



# EFEITO IMEDIATO DE UM DISPOSITIVO ORTOSTÁTICO EM AMPUTADOS PRATICANTES DE ATIVIDADE FÍSICA


IMMEDIATE EFFECT OF AN ORTHOSTATIC DEVICE IN AMPUTEES WHO PRACTICE PHYSICAL ACTIVITY

EFFECTO INMEDIATO DE UN DISPOSITIVO ORTOSTÁTICO EN AMPUTADOS QUE PRACTICAN ACTIVIDAD FÍSICA


Gabriella Coelho Vieira de Melo Alves<sup>1</sup>   
(Fisioterapeuta)

Gisele Harumi Hotta<sup>1,2</sup>   
(Fisioterapeuta)


Débora Pinheiro Aguiar<sup>1</sup>   
(Fisioterapeuta)

Liana Praça Oliveira<sup>1,3</sup>   
(Fisioterapeuta)

Marie Aquino Melo de Leopoldino<sup>3</sup>   
(Acadêmica de Fisioterapia)

Jefferson Pacheco Amaral Fortes<sup>4</sup>   
(Fisioterapeuta)

Francisco Carlos de Mattos Brito Oliveira<sup>1,4</sup>   
(Cientista da Computação)

Francisco Fleury Uchoa Santos Júnior<sup>1,2,5</sup>   
(Fisioterapeuta)

1. Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da Dell, Dell Lead, Fortaleza, Ceará, Brasil.

2. Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Departamento de Ciências da Saúde, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

3. Centro Universitário Estácio do Ceará, Departamento de Fisioterapia, Fortaleza, Ceará, Brasil.

4. Departamento de Ciências da Computação, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

5. Centro Universitário Fametro, Departamento de Fisioterapia, Fortaleza, Ceará, Brasil.

## Correspondência:

Francisco Fleury Uchoa Santos Junior

R. Jaime Pinheiro, 36 Patriolino Ribeiro, Fortaleza, CE, Brasil.

60810-250.

drfleuryjr@gmail.com



## RESUMO

**Introdução:** A amputação de membros inferiores afeta em sua maioria adultos jovens economicamente ativos, o que ocasiona grande impacto socioeconômico devido ao comprometimento da capacidade laboral, socialização e qualidade de vida. Desta forma, as utilizações de dispositivos ortostáticos possibilitariam a reinserção do indivíduo no ambiente de trabalho. **Objetivo:** Avaliar o efeito imediato da utilização de um dispositivo de elevação postural nos parâmetros fisiológicos e nos níveis da pressão plantar de amputados praticantes de atividade física. **Métodos:** Foram coletados os dados sociodemográficos e a percepção da qualidade do sono de 14 adultos de ambos os sexos com amputações de membro inferior que praticam atividade física. Os participantes foram colocados em um equipamento de elevação postural durante 90 minutos com monitorização dos parâmetros fisiológicos como pressão arterial, frequência cardíaca, saturação e sistema nervoso autônomo, além dos níveis da pressão plantar. Os dados também foram coletados durante a recuperação (15 e 30 minutos depois do uso do dispositivo). A análise dos dados foi realizada pela ANOVA two-way ou modelo de efeitos mistos com teste de comparações múltiplas de Sidak,  $p < 0,05$ . **Resultados:** Para todos os parâmetros cardiovasculares ( $p > 0,05$ ) analisados, nível de ativação sistema nervoso autônomo ( $p > 0,05$ ) e pressão plantar ( $p > 0,05$ ) não foram observadas diferenças ao longo do uso do dispositivo ortostático em todos os períodos avaliados. **Conclusão:** A utilização do equipamento de elevação postural por 90 minutos não gera como efeito imediato, alterações nos parâmetros fisiológicos e no controle postural de amputados praticantes de atividade física. **Nível de evidência II; Estudos terapêuticos: investigação dos resultados dos tratamentos Declaração de relevância clínica.**

**Descritores:** Amputados; Sistema nervoso autônomo; Biomecânica.

## ABSTRACT

**Introduction:** Lower limb amputation affects mainly economically active young adults, causing great socio-economic impact due to impaired work capacity, socialization, and quality of life. Thus, the use of orthostatic devices could make reintegration of the individual back into the work environment possible. **Objective:** To evaluate the immediate effect of using a postural elevation device on physiological parameters and plantar pressure levels in amputees who practice physical activity. **Methods:** Sociodemographic and perceived sleep quality data were collected from 14 adults of both sexes with lower limb amputations, who practice physical activity. The participants were placed in postural elevation equipment for a period of 90 minutes with monitoring of physiological parameters such as blood pressure, heart rate, and oxygen saturation. Parameters related to the autonomic nervous system and plantar pressure levels were also evaluated. Data were also collected during recovery at 15- and 30-minute intervals after using the device. **Data analysis** was performed using two-way ANOVA or a mixed-effects model with Sidak's multiple comparisons test. **Results:** For all cardiovascular parameters ( $p > 0.05$ ) analyzed, the activation level of the autonomic nervous system ( $p > 0.05$ ), and plantar pressure ( $p > 0.05$ ), no evidence of differences was observed during use of the orthostatic device in all evaluated periods. **Conclusion:** The use of postural elevation equipment for 90 minutes does not generate, as an immediate effect, changes in physiological parameters and postural control in amputees who practice physical activity. **Level of evidence II; Therapeutic studies – investigation of treatment results. Clinical relevance statement.**

**Keywords:** Amputees; Autonomic nervous system; Biomechanical phenomena.

## RESUMEN

**Introducción:** La amputación de miembros inferiores afecta mayoritariamente a jóvenes adultos económicamente activos, lo que provoca un gran impacto socioeconómico debido al compromiso de la capacidad laboral, la socialización y la calidad de vida. Así, el uso de dispositivos ortostáticos permitiría la reinserción del individuo en el entorno laboral. **Objetivo:** Evaluar el efecto inmediato del uso de un dispositivo de elevación postural en los parámetros fisiológicos y en los niveles de presión plantar de amputados que practican actividad física. **Métodos:** Se recogieron datos sociodemográficos y la percepción de la calidad del sueño de 14 adultos de ambos sexos con amputaciones de miembros inferiores, practicantes de actividad física. Los participantes fueron colocados en equipos de elevación postural durante 90 minutos con monitoreo de parámetros fisiológicos como presión arterial, frecuencia cardíaca, saturación y sistema nervoso autônomo, además de los niveles de presión plantar. También se recopilaban datos durante la recuperación a intervalos de 15 y 30 minutos después de usar el dispositivo. El análisis de datos se realizó

mediante ANOVA two-way o un modelo de efectos mixtos con la prueba de comparaciones múltiples de Sidak,  $p < 0,05$ . Resultados: Para todos los parámetros cardiovasculares ( $p > 0,05$ ) analizados, el nivel de activación del sistema nervioso autónomo ( $p > 0,05$ ) y la presión plantar ( $p > 0,05$ ), no se observaron diferencias a lo largo del uso del dispositivo ortostático en todos los períodos evaluados. Conclusión: El uso del equipo de elevación postural durante 90 minutos no genera, como efecto inmediato, cambios en los parámetros fisiológicos y en el control postural de los amputados que practican actividades físicas. **Nivel de evidencia II; Estudios terapéuticos: investigación de los resultados de los tratamientos. Declaración de relevancia clínica.**

**Descriptor:** Amputados; Sistema nervioso autónomo; Fenómenos biomecánicos.

DOI: [http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202329012021\\_0304](http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202329012021_0304)

Artigo recebido em 28/06/2021 aprovado em 15/02/2022

## INTRODUÇÃO

A amputação de membros é um recurso amplamente utilizado na ocorrência de lesões que apresentam envolvimento de nervos, artérias, partes moles e ossos<sup>1,2</sup> e que podem estar relacionadas a processos traumáticos, tumores, trombozes e infecções.<sup>1,2</sup> Sua prevalência alta já foi prioritariamente associada a conflitos militares, sendo atualmente relacionada com a presença de traumas em virtude de acidentes de trânsito, acidentes de trabalho, presença e complicações de doenças crônicas como por exemplo a diabetes mellitus e violência urbana.<sup>1,2</sup> Afeta em sua maioria adultos jovens e economicamente ativos, o que pode gerar grande impacto socioeconômico devido a perda da capacidade laborativa, da socialização e consequentemente da qualidade de vida.<sup>1,3</sup> No Brasil, só no ano de 2020, foram realizadas 25.198 cirurgias de amputação de membros inferiores gerando um custo anual com o procedimento na saúde brasileira superior a R\$ 64 milhões de reais, sendo as regiões sudeste e nordeste responsáveis pelos maiores custos com esse recurso.<sup>3</sup>

A amputação de membros inferiores leva a alterações hemodinâmicas, físicas e psicológicas importantes.<sup>4</sup> Além disso, traz como possíveis consequências adversas para o sistema cardiovascular a alta coagulabilidade sanguínea e alterações na regulação da pressão arterial, além de resistência à insulina.<sup>5</sup> Assim, indivíduos amputados parecem propensos a apresentar um desequilíbrio do funcionamento do sistema nervoso autônomo quando comparado com indivíduos saudáveis e não amputados, apresentando maiores valores de frequência cardíaca, pressão arterial, norepinefrina no plasma e atividade nervosa simpática.<sup>5,6</sup> Além disso a amputação de membros contribui para alterações psicossociais levando a um aumento no consumo de álcool, fumo, redução dos níveis de atividade física, com possível obesidade como consequência.<sup>7</sup>

As alterações físicas ocorrem principalmente devido assimetria causada pela ausência do membro de sustentação, a dependência de um membro artificial (prótese) para auxiliar na sustentação do corpo e deficiência no controle, ativação e potência muscular, que pode levar a movimentos compensatórios de quadril, pelve e tronco.<sup>8,9</sup> Assim, alterações no balanço postural são identificadas em indivíduos amputados e a performance na capacidade essencial do corpo de manter as funções diárias e se envolver, por exemplo, em atividades esportivas e de alta demanda tornam-se prejudicadas.<sup>10</sup> Portanto, apesar de desafiador, amputados devem ser encorajados a viverem ativos fisicamente,<sup>11,12</sup> visando diminuir os problemas físicos e hemodinâmicos pós amputação, além de promover a inclusão social, melhora da autoestima e independência, alavancando o processo de reabilitação.<sup>13</sup>

A reintegração do indivíduo amputado no ambiente social e laboral como objetivo final da reabilitação é considerado um dos maiores desafios enfrentados, pois requer adequação do ambiente e das rotinas de trabalho.<sup>12,14</sup> Assim, em relação as políticas sociais no Brasil que envolvem a saúde do trabalhador e seguridade social, a reinserção do indivíduo com deficiência é atualmente amparada pela Lei 13.146/2015, denominada Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), que assegura o direito das pessoas com deficiência ao trabalho de livre escolha e aceitação, em ambiente acessível e inclusivo, em igualdade de oportunidades com as demais pessoas.<sup>12</sup> Estima-se que

aproximadamente 66% dos indivíduos que sofrem amputação de membros inferiores se inserem novamente no ambiente laboral, entretanto é um contexto dependente do nível de incapacidade decorrente da amputação. Outros problemas nesse retorno também são relatados como a adaptação a prótese, restrições de mobilidade e dificuldades de execução das atividades laborais e precisam ser foco para a construção de possibilidades de estudos que visem minimizar e até mesmo eliminar essa barreira para a execução da atividade laboral.<sup>12,15</sup> Dessa forma a utilização de dispositivos que auxiliem os indivíduos amputados na retomada das atividades em ambiente laboral de forma segura, asseguram além dos direitos individuais, igualdade de oportunidades e melhora da qualidade de vida.

Considerando as alterações relacionadas ao processo de amputação do membro inferior e a dificuldade de reinserção ao ambiente laboral, com segurança, conforto e adaptabilidade ao ambiente, o estudo teve como objetivo avaliar o efeito imediato da utilização de um dispositivo de elevação postural nos parâmetros fisiológicos e nos níveis da pressão plantar de amputados praticantes de atividade física.

## MÉTODOS

### Descrição dos sujeitos da pesquisa

Trata-se de um estudo experimental longitudinal, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Estácio do Ceará, sob o número CAAE 07192819.6.0000.5038. Participaram do estudo 14 indivíduos com a média de idade 31 anos, prevalecendo a participação do sexo masculino ( $n=8$ ). A amostra apresentou um peso médio de 70,16 ( $\pm 14,73$ ) kg, 67 ( $\pm 0,09$ ) cm de estatura, e índice de massa corporal (IMC) de 25,20 kg/m<sup>2</sup>. Os indivíduos eram praticantes de atividades físicas/esportivas como futebol, handebol e atletismo realizadas de modo adaptado, com frequência semanal de treino de duas vezes por semana, com duração de uma hora cada treino (Tabela 1).

### Critérios de elegibilidade

Foram incluídos no estudo indivíduos de ambos os sexos, com amputação de membro inferior unilateral a nível transtibial, femoral ou de quadril, que fizessem o uso de prótese há pelo menos 6 meses para evitar que estivessem no processo de adaptação à prótese de membro inferior. Também deveriam apresentar idade entre 18 e 50 anos, altura entre 1,55 m e 1,75 m, peso máximo de 100 kg devido as condições ergonômicas do equipamento de elevação postural.

**Tabela 1.** Caracterização da amostra estudada (N=14).

	Amputados
Sexo (Masculino)	8
	SD
Idade (Anos)	31 (6,21)
Peso (kg)	70,16 (14,73)
Altura (cm)	1,67 (0,09)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,20 (5,34)
Qualidade do sono (0-10)	8,18 (1,20)

DP: Desvio Padrão.

Não foram incluídos indivíduos que apresentassem pressão arterial descontrolada e alterações vasculares associadas (distúrbios de coagulação, diabetes descompensada, histórico de trombose diagnosticado pelo médico no pós-cirúrgico de amputação do membro inferior). Também foram excluídos aqueles que apresentavam alguma disfunção cognitiva/psicológica grave que pudesse interferir no desempenho dos testes, como síndrome do pânico, depressão ou crises de ansiedade durante a avaliação, ou indivíduos com qualquer deficiência de fala relevante que pudesse impedir sua comunicação durante os testes.

### Descrição do Equipamento

Foi projetado, desenvolvido e construído pela equipe de engenharia da Universidade proponente em parceria com a empresa Dell Computadores®, um dispositivo de elevação ortostática com automatização de movimentos no tornozelo (sistema de suporte circulatório). Este dispositivo foi estruturalmente construído utilizando tubos de aço inox AISI 409 de 28 mm de diâmetro e 0,7 mm de espessura, com juntas e conexões articuladas que permitiram a movimentação dos assentos e encostos para a posição vertical. Além disso, foram desenvolvidos e instalados estofados customizados, cintas de segurança especiais com ajustes de pressão para proporcionar uma melhor adaptação antropométrica entre o usuário e equipamento (Figura 1).

### Descritores dos parâmetros

A coleta de dados da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) foi realizada pelo equipamento InnerBalance®. A medida neurocardíaca foi avaliada pelo intervalo R-R através de um sensor posicionado no lóbulo da orelha, sendo considerado um método confiável, válido e não invasivo.<sup>16</sup> Os dados foram sincronizados ao software EmWave Pro, tendo os arquivos gerados atribuídos ao software Kubios HRV® Standard versão 2.1 para a conversão dos dados e análise da VFC onde foram transformadas para variáveis de sistema nervoso parassimpático (SNP), sistema nervoso simpático (SNS), média das distâncias das ondas R-R do complexo QRS (RR) e média da variabilidade do batimento cardíaco - Heart Rate (HR).

Os parâmetros Cardiovasculares foram monitorados pela pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), frequência cardíaca (FC) e saturação de oxigênio (SatO<sub>2</sub>), antes, durante e após o uso do equipamento. A pressão arterial foi aferida pelo esfigmomanômetro digital (BIC™), a saturação de oxigênio e frequência cardíaca pelo oxímetro (BIC™). Todos os dados foram coletados pré-teste, durante e pós-teste em ortostatismo. Os indivíduos foram pesados em uma balança digital de marca Renpho®. Para análise da área plantar e das pressões plantares (média e máxima) o indivíduo permaneceu descalço. A medida foi realizada através da baropodometria, utilizando o instrumento T-Plate da Medicapture®, com 50 segundos de coleta. Foi realizada uma repetição da coleta de dados em cada avaliação.



Figura 1. Dispositivo de elevação ortostática.

### Coleta de Dados e Procedimentos

Todos os procedimentos e coletas de dados foram informados aos participantes que leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Inicialmente, os indivíduos responderam a um formulário desenvolvido pelos pesquisadores para coleta dos dados pessoais para caracterização da amostra. Logo em seguida a estatura e o peso foram mensurados com fita métrica e balança digital. Devido a influência do sono nos parâmetros cardíacos e do sistema nervoso autônomo, a qualidade do sono foi avaliada através da percepção do indivíduo por uma escala *likert* de 0 a 10, sendo que maiores valores correspondem a uma melhor da qualidade do sono. Após a coleta inicial dos dados demográficos e dos parâmetros fisiológicos (FC, PA, SatO<sub>2</sub> e VFC) o participante foi posicionado no dispositivo de elevação postural e as cintas de segurança foram fixadas pelos pesquisadores nas regiões do tórax, quadril, coxa e perna. Os participantes foram orientados sobre o funcionamento das cintas da região do tórax e como realizar a regulagem caso necessitassem. Com os indivíduos sentados no dispositivo, os indivíduos permaneceram cinco minutos em repouso para então ser realizada a primeira avaliação da variabilidade da frequência cardíaca pelo Inner Balance™ com o sensor posicionado no lóbulo da orelha, utilizando o protocolo de curta duração (5 min).<sup>17-19</sup> Ainda na posição de repouso pré teste no dispositivo, foram mensuradas as variáveis: saturação de oxigênio e frequência cardíaca.

O dispositivo foi então elevado até a posição ortostática (Figura 2). Enquanto o participante permaneceu nesta condição sem realizar nenhuma tarefa específica, durante 90 minutos os parâmetros cardiovasculares de SatO<sub>2</sub>, PA, FC foram coletados em intervalos de 15 minutos. Já a mensuração do SNA e a baropodometria foram executadas a cada 30 minutos. A análise baropodométrica da área plantar foi coletada nos tempos 0, 30, 60 e 90 minutos de elevação do dispositivo e os dados de pressão média e máxima coletados com duração de 50 segundos em cada tempo. Após o período de 90 minutos, o dispositivo foi ajustado para a posição de repouso permitindo a posição em sedestação do participante. Os parâmetros SatO<sub>2</sub>, PA e FC foram coletados também após 15 e 30 minutos da finalização do experimento, como medidas de verificação do retorno as condições de repouso e como controle. Assim, os participantes completaram um total de dez avaliações.

### Análise de dados

Os dados foram analisados no software estatístico Graphpad Prism 9.0. Os testes de normalidade de Shapiro-Wilk foram aplicados, seguidos por ANOVA de duas vias ou modelo de efeitos mistos com teste de comparações múltiplas de Sidak ( $p < 0,05$ ). Os dados foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão e/ou IC95% (intervalo de confiança).



Figura 2. Dispositivo elevado. Cintas de estabilização na região de quadril, coxa e perna.

**Tabela 2.** Comparação da evolução dos parâmetros cardiovasculares ao longo de 90 minutos de manutenção da posição ortostática.

	Amputados (N=14)		
	Média (DP)	Valor de p	Média de Diferença (95% IC)
<b>Pressão Arterial Sistólica (mmHg)</b>			
Linha de base	113,6 (11,51)	---	---
Tempo 0	115,0 (14,54)	>0,9999	-1,43(-8,78 to 5,93)
Tempo 15 minutos	117,1 (11,39)	>0,9999	-3,57 (-14,76 to 7,61)
Tempo 30 minutos	120,7 (17,74)	0,9514	-7,14 (-21,85 to 7,57)
Tempo 45 minutos	117,1 (13,26)	>0,9999	-3,57 (-14,76 to 7,61)
Tempo 60 minutos	119,3 (14,92)	0,9839	-5,71 (-18,56 to 7,13)
Tempo 75 minutos	119,3 (15,92)	0,9968	-5,71 (-19,96 to 8,53)
Tempo 90 minutos	120,7 (15,92)	0,8734	-7,14 (-20,50 to 6,22)
Recuperação 15 minutos	114,4 (10,85)	>0,9999	-0,86 (-9,85 to 8,13)
Recuperação 30 minutos	116,0 (10,76)	>0,9999	-2,43 (-11,05 to 6,19)
<b>Pressão Arterial Diastólica (mmHg)</b>			
Linha de base	77,14 (10,69)	---	---
Tempo 0	80,71 (12,07)	0,9998	-3,57 (-13,88 to 6,73)
Tempo 15 minutos	77,86 (11,22)	>0,9999	-0,71 (-11,78 to 10,35)
Tempo 30 minutos	79,29 (10,72)	>0,9999	-2,14 (-12,05 to 7,76)
Tempo 45 minutos	80,00 (8,771)	>0,9999	-2,86 (-12,01 to 6,30)
Tempo 60 minutos	81,43 (12,92)	>0,9999	-4,29 (-17,13 to 8,56)
Tempo 75 minutos	82,86 (12,67)	0,9928	-5,71 (-19,28 to 7,85)
Tempo 90 minutos	80,71 (9,972)	>0,9999	-3,57 (-16,34 to 9,19)
Recuperação 15 minutos	75,71 (11,58)	>0,9999	1,43 (-9,97 to 12,82)
Recuperação 30 minutos	77,14 (9,139)	>0,9999	0,00 (-9,73 to 9,73)
<b>Frequência Cardíaca (bpm)</b>			
Linha de base	75,93 (11,12)	---	---
Tempo 0	75,29 (12,84)	>0,9999	0,64 (-12,36 to 13,64)
Tempo 15 minutos	78,93 (11,44)	>0,9999	-3,00 (-14,25 to 8,25)
Tempo 30 minutos	78,64 (17,98)	>0,9999	-2,71 (-25,73 to 20,30)
Tempo 45 minutos	78,71 (11,91)	>0,9999	-2,79 (-19,92 to 14,35)
Tempo 60 minutos	79,36 (13,17)	>0,9999	-3,43 (-18,29 to 11,43)
Tempo 75 minutos	79,07 (14,47)	>0,9999	-3,14 (-19,87 to 13,59)
Tempo 90 minutos	77,86 (13,42)	>0,9999	-1,93 (-15,39 to 11,54)
Recuperação 15 minutos	69,43 (12,80)	0,9218	6,50 (-6,30 to 19,30)
Recuperação 30 minutos	70,36 (13,22)	0,9973	5,57 (-8,45 to 19,59)
<b>Saturação de Oxigênio (%)</b>			
Linha de base	98,00 (1,47)	---	---
Tempo 0	97,93 (1,07)	>0,9999	0,07 (-2,04 to 2,18)
Tempo 15 minutos	97,21 (1,58)	0,9922	0,78 (-1,07 to 2,64)
Tempo 30 minutos	97,50 (1,34)	>0,9999	0,50 (-1,75 to 2,75)
Tempo 45 minutos	97,43 (0,94)	>0,9999	0,57 (-1,15 to 2,30)
Tempo 60 minutos	97,14 (1,66)	0,9988	0,86 (-1,40 to 3,11)
Tempo 75 minutos	97,21 (1,58)	>0,9999	0,78 (-1,64 to 3,21)
Tempo 90 minutos	97,50 (1,09)	>0,9999	0,50 (-1,05 to 2,05)
Recuperação 15 minutos	97,71 (1,38)	>0,9999	0,28 (-1,99 to 2,56)
Recuperação 30 minutos	97,86 (1,23)	>0,9999	0,14 (-1,98 to 2,27)

DP: Desvio Padrão. IC: Intervalo de Confiança.

Foram considerados como valores de normalidade: pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial diastólica (PAD) de 120/80 mmHg,<sup>20,21</sup> frequência cardíaca abaixo de 100bpm<sup>21,22</sup> e saturação de oxigênio acima de 95%.<sup>21</sup>

## RESULTADOS

Os parâmetros cardiovasculares avaliados neste estudo são apresentados na Tabela 2. Dentre os dados coletados, não foram observadas evidências de diferenças para nenhum dos parâmetros avaliados antes, durante ou após a utilização do dispositivo de elevação ortostática ( $p > 0,05$ ), caracterizando uma constância nos sinais vitais avaliados durante o experimento dentro dos parâmetros de normalidades considerados no presente estudo.

Na Tabela 3, são apresentados os valores relacionados às características da distribuição da área e pressão plantar captados pela baropodometria. Não foram observadas diferenças antes ou durante a utilização

do dispositivo de elevação ortostática para as variáveis área, pressão média e pressão máxima ( $p > 0,05$ ).

Os dados de VFC não demonstraram diferença quando comparados os valores antes e durante a utilização do dispositivo de elevação ortostática ( $p > 0,05$ ) (Tabela 4). Além disso, a qualidade do sono apresentou pontuação de 8,18 ( $\pm 1,20$ ) indicando uma boa qualidade relatada pelos participantes do estudo.

## DISCUSSÃO

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito imediato da utilização de um dispositivo de elevação postural nos parâmetros fisiológicos e no controle do balanço postural de amputados praticantes de atividade física. Os resultados demonstram que para esta população, o uso durante 90 minutos do dispositivo não influenciou nos parâmetros avaliados, mantendo o amputado clinicamente estável. Considerando que os indivíduos incluídos são praticantes de atividade física, os parâmetros avaliados como PA, FC, SatO<sub>2</sub> e VFC apresentaram-se estáveis e sem diferenças estatisticamente significativas após a utilização do dispositivo de elevação ortostática.

Sabe-se que a prática de atividade física gera benefícios como a redução da mortalidade em indivíduos saudáveis e/ou com doenças cardíacas<sup>23</sup> e leva a um aumento do condicionamento cardiorrespiratório

**Tabela 3.** Variáveis cinéticas dos participantes.

	Amputados (N=14)			
	Média	(DP)	Valor de p	Média de diferença (95% IC)
<b>Área</b>				
Linha de base	132,9	31,7	---	---
Tempo (30)	124,2	35,4	0,9999	1,14 (-41,07 to 43,35)
Tempo (60)	122,5	40,9	0,9998	1,21 (-41,00 to 43,43)
Tempo (90)	126,2	41,4	>0,9999	-0,71 (-42,93 to 41,50)
<b>Pressão média</b>				
Linha de base	433,8	77,52	---	---
Tempo (30)	458,6	104,8	0,9348	-24,86 (-136,7 to 87,03)
Tempo (60)	474,3	125,4	0,7722	-40,50 (-152,4 to 71,39)
Tempo (90)	460,3	130,5	0,9224	-26,50 (-138,4 to 85,39)
<b>Pressão máxima</b>				
Linha de base	1091	220,6	---	---
Tempo (30)	1200	352,8	0,7910	-108,9 (-421,1 to 203,2)
Tempo (60)	1266	321,3	0,4502	-175,4 (-487,5 to 136,8)
Tempo (90)	1245	333,1	0,5594	-154,4 (-466,5 to 157,8)

DP: Desvio Padrão. IC: Intervalo de Confiança.

**Tabela 4.** Análise funcional do sistema nervoso autônomo (N=14).

	Amputados (N=14)			
	Média	(DP)	Valor de p	Média de diferença (95% IC)
<b>Índice SNP</b>				
Tempo (0)	1,49	1,61	---	---
Tempo (30)	0,26	1,02	0,19	1,22 (-0,32 to 2,77)
Tempo (60)	0,01	0,93	0,13	1,48 (-0,25 to 3,21)
Tempo (90)	0,16	0,83	0,28	1,32 (-0,49 to 3,14)
<b>Índice SNS</b>				
Tempo (0)	-0,05	0,67	---	---
Tempo (30)	0,53	0,84	0,15	-0,58 (-1,28 to 0,12)
Tempo (60)	0,64	1,00	0,48	-0,69 (-1,78 to 0,41)
Tempo (90)	0,53	0,65	0,16	-0,57 (-1,27 to 0,12)
<b>Média SNP RR</b>				
Tempo (0)	799,5	101,3	---	---
Tempo (30)	770,4	111,1	0,99	29,07 (-63,87 to 122,0)
Tempo (60)	761,6	115,8	0,96	37,93 (-60,74 to 136,6)
Tempo (90)	755,6	113,0	0,97	43,86 (-73,90 to 161,6)
<b>Média SNS HR</b>				
Tempo (0)	76,21	9,58	---	---
Tempo (30)	79,50	10,98	0,98	-3,29 (-12,84 to 6,27)
Tempo (60)	80,43	11,77	0,92	-4,21 (-14,27 to 5,84)
Tempo (90)	81,00	11,13	0,94	-4,79 (-16,64 to 7,07)

SNP: Sistema Nervoso Parassimpático. SNS: Sistema Nervoso Simpático. DP: Desvio Padrão.

prevenindo doenças cardiovasculares e doenças crônicas.<sup>24</sup> Os valores de PAS e a PAD mantiveram-se estáveis durante toda a monitorização, demonstrando que o uso do suporte de elevação postural não altera parâmetros considerados importantes em amputados praticantes de atividade física, mantendo a homeostase fisiológica. Apesar dessa relação ainda não estar bem estabelecida, a perda da atividade metabólica dos tecidos pode contribuir para o aumento da insulina e hiperlipidemia no sangue, e o aumento na pressão sanguínea associada com o aumento da atividade simpática especialmente durante atividades em que há elevação de pressão na região do coto (por exemplo durante a marcha ou ortostatismo) podem levar a um aumento nos fatores de risco relacionados a doenças cardiovasculares.<sup>25</sup> A amostra do presente estudo não apresenta diagnóstico de diabetes e são praticantes de atividade física, o que pode ter contribuído para a estabilidade das variáveis analisadas.

Em humanos durante o repouso parece ocorrer um predomínio da atividade parassimpática, enquanto durante estímulos como o ortostatismo ocorre uma contribuição maior do sistema nervoso simpático, explicada por exemplo pelo fato do sistema se preparar para situações de estresse e esforço.<sup>25</sup> Essas alterações foram descritas por Mahananto, Igasaki e Murayama (2015), demonstrando que indivíduos saudáveis apresentam um aumento na atividade simpática e uma diminuição do parassimpático na mudança da postura sentado para ereto, como também uma depreciação da atividade vagal.<sup>26</sup> Já Silva e colaboradores (2019), avaliaram indivíduos amputados e observaram que a mudança ativa de postura, da sedestação para a posição ortostática levou a uma ativação da modulação autonômica e simpática dentro do comportamento esperado para os indivíduos.<sup>6</sup> Os nossos resultados apontam que a utilização do dispositivo ortostático não gerou interferência nos parâmetros mensurados do sistema nervoso simpático e parassimpático, indicando que a utilização do dispositivo por 90 minutos não influenciou na percepção de estresse e esforço físico gerado pela posição em ortostatismo por tempo prolongado, além do esperado pelos voluntários.

Componentes multifatoriais como as restrições biomecânicas, estratégias de movimento e sensoriais, orientação no espaço, controle da dinâmica e processamento cognitivo parecem contribuir para o controle postural na presença de amputações de membro inferior.<sup>10</sup> O dispositivo utilizado no estudo apresenta um sistema de cintas e velcro que permitiram ao

participante uma maior estabilidade de tronco e de membros inferiores. Considerando que na posição ortostática os valores de baropodometria poderiam apresentar aumento com a ausência da estabilização, o que geraria efeitos deletérios aos amputados, como por exemplo redução de fluxo sanguíneo, maior pressão tecidual e consequentemente maior chance de lesão dos tecidos (úlceras de pressão ou bolhas), os resultados demonstram que a estratégia de controle dinâmico avaliadas pela pressão plantar média e pressão máxima não sofreram influência com a utilização na posição ortostática, sugerindo que o equipamento ofereceu suporte suficiente auxiliando na descarga de peso do indivíduo.

Um participante relatou leve edema durante a posição ortostática, que foi controlado com o acionamento do sistema de suporte circulatório. Esse sistema permite a mobilização do tornozelo no movimento de dorsiflexão e flexão plantar, oscilando entre zero e cinco graus, e foi desenvolvido para minimizar a presença de edema devido à sobrecarga e manutenção da postura.

## Limitações do estudo e direções futuras

O estudo apresenta como limitação a avaliação do efeito imediato da utilização do dispositivo de elevação, não podendo os dados serem extrapolados para o uso contínuo e de longo prazo. Os dados apontam que a utilização de novas tecnologias assistivas podem ser consideradas uma vez que não geram efeitos deletérios para o indivíduo amputado. Assim futuros estudos devem ser realizados a fim de avaliar as implicações do uso deste dispositivo a longo prazo e em ambientes laborais.

## CONCLUSÃO

A utilização do equipamento de elevação postural por 90 minutos não gera, como efeito imediato, alterações nos parâmetros fisiológicos e no controle postural de amputados praticantes de atividade física.

Os autores declaram que existe apoio financeiro para o desenvolvimento deste estudo pela Dell Computadores, com bolsas de pesquisa para cada autor. Declaração de Financiamento: Este estudo foi financiado pela Dell Computadores e desenvolvido na Universidade Estadual do Ceará no âmbito do projeto intitulado "Tecnologias para acessibilidade de empregos na indústria eletrônica brasileira".

**CONTRIBUIÇÃO DE AUTORES:** Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. GCVMA: redação e realização das coletas; GHH e DPA: análise dos dados e redação; LPO, MAML e JPAF: coleta dos dados e análise dos dados; FCMB0: redação, revisão e conceito intelectual; FFUSJ: coleta, redação, análise estatística, conceito intelectual e elaboração de todo o projeto de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

1. Peixoto AM, Zimpel SA, Oliveira ACA de, Monteiro RLS, Carneiro TKG. Prevalência de amputações de membros superiores e inferiores no estado de Alagoas atendidos pelo SUS entre 2008 e 2015. *Fisioter Pesqui*. 2017;24(4):378–84.
2. Chamlian TR, Varanda R dos R, Pereira CL, Resende JM de, Faria CC de. Epidemiological profile of lower limb amputees patients assisted at the Lar Escola São Francisco between 2006 and 2012. *Acta Fisiatr*. 2013;20(4):219–23.
3. Ministério da Saúde. Diretrizes de atenção às pessoas submetidas a amputação Ministério da Saúde [Internet]. 2013. 38 p. Available from: [www.saude.gov.br](http://www.saude.gov.br)
4. Gabarra LM, Crepalidi MA. Aspectos psicológicos da cirurgia de amputação. *Aletheia*. 2009;30(5):59–72.
5. Naschitz JE, Lenger R. Why traumatic leg amputees are at increased risk for cardiovascular diseases. *QJM*. 2008;101(4):251–9.
6. Silva ALG da, Peiter APD, Goulart C da L, Schneiders PB, San Martin EA, Trimer R, et al. Variabilidade Da Frequência Cardíaca Em Diferentes Posições Corporais E Durante Masr Em Amputado Unilateral De Membro Inferior. *Saúde e Pesqui*. 2019;12(1):77–84.
7. Magalhães P, Cappingana DP, Silva ABT, Capungue IR, Gonçalves MAA. Arterial stiffness in lower limb amputees. *Clin Med Insights Circ Respir Pulm Med*. 2011;5(1):49–56.
8. Silva V de FA, Alves FRF, Martins CA, Monteiro HC, Barbosa D, Ferreira MB, et al. Analysis of static equilibrium in unilateral transfemoral amputation: a case report. *Man Ther Posturology Rehabil J*. 2018;(November):1–6.
9. Devan H, Carman A, Hendrick P, Hale L, Ribeiro DC. Spinal, pelvic, and hip movement asymmetries in people with lower-limb amputation: Systematic review. *J Rehabil Res Dev*. 2015;52(1):1–19.
10. Ku PX, Abu Osman NA, Wan Abas WAB. Balance control in lower extremity amputees during quiet standing: A systematic review. *Gait Posture* [Internet]. 2014;39(2):672–82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.07.006>
11. Borg I, Mizzi S, Formosa C. Plantar pressure distribution in patients with diabetic peripheral neuropathy and a first-ray amputation. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2018;108(3):225–30.
12. de Carvalho-Freitas MN, Aparecida da Silva V, Pedrosa Gomes Tettea R, de Souza Veloso H, Costa Rocha P. Retorno às atividades laborais entre amputados: Qualidade de vida no trabalho, depressão e ansiedade. *Rev Psicol Organ Trab*. 2018;18(4):468–75.
13. Wilhite B, Shank J. In praise of sport: Promoting sport participation as a mechanism of health among persons with a disability. *Disabil Health J* [Internet]. 2009;2(3):116–27. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dhjo.2009.01.002>
14. Fernandez A, Isusi I, Gomez M. Factors conditioning the return to work of upper limb amputees in Asturias, Spain. *Prosthet Orthot Int*. 2000;24(2):143–7.
15. Burger H, Marinček C. Return to work after lower limb amputation. *Disabil Rehabil*. 2007;29(17):1323–9.
16. Behrmann E, Loerke J, Budkevich TV, Yamamoto K, Schmidt A, Penczek PA, et al. Structural snapshots of actively translating human ribosomes. *Cell*. 2015;161(4):845–57.
17. Correia B, Dias N, Costa P, Pêgo JM. Validation of a wireless bluetooth photoplethysmography sensor used on the earlobe for monitoring heart rate variability features during a stress-inducing mental task in healthy individuals. *Sensors*. 2020;20(14):3905.
18. Tarvainen MP, Laitinen TP, Lipponen JA, Cornforth DJ, Jelinek HF. Cardiac autonomic dysfunction in type 2 diabetes - effect of hyperglycemia and disease duration. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2014;5:130.
19. Zhang Y, Weaver RG, Armstrong B, Burkart S, Zhang S, Zhang S, Beets MW. Validity of Wrist-Worn photoplethysmography devices to measure heart rate: A systematic review and meta-analysis [Internet]. *J Sports Sci*. 2020;38(17):2021–34. Available from: <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1767348>
20. Picone DS, Schultz MG, Otahal P, Aakhos S, Al-Jumaily AM, Black JA, et al. Accuracy of Cuff-Measured Blood Pressure: Systematic Reviews and Meta-Analyses. *J Am Coll Cardiol*. 2017;70(5):572–86.
21. Peterson BK. Vital Signs [Internet]. *Physical Rehabilitation*. 2007;598–624. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-7216-0361-2.50025-9>
22. Mason JW, Ramseth DJ, Chanter DO, Moon TE, Goodman DB, Mendzelevski B. Electrocardiographic reference ranges derived from 79,743 ambulatory subjects. *J Electrocardiol*. 2007;40(3):228–34.
23. Jeong SW, Kim SH, Kang SH, Kim HJ, Yoon CH, Youn TJ, et al. Mortality reduction with physical activity in patients with and without cardiovascular disease. *Eur Heart J*. 2019;40(43):3547–55.
24. Lavie CJ, Ozemek C, Carbone S, Katzmarzyk PT, Blair SN. Sedentary Behavior, Exercise, and Cardiovascular Health. *Circ Res*. 2019;124(5):799–815.
25. Peles E, Akselrod S, Goldstein DS, Nitzan H, Azaria M, Almog S, et al. Insulin resistance and autonomic function in traumatic lower limb amputees. *Clin Auton Res*. 1995;5(5):279–88.
26. Mahananto F, Igasaki T, Murayama N. Potential force dynamics of heart rate variability reflect cardiac autonomic modulation with respect to posture, age, and breathing pattern. *Comput Biol Med* [Internet]. 2015;64:197–207. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.combiomed.2015.07.005>