

# Efeitos do envelhecimento e da base de suporte no controle postural

<http://dx.doi.org/10.11606/1807-5509201700010083>

Silvana Lopes NOGUEIRA LAHR\*  
Herbert UGRINOWITSCH\*\*  
Leonardo Luiz Portes dos SANTOS\*\*  
André Gustavo Pereira de ANDRADE\*\*  
Rodolfo Novellino BENDA\*\*

\*Universidade Federal de Juiz de Fora, Governador Valadares, MG, Brasil.

\*\*Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

## Resumo

Este estudo teve como objetivos avaliar o controle postural de jovens e idosos em relação à direção predominante e à área de deslocamento do centro de pressão, buscando verificar se diferentes bases de suporte evidenciam diferenças entre os grupos para estas duas variáveis. A amostra foi composta por oito adultos jovens (22,6±2,33 anos) e oito idosos (75,4±5,7 anos), e a tarefa consistiu em permanecer de pé sobre uma plataforma de força por 30 segundos, em duas bases de suporte: normal (BSN) e semi-tandem (BSST), sendo realizadas três tentativas em cada uma delas. Avaliou-se as variáveis "área" e "direção" de oscilação, ambas derivadas no centro de pressão. Os resultados mostraram que idosos apresentaram maior oscilação corporal que jovens e a restrição na base de suporte ampliou a oscilação de ambos os grupos etários. Conclui-se que idosos e jovens apresentam comportamentos distintos em relação à oscilação corporal e que o aumento na dificuldade da tarefa é capaz de evidenciar parcialmente essas diferenças.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle postural; Envelhecimento; Demanda da tarefa; Postura quieta.

## Introdução

A manutenção do controle postural é uma tarefa complexa, que exige interação entre diversos sistemas, e tem como função manter o centro de gravidade dentro dos limites da base de suporte<sup>1</sup>, visando o controle e a estabilidade de um sistema multissegmentar, formado por inúmeros graus de liberdade<sup>2</sup>. No controle postural, assim como em outras ações do comportamento motor humano, vários componentes do organismo interagem, originando determinados padrões de atividade muscular<sup>3</sup>, em que há uma interação dinâmica envolvendo os sistemas nervoso, sensorial e muscular<sup>4</sup>.

O controle postural pode ser avaliado por meio da oscilação corporal na postura ereta quieta, mensurada pela trajetória do centro de pressão. Desta medida podem derivar diversas variáveis, tais como a área (elipse formada por 95% dos pontos da trajetória do centro de pressão), e o ângulo ( $\theta$ ) constituído entre o eixo maior dessa elipse e o eixo ântero-posterior do corpo humano, que indica a

direção predominante de oscilação corporal<sup>5-6</sup>.

Um fator que interfere na oscilação corporal é a base de suporte, que pode alterar a exigência dos sistemas envolvidos no controle postural, o que evidenciaria diferenças nas estratégias adotadas por distintos grupos etários com vistas à manutenção do equilíbrio corporal<sup>7-8</sup>. Ainda, com o avançar da idade, podem ocorrer mudanças nas estratégias utilizadas para manutenção do equilíbrio postural, uma vez que o envelhecimento acarreta perdas funcionais e motoras, e isso pode refletir não apenas na forma, mas também na variabilidade do comportamento motor apresentado por esses indivíduos<sup>6,9-10</sup>.

Assim, o presente trabalho levantou a seguinte questão: modificações nas bases de suporte levariam a aumento de dificuldade na tarefa de modo a distinguir a direção e área de deslocamento do centro de pressão entre adultos jovens e idosos?

O estudo tem como objetivos analisar a oscilação corporal considerando: a) o efeito da

idade (jovens versus idosos), bem como b) o efeito da base de suporte.

A primeira hipótese desse estudo é que idosos apresentarão maior oscilação corporal que jovens, inferida pelo centro de pressão, uma vez que as mudanças no organismo levariam a modificações na capacidade para manter estabilidade. A segunda

hipótese é de que uma base de suporte mais restrita ampliaria as diferenças nos resultados obtidos entre os dois grupos, em relação à área e à direção predominante de oscilação corporal (deslocamento do centro de pressão). Tal hipótese se justifica, pois numa base de suporte mais exigente o comportamento do idoso tenderia a se deteriorar mais que o adulto jovem.

## Método

### Amostra

Participaram do estudo oito adultos jovens ( $M=22,6$ ;  $DP=2,33$  anos), cinco mulheres e três homens, e oito idosos ( $M=75,4$ ;  $DP=5,7$  anos), sete mulheres e um homem, saudáveis, destros (em relação à preferência podal), vivendo na comunidade (não institucionalizados), que concordaram em participar e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Minas Gerais, parecer nº 01258012.6.0000.5149. Foram considerados critérios de exclusão possuir amputação de membros inferiores, prótese total de quadril ou joelho, diabetes, histórico prévio de acidente vascular encefálico, doença de Parkinson, algum tipo de comprometimento neuromuscular ou músculo-esquelético que comprometesse a realização da tarefa, limitação visual que impedisse a realização da tarefa, e ainda necessitar de dispositivo de auxílio à marcha para permanecer em pé ou estar em crise vertiginosa aguda.

### Instrumento e Tarefa

Foi realizada posturografia estática em plataforma de força (EMGSystem - modelo BIOMECH 400; condicionador de sinais - modelo CS 800 AF), com área de superfície de 50,0 cm x 50,0 cm e frequência de aquisição de 100 Hz<sup>11</sup>, sendo as rotinas implementadas em ambiente Matlab 7.0. O sinal de coleta foi filtrado por meio de um filtro passa-baixa com frequência de corte de 10 Hz.

Durante a realização da tarefa o indivíduo permaneceu descalço, em postura ereta quieta e apoio bipodal, olhando para um ponto fixo (alvo circular preto com 5 cm de diâmetro) à altura dos olhos, fixado em uma parede branca a 2 m de distância.

Cada voluntário executou a tarefa em duas bases de suporte diferentes; na base de suporte normal (BSN), mais ampla, os pés ficaram afastados até no máximo a largura do quadril e o indivíduo escolheu a distância que lhe era mais confortável. A base de suporte semi-tandem (BSST) consistiu em posicionar os pés um à frente do outro, com o calcanhar do pé esquerdo ao nível da cabeça do quinto metatarso do pé direito<sup>12</sup>. Em cada tentativa, o voluntário permaneceu por 35 segundos em posição ortostática, sem perder o contato dos pés com a plataforma. Sendo assim, para cada base de suporte foram realizadas três tentativas, obtendo-se seis séries temporais de 35 segundos para cada indivíduo: três para a BSN e três para a BSST.

### Procedimentos

A coleta de dados foi realizada em um único dia, em um local silencioso e reservado para este fim. Logo após ser informado sobre os procedimentos e assinar o TCLE, o voluntário foi encaminhado ao local de coleta, onde recebeu instruções sobre a tarefa. No momento da coleta, os voluntários foram instruídos a não conversar e tentar se mover o mínimo possível.

### Análise dos dados

Os 5 segundos iniciais de cada série temporal foram eliminados. As três séries de 30 segundos representativas de um indivíduo, numa determinada base de suporte, foram divididas em seguimentos de 10 segundos, obtendo-se nove séries temporais (para cada indivíduo, em cada base de suporte). Como a frequência predominante de oscilação do COP é em torno de 1 Hz a 2 Hz<sup>8,12</sup>, o tempo de 10 segundos foi escolhido, pois garante a presença de cinco a 10 ciclos de oscilação em cada série temporal de 10 segundos, tempo representativo da dinâmica do sistema nesta escala de observação - dinâmica com forte componente

periódica de 1 Hz a 2 Hz.

As variáveis avaliadas no presente estudo - direção predominante e área de deslocamento do centro de pressão - foram analisadas nas séries de 10 segundos, e os nove valores obtidos de cada sujeito (para cada condição) foram agrupados. Calculou-se a área de deslocamento do centro de pressão por meio da elipse de confiança, que abrange 95% dos pontos da trajetória do centro de pressão<sup>12</sup>. A direção predominante de oscilação (ângulo  $\theta$ ) foi quantificada pelo cálculo do ângulo formado entre o eixo maior dessa elipse e o eixo corporal ântero-posterior, sendo que um valor negativo se referiu ao lado esquerdo do

participante e um valor positivo ao seu lado direito<sup>5-6</sup>.

Com o objetivo de comparar a área e o ângulo  $\theta$  entre as duas faixas etárias, e nas duas bases de suporte adotadas, foi realizada uma ANOVA para medidas repetidas, sendo o fator entre grupos (jovens e idosos), e tendo como medidas repetidas as bases de suporte (normal e semi-tandem). Quando necessário, foi realizado o teste post hoc de Tukey, uma vez que os dados apresentaram normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade das variâncias (teste de Levene). Para análise dos dados, foi utilizado o software STATISTICA 7.0, considerando-se um nível de significância de 0,05.

## Resultados

A TABELA 1 apresenta os valores médios e o desvio padrão da direção de deslocamento do centro de pressão (ângulo  $\theta$ ) e da área, para idosos e jovens, nas duas condições de teste (bases de suporte).

Na base de suporte normal, a amplitude da direção de oscilação dos idosos foi superior à dos jovens e na base de suporte semi-tandem, a amplitude da direção de oscilação foi semelhante entre idosos e jovens. Ao se comparar a direção média de oscilação entre idosos e jovens nas duas bases de suporte, verificou-se diferença

entre os grupos  $F(1,142)=5,6110$ ,  $p=0,019$  e entre as bases de suporte adotadas  $F(1,142)=60,313$ ,  $p=0,001$ , além de interação entre grupos e base de suporte  $F(1,142)=8,9356$ ,  $p=0,003$  (FIGURA 1). O post hoc de Tukey apontou que a média da direção de oscilação de idosos é maior que a de jovens na base de suporte semi-tandem ( $p=0,001$ ), mas não na base normal ( $p=0,973$ ); além disso, tanto jovens quanto idosos possuem maior direção de oscilação na BSST que na BSN ( $p<0,001$ ).

TABELA 1 - Estatística descritiva da direção de deslocamento do centro de pressão e da área para intervalos de 10 segundos.

Grupo Base de suporte	Direção de oscilação <sup>‡</sup> (Média±DP)	Direção de oscilação <sup>‡</sup> (mínimo-máximo)	Área (mm <sup>2</sup> ) (Média±DP)
BSN			
Idosos	2,2±17,53	-50 a +78	32,1±18,4
Jovens	-1,0±7,42	-24 a +16	30,7±20,7
BSST			
Idosos	-53,5±55,18	-89 a +89	296,0±140,2
Jovens	25,7±65,85	-90 a +90	241,4±208,8

<sup>‡</sup>: Direção de oscilação;  
DP: Desvio-padrão;  
BSN: Base de suporte normal;  
BSST: Base de suporte semi-tandem.

Na base de suporte normal, a amplitude da direção de oscilação dos idosos foi superior à dos jovens e na base de suporte semi-tandem, a amplitude da direção de oscilação foi semelhante entre idosos e jovens. Ao se comparar a direção média de oscilação entre idosos e jovens nas duas bases de suporte, verificou-se diferença entre os grupos  $F(1,142)=5,6110$ ,  $p=0,019$  e entre as bases de suporte adotadas

$F(1,142)=60,313$ ,  $p=0,001$ , além de interação entre grupos e base de suporte  $F(1,142)=8,9356$ ,  $p=0,003$  (FIGURA 1). O post hoc de Tukey apontou que a média da direção de oscilação de idosos é maior que a de jovens na base de suporte semi-tandem ( $p=0,001$ ), mas não na base normal ( $p=0,973$ ); além disso, tanto jovens quanto idosos possuem maior direção de oscilação na BSST que na BSN ( $p<0,001$ ).

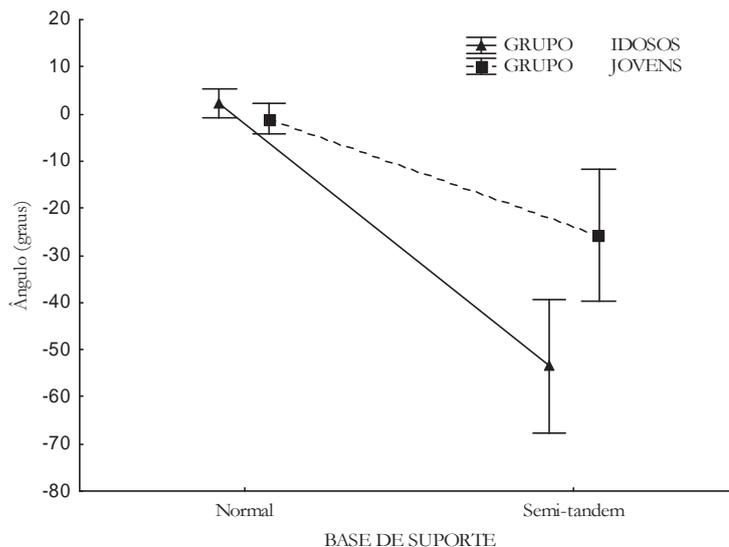


FIGURA 1 - Média da direção de oscilação (ângulo  $\theta$ ) nas bases de suporte normal e semi-tandem para os grupos idosos e jovens. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

No que diz respeito à área, houve diferença entre os grupos  $F(1,142)=11,760$ ,  $p=0,001$ , com idosos oscilando em maior área que jovens, e entre as bases de suporte  $F(1,142)=406,01$ ,  $p=0,001$ , com maior área de oscilação na BSST do que na BSN. Houve interação significativa entre grupos e bases

de suporte  $F(1,142)=12,490$ ,  $p=0,001$  (FIGURA 2); o post hoc de Tukey indicou que nas duas bases de suporte, idosos apresentaram maior área de deslocamento do centro de pressão que jovens ( $p=0,001$ ); além disso, idosos e jovens oscilam em maior área na BSST do que na BSN ( $p<0,001$ ).

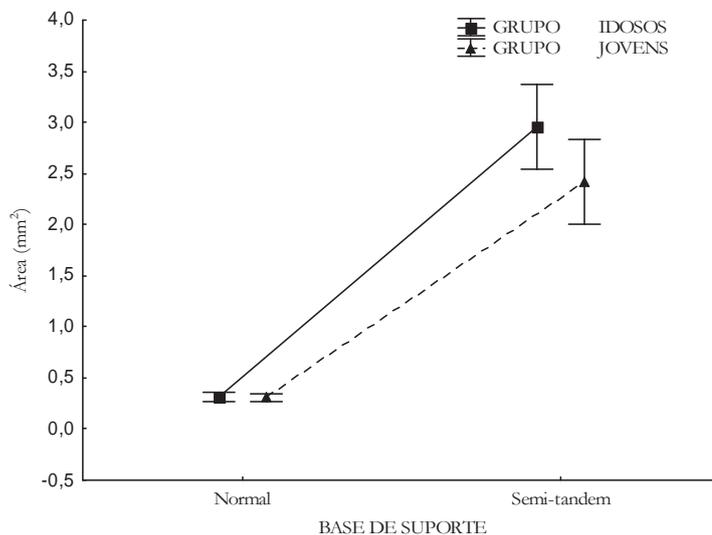


FIGURA 2 - Média da área ( $\text{mm}^2$ ) nas bases de suporte normal e semi-tandem para os grupos idosos e jovens. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

## Discussão

O primeiro objetivo do presente estudo foi analisar as diferenças na oscilação corporal entre idosos e jovens na postura ereta quieta. Os resultados mostraram maior oscilação corporal de idosos do que de jovens, demonstrando diferenças na competência de se manter em estabilidade em virtude das características da faixa etária. A resposta motora na realização de uma tarefa reflete uma gama de restrições intrínsecas, relacionadas inclusive aos efeitos do envelhecimento sobre o sistema (indivíduo), mas também extrínsecas, nesse caso relacionadas aos requisitos específicos para a realização de uma tarefa<sup>13</sup>.

Em especial, com relação à área, idosos apresentaram maiores valores que jovens tanto na BSST quanto na BSN. Enquanto alguns trabalhos que analisaram jovens e idosos na base de suporte normal<sup>14-15</sup> encontraram diferença entre os valores de área de deslocamento do centro de pressão, corroborando o presente trabalho, outros estudos não encontraram diferença entre os dois grupos analisados<sup>7,16-17</sup>. A maior área de oscilação postural pode refletir a ineficácia no controle postural e déficit nos movimentos de ajuste fino, o que poderia estar relacionado à má utilização da informação somatossensorial para corrigir as oscilações posturais, podendo refletir atraso e imprecisão no feedback sensorial para detectar a posição do centro de massa<sup>5</sup>. Cabe ressaltar que uma grande área de oscilação pode implicar em ultrapassar o limite da estabilidade e consequentemente em uma possível queda. Dessa forma, pode-se afirmar que a segunda hipótese foi parcialmente confirmada, considerando que o uso de uma base de suporte com maior restrição (BSST) ampliou as diferenças entre idosos e jovens apenas para a direção de oscilação, porém em relação à área de oscilação, houve diferença entre os dois grupos nas duas tarefas.

Ao considerar o segundo objetivo desse trabalho, quando se comparou a direção de oscilação nas duas tarefas (bases de suporte), não se observou diferença significativa entre os grupos na BSN, ao contrário da BSST, uma vez que os idosos concentraram sua oscilação à esquerda do eixo ântero-posterior, e jovens à direita. Na BSN, idosos e jovens concentraram sua oscilação em torno do eixo corporal ântero-posterior, assim como no trabalho de ROCCHI et al.<sup>5</sup>, o que possivelmente estaria relacionado à posição dos pés adotada, que proporciona aumento do suporte no sentido

mediolateral, favorecendo mais a oscilação nesse sentido em detrimento da oscilação mediolateral. Porém, idosos apresentaram maior amplitude na direção de oscilação comparados aos jovens, o que poderia estar associado à maior atividade dos abdutores e adutores do quadril - que realizam mecanismo de carga e descarga - em relação aos dorsiflexores e dorsiplantares<sup>18</sup>, indicando maior instabilidade mediolateral daquele grupo. De fato, alguns estudos têm associado o controle da estabilidade lateral e o aumento da oscilação lateral com o risco de quedas elevado em idosos<sup>19</sup>. A esse respeito, WINTER et al.<sup>20</sup> chamam a atenção para a importância da perda de equilíbrio na direção mediolateral, uma vez que esta seria particularmente difícil de recuperar, pois a descarga no membro ocorre no lado oposto ao sentido da queda, enquanto que na direção ântero-posterior, um passo à frente ou para trás (estratégia do passo) seria mais possível de ser realizado para evitar a queda.

Dependendo da base de suporte, muitas combinações de mecanismos (respostas motoras) do tornozelo e de carga-descarga do quadril para manter a estabilidade na postura ereta quieta podem ocorrer, e essa pode ser uma explicação para as diferenças encontradas no presente trabalho<sup>20-21</sup>. Enquanto a BSN proporciona aumento do suporte na direção mediolateral, a BSST restringe o movimento nessa direção, favorecendo o aumento da oscilação no sentido da restrição, uma vez que a distância entre os pés está diretamente relacionada com a estabilidade corporal<sup>8-9,22</sup>. Todos os voluntários, de ambos os grupos, se autodeclararam destros (preferência podal), e realizaram a tarefa na BSST com o pé dominante (direito) à frente; no entanto, enquanto a direção predominante de deslocamento dos jovens se concentrou à direita do eixo ântero-posterior do corpo, no sentido do pé de apoio que estava à frente, a dos idosos se concentrou do lado esquerdo, onde não havia apoio da base de suporte, talvez devido à menor capacidade de lidar com situações de maior exigência.

Em posições intermediárias entre a base de suporte normal e a tandem (como é o caso da semi-tandem), tanto os mecanismos do tornozelo quanto do quadril estão envolvidos no controle postural<sup>23</sup>, sendo que na direção ântero-posterior ocorre um cancelamento parcial entre os dois mecanismos, enquanto na direção mediolateral eles agem juntos, por um reforço parcial entre os mecanismos do

tornozelo e do quadril, embora dominado por esse último, além de um suporte parcial dos eversores e inversores do tornozelo<sup>9,20,23</sup>. Assim, pode-se inferir que no caso dos idosos (base de suporte semi-tandem), pode ter ocorrido maior atividade dos mecanismos de carga e descarga do quadril, ou mesmo dos eversores/inversores do tornozelo na tentativa de alcançar estabilidade postural, resultando em maior oscilação mediolateral. Mudanças na base de suporte - tais como a redução - podem levar à necessidade de um braço de alavanca mais longo, a fim de garantir o torque restaurativo adequado para corrigir a posição do centro de massa, provocando mudanças na oscilação corporal. Se o torque desenvolvido não for o ideal, o corpo poderá oscilar além dos limites da estabilidade, evocando uma nova demanda para correção o que irá refletir nos parâmetros do COP<sup>8</sup>. Por esse motivo, indivíduos que por algum motivo tenham tido perdas em algum dos sistemas envolvidos no controle postural (por exemplo: envelhecimento), apresentam maior dificuldade em manter o equilíbrio postural. O envelhecimento está associado ao declínio das funções fisiológicas; por isso, idosos têm menor capacidade de gerar níveis relevantes de força muscular e/ou precisão para a realização de uma tarefa motora, de modo a não atender à demanda com o mesmo nível de estabilidade<sup>13</sup>.

Sendo assim, a segunda hipótese foi corroborada em relação à área, pois o aumento no grau de dificuldade da tarefa evidenciou diferenças nessa variável, já que ambos os grupos foram afetados pela restrição da base de suporte. Tanto jovens quanto idosos apresentaram maior área na base semi-tandem em relação à normal (FIGURA 2), corroborando o estudo de BARELA et al.<sup>7</sup>, o que pode ser explicado pelo aumento da dificuldade de realização da tarefa, que por sua vez pode influenciar as variáveis derivadas do centro de pressão. Sendo assim, pode-se dizer que ambos os grupos foram afetados pela restrição espacial da base de suporte<sup>22</sup>, porém idosos foram ainda mais afetados.

Conclui-se que idosos apresentam oscilação corporal similar que jovens quando realizam uma tarefa mais simples, comum em seu dia-a-dia; porém, quando são expostos a uma tarefa que oferece maior desafio aos sistemas de controle postural, indivíduos mais velhos apresentam um comportamento mais rígido. Além disso, na tarefa de maior dificuldade, idosos apresentam direção de oscilação diferente e maior área, e especula-se que isso esteja associado ao uso de estratégias diferentes dos jovens para manutenção da estabilidade postural. Os resultados do presente estudo sugerem que o aumento no grau de dificuldade da tarefa é capaz de expor mais as diferenças entre indivíduos de grupos etários diferentes.

## Abstract

### Effects of aging and base of support in postural control

This study aimed to evaluate the postural control of young and elderly in relation to the predominant direction and the body sway area of the center of pressure, in order to verify whether different bases of support could evidence differences between groups for the two variables. The sample was composed of eight young adults ( $22.6 \pm 2.33$  years) and eight elderly ( $75.4 \pm 5.7$  years), and the task consisted of upright stance on a force plate for 30 seconds at two support bases: normal (BSN) and semi-tandem (BSST), being carried out three trials each. We evaluated the variables area and direction of sway, both derived from the center of pressure. Results showed that elderly presented higher body sway than young adults, and constraints in bases of support amplify body sway of both groups. We conclude that young and elderly present different behavior in relation to body sway and the increase in the task difficulty is able to partially highlight these differences

KEYWORDS: Postural control; Aging; Basis of support; Quiet stance.

## Referências

1. Pai YC, Wening JD, Runtz EF, Iqbal K, Pavol MJ. Role of feedforward control of movement stability in reducing slip-related balance loss and falls among older adults. *J Neurophysiol.* 2003; 90(2):755-762.
2. Bernstein N. The coordination and regulation of movements. Oxford: Pergamon Press; 1967. p. 196.
3. Van Emmerik REA, Van Wegen EEH. On the functional aspects of variability in postural control. *Exerc Sport Sci Rev.* 2002; 30(4):177-183.
4. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing.* 2006; 35(S2):ii7-ii11.
5. Rocchi L, Chiari L, Horak FB. Effects of deep brain stimulation and levodopa on postural sway in Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2002; 73:267-274.
6. Cavalheiro GL, Almeida MFS, Pereira AA, Andrade AO. Study of age-related changes in postural control during quiet standing through Linear Discriminant Analysis. *BioMed Eng Online.* 2009; 18:8-35.
7. Barela AMF, Alveno D, Garcia C, Pereira CA. Comparação de dois métodos de análise do controle postural durante a manutenção da postura ereta e quieta. *BJMB.* 2009; 4(1):30-36.
8. Nejc S, Jernej R, Loeffler S, Kern H. Sensitivity of body sway parameters during quiet standing to manipulation of support surface size. *J. Sports Sci Med.* 2010; 9:431-438.
9. Winter DA, Patla AE, Ishac M, Gage WH. Motor mechanisms of balance during quiet standing. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003; 13(1):49-56.
10. Jamet M, Deviterne D, Gauchard GC, Vançon G, Perrin PP. Higher visual dependency increases balance control perturbation during cognitive task fulfillment in elderly people. *Neurosci Lett.* 2004; 359(1-2):61-64.
11. Baccini M, Rinaldi LA, Federighi G, Vannucchi L, Paci M, Masotti G. Effectiveness of fingertip light contact in reducing postural sway in older people. *Age Ageing.* 2007; 36(1):30-35.
12. Prieto TE, Myklebust JB, Hoffmann RG, Lovett EG, Myklebust BM. Measures of Postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1996; 43(9):956-966.
13. Morrison S, Newell KM. Aging, neuromuscular decline, and the change in physiological and behavioral complexity of upper-limb movement dynamics. *J Aging Res.* 2012; 2012:1-14.
14. Fujita T, Nakamura S, Ohue M, Fujii Y, Miyauchi A, Takagi Y, Tsugeno H. Effect of age on body sway assessed by computerized posturography. *J Bone Miner Metab.* 2005; 23(2):152-156.
15. Abrahamová D, Hlavačka F. Age-related changes of human balance during quiet stance. *Physiol Res.* 2008; 57(6):957-964.
16. Freitas Júnior P, Barela J. A. Alterações no funcionamento do sistema de controle postural de idosos. Uso da informação visual. *Rev Port Cien Desp.* 2006; 6(1):94-105.
17. Kapoula Z, Lê T. Effects of distance and gaze position on postural stability in young and old subjects. *Exp Brain Res.*

- 2006; 173(3):438-445.
18. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*. 1995, 3:193-214.
  19. Piirtola M, Era P. Force platform measurements as predictors of falls among older people - a review. *Gerontology*. 2006; 52(1):1-16.
  20. Winter DA, Prince F, Frank JS, Powell C, Zabjek KF. Unified Theory Regarding A/P and M/L Balance in Quiet Stance. *J Neurophysiol*. 1996; 75(6):2334-2343.
  21. Gage WH, Winter DA, Frank JS, Adkin AL. Kinematic and kinetic validity of the inverted pendulum model in quiet standing. *Gait Posture*. 2004; 19(2):124-132.
  22. Gillette JC, Abbas JJ. Foot placement alters the mechanisms of postural control while standing and reaching. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2003; 11(4):377-385.
  23. Termoz N, Halliday SE, Winter DA, Frank JS, Patla AE, Prince F. The control of upright stance in young, elderly and persons with Parkinson's disease. *Gait Posture*. 2008; 27(3):463-470.

ENDEREÇO

Silvana Lopes Nogueira Lahr  
Rua Prof. Sinval Silva, 280  
35020-450 - Governador Valadares - MG - BRASIL  
e-mail: sillnogueira@yahoo.com.br

Recebido para publicação: 22/11/2013  
1a. Revisão: 05/05/2015  
2a. Revisão: 13/11/2015  
Aceito: 18/02/2016