividade muscular por meio de eletromiografia de 11 músculos dos MMII durante a atividade física em cicloergômetro (60 RPM e 120 W), os músculos que apresentaram a maior atividade mioelétrica durante o protocolo por ele proposto foram vasto lateral e vasto medial (Ericson 1986). Visto que o protocolo utilizado no presente estudo assemelha-se ao protocolo proposto por Ericson, podemos inferir que a musculatura proximal ao quadril, vasto medial e vasto lateral, foi mais recrutada, explicando deste modo a similaridade dos resultados nos sentidos AP e ML com os

estudos realizados por Bisson *et al.* e Bizid *et al.* (Bisson *et al.* 2011; Bizid *et al.* 2009; Ericson 1986)

Ao analisarmos o processo de recuperação pós protocolo de exaustão (Tabela 03), observamos que: em postura BEO houve uma diminuição ( $p<0,05$ ) apenas em ApEn em sentido AP e em CrossEn; em BEC não foi observado diferença ( $p<0,05$ ); e em postura UEO foi encontrado uma diminuição ( $p<0,05$ ) apenas em ApEn no sentido AP.

**Tabela 03:** Valores em média e desvio padrão das variáveis no processo de recuperação.

<b>BEO</b>	<b>Pós</b>	<b>20min</b>
<b>ApEn AP</b>	0,43±0,06	0,36±0,05*
<b>ApEn ML</b>	0,30±0,06	0,27±0,06
<b>CrossEn</b>	0,22±0,04	0,19±0,03*
<b>BEC</b>	<b>Pós</b>	<b>20min</b>
<b>ApEn AP</b>	0,48±0,10	0,44±0,09
<b>ApEn ML</b>	0,30±0,06	0,29±0,06
<b>CrossEn</b>	0,22±0,04	0,21±0,04
<b>UEO</b>	<b>Pós</b>	<b>20min</b>
<b>ApEn AP</b>	0,62±0,16	0,54±0,14*
<b>ApEn ML</b>	0,66±0,19	0,60±0,15
<b>CrossEn</b>	0,46±0,13	0,41±0,11

\*  $p<0,05$ . Comparado à avaliação pós.

Os dados apresentados sugestionam que este tempo de recuperação não foi suficiente para a reorganização dos sistemas corpóreos após a finalização do protocolo, uma vez que não apresentaram resultados consistentes referentes ao retorno aos valores obtidos na coleta pré-exaustão. Esses dados são semelhantes aos encontrados nos estudos de Vieira *et al.* que avaliou a entropia antes e após um protocolo de indução à exaustão em esteira rolante (Vieira *et al.* 2016). Bisson *et al.* ainda relata que o retorno aos valores pré-exaustão foi perceptível aos 30 minutos de recuperação, corroborando um estudo prévio realizado por Harkins *et al.*, porem ambos utilizaram protocolos diferentes do presente estudo, com a utilização de isocínético, musculatura alvo diferente e utilizando apenas variáveis lineáres (Bisson *et al.* 2011; Harkins *et al.* 2005). Sendo assim, o tempo de 20 minutos foi utilizado neste estudo com

a finalidade de verificar se realmente seriam necessários os 30 min propostos por Bisson e Harkins mesmo para diferentes protocolos de exaustão ou se para diferentes protocolos poderíamos ter um retorno mais rápido aos valores pré-exaustão.

O presente estudo teve como limitação a ausência de dados eletromiográficos. Devido a falta desses dados, algumas perguntas ainda se mantiveram sem respostas como: a que nível de exaustão foram expostos esses indivíduos? As modificações encontradas no padrão de equilíbrio estático representadas pela análise das entropias aproximada e cruzada, ocorreram por alterações a nível motor, devido a uma redução da capacidade muscular de produzir respostas rápidas e precisas que possam prover constantes correções do COP necessárias para sustentar uma posição estável ou essas mudanças foram a nível sensitivo, visto que um pior desempenho no controle postural após a imposição da exaustão pode estar relacionado a déficits proprioceptivos, uma vez que função dos mecanorreceptores pode ser afetada, causando atraso nas respostas enviadas aos centros superiores e retardando a elaboração de uma resposta rápida para controlar as oscilações do COP? (Bruniera et al. 2013).



## CONCLUSÃO

Observou-se neste estudo que indivíduos saudáveis e sedentários, após submissão a um protocolo de exaustão, apresentaram alterações no controle postural durante ensaios estabilométricos estáticos, observado pelo aumento nos valores de entropia. Estes achados apontam que a instabilidade postural medida através da análise das entropias pode ser uma ferramenta coadjuvante na avaliação da exaustão muscular de MMII em atividades atléticas, recreativas ou até mesmo atividades de vida diária. Além disso, os dados aqui apresentados fornecem evidências adicionais de que a entropia é uma variável que pode complementar as variáveis posturográficas tradicionais.

Entretanto necessita-se de mais estudos para analisar que nível de exaustão os indivíduos foram submetidos e até mesmo se esta modificação dos padrões de equilíbrio ocorreu por alterações a nível motor ou sensitivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD-ELFATTAH, H. M.; ABDELAZEIM, F. H.; ELSHENNAWY, S. Physical and cognitive consequences of fatigue: a review. **Journal of Advanced Research**, v. 6; p. 351-358, 2015.

AZEVEDO, P. H. S. Proposta de teste específico para determinação do limiar anaeróbico, limiar de compensação respiratória e máxima fase estável do lactato sanguíneo em judocas. 2010. 88p. Tese (Programa de pós-graduação em Ciência Fisiológica) – Universidade de São Carlos – São Carlos.

BAGHBANINAGHADEHI, F.; RAMEZANI, A. L.; HATAMI, F. The effect of functional fatigue on static and dynamic balance in female athletes. **International SportMed Journal**, v. 14, p. 77-85, 2013.

BARBIERI, F. A.; BERRETA, S. S.; PEREIRA, V. A. I.; SIMIELI, L.; ORCIOLI-SILVA, D.; SANTOS, P. C. R. dos; VAN DIEEN, J. H.; GOBBI, L. T. B. Recovery of gait after quadriceps muscle fatigue. **Gait & Posture**, v. 43, 270-74, 2016.

BARONI, B. M.; LEAL JÚNIOR, E. C. P.; GEREMIA, J. M.; DIEFENTHAELER, F.; VAZ, M. A. Effect of light-emitting diodes therapy (LEDT) on knee extensor muscle fatigue. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 5, p. 653-58, 2010.

BARONI, B. M.; WIEST, M. J.; GENEROSI, R. A., VAZ, M. A.; LEAL JUNIOR, E. C. P. Efeito da fadiga muscular sobre o controle postural durante o movimento do passe em atletas de futebol. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.13, p. 348-353, 2011.

BELLEW, J. W.; FENTER, P. C. Control of balance differs after knee or ankle fatigue in older women. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 87, p. 1486-1489, 2006.

BIGLAND-RITCHIE, B. R.; WOODS, J. J. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. **Muscle & Nerve**, v. 7, p. 691– 699, 1984.

BISSON, E. J.; MCEWEN, D.; LAJOIE, Y.; BILODEAU, M. Effects of ankle and hip muscle fatigue on postural sway and attentional demands during unipedal stance. **Gait & Posture**, v. 33; p. 83-87, 2011.

BIZID, R.; MARGNES, E.; FRANÇOIS, Y.; JULY, J. L.; GONZALES, G.; DUPUI, P.; PAILLARD, T. Effects of knee and ankle muscle fatigue on postural control in the unipedal stance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 3; p. 375-80, 2009.

BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, p. 377-81, 1982.

BORG, F. G.; LAXÅBACK, G. Entropy of balance – some recent results. **Journal of Neuroengineering and rehabilitation**, v. 7, p. 1-12, 2010.

BRECH, G. C.; LUNA, N. M. S. L.; ALONSO, A. C.; GREVE, J. M. D. Positive correlations of postural balance evaluation by two different devices in community dwelling women. **Medical Express**, v. 3, 2016.

BRUNIERA, C. A. V.; ROGÉRIO, F. R. P. G.; RODACKI, A. L. F. Stabilometric response during single-leg stance after lower limb muscle fatigue. **Brasilian Journal of Physical Therapy**, v. 17, p. 464- 469, 2013.

CAMARGO, M. R. de; FREGONESI, C. E. T. P. A importância das informações aferentes podais para o controle postural. **Revista Neurociências**, v.19, p. 165-170, 2011.

CARMELO, V.V.B. Síndrome da fragilidade e complexidade do controle postural baseado na análise da entropia. 2015. 58f. Dissertação de mestrado (Programa de Pós –graduação em Fisioterapia). Universidade de São Carlos – São Carlos.

CAVALHEIRO, G. L. Análise da postura ereta quieta em diferentes faixas etárias utilizando o discriminante linear. 2010. 98f. Tese de doutorado (Programa de Pós-graduação em engenharia elétrica). Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia.

CAVANAUGH, J. Y.; GUSKIEWICZ, K. M.; GUILIANI, C.; MARSHALL, S.; MERCER, V. S. Recovery of postural control after cerebral concussion: news insight using approximate entropy. **Journal of Athletic Training**, v. 3, p. 305-13, 2006.

CAVANAUGH, J. T.; MERCER, V.; STERGIOU, N. Approximate entropy detects the effect of a secondary cognitive task on postural control in healthy young adults: a methodological report. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 4, 2007.

CAVASINI, S. M.; MATSUDO, V. K. R. Desenvolvimento de uma escala brasileira de percepção subjetiva de esforço. **Anais do 3º Congresso Brasileiro de Ciências do Esporte**, p. 23, 1983.

CORBEIL, P.; BLOUIN, J. S.; BEGIN, F.; NOUGIER, V.; TEASDALE, N. Perturbation of the postural control system induced by muscular fatigue. **Gait and Posture**, v. 18, p. 92-100, 2003.

CRUZ, A; OLIVEIRA, E. M. de; MELO, S. I. L. Análise Biomecânica do equilíbrio do idoso. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 18, p. 96-99, 2010.

DANNA-DOS-SANTOS, A.; POSTON, B.; JESUNATHADAS, M.; BOBICH, L.R.; HAMM, T.M.; SANTELLO, M. Influence of fatigue on hand muscle coordination and EMG-EMG

coherence during three-digit grasping. **Journal of Neurophysiology**, v.104, p. 3576-3587, 2010.

DEFNEYES, J. E.; HARBOUNE, R. T.; DEJONG, S. L.; KYVELIDOU, A.; STUBERG, W. A.; STERGIU, N. Use of information entropy measures of sitting postural sway to quantify developmental delay in infants. **Journal of Neuro engineering and rehabilitation**, v. 6, 2009.

DEGACHE, F.; ZAEN, J. V.; OEHEN, L.; GUEX, K.; TRABUCHI, P.; MILLET, G. Alterations in postural control during the world's most challenging mountain ultra-marathon. **Plos One**, v. 9, 2014.

DEGANI, A. M. The effects of aging on multiple postural muscle control and postural sway behavior. (Dissertação de Mestrado). 218f. University of Montana. Montana. 2016.

DICKIN, D. C.; DOAN, J.B. Postural stability in altered and unaltered sensory environments following fatiguing exercise of lower extremity joints. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 18, p. 765-772, 2008.

DUARTE, M.; FREITAS, S. M. S. F. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para a avaliação do equilíbrio. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, p. 183-192, 2010.

DONKER, S. F.; ROERDINK, M.; GREVEN, A. J.; BEEK, P. J. Regularity of center-of-pressure trajectories depends on the amount of attention invested in postural control. **Experimental Brain Research**, v. 181, p. 1-11, 2007.

ENOKA, R. M.; STUART, D. G. Neurobiology of muscle fatigue. **Journal of Applied Physiology**, v. 72, n. 5, p. 1631-1648, 1992

ERICSON, M. On the biomechanics of cycling. A study of joint and muscle load during exercise on the bicycle ergometer. **Scandinavian journal of rehabilitation medicine. Supplement**, v. 16, p. 1-43, 1986.

FOX, Z. G.; MIHALIK, J. P.; BLACKBURN, J. T.; BATTAGLINI, C. L.; GUSKIEWICZ, K. M. Return of postural control to baseline after anaerobic exercise protocols. **Journal of athletic training**, v. 43, p. 456-63, 2008.

FULCO, C. S., LEWIS, S. F., FRYKMAN, P. N., BOUSHEL, R., SMITH, S., HARMAN, E. A., ... & PANDOLF, K. B. Muscle fatigue and exhaustion during dynamic leg exercise in normoxia and hypobaric hypoxia. **Journal of Applied Physiology**, v. 81(5), p. 1891-1900, 1996

GANDEVIA, S. C. Neural control in human muscle fatigue: changes in muscle afferents, motoneurons and motor cortical drive. **Acta physiologica Scandinavica**, v. 162, p. 275–283, 1998.

GATES, D. H.; DINGWELL, J. B. The effects of muscle fatigue and movement height on movement stability and variability. **Experimental Brain Research**, v. 209, p. 525-36, 2011.

GEORGOULIS, A. D.; MORAITI, C.; RISTANIS, S.; STERGIIOU, N. A novel approach to measure variability in the anterior cruciate ligamentdeficient knee during walking: the use of the approximate entropy in orthopedics. **Journal of clinical monitoring and computing**, v. 20, p. 11-18, 2006.

GRAHAM, M. T.; RICE, C. L.; DALTON, B. H. Motor unit firing rates of gastrocnemii during maximal brief steady-state communication in humans. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 26, p. 82-87, 2016.

GOMES, W. B. M.; BATHORLOMEU NETO, J.; ASSUMPÇÃO, C. O.; FRAGA, C. H. W.; BIANCO, R.; TONELLO, L.; SALES, M. M.; ASANO, R. Y. Influência da fadiga no equilíbrio do pé de apoio de jogadores de futebol. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 27, p. 75-81, 2013.

HALLAL, P. C.; SIMOES, E.; REICHERT, F. F.; AZEVEDO, M. R.; RAMOS, L. R.; PRATT, M.; BROWNSON, R. C. Validity and Reliability of the telephone –administred international physical activity questionnaire in Brazil. **Journal of Physical Activity and Healthy**, v. 7, p. 402-409, 2010.

HARKINS, K. M.; MATTACOLA, C. G.; UHL, T. L.; MALONE, T. R.; MCCRORY, J. L. Effects of 2 ankle fatigue models on the duration of postural stability dysfunction. **Journal of Athletic Training**, v. 40, p. 191-4, 2005.

KIEFER, A. W.; CUMMINS-SEBREE, S.; RILEY, M. A.; HASS, J. G. Postural control in professional ballet dancers. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, v. 29, p. 34-35, 2007.

HATZITAKI, V.; STERGIIOU, N.; SOFIANIDIS, N.; KYVELIDOU, A. Postural sway and gaze can track the complex motion of a visual target. **Plos One**, 2015.

HONG, S. L.; MANOR, B. ; LI, L. Stance and sensory feedback influence on postural dynamics. **Neuroscience Letters**, v. 423, p. 104-108, 2007.

HORAK, F. B.; MACPHERSON, J. M. Postural equilibrium and orientation. Published for the American Physiology Society by Oxford University Press, p. 255-292, 1996.

LEAL JÚNIOR, E. C. P.; LOPES-MARTINS, R. A. B.; VANIN, A. A.; BARONI, B. M.; GROSSELLI, D.; MARCHI, T. de; IVERSEN, V. V.; BJORDAL, J. M. Effect of 830 nm

low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. [Lasers Medical Science](#), v. 24, p. 425-431, 2009.

LEE, P. H.; MACFARLANE, D. J.; LAM, T. H.; STEWART, S. M. Validity and reliability of the telephone-administered International Physical Activity Questionnaire Short Form (IPAQ-SF): a review. **International Journal of Behavioral Nutrition Physical Activity**, v. 8; p.115, 2011.

LIN, S. I.; WOOLLACOTT, M. Association between sensorimotor function and functional and reactive balance control in the elderly. **Age Ageing**, v. 34, 358-363, 2005.

LUZ, L. G. O.; MARANHÃO NETO, G. A. de; FARINATTI, P. T. V. Validade do questionário de prontidão para a atividade física (PAR-Q) em idosos. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 9; p. 366-371, 2007.

MATSUDO S.; ARAUJO T.; MATSUDO V.; ANDRADE D.; ANDRADE E.; OLIVEIRA, L. C.; BRAGGION, G. Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 6, p. 5-18, 2011.

MARCHETTI, P. H.; UCHIDA, M. C. Influência da Fadiga Unilateral de Membro Inferior sobre o Salto Vertical Bilateral. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 16, p. 405-408, 2011.

MARINS, J. C. **Avaliação e prescrição da atividade física: guia prático**. 2ª edição, Rio de Janeiro, Shape, 1998, 290 p.

MCGREGOR, S. J.; ARMSTRONG, W. J.; YAGGIE, J. A.; BOLLT, E. M.; PARSHAD, R.; BAILEY, J. J.; JOHNSON, S. M.; GOIN, A. M.; KELLY, S. R. Lower extremity fatigue increases complexity of postural control during a single-legged stance. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v.8, p.43, 2011.

MCLLROY, W. E.; MAKI, B. E. Preferred placement of the feet during quiet stance: development of a standardized foot placement for balance testing. **Clinical Biomechanics**, v. 12, 66-70, 1997.

MISSENERD, O.; MOTTET, D.; PERREY, S. The role of cocontraction in the impairment of movement accuracy with fatigue. **Experimental Brain Research**, v. 185, p. 151-56, 2008.

MOCHIZUKI, L.; AMADIO, A. C. As informações sensoriais para o controle postural. **Fisioterapia em movimento**, v. 19; p. 11-18, 2006.

NARDONE, A.; TARANTOLA, J.; GALANTE, M.; SCHIEPPATI, M. Time course of stabilometric changes after a strenuous treadmill exercise. **Archives of Physical Medicinal and Rehabilitation**, v. 79, p. 920-24, 1998.

PAILLARD, T. Effects of general and local fatigue on postural control: a review. **Neuroscience and Biobehavioral Review**, v. 36, p. 162-176, 2012.

PALM, H. G.; STROBEL, J.; ACHATZ, G.; LUEBKEN, F. V.; FRIEMERT, B. The role and interaction of visual and auditory afferents in postural stability. **Gait & Posture**, v. 30, p. 328-333, 2009.

PIIRTOLA, M.; ERA, P. Force platform measurements as predictor of falls among older people – a review.

PINCUS, S. Approximate entropy as a measure of system complexity. **Proceeding of the national academy of science of the United States of America**, v. 88, p. 2297-2301, 1991.

PINCUS, S.; SINGER, B. H. Randomness and degrees of irregularity. **Proceeding of the national academy of science of the United States of America**, v. 93, p. 2083-88, 1996.

PINTO, C L; PAINELLI, V de S; LANCHA JUNIOR, A H; ARTIOLI, G G. Lactato: de causa da fadiga a suplemento ergogênico? **Revista Brasileira Ciência e Movimento**, v. 22, p. 173-181, 2014.

PUPO, J. D.; ALMEIDA, C. M. P.; DETANICO, D.; SILVA, J. F.; GUGLIELMO, L. G. A.; SANTOS, S. G. dos. Potência muscular e capacidade de sprints repetidos em jogadores de futebol. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 12, p. 255-261, 2010.

REIMER III, R. C.; WIKSTROM, E. A. Functional fatigue of the hip and ankle musculature cause similar alterations in single leg stance postural control. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, p. 161-166, 2010.

REIS, F. A. dos; SILVA, B. A. K. da; LARAIA, E. M. S.; MELO, R. M. de; SILVA, P. H.; LEAL-JUNIOR, E. C. P.; CARVALHO, P. de T. C de. Effects of pre- or post-exercise low-level laser therapy (830 nm) on skeletal muscle fatigue and biochemical markers of recovery in humans: double-blind placebo-controlled trial. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.32, p.106-112, 2014.

REZENDE, R. A. **Avaliação da fadiga muscular em pacientes com doença renal crônica em tratamento hemodialítico por meio da curva força-tempo**. 2011. 77f. Dissertação (Mestrado em Aspectos Biodinâmicos do Movimento Humano) – Universidade Federal do Juiz de Fora – Juiz de Fora.

RICHMAN, J.; MOORMAN, R. Physiological times-series analyses using approximate entropy and sample entropy. **American Journal Heart and Circulatory physiology**, v. 278, p. 2039-49.

SILVA, B. A. R. S.; MARTINEZ, F. G.; PACHECO, A. M.; PACHECO, I. Efeitos da fadiga muscular induzida por exercícios no tempo de reação muscular dos fibulares em indivíduos saudáveis. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, v. 12; 85-89, 2006.

SILVA, C. R. da; GERES, B. S.; KURIKI, H. U.; NEGRÃO FILHO, R. de F.; ALVES, N.; AZEVEDO, F. M. de. Análise da reprodutibilidade de parâmetros no domínio da frequência do sinal EMG utilizados na caracterização da fadiga muscular localizada. **Motriz**, v. 18, p. 456-464, 2012.

SHEY, R. J.; MICKEBOROUGH. Relative Contributions of Central and Peripheral Factors in Human Muscle Fatigue during Exercise: A Brief Review. **Journal of Exercise Physiology**, v. 16, p. 1-17, 2013.

SHIGAKI, L.; RABELLO, L. M.; CAMARGO, M. Z.; Análise comparativa do equilíbrio unipodal de atletas de ginástica rítmica. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, v. 2, p. 104-7, 2013.

SOUZA, A. L. T. **Influência do toque terapêutico na pessoa com risco para integridade tissular: um ensaio clínico randomizado**. 2015. 103f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Enfermagem) – Universidade Federal de Alfenas – Minas Gerais.

SPIRDUSO, W. W. Physical dimensions of aging. **Champaign: Human Kinetics**, 1995. 432p.

STINS, J. F.; MICHELSEN, M. E.; ROERDINK, M.; BEEK, P. J. Sway regularity reflects attentional involvement in postural control: Effects of expertise, vision and cognition. **Gait & Posture**, v. 30, p. 106-109, 2009.

TEIXEIRA, C. L. Equilíbrio e controle postural. **Brazilian Journal of Biomechanics**, v. 11, p. 30-40, 2010.

TEIXEIRA, C. S.; LEMOS, L. F. C.; LOPES, L. F. D.; MOTA, C. B. A influência dos sistemas sensoriais na plataforma de força: estudo do equilíbrio corporal em idosas com e sem queixa de tontura. **Revista CEFAC**, v. 6, p 1025-32, 2010.

THIELE, R. M.; CONCHOLA, E. C.; PALMER, T. B.; DEFREITAS, J. M.; THOMPSON, B. J. The effects of a high-intensity free-weight back-squat exercise protocol on postural stability in resistance-trained males. **Journal of Sports Sciences**, p. 37-41, 2014.

VIEIRA, M. F.; AVELAR, I. S.; SILVA, M. S.; SOARES, V.; COSTA, P. H. L. Effects of four days hiking on postural control. **Plos One**, v. 10, p.1-19, 2015.

VIEIRA, M. F.; SOUZA, G. S. de S; LEHNEN, G. C.; RODRIGUES, F. B.; ANDRADE, A. O. Effects of general fatigue induced by incremental maximal exercise test on gait stability



and variability of healthy young subjects. **Journal of electromyography and Kinesiology**, v. 30; p. 161-67, 2016.

WIECZOREK, S. A. Equilíbrio em adultos e idosos: relação entre tempo de movimento e acurácia durante movimentos voluntários na postura em pé. (Dissertação de mestrado). 97f. Universidade de São Paulo – São Paulo, 2003.

ZECH, A.; SIMON, S.; CHRISTIAN, H.; HOLGER, E.; PFEIFER, K. Effect of localized and general fatigue on static and dynamic control in male team handball athletes. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, p. 1162-68, 2012.

## 6. APÊNDICES

### APÊNDICE I - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI**  
**CURSO DE FISIOTERAPIA – CAMPUS MINISTRO REIS VELOSO**  
**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

#### **INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

**Título do projeto:** Equilíbrio estático como ferramenta de avaliação de exaustão muscular

**Pesquisador Responsável:** Prof. Dr. Baldomero Antonio Kato da Silva.

**Instituição / Departamento:** Universidade Federal do Piauí (UFPI) - Campus de Parnaíba/ Fisioterapia.

**Telefone para contato (inclusive a cobrar):** (86) 3321-1044.

**Local de coleta de dados:** Laboratório de Estudos de Sinais Biológicos – BioSignal, na Universidade Federal do Piauí - Campus Ministro Reis Veloso.

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa você não será penalizado (a) de forma alguma.

Esta pesquisa se propõe a investigar os efeitos do equilíbrio estático como ferramenta de avaliação de exaustão muscular induzida em membros inferiores e seu tempo de recuperação em indivíduos em postura bipodal e unipodal, avaliando tbm a influência do estímulo visual.

**1. Procedimentos:** Com um horário marcado, cada participante será avaliado pelos pesquisadores de forma individual para garantir a sua privacidade e fidelidade dos dados. A coleta de dados consta dos seguintes procedimentos:

- a) Verificar de altura, peso e comprimento dos pés;
- b) Permanecer sobre uma plataforma de força com os pés paralelos e por 125 segundos com os olhos abertos e o mais estático possível. A seguir, 125 segundos com os pés paralelos com os olhos fechados o mais estático possível. A seguir, 25 segundos com apoio de um pé e olhando para o ponto fixo. E, por fim, 25 segundos com apoio de um pé com os olhos fechados;
- c) O voluntário será submetido ao protocolo de indução à fadiga: Teste de Wingate. O protocolo consistirá em 30 segundos de exercício supra-máximo em cicloergômetro, com uma carga correspondente a 7,5% da massa corporal do indivíduo. Este procedimento será repetido 3 vezes com intervalos de 2 minutos entre as sessões.
- d) A seguir, repetirá o experimento B por três vezes: 1- assim que terminar o protocolo de indução à fadiga, 2- após 10 minutos e 3- após 20 minutos.

**2. Riscos:** Os principais riscos relacionam-se a componentes físicos dos participantes, pela possibilidade de quadros álgicos após a aplicação do protocolo proposto. Na ocorrência deste inconveniente, o participante será orientado quanto às medidas necessárias para minimização, controle e tratamento da dor. Persistindo-se o quadro álgico, o participante será encaminhado para tratamento fisioterapêutico imediatamente, sem ônus para o mesmo. Ainda que haja risco mínimo, a ocorrência de lesões durante o protocolo poderá ser observada e, nestas situações, os participantes receberão suporte terapêutico adequado pelos responsáveis pelo projeto. Havendo impedimentos apresentados a qualquer tempo pelos participantes, a pesquisa será encerrada ou suspensa, preservando-se os voluntários quanto a ocorrência de inconvenientes físicos e/ou psicológicos decorrentes da participação no projeto. Os participantes estarão devida e previamente orientados quanto à possibilidade de desistência em participação na pesquisa a qualquer momento e pelos motivos que lhe forem convenientes, sem sofrerem qualquer dano ou prejuízo por isso.

**3. Benefícios:** Os participantes não terão benefícios diretos com sua participação, mas auxiliarão entendimento sobre as possíveis alterações do equilíbrio estático ocasionadas pela fadiga em membros inferiores. Os resultados obtidos nesta investigação poderão propiciar dados que facilitem também avanços na área clínicas e desportiva, uma vez que a fadiga muscular esquelética é um fenômeno rotineiro em atletas, prejudicando seu desempenho e o deixando-o mais susceptível a lesões. O entendimento das repercussões da fadiga muscular no controle postural constitui uma área temática que, apesar de ser bastante estudada, ainda apresenta controvérsia.

**4. Garantia de acesso:** Em qualquer etapa do estudo, você poderá ter acesso aos pesquisadores responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas.

**5. Confidencialidade:** Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e seu nome e identidade serão mantidos em absoluto sigilo. Nenhum dado será utilizado sem a autorização expressa do participante e os resultados do projeto de pesquisa serão utilizados exclusivamente para trabalhos científicos.

**6. Direito de recusa ou desistência:** Em qualquer momento desta pesquisa, mesmo depois de autorizada, você tem o direito de interromper qualquer procedimento e abandonar este trabalho sem nenhum tipo de prejuízo ou retaliação pela sua decisão.

**7. Consentimento da participação da pessoa como sujeito:**

Eu, \_\_\_\_\_, portador do RG/CPF \_\_\_\_\_, concordo em participar deste estudo como sujeito. Fui suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo intitulado “**AValiação do Equilíbrio Estático Após a Indução de Fadiga Muscular em Membros Inferiores**”. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu acompanhamento/assistência neste Serviço.

Local e data: \_\_\_\_\_

Nome e Assinatura do sujeito ou responsável: \_\_\_\_\_

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste sujeito de pesquisa ou representante legal para a participação neste estudo.

Parnaíba (PI), \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador responsável

**Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar:**

Testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

**Contatos para informações e esclarecimentos acerca do projeto:**

Baldomero Antônio Kato da Silva ([baldomero@ufpi.edu.br](mailto:baldomero@ufpi.edu.br))

Telefone:(86) 99503-8693

**Observações complementares:**

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato:

Comitê de Ética em Pesquisa – UFPI - Campus Universitário Ministro Petrônio Portella - Bairro Ininga CEP: 64.049-550 - Teresina - PI

Tel.: (86)3237-2332 - Email: [cep.ufpi@ufpi.edu.br](mailto:cep.ufpi@ufpi.edu.br) web: [www.ufpi.br/cep](http://www.ufpi.br/cep)

## APÊNDICE II: Formulário Experimental de Controle – BIOSIGNAL

### 1. Informações Gerais:

Nome completo: \_\_\_\_\_

Data da entrevista: \_\_/\_\_/\_\_ ID do sujeito (para fim deste estudo apenas): \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Gênero: M F Altura: \_\_\_\_\_ cm Peso: \_\_\_\_\_ kg

Mão usada para escrever e comer: DIREITA ESQUERDA

Comprimento dos pés: DIREITO: \_\_\_\_\_ cm ESQUERDO: \_\_\_\_\_ cm

Qual o apoio unipodal: DIREITO ESQUERDO

### 2. Breve Histórico Médico:

2.1. Histórico de Lesões Cerebrais Traumáticas: SIM NÃO

Lesão Simples: SIM NÃO Data da lesão: \_\_\_\_\_

Causa da lesão: \_\_\_\_\_

Foi necessária assistência médica/hospitalar devido esta lesão? SIM NÃO

Logo após a lesão, você sofreu de: OBSERVAÇÕES

Confusão ou desorientação? SIM NÃO \_\_\_\_\_

Perda da consciência (por 30 minutos ou menos)?  
SIM NÃO \_\_\_\_\_

Amnésia por menos de 24 horas? SIM NÃO \_\_\_\_\_

Escala de Glasgow após 30 minutos da lesão ou mediante cuidados de saúde?  
SIM NÃO \_\_\_\_\_

2.2. Ao longo de toda sua vida você já sofreu de:

OBSERVAÇÕES

Importantes lesões faciais SIM NÃO \_\_\_\_\_

Convulsões SIM NÃO \_\_\_\_\_

Ataques de pânico SIM NÃO \_\_\_\_\_

Pesadelos frequentes SIM NÃO \_\_\_\_\_

Insônia	SIM	NÃO	_____
Enxaqueca Recorrente	SIM	NÃO	_____
Tonturas	SIM	NÃO	_____
Ansiedade	SIM	NÃO	_____
Depressão	SIM	NÃO	_____
Dificuldade de concentração	SIM	NÃO	_____
Dificuldade de memorização	SIM	NÃO	_____
Dificuldade de leitura, escrita, cálculo	SIM	NÃO	_____
Dificuldade para resolver problemas	SIM	NÃO	_____
Dificuldade para executar seu trabalho/estudos			
	SIM	NÃO	_____
Dificuldade de julgamento (Ser demitido de empregos, detenções, brigas)			
	SIM	NÃO	_____
Fadiga inexplicável	SIM	NÃO	_____
Dor inexplicável	SIM	NÃO	_____
Abuso de álcool	SIM	NÃO	_____
Abuso de drogas	SIM	NÃO	_____

2.3. Você já foi anteriormente diagnosticado com:

Diabetes	Tumor cerebral
Esclerose Múltipla	Labirintite
Parkinson	Meningite
Alzheimer	AVE
Déficits de atenção	IAM
Dislexia	
Paralisia cerebral	
Déficit de equilíbrio	

Depressão





## 9. ANEXOS

### ANEXO I: *Physical Activity Readiness Questionnaire - Par-Q*

Este questionário, proposto pela pelo *American College of Sports Medicine*, tem objetivo detecção de risco cardiovascular e é considerado um padrão mínimo de avaliação pré-participação, uma vez que uma resposta positiva sugere a avaliação médica.

1. Alguma vez um médico lhe disse que você possui um problema do coração e recomendou que só fizesse atividade física sob supervisão médica?

( ) Sim ( ) Não

2. Você sente dor no peito causada pela prática de atividade física?

( ) Sim ( ) Não

3. Você sentiu dor no peito no ultimo mês?

( ) Sim ( ) Não

4. Você tende a perde a consciência ou cair, como resultado de tonteira?

( ) Sim ( ) Não

5. Você tem algum problema ósseo ou muscular que poderia ser agravado com a prática de atividade física?

( ) Sim ( ) Não

6. Algum médico já recomendou o uso de medicamento para a sua pressão arterail ou condição física?

( ) Sim ( ) Não

7. Você tem consciência, através da sua própria experiência ou aconselhamento médico, de alguma outra razão física que impeça sua prática de atividade física sem supervisão médica?

( ) Sim ( ) Não

## ANEXO II: Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ)

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Idade : \_\_\_\_\_ Sexo: ( )F ( )M

Você trabalha de forma remunerada: ( ) Sim ( ) Não

Quantas horas você trabalha de forma remunerada por dia: \_\_\_\_\_

OBS.: O trabalho voluntário é desempenhado por pessoas dispostas a doar parte do seu tempo e de suas habilidades no trabalho por uma causa social e para entidades que necessitam deste tipo de trabalho. Ele não é remunerado.

Você faz trabalho voluntário: ( ) Sim ( ) Não

Que tipo? \_\_\_\_\_

Quantas horas semanais você trabalha de forma voluntária? \_\_\_\_\_

Em geral, você considera sua saúde:

( )Excelente ( )Muito boa ( )Boa ( )Regular ( )Ruim

Quantos anos completos você estudou: \_\_\_\_\_

As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física em uma semana **NORMAL/HABITUAL**

Para responder as questões lembre que:

\_ atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte que o normal

\_ atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal

### SEÇÃO 1- ATIVIDADE FÍSICA NO TRABALHO

Esta seção inclui as atividades que você faz no seu trabalho remunerado ou voluntário, e as atividades na universidade, faculdade ou escola (trabalho intelectual). Você **NÃO DEVE INCLUIR** as tarefas domésticas, cuidar do jardim e da casa ou tomar conta da sua família. Estas serão incluídas na seção 3.

**1a.** Atualmente você tem ocupação remunerada ou faz trabalho voluntário fora de sua casa?

( ) Sim ( ) Não – Caso você responda não. Vá para seção 2: Transporte

As próximas questões relacionam-se com toda a atividade física que você faz em uma semana **NORMAL/HABITUAL**, como parte do seu trabalho remunerado ou voluntário. **NÃO INCLUA** o transporte para o trabalho. Pense apenas naquelas atividades que durem **pelo menos 10 minutos contínuos** dentro de seu trabalho:

**1b.** Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você realiza atividades **vigorosas** como: trabalho de construção pesada, levantar e transportar objetos pesados, cortar lenha, serrar madeira, cortar grama, pintar casa, cavar valas ou buracos **como parte do seu trabalho remunerado ou voluntário, por pelo menos 10 minutos contínuos?**

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA  
 \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

( ) Nenhum. Vá para a questão 1c.

**1c.** Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você realiza atividades **moderadas**, como: levantar e transportar pequenos objetos, lavar roupas com as mãos, limpar vidros, varrer ou limpar o chão, carregar crianças no colo, **como parte do seu trabalho remunerado ou voluntário, por pelo menos 10 minutos contínuos?**

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA  
 \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

( ) Nenhum. Vá para a questão 1d.

**1d.** Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você **caminha, no seu trabalho remunerado ou voluntário por pelo menos 10 minutos contínuos?** Por favor, **NÃO INCLUA** o caminhar como forma de transporte para ir ou voltar do trabalho ou do local que você é voluntário.

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA  
 \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

( ) Nenhum. Vá para a seção 2 - Transporte.

**1e.** Quando você caminha **como parte do seu trabalho remunerado ou voluntário**, a que passo você geralmente anda? (reforçar o que é vigoroso e moderado)

( ) rápido/vigoroso                      ( ) moderado                      ( ) lento

## SEÇÃO 2 - ATIVIDADE FÍSICA COMO MEIO DE TRANSPORTE

Estas questões se referem a forma normal como você se desloca de um lugar para outro, incluindo seu grupo de convivência/ idosos, igreja, supermercado, trabalho, médico, escola, cinema, lojas e outros.

**2a.** Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante **uma semana normal** você anda de ônibus, carro/moto, metrô ou trem?

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA  
 \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

( ) Nenhum. Vá para questão 2b

**Agora pense somente em relação a caminhar ou pedalar para ir de um lugar a outro em uma semana normal.**

**2b.** Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você **anda de bicicleta** para ir de um lugar para outro por **pelo menos 10 minutos contínuos?** (**NÃO INCLUA o pedalar por lazer ou exercício**)

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA  
 \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

( ) Nenhum. Vá para a questão 2d.

**2c.** Quando você anda de bicicleta, a que velocidade você costuma pedalar?

( ) rápida/vigorosa                      ( ) moderada                      ( ) lenta

**2d.** Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana **normal** você caminha para ir de um lugar para outro, como: ir ao grupo de convivência/idosos, igreja,

supermercado, médico, banco, visita a amigo, vizinho e parentes por **pelo menos 10 minutos contínuos?** (**NÃO inclua as caminhadas por lazer ou exercício**)

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA

Nenhum. Vá para a Seção 3.

\_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

**2e.** Quando você caminha para ir de um lugar a outro, a que passo você normalmente anda?

rápido/vigoroso

moderado

lento

### **SEÇÃO 3 – ATIVIDADE FÍSICA EM CASA OU APARTAMENTO: TRABALHO, TAREFAS DOMÉSTICAS E CUIDAR DA FAMÍLIA,**

Esta parte inclui as atividades físicas que você faz em uma semana **NORMAL/HABITUAL** dentro e ao redor da sua casa ou apartamento. Por exemplo: trabalho doméstico, cuidar do jardim, cuidar do quintal, trabalho de manutenção da casa, e para cuidar da sua família. Novamente pense *somente* naquelas atividades físicas com duração **por pelo menos 10 minutos contínuos**.

**3a.** Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você faz atividades físicas **vigorosas ao redor de sua casa ou apartamento** (quintal ou jardim) como: carpir, cortar lenha, serrar madeira, pintar casa, levantar e transportar objetos pesados, cortar grama, por **pelo menos 10 minutos contínuos?**

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA

Nenhum. Vá para a questão 3b

\_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

**3b.** Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você faz atividades **moderadas ao redor de sua casa ou apartamento** (jardim ou quintal) como: levantar e carregar pequenos objetos, limpar a garagem, serviço de jardinagem em geral, caminhar ou correr com crianças, por **pelo menos 10 minutos contínuos?**

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA

Nenhum. Vá para questão 3c.

\_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

**3c.** Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você faz atividades **moderadas** como: carregar pesos leves, limpar vidros e/ou janelas, lavar roupas a mão, limpar banheiro e o chão, carregar crianças pequenas no colo, **dentro da sua casa ou apartamento, por pelo menos 10 minutos contínuos?**

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA

Nenhum. Vá para seção 4

\_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

### **SEÇÃO 4- ATIVIDADES FÍSICAS DE RECREAÇÃO, ESPORTE, EXERCÍCIO E DE LAZER.**

Esta seção se refere às atividades físicas que você faz em uma semana **NORMAL/HABITUAL** unicamente por recreação, esporte, exercício ou lazer. Novamente pense somente nas atividades físicas que você faz **por pelo menos 10 minutos contínuos**. Por favor **NÃO inclua atividades que você já tenha citado**.

**4a. Sem contar qualquer caminhada que você tenha citado anteriormente,** quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal, você caminha **no seu tempo livre por pelo menos 10 minutos contínuos?**

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA ( )Nenhum. Vá para questão 4c  
 \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

**4b.** Quando você caminha **no seu tempo livre**, a que passo você normalmente anda?  
 ( ) rápido/vigoroso ( ) moderado ( ) lento

**4c.** Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal, você faz atividades **vigorosas no seu tempo livre** como: correr, nadar rápido, pedalar rápido, canoagem, remo, musculação, enfim esportes em geral por **pelo menos 10 minutos contínuos**?

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA ( )Nenhum. Vá para questão 4d  
 \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

**4d.** Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal, você faz atividades **moderadas no seu tempo livre** como: pedalar em ritmo moderado, jogar voleibol recreativo, fazer natação, hidroginástica, ginástica e dança para terceira idade por **pelo menos 10 minutos contínuos**?

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA ( )Nenhum. Vá para seção 5  
 \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

#### SEÇÃO 5 - TEMPO GASTO SENTADO

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado em casa, no grupo de convivência/idoso, na visita a amigos e parentes, na igreja, em consultório médico, fazendo trabalhos manuais (crochê, pintura, tricô, bordado etc), durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado, enquanto descansa, faz leituras, telefonemas, assiste TV e realiza as refeições. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, carro, trem e metrô.

**5a.** Quanto tempo, no total você gasta **sentado** durante um **dia de semana normal**?  
 \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

**5b.** Quanto tempo, no total, você gasta sentado durante em um **dia de final de semana normal**?  
 \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

**ANEXO III: Escala de percepção do esforço – Escala de Borg**

0	Nenhuma
0,5	Muito, muito leve
1	Muito leve
2	Leve
3	Moderada
4	Pouco intensa
5	Intensa
6	
7	Muito Intensa
8	
9	Muito, muito intensa
10	Máxima

## **ANEXO IV: Artigo “equilíbrio estático como ferramenta de avaliação de exaustão muscular”**

### **INTRODUÇÃO**

Segundo Fulco e colaboradores, o ponto de exaustão ou a exaustão muscular, ocorre no momento em que um nível de exercício constante não pode mais ser sustentado, sendo este uma queixa comum entre praticantes de atividades física com ênfase em treinamento ou reabilitação de forma geral<sup>1, 2</sup>. É consenso na literatura que a exaustão muscular altera o desempenho motor, devido às modificações dos mecanismos neurológicos, bioquímicos, biomecânicos<sup>3,4,5</sup>. Assim, déficits nas capacidades de produzir movimentos de compensação podem surgir em função de exaustão decorrente de intensa atividade muscular, o que pode resultar em deficiências no controle postural, aumentando assim predisposições a lesões dos tecidos musculares e conjuntivos

Segundo REIMER *et al.* o equilíbrio ou a estabilidade postural, são o resultado das forças que atuam no centro de massa do corpo no interior da base de suporte e pode ser definida ainda como a capacidade do indivíduo para manter uma orientação vertical, apresentando-se como um componente fundamental para concluir com sucesso atividades da vida diária e participar de eventos físicos e esportivos<sup>6</sup>. A manutenção do equilíbrio e da orientação corporal em humanos é garantida pelo adequado funcionamento do sistema de controle postural, sendo mediada pela integração de informações dos sistemas sensoriais e motores, como a utilização de múltiplas entradas sensoriais, tais como sistemas visual, vestibular, proprioceptivo e numerosas correções da musculatura e posicionamento articular dos membros inferiores (MMII) e tronco<sup>7</sup>.

O equilíbrio vem sendo comumente avaliado através de diferentes técnicas quantitativas, como a análise do centro de pressão e centro de gravidade, a posição relativa entre os segmentos corporais, a posição dos segmentos da cabeça e do corpo no espaço e os padrões (magnitude e sequenciação) do músculo<sup>7</sup>. Contudo, poucos estudos têm buscado

características complementares a estas medidas, como os métodos baseados em dinâmica não-linear, como a análise das entropias, que tem permitido a quantificação da estrutura temporal das trajetórias do COP, visando avaliar, mais enfaticamente, a complexidade da série temporal<sup>8</sup>. Estas análises levam em consideração a natureza não estacionária e irregular das flutuações do COP, assim, e têm trazido novos conhecimentos a respeito da estrutura da variabilidade das oscilações posturais, principalmente sobre a natureza dos mecanismos subjacentes ao controle postural.

Diante do exposto, a exaustão muscular induzida pelo exercício de resistência pode afetar adversamente performances subsequentes em configurações com base esportivas, recreativas ou profissionais por gerarem uma deficiência na estabilidade postural. Estas alterações decorrentes podem modificar o controle neuromuscular e aumentar a incidência de lesões. Alterações do sistema perceptivo podem aumentar o risco de lesão muscular e ligamentar, especialmente ao redor das articulações do joelho e tornozelo, visto o relevante papel dessas articulações no controle postural e na manutenção do equilíbrio. O conhecimento destas potenciais deficiências pode ser benéfico para treinadores, profissionais e indivíduos durante a tentativa de fornecer tempo de recuperação, a fim de ajudar a prevenir os potenciais efeitos adversos da exaustão muscular sobre habilidades de desempenho relacionados com o equilíbrio. Compreender como a avaliação do equilíbrio estático pode mensurar a exaustão muscular em uma tarefa motora é importante se as tentativas devem ser feitas para limitar a papel prejudicial que a exaustão pode ter durante o desempenho de habilidades motoras<sup>9,10,11</sup>.

Os resultados obtidos nesta investigação poderão, deste modo, fornecer novos dados que propiciem avanços na área clínicas e desportiva, uma vez que a exaustão muscular é um fenômeno rotineiro na vida de atletas de forma geral, ocorrendo também com frequência em não atletas, porém os instrumentos capazes de mensurar essa exaustão ainda são muito vagos e subjetivos. Desde modo inferimos que a avaliação do equilíbrio estático seja



capaz de avaliar a exaustão muscular. Especialmente através das entropias aproximada e cruzada.

O estudo teve como objetivo analisar as alterações do equilíbrio estático através do comportamento de variáveis não-lineares do deslocamento do COP em indivíduos saudáveis após protocolo de exaustão muscular de MMII, avaliando também a influência da visão sobre estas variáveis e seu tempo de retorno aos valores iniciais

## **METODOLOGIA**

Foram selecionados um total de 47 jovens saudáveis e sedentários. Considerou-se como critérios de inclusão: sexo masculino, entre 18 e 25 anos, sem patologias e que não praticassem atividade física, e como critérios de exclusão, tivemos afecções musculoesqueléticas em MMII ou esqueleto axial, cirurgias de grande porte, distúrbios neurológicos, oftalmológicos, cardíacos ou vestibulares. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e cada participante selecionado foi convidado para o Laboratório de Estudo e pesquisas em Sinais Biológicos, BioSignal, onde foi realizada toda a coleta.

Após avaliação de dados gerais, antropométricos e de prontidão para atividade física, os participantes foram submetidos à avaliação estabilométrica, sendo posicionados em ortostatismo, com os pés afastados em 10cm, braços cruzados sobre o peito e cabeça direcionada à frente e visão centrada em um ponto físico estático (diâmetro de 2,5 cm) colocado ao nível dos olhos e a uma distância de um metro e permanecer o mais imóvel possível. Esta análise foi realizada em 3 condições de equilíbrio diferentes: bipodal com olhos abertos (BEO), bipodal com olhos fechados (BEC) e unipodal com olhos abertos (UEO). Nas posturas bipodais a análise foi realizada com tempo de 125 segundos de duração, enquanto que na postura unipodal esse tempo foi de 25 segundos. A tentativa era invalidada quando o participante apoiava o pé no

chão, sendo esta realizada novamente por 3 tentativas. Caso não conseguisse, a coleta era descartada.

Um aquecimento de 5 minutos de exercício foi realizado sem carga numa velocidade de 40 rotações por minuto (RPM) no cicloergômetro. Após o aquecimento foi realizado o protocolo de indução a exaustão muscular em MMII, que consistiu de 8 níveis com velocidade constante de 60 RPM e tempo de 4 minutos por nível, descrito na tabela 1.

**Tabela 1:** protocolo de indução a exaustão muscular de MMII

**PROGRAMA P1 – MANUAL**

<b>NÍVEL DE RESISTÊNCIA (Step)</b>	<b>ROTAÇÕES POR MINUTO (RPM)</b>	<b>WATTS</b>
<b>01</b>	60	30 – 40
<b>02</b>	60	60 – 70
<b>03</b>	60	90 – 100
<b>04</b>	60	120 – 130
<b>05</b>	60	150 – 160
<b>06</b>	60	180 – 190
<b>07</b>	60	210 – 220
<b>08</b>	60	240 – 250

Levando-se em consideração que o protocolo proposto foi realizado até o ponto de exaustão, para a classificação da percepção subjetiva do esforço, 30 segundos antes do incremento na carga do cicloergômetro de MMII, o indivíduo deveria classificar seu esforço utilizando a Escala de Borg, variando de 0 a 10, quantificando assim o seu nível de exaustão (ANEXO III). Era considerado como ponto de exaustão o momento em que indivíduo mensurasse seu esforço como 10 na Escala de Borg<sup>12, 13</sup>.

Para garantir a integridade dos participantes foram adotados os seguintes sintomas para a interrupção do protocolo e exclusão da participação do voluntário no estudo: início de sintomas anginosos; sinais de má perfusão: tontura, confusão, ataxia, palidez, cianose, náuseas ou pele fria e úmida; solicitação da interrupção do teste pelo indivíduo; manifestações físicas ou verbais de fadiga severa; falha no equipamento ou quando o voluntário atingia a frequência cardíaca máxima prevista para a idade, utilizando a fórmula de Karvonen  $(220 - \text{idade})^{14}$ .

Ao fim do protocolo de exaustão, os indivíduos foram novamente submetidos a avaliação estabilométrica, tendo os dados coletados em dois momentos: imediatamente após e 20 minutos após o término do protocolo. Para a avaliação estabilométrica, foram utilizados os mesmos procedimentos já descritos anteriormente.

As avaliações de oscilação postural, utilizando estabilometria, foram realizadas por meio do estudo do deslocamento do COP de todos os indivíduos. A partir deste deslocamento foi realizada a análise não-linear das variáveis onde foram avaliadas as entropias: aproximada (ApEn) e cruzada (CrossEn).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Oito participantes foram excluídos do estudo antes do término das avaliações. Os 39 participantes que concluíram o protocolo proposto, chegando ao score máximo na escala de Borg, apresentaram média de idade de 21,95 anos ( $\pm 1,5$ ); altura média de 1,73 m ( $\pm 0,08$ ) e peso médio de 74,60 kg ( $\pm 14,62$ ).

Quanto ao desempenho destes sujeitos no protocolo de exaustão proposto no presente estudo, foi observado uma média de tempo de 33 minutos e 40 segundos com desvio padrão de 7 minutos e 31 segundos, sendo esta média, equivalente a completar os 7 steps propostos e se manter por mais 5 minutos e 40 segundos no 8º e último step. A distância média percorrida foi de 13,4km com desvio padrão de 3.3km.

A partir da análise dos resultados expressos na Tabela 2 observou-se que após o protocolo de exaustão, podemos encontrar um aumento ( $p < 0,05$ ) em todas as variáveis, quando em postura bipodal, tanto com olhos abertos quanto com olhos fechado, tendo resultado semelhante em postura unipodal com olhos abertos, onde apresentou um aumento ( $p < 0,05$ ) em ApEn em sentido AP e em CrossEn.

**Tabela 2:** Valores em média e desvio padrão das variáveis no processo de exaustão.

<b>BEO</b>	<b>Pré</b>	<b>Pós</b>
<b>ApEn AP</b>	0,33±0,04	0,43±0,06*
<b>ApEn ML</b>	0,23±0,04	0,30±0,06*
<b>CrossEn</b>	0,19±0,03	0,22±0,04*
<b>BEC</b>	<b>Pré</b>	<b>Pós</b>
<b>ApEn AP</b>	0,40±0,07	0,48±0,10*
<b>ApEn ML</b>	0,25±0,04	0,30±0,06*
<b>CrossEn</b>	0,19±0,03	0,22±0,04*
<b>UEO</b>	<b>Pré</b>	<b>Pós</b>
<b>ApEn AP</b>	0,52±0,12	0,62±0,16*
<b>ApEn ML</b>	0,57±0,12	0,66±0,19
<b>CrossEn</b>	0,40±0,09	0,46±0,13*

\*  $p < 0,05$ . Comparado à avaliação pré

A característica mais expressiva foi que tanto em ApEn, como em CrossEn, foi um aumento no período pós quando comparado ao período pré em todos os ensaios, exceto em ApEn no sentido ML em postura UEO, ou seja, se tornaram um sinal mais aleatório. Isso aponta que a exaustão induzida em MMII foi capaz de causar uma desorganização nos sistemas biológicos de manutenção do controle postural dos voluntários.

Silva e colaboradores em seu estudo, que teve como objetivo verificar os efeitos da exaustão no tempo de reação muscular dos músculos fibulares, que são os primeiros a responder a um estresse em inversão do tornozelo, concluem que após o processo de exaustão, o controle neuromuscular fica parcialmente comprometido, gerando uma diminuição no controle postural que

necessita de constantes ajustes musculares de MMII e tronco, indicando assim que as respostas encontradas no presente estudo eram esperadas<sup>15</sup>.

Bisson et al. realizaram um estudo e apontaram que a exaustão muscular induzida na musculatura agonista e antagonista do tornozelo e quadril ocasionou o aumento da variabilidade do COP e da velocidade do COP em postura unipodal no plano AP sendo importante destacar que a velocidade de oscilação no sentido ML aumentou somente após a indução da exaustão nos grupos musculares do quadril, sugerindo um maior declínio no controle postural com a exaustão para estes grupos musculares<sup>16</sup>. Bizid et al. mensurou a velocidade de deslocamento do COP através da indução de exaustão muscular em dois diferentes grupos musculares: quadríceps e tríceps sural e também observou que a exaustão em quadríceps ocasionou uma velocidade maior de deslocamento em sentido ML<sup>17</sup>.

Segundo Ericson em seu estudo que avaliou a atividade muscular por meio de eletromiografia de 11 músculos dos MMII durante a atividade física em cicloergômetro (60 RPM e 120 W), os músculos que apresentaram a maior atividade mioelétrica durante o protocolo por ele proposto foram vasto lateral e vasto medial<sup>18</sup>. Visto que o protocolo utilizado no presente estudo assemelha-se ao protocolo proposto por Ericson, podemos inferir que a musculatura proximal ao quadril, vasto medial e vasto lateral, foi mais recrutada, explicando deste modo a similaridade dos resultados nos sentidos AP e ML com os estudos realizados por Bisson *et al.* e Bizid *et al.*<sup>16, 17, 18</sup>

Ao analisarmos o processo de recuperação pós protocolo de exaustão (Tabela 3), observamos que: em postura BEO houve uma diminuição ( $p < 0,05$ ) apenas em ApEn em sentido AP e em CrossEn; em BEC não foi observado diferença ( $p < 0,05$ ); e em postura UEO foi encontrado uma diminuição ( $p < 0,05$ ) apenas em ApEn no sentido AP.

**Tabela 3:** Valores em média e desvio padrão das variáveis no processo de recuperação.

<b>BEO</b>	<b>Pós</b>	<b>20min</b>
<b>ApEn AP</b>	0,43±0,06	0,36±0,05*
<b>ApEn ML</b>	0,30±0,06	0,27±0,06
<b>CrossEn</b>	0,22±0,04	0,19±0,03*
<b>BEC</b>	<b>Pós</b>	<b>20min</b>
<b>ApEn AP</b>	0,48±0,10	0,44±0,09
<b>ApEn ML</b>	0,30±0,06	0,29±0,06
<b>CrossEn</b>	0,22±0,04	0,21±0,04
<b>UEO</b>	<b>Pós</b>	<b>20min</b>
<b>ApEn AP</b>	0,62±0,16	0,54±0,14*
<b>ApEn ML</b>	0,66±0,19	0,60±0,15
<b>CrossEn</b>	0,46±0,13	0,41±0,11

\*  $p < 0,05$ . Comparado à avaliação pós.

Os dados apresentados sugestionam que este tempo de recuperação não foi suficiente para a reorganização dos sistemas corpóreos após a finalização do protocolo, uma vez que não apresentaram resultados consistentes referentes ao retorno aos valores obtidos na coleta pré-exaustão. Esses dados são semelhantes aos encontrados nos estudos de Vieira et al. que avaliou a entropia antes e após um protocolo de indução à exaustão em esteira rolante<sup>19</sup>. Bisson et al. ainda relata que o retorno aos valores pré-exaustão foi perceptível aos 30 minutos de recuperação, corroborando um estudo prévio realizado por Harkins et al, porem ambos utilizaram protocolos diferentes do presente estudo, com a utilização de isocinético, musculatura alvo diferente e utilizando apenas variáveis lineáres<sup>16, 20</sup>. Sendo assim, o tempo de 20 minutos foi utilizado neste estudo com a finalidade de verificar se realmente seriam necessários os 30 min propostos por Bisson e Harkins mesmo para diferentes protocolos de exaustão ou se para diferentes protocolos poderíamos ter um retorno mais rápido aos valores pré-exaustão.

O presente estudo teve como limitação a ausência de dados eletromiográficos. Devido a falta desses dados, algumas perguntas ainda se mantiveram sem respostas como: a que nível de exaustão foram expostos

esses indivíduos? As modificações encontradas no padrão de equilíbrio estático representadas pela análise das entropias aproximada e cruzada, ocorreram por alterações a nível motor, devido a uma redução da capacidade muscular de produzir respostas rápidas e precisas que possam prover constantes correções do COP necessárias para sustentar uma posição estável ou essas mudanças foram a nível sensitivo, visto que um pior desempenho no controle postural após a imposição da exaustão pode estar relacionado a déficits proprioceptivos, uma vez que função dos mecanorreceptores pode ser afetada, causando atraso nas respostas enviadas aos centros superiores e retardando a elaboração de uma resposta rápida para controlar as oscilações do COP?<sup>21</sup>

## CONCLUSÃO

Observou-se neste estudo que indivíduos saudáveis e sedentários, após submissão a um protocolo de exaustão, apresentaram alterações no controle postural durante ensaios estabilométricos estáticos, observado pelo aumento nos valores de entropia. Estes achados apontam que a instabilidade postural medida através da análise das entropias pode ser uma ferramenta coadjuvante na avaliação da exaustão muscular de MMII em atividades atléticas, recreativas ou até mesmo atividades de vida diária. Além disso, os dados aqui apresentados fornecem evidências adicionais de que a entropia é uma variável que pode complementar as variáveis posturográficas tradicionais.

Entretanto necessita-se de mais estudos para analisar que nível de exaustão os indivíduos foram submetidos e até mesmo se esta modificação dos padrões de equilíbrio ocorreu por alterações a nível motor ou sensitivo.

## REFERENCIAS

1. ABD-ELFATTAH, H. M.; ABDELAZEIM, F. H.; ELSHENNAWY, S. Physical and cognitive consequences of fatigue: a review. **Journal of Advanced Research**, v. 6; p. 351-358, 2015.
2. FULCO, C. S., LEWIS, S. F., FRYKMAN, P. N., BOUSHEL, R., SMITH, S., HARMAN, E. A., ... & PANDOLF, K. B. Muscle fatigue and exhaustion during dynamic leg exercise in normoxia and hypobaric hypoxia. **Journal of Applied Physiology**, v. 81(5), p. 1891-1900, 1996

3. BIGLAND-RITCHIE, B. R.; WOODS, J. J. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. **Muscle & Nerve**, v. 7, p. 691–699, 1984.
4. ENOKA, R. M.; STUART, D. G. Neurobiology of muscle fatigue. **Journal of Applied Physiology**, v. 72, n. 5, p. 1631–1648, 1992
5. GANDEVIA, S. C. Neural control in human muscle fatigue: changes in muscle afferents, motoneurons and motor cortical drive. **Acta physiologica Scandinavica**, v. 162, p. 275–283, 1998.
6. REIMER III, R. C.; WIKSTROM, E. A. Functional fatigue of the hip and ankle musculature cause similar alterations in single leg stance postural control. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, p. 161-166, 2010.
7. DUARTE, M.; FREITAS, S. M. S. F. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para a avaliação do equilíbrio. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, p. 183-192, 2010.
8. DEFFEYES, J. E.; HARBOUNE, R. T.; DEJONG, S. L.; KYVELIDOU, A.; STUBERG, W. A.; STERGIOU, N. Use of informationentropy measures of sitting postural sway to quantify developmental delay in infants. **Journal of Neuro engineering and rehabilitation**, v. 6, 2009.
9. DICKIN, D. C.; DOAN, J.B. Postural stability in altered and unaltered sensory environments following fatiguing exercise of lower extremity joints. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 18, p. 765-772, 2008.
10. MCGREGOR, S. J.; ARMSTRONG, W. J.; YAGGIE, J. A.; BOLLT, E. M.; PARSHAD, R; BAILEY, J. J.; JOHNSON, S. M.; GOIN, A. M.; KELLY, S. R. Lower extremity fatigue increases complexity of postural control during a single-legged stance. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v.8, p.43, 2011.
11. THIELE, R. M.; CONCHOLA, E. C.; PALMER, T. B.; DEFREITAS, J. M.; THOMPSON, B. J. The effects of a high-intensity free-weight back-squat exercise protocol on postural stability in resistance-trainde males. **Journal of Sports Sciences**, p. 37-41, 2014.
12. BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, p. 377-81, 1982.
13. CAVASINI, S. M.; MATSUDO, V. K. R. Desenvolvimento de uma escala brasileira de percepção subjetiva de esforço. **Anais do 3º Congresso Brasileiro de Ciências do Esporte**, p. 23, 1983.
14. MARINS, J. C. **Avaliação e prescrição da atividade física: guia prático**. 2ª edição, Rio de Janeiro, Shape, 1998, 290 p.
15. SILVA, B. A. R. S.; MARTINEZ, F. G.; PACHECO, A. M.; PACHECO, I. Efeitos da fadiga muscular induzida por exercícios no tempo de reação muscular dos fibulares em indivíduos saudáveis. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, v. 12; 85-89, 2006.
16. BISSON, E. J.; MCEWEN, D.; LAJOIE, Y.; BILODEAU, M. Effects of ankle and hip muscle fatigue on postural sway and attentional demands during unipedal stance. **Gait & Posture**, v. 33; p. 83-87, 2011.
17. BIZID, R.; MARGNES, E.; FRANÇOIS, Y.; JULY, J. L.; GONZALES, G.; DUPUI, P.; PAILLARD, T. Effects of knee and ankle muscle fatigue on



- postural control in the unipedal stance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 3; p. 375-80, 2009.
18. ERICSON, M. On the biomechanics of cycling. A study of joint and muscle load during exercise on the bicycle ergometer. **Scandinavian journal of rehabilitation medicine. Supplement**, v. 16, p. 1-43, 1986.
  19. VIEIRA, M. F.; SOUZA, G. S. de S; LEHNEN, G. C.; RODRIGUES, F. B.; ANDRADE, A. O. Effects of general fatigue induced by incremental maximal exercise test on gait stability and variability of healthy young subjects. **Journal of electromyography and Kinesiology**, v. 30; p. 161-67, 2016.
  20. HARKINS, K. M.; MATTACOLA, C. G.; UHL, T. L.; MALONE, T. R.; MCCRORY, J. L. Effects of 2 ankle fatigue models on the duration of postural stability dysfunction. **Journal of Athletic Training**, v. 40, p. 191-4, 2005.
  21. BRUNIERA, C. A. V.; ROGÉRIO, F. R. P. G.; RODACKI, A. L. F. Stabilometric response during single-leg stance after lower limb muscle fatigue. **Brasilian Journal of Physical Therapy**, v. 17, p. 464- 469, 2013.

**ANEXO V: Parecer CEP****UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
PIAUÍ - UFPI****PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Estudo do Controle Multi Muscular na Fadiga Induzida de Membro Inferior

**Pesquisador:** Baldomero Antonio Kato da Silva

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 43599715.5.0000.5214

**Instituição Proponente:** FUNDACAO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUI

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 1.035.379

**Data da Relatoria:** 22/05/2015

**Apresentação do Projeto:**

O protocolo de pesquisa é sobre a fadiga muscular definida como uma redução induzida pelo exercício, na capacidade do músculo de gerar força ou ainda, à impossibilidade de continuar se exercitando em uma determinada intensidade de trabalho, dependendo das características da atividade executada. A causa da fadiga muscular é complexa, mas parece ser ocasionada por mecanismos centrais e periféricos.

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

Investigar a natureza da distribuição de comandos neurais para vários músculos na presença de fadiga muscular induzida em membros inferiores.

Objetivo Secundário:

1. Avaliar o efeito da fadiga muscular de membros inferiores na distribuição e magnitude de inputs neurais comuns entre os músculos posturais durante a execução da postura vertical na ausência de uma tarefa motora voluntária secundária.
2. Avaliar o efeito da fadiga muscular de membros inferiores para a distribuição e magnitude de inputs neurais comuns entre os músculos posturais durante a execução da postura vertical na presença de uma tarefa motora voluntária estática secundária.
3. Avaliar o efeito da fadiga muscular de membros inferiores para a distribuição e magnitude de inputs neurais comuns entre os músculos posturais durante a execução da postura vertical na presença de uma tarefa motora voluntária dinâmica secundária.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos:

Os principais riscos relacionam-se a componentes físicos dos participantes, pela possibilidade de quadros algícos após a aplicação do protocolo proposto. Na ocorrência deste inconveniente, o participante será orientado quanto às medidas necessárias para minimização, controle e tratamento da dor. Persistindo-se o quadro algíco, o

participante será encaminhado para tratamento fisioterapêutico imediatamente, sem ônus para o mesmo.

Ainda que haja risco mínimo, a ocorrência de lesões durante o protocolo poderá ser observada e, nestas situações, os participantes receberão suporte terapêutico adequado pelos responsáveis pelo projeto. Havendo impedimentos apresentados a qualquer tempo pelos participantes, a pesquisa será encerrada ou suspensa, preservando-se os voluntários quanto a ocorrência de inconvenientes físicos e/ou psicológicos decorrentes da participação no projeto. Os participantes estarão devida e previamente orientados quanto à possibilidade de desistência em participação na pesquisa a qualquer momento e pelos motivos que lhe forem convenientes, sem sofrerem qualquer dano ou prejuízo por isso.

**Benefícios:**

Este projeto poderá nos ajudar a entender as adaptações neurais causadas pela fadiga em membros inferiores. Os resultados obtidos nesta investigação poderão propiciar dados que facilitem também avanços na área clínicas e desportiva, uma vez que a fadiga muscular esquelética é um fenômeno rotineiro em atletas, prejudicando seu desempenho e o deixando-o mais susceptível a lesões. O entendimento das repercussões da fadiga muscular no controle postural constitui uma área temática que, apesar de ser bastante estudada, ainda apresenta controvérsia. Por ser considerada um conceito multidimensional que abrange aspectos fisiológicos e psicológicos, isolar e quantificar os sintomas que precedem a perda na capacidade do músculo em sustentar um nível de força, caracteriza um problema de elevada complexidade.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O estudo é relevante sobre a fadiga muscular, será realizada com quarenta e cinco jovens saudáveis (18 a 25 anos) submetidos a estudo eletromiográfico em oito músculos posturais (Sóleo, Gastrocnêmio Medial, Bíceps Femoral, Ereter Lombar da Espinha, Tibial Anterior, Reto Femoral, Vasto Lateral, Reto Abdominal) pré e pós aplicação de um protocolo de fadiga por agachamento com peso. A avaliação eletromiográfica consistirá em três estudos específicos: (1) postura bípede, (2) postura bípede com carga estática anterior e (3) oscilação corporal antero-posterior. Para cada estudo será avaliada a trajetória do centro de pressão e o input neural dos músculos avaliados, analisando-se a atividade e a ação multi muscular dos mesmos.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os termos foram apresentados.

**Recomendações:**

Sem recomendação.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

O protocolo de pesquisa está aprovado, porque encontra-se elaborado segundo a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**