

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – *CAMPUS*
DE FRANCISCO BELTRÃO, CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE,
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM
CIÊNCIAS APLICADAS À SAÚDE – NÍVEL MESTRADO

LUCAS GABRIEL FULBER KOEHNLEIN

**ANÁLISE DO EQUILÍBRIO ESTÁTICO EM INDIVÍDUOS
SAUDÁVEIS COM NOVO MÉTODO BIOMECÂNICO**

FRANCISCO BELTRÃO – PR
(JULHO/2025)

LUCAS GABRIEL FULBER KOEHNLEIN

**ANÁLISE DO EQUILÍBRIO ESTÁTICO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS COM
NOVO MÉTODO BIOMECÂNICO**

DISSERTAÇÃO apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ciências Aplicadas à Saúde, nível Mestrado, do Centro de Ciências da Saúde, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Aplicadas à Saúde.

Área de concentração: Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Wu Feng Chung

Co-Orientadora: Profa. Dra. Huei Diana Lee

FRANCISCO BELTRÃO – PR
(JULHO/2025)

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUCAS GABRIEL FULBER KOEHNLEIN

ANÁLISE DO EQUILÍBRIO ESTÁTICO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS COM NOVO MÉTODO BIOMECÂNICO

Essa dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Ciências Aplicadas à Saúde e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Wu Feng Chung
UNIOESTE

Membro da banca: Prof. Dr. Weber Shoity Resende Takaki
UNILA

Membro da banca: Prof. Dra. Franciele Ani Caovilla Follador
UNIOESTE

FRANCISCO BELTRÃO – PR
Julho/2025

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Koehnlein, Lucas Gabriel Fulber

Análise do equilíbrio estático em indivíduos saudáveis com novo método biomecânico / Lucas Gabriel Fulber Koehnlein; orientador Wu Feng Chung; coorientadora Huei Diana Lee. -- Francisco Beltrão, 2025.

58 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Francisco Beltrão) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde, 2025.

1. Equilíbrio postural. 2. Acelerometria. 3. Cinética. I. Chung, Wu Feng, orient. II. Lee, Huei Diana, coorient. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Obrigado Deus, por me permitir chegar até aqui, tenho a certeza de que nunca estive sozinho nessa jornada que chamamos de vida.

Meu eterno agradecimento ao professor Wu Feng Chung que me orientou com maestria durante todo esse período, seus ensinamentos e conselhos me seguirão por toda vida, foi uma honra ser seu orientando, de fato, somos homens de muita sorte. De igual modo, estendo meus agradecimentos à professora Huei Diana Lee, Alexandre Peiter Ferraz, Newton Spolaôr e todos os componentes do LABI - Laboratório de Bioinformática de Foz do Iguaçu Pr, sempre estiveram prontos a me dar todo suporte necessário e não mediram esforços para que isso acontecesse, tenho orgulho em ter feito parte desta equipe.

A minha companheira incondicional, minha esposa Julia Quadros Fulber, sempre me apoiou em todos os momentos de crescimento pessoal e profissional de forma integral, muitas vezes sacrificando o que temos de mais valioso, o nosso tempo, você me torna alguém melhor todos os dias, obrigado.

A minha família, minha mãe Kelly, meu pai Adair, minha irmã Elisa e minha avó Marilene, foram muitos momentos difíceis em que passamos juntos, vocês sempre serão meu ponto fraco e meu porto seguro, muito obrigado por tudo, palavras não descreveriam o que sinto.

De igual modo, agradeço também aos professores e demais membros da equipe do PPGCAS – UNIOESTE de Francisco Beltrão Pr, que tornam tudo isso possível.

DEDICATÓRIA

A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original.

- Albert Einstein

Análise do equilíbrio estático em indivíduos saudáveis com novo método biomecânico

Resumo

O equilíbrio humano é a resultante de uma coordenação complexa e harmoniosa dos processos sensoriais proprioceptivos, visuais e vestibulares com as estruturas motoras para promover a manutenção do centro de massa de um corpo em relação à base de apoio, sendo classificado em estático, caracterizado pela preservação postural com oscilação mínima e em dinâmico, equilíbrio que ocorre durante a execução de atividades motoras que influenciam na dinâmica corporal. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo analisar o equilíbrio estático com e sem privação visual de indivíduos saudáveis por meio de um novo método biomecânico-computacional. A casuística foi representada por 10 indivíduos hígidos, equitativamente distribuídos nos sexos feminino e masculino. A Escala de Equilíbrio de Berg (EEB) foi aplicada para descartar alterações no equilíbrio e as posições avaliadas foram Pés Juntos (PJ), Pés Separados (PS), Semi Tandem (STD), Tandem (TD), Apoio Unipodal Direito (AUD) e Apoio Unipodal Esquerdo (AUE), e em todas as modalidades com olhos fechados (OF) e abertos (OA). As oscilações corpóreas foram capturadas através do acelerômetro em *smartphone* contendo o aplicativo SMMAR-T e transformados em deslocamentos angulares *versus* tempo. Após aplicar a EEB e realizar as análises da oscilação do centro de massa, observou-se que, todos os indivíduos apresentaram 56 pontos na EEB e comparando-se as curvas com OA e OF de cada posição obtidas de cada sujeito, alcançaram-se Coeficiente de determinação- R^2 de -702,025 a 0,498, indicando elevada heterogeneidade. As maiores ocorrências de oscilações corporais com OF foram nas posições AUD, AUE e TD, 80/90 vezes (p-valor de 0,0001 a 0,039), enquanto em PJ, PS e STD, não ocorreram diferenças estatísticas em 47/90 ($p > 0,05$), oscilações maiores com OF em 34/90 (p-valor de 0,0001 a 0,0216) e com OA, em 9/90 vezes (p-valor de $< 0,0001$ a 0,0423). Sendo assim, é possível constatar que o uso do acelerômetro em *smartphone* associado ao SMMAR-T foi capaz de determinar e

analisar, por meio de novo método biomecânico-computacional o equilíbrio estático de pacientes hígidos com e sem privação visual.

Palavras-chave: Equilíbrio postural, Acelerometria, Cinética.

Analysis of static balance in healthy individuals with a new biomechanical method

Abstract

Human balance is the result of a complex and harmonious coordination of proprioceptive, visual, and vestibular sensory processes with motor structures, aimed at maintaining the body's center of mass in relation to its base of support. It is classified as either static, characterized by postural maintenance with minimal sway, or dynamic, which refers to balance occurring during motor activities that influence body dynamics. In this context, the present study aims to analyze the static balance of healthy individuals, with and without visual deprivation, using a new biomechanical-computational method. The sample consisted of 10 healthy individuals, evenly distributed between female and male participants. The Berg Balance Scale (BBS) was applied, and the assessed positions included Feet Together (FT), Feet Apart (FA), Semi-Tandem (STD), Tandem (TD), Right Unipedal Support (RUS), and Left Unipedal Support (LUS), all performed with both eyes closed (EC) and eyes open (EO). Body sway was captured using a smartphone accelerometer equipped with the SMMAR-T application and converted into angular displacements over time. After applying the EEB and analyzing the center of mass oscillation, it was observed that all individuals scored 56 points on the EEB. When comparing the curves with eyes open (EO) and eyes closed (EC) for each position obtained from each subject, coefficients of determination (R^2) ranged from -702.025 to 0.498, indicating high heterogeneity. The highest occurrences of body sway with EC were observed in the RUS, LUS, and TD positions, occurring 80/90 times (p-values ranging from 0.0001 to 0.039). In contrast, no statistically significant differences were found in the FT, FA, and ST positions in 47/90 cases ($p > 0.05$). Greater sway with EC was observed in 34/90 cases (p-values from 0.0001 to 0.0216), while greater sway with EO occurred in 9/90 cases (p-values from <0.0001 to 0.0423). Thus, it is possible to conclude that the use of a smartphone accelerometer combined with SMMAR-T was capable of determining and analyzing, through a new

biomechanical-computational method, the static balance of healthy individuals with and without visual deprivation.

Keywords: Postural balance, Accelerometry, Kinetics.

ANÁLISE DO EQUILÍBRIO ESTÁTICO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS COM NOVO MÉTODO BIOMECÂNICO

Lucas Gabriel Fulber Koehnlein ^{1, 2*} – ORCID <https://orcid.org/0009-0006-8822-4886>

Huei Diana Lee ^{2, 3} – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2189-1047>

Alexandre Peiter Ferraz ² – ORCID <https://orcid.org/0009-0000-4641-7707>

Weber Shoity Resende Takaki ² – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3540-5732>

Newton Spolaôr ² – ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0748-3693>

Wu Feng Chung ^{1, 2, 3} – ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6032-9260>

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Francisco Beltrão, PR, Brasil.

² Laboratório de Bioinformática – LABI, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

³ Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil.

***Correspondente:** lucas.koehnlein@unioeste.br

Resumo

Introdução: O equilíbrio corporal é vital e depende da coordenação e integração sensório-motora harmoniosa de diversos sistemas para manter o centro de massa em relação à base de apoio. **Objetivo:** Analisar o equilíbrio estático com e sem privação visual de indivíduos através de novo método biomecânico-computacional **Métodos:** A casuística foi representado por 10 indivíduos hígidos, equitativamente distribuídos nos sexos feminino e masculino. A Escala de Equilíbrio de Berg (EEB) foi aplicada e as posições avaliadas foram Pés Juntos (PJ), Pés Separados (PS), Semi Tandem (STD), Tandem (TD), Apoio Unipodal Direito (AUD) e Esquerdo (AUE), e em todas as modalidades com olhos fechados (OF) e abertos (OA). As oscilações corpóreas foram capturadas através do acelerômetro em *smartphone* contendo o aplicativo SMMAR-T e transformados em deslocamentos angulares *versus* tempo. **Resultados:** Todos os indivíduos apresentaram 56 pontos na EEB e comparando-se as curvas com OA e OF de

cada posição obtidas de cada sujeito, alcançaram-se Coeficiente de determinação- R^2 de -702,025 a 0,498, indicando elevada heterogeneidade. As maiores ocorrências de oscilações corporais com OF foram nas posições AUD, AUE e TD, 80/90 vezes (p-valor de 0,0001 a 0,039), enquanto em PJ, PS e STD, não ocorreram diferenças estatísticas em 47/90 ($p > 0,05$), oscilações maiores com OF em 34/90 (p-valor de 0,0001 a 0,0216) e com OA, em 9/90 vezes (p-valor de $< 0,0001$ a 0,0423). **Conclusão:** O uso do acelerômetro em *smartphone* e SMMAR-T demonstrou ser eficaz para avaliar o equilíbrio estático com e sem privação visual por meio de um novo método biomecânico-computacional.

Palavras-chave: Equilíbrio postural. Acelerometria. Cinética.

ANALYSIS OF STATIC BALANCE IN HEALTHY INDIVIDUALS WITH A NEW BIOMECHANICAL METHOD

Abstract

Introduction: Body balance is vital and relies on the harmonious coordination and sensorimotor integration of various systems to maintain the center of mass in relation to the base of support. **Objective:** Analyze the static balance of individuals with and without visual deprivation using a new biomechanical-computational method. **Methods:** The sample consisted of 10 healthy individuals, evenly distributed between female and male participants. The Berg Balance Scale (BBS) was applied, and the assessed positions included Feet Together (FT), Feet Apart (FA), Semi-Tandem (STD), Tandem (TD), Right Unipedal Support (RUS), and Left Unipedal Support (LUS), all performed with both eyes closed (EC) and eyes open (EO). Body sway was captured using a smartphone accelerometer equipped with the SMMAR-T application and converted into angular displacements over time. **Results:** All individuals scored 56 points on the Berg Balance Scale (BBS). When comparing the EO and EC curves for each position obtained from each subject, the Coefficient of determination- R^2 ranged from -0.702 to 0.498, indicating high heterogeneity. The highest occurrences of body sway with EC were observed in the RUS, LUS, and TD positions, occurring 80/90 times (p-values ranging from 0.0001 to 0.039). In contrast, no statistically significant differences were found in the FT, FA, and ST positions in 47/90 cases ($p > 0.05$). Greater sway with EC was observed in 34/90 cases (p-values from 0.0001 to 0.0216), while greater sway with EO occurred in 9/90 cases (p-values from <0.0001 to 0.0423). **Conclusion:** The use of a smartphone accelerometer and the SMMAR-T application proved to be effective in assessing static balance with and without visual deprivation through a new biomechanical-computational method.

Keywords: Postural balance. Accelerometry. Kinetics.

Introdução

O equilíbrio humano (EH) é a resultante de uma coordenação complexa e harmoniosa dos processos sensoriais proprioceptivos, visuais e vestibulares com as estruturas motoras para promover a manutenção do centro de massa (CM) de um corpo em relação à base de apoio.¹⁻³ O EH é classificado em estático (EE), sendo este caracterizado pela preservação postural com oscilação mínima e em dinâmico (ED), equilíbrio que ocorre durante a execução de atividades motoras que influenciam na dinâmica corporal.^{4,5} Vale ressaltar que a capacidade em manter o equilíbrio é essencial na execução de habilidades que permeiam desde a simples manutenção da postura até a realização de movimentos complexos e déficits desta estabilidade elevam os riscos de quedas, reduzindo a qualidade de vida.⁶⁻¹²

Neste escopo, diversos métodos subjetivos e objetivos foram desenvolvidos para avaliação do EH, sendo que os subjetivos incluem, frequentemente, um conjunto de tarefas exclusivas e relacionadas com escalas de pontuações para as atividades solicitadas, enquanto nos objetivos, existe a aplicação de aparatos para a mensuração quantitativa das atividades. No primeiro, existe a dependência direta do conhecimento e da experiência clínica do avaliador e os pontos positivos são a facilidade de aplicação e a necessidade de reduzida quantidade ou nenhum equipamento. No entanto, mesmo que validados, estes testes não fornecem dados quantificáveis, sendo necessário confiar exclusivamente na habilidade e interpretações dos profissionais. Em relação aos métodos objetivos, atualmente, o instrumento mais preciso para quantificação do EE é a plataforma de força. Este aparato registra os deslocamentos do centro de pressão nos eixos anterior-posterior e médio-lateral, todavia, devido ao alto custo e dificuldade no manuseio, esta ferramenta se restringe principalmente a avaliadores bem treinados que trabalham em centros de pesquisa especializado e ou ensino.^{13,14}

Para superar essas limitações, ferramentas mais acessíveis e portáteis podem ser usadas para avaliar o equilíbrio estático, como os *smartphones*, que incluem sensores inerciais embutidos.^{15,16}

Diante desse cenário, a capacidade de avaliar o equilíbrio para qualquer população, em qualquer ambiente clínico, recreativo ou de bem-estar está se tornando cada vez mais importante. Com isso, a finalidade deste trabalho foi analisar o EE de pacientes hígidos, com e sem privação da visão, por meio de um método biomecânico-computacional original utilizando-se de acelerômetro presente em *smartphone* e com o

Sistema de Monitoramento de Movimentos e Análise Remota em Telemedicina (SMMAR-T).¹⁷ Acredita-se que este método possa auxiliar, de modo mais completo e preciso, o entendimento dos fenômenos biomecânicos inerentes do EE e contribuir positivamente para o diagnóstico, acompanhamento, terapêutica, e, principalmente, a prevenção de alterações do equilíbrio.

Métodos

Os experimentos para coleta de dados foram realizados em ambiente domiciliar de cada participante. As análises biomecânicas e o mapeamento computacional foram feitas no LABI – Laboratório de Bioinformática da Unioeste/PARQUETEC Itaipu/Foz do Iguaçu. A pesquisa respeitou os preceitos e aprovações estabelecidos pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná/CEP/UNIOESTE (CAAE 70540423.3.0000.0107).

Participantes

A casuística foi composta por 10 indivíduos hígidos com idade entre 18 e 25 anos provenientes do Município de Francisco Beltrão, Paraná.

Crítérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão foram caracterizados por indivíduos hígidos que aceitaram, voluntariamente, participar do estudo e pontuar no mínimo 54 pontos na Escala de Equilíbrio de Berg (EEB).¹⁸ Quanto aos critérios de exclusão, estes foram representados pela presença de quaisquer enfermidades pregressas ou atuais que possam causar alteração no equilíbrio e pontuações menores de 54 pontos na EEB.

Procedimentos experimentais

Primeiramente, realizou-se a anamnese, o exame físico e a aplicação da EEB¹⁸ e os dados como massa corporal, altura, idade, sexo, logradouro, lateralidade, prática de atividade física, tabagismo, consumo etílico e nome de cada sujeito, sendo esta informação substituída por letras. Depois destes procedimentos, a análise do equilíbrio estático foi realizada por meio de acelerômetro presente no aparelho *smartphone* da marca Motorola®, Moto g9 Plus, modelo XT2087-1, versão Android 11. O aparato telefônico foi posicionado e fixado na região sacral^{19,20} por meio do uso de suporte específico de

Neoprene® com tira de velcro, confeccionado pelo pesquisador, com acessibilidade para possíveis ajustes de acordo com a largura da região da cintura pélvica do participante.

No *smartphone* foi instalado previamente o SMMAR-T^{16,17} e com este aplicativo desenvolvido em plataforma Web, o pesquisador realiza o cadastramento dos participantes de acordo com os procedimentos operacionais do sistema como cadastro da consulta, criação de planos de atividades para cada sujeito com especificação das posições dos pés em exames de equilíbrio e a situação de olhos abertos ou fechados. Com isso, os participantes foram orientados em cada avaliação a se posicionarem, descalços e nas seguintes posições: Pés juntos (PJ); Pés separados (PS); Semi tandem (STD); Tandem (TD); Apoio unipodal direito (AUD) e esquerdo (AUE). Além disso, os sujeitos eram informados para que, durante os testes, estejam em condição *ad libitum* no que tange ao local de fixação da visão. Ao total, para cada posição de pés, foram realizadas três coletas com olhos abertos (OA) e três fechados (OF). As coletas iniciaram-se com a calibração do acelerômetro e os dados das oscilações eram adquiridos e cada coleta perdurou 60 segundos com 30 segundos de descanso (Figura 1). Durante os testes de equilíbrio, em tempo real, os dados de aceleração versus tempo eram, automaticamente, transformados para deslocamento angular versus tempo pelo SMMAR-T. Por meio deste sistema, a aceleração proveniente das oscilações do corpo foi capturada e registradas nos três eixos ortogonais X (direção médio-lateral), Y (direção superior-inferior) e Z (direção anterior-posterior).

Análise dos dados

Depois da aquisição das oscilações corporais, ocorreram as análises, em duas fases, do equilíbrio estático nas diversas posições testadas, com e sem olhos fechados. Na primeira determinaram-se as curvas médias dos participantes nos eixos X, Y e Z, enquanto de olhos abertos e fechados, e os ajustes de curvas por meio da equação polinomial de grau 30 foram também calculados pelo SMMAR-T. Com as curvas médias ajustadas do mesmo posicionamento de pés e do mesmo indivíduo, ocorreu a comparação com e sem privação visual por meio do Coeficiente de determinação (R^2). Na segunda fase, verificou-se quais curvas apresentaram maior oscilação durante a coleta. Para isso, cada ciclo foi dividido em três partes de 20 segundos, sendo: início, meio e fim, totalizando os 60 segundos de coleta, como mostra a Figura 1.

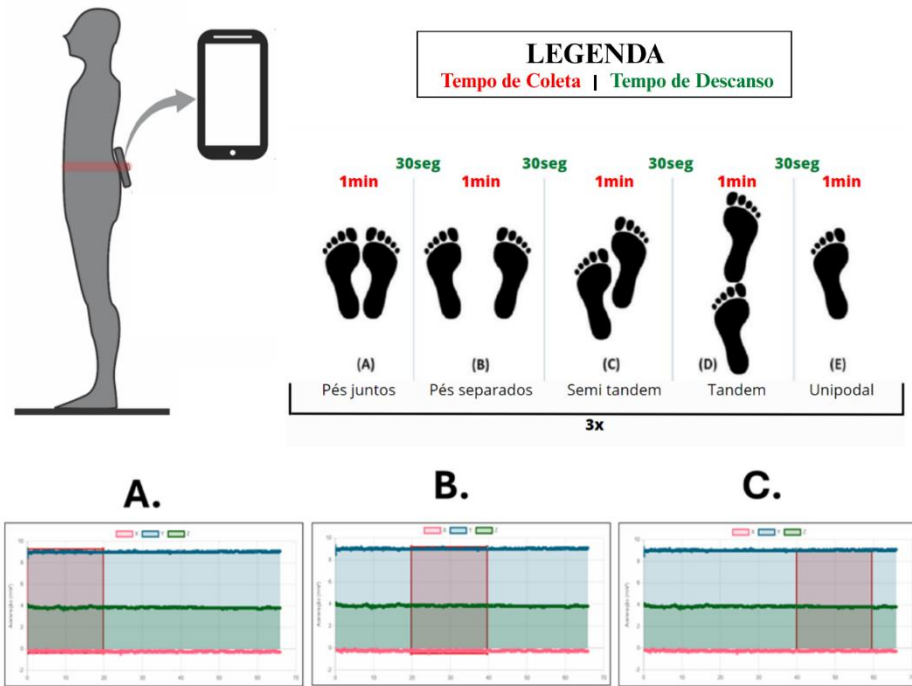


Figura 1 – Protocolo de coleta dados e divisão do ciclo em (A) Início, (B) Meio e (C) Fim. (Fonte: Rodrigues *et al.* 2022, modificado pelo autor)

O cálculo da oscilação de cada uma das partes foi feito utilizando a seguinte equação:

$$O(C) = \sum_{i=2}^n |C(i) - C(i-1)|$$

Onde O é a oscilação total dos ângulos, C é conjunto com os ângulos de uma parte do ciclo, n é o número total de elementos desse conjunto, e $C(i)$ é o i -ésimo elemento desse conjunto.

Em seguida, foi calculada, para cada eixo, a média considerando as três partes (início, meio e fim) dos três ciclos de um mesmo posicionamento de pés para OA e OF, com seus respectivos desvios padrão. Por final, foi determinada a quantidade de maiores oscilações provenientes dos participantes em diferentes posições de pés com os olhos abertos ou fechados por meio de análise estatística.

Análise estatística

Para as análises estatísticas foram consideradas as médias e desvios-padrão de oscilação angular de cada eixo e para cada posicionamento de pés. Inicialmente, utilizando-se do aplicativo GraphPad, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para verificar

a distribuição, sendo que, para os dados paramétricos foi efetuado Teste T, enquanto em dados não paramétricos, o Teste Wilcoxon. Em todos os testes o intervalo de confiança foi fixado em 95%.

Resultados

Os resultados sobre as informações dos participantes da pesquisa estão contidos na Tabela 1, juntamente com suas respectivas pontuações na EEB. Todos os participantes obtiveram pontuação máxima na escala, constatando ausência de alterações no equilíbrio.

Tabela 1 - Dados referentes aos participantes da pesquisa e pontuações na Escala de Equilíbrio de Berg (EEB).

Sujeito	Sexo	Idade (Anos)	IMC (Kg/M ²)	Dominância	Tabagismo	CAS	HAFS	Ocupação	Pontuação EEB
1	F	24	22,4	Destro	Nega	Nega	6	Estudante	56
2	M	20	26,2	Destro	Nega	Nega	6	Estudante	56
3	F	24	20,3	Destro	Nega	Nega	Nega	Bancária	56
4	F	18	22,6	Destro	Nega	Nega	4	Estudante	56
5	M	24	28,1	Destro	Nega	Nega	3	Analista	56
6	M	24	29,4	Destro	Nega	2x	6	Farmacêutico	56
7	F	21	20,2	Destro	Nega	Nega	3	Biomédica	56
8	F	22	24,1	Destro	Nega	Nega	2	Bancária	56
9	M	24	31,7	Destro	Nega	1x	3	Estudante	56
10	M	25	24,3	Canhoto	Nega	Nega	6	Advogado	56

Nota: IMC = Índice de Massa Corporal; Kg/M² = Quilogramas dividido por metros ao quadrado; F = Feminino; M = Masculino; CAS = Consumo de álcool semanal; HAFS = Horas de atividade física semanal; EEB = Escala de Equilíbrio de Berg.

Na Figura 2 estão apresentadas as curvas médias ajustadas com polinômio de grau 30 de um dos 10 participantes. Estas curvas foram comparadas em todos os posicionamentos de pés com olhos abertos e fechados e nos eixos X, Y e Z. Além disso, estão presentes os respectivos valores de R² resultantes das análises destas comparações de um dos sujeitos da pesquisa. Os valores de R² de todos os participantes estão expostos na Tabela 2.

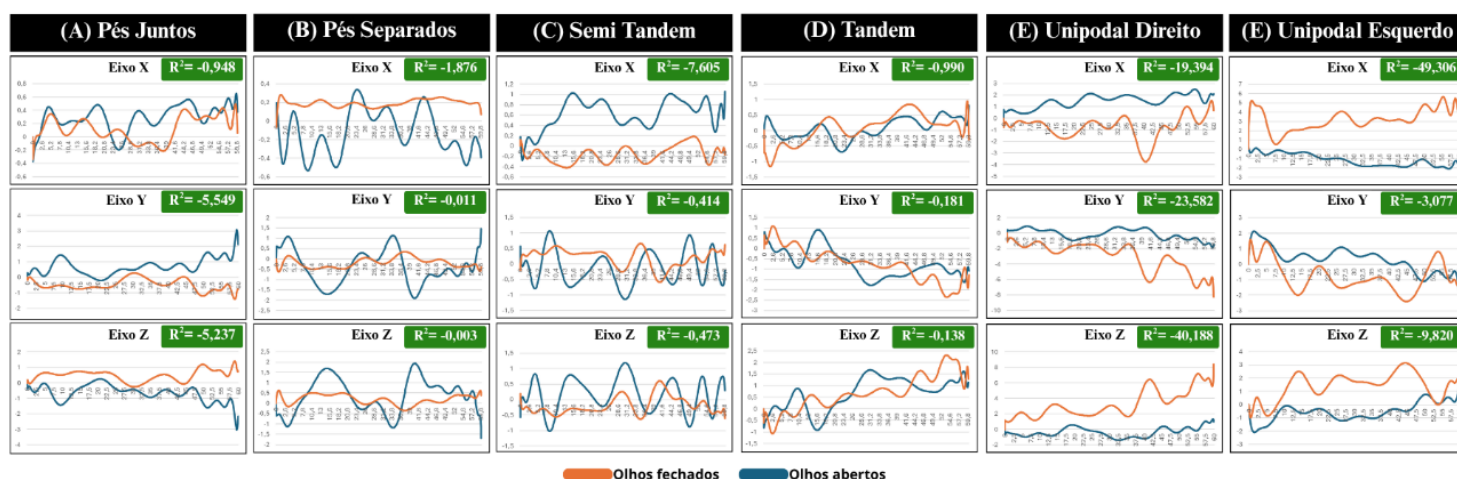


Figura 2 - Comparação das curvas médias ajustadas de olhos abertos (Laranja) e fechados (Azul) do participante Sujeito 5, em todas as posições de pés com os respectivos valores de R^2 .

Tabela 2 - Valores de R^2 das comparações das curvas ajustadas dos posicionamentos dos pés com olhos aberto e fechados para os eixos X, Y e Z.

Coeficiente de determinação (R^2)											
PP	E	Sujeitos									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PJ	X	-5.405	-2.580	-18.809	-147.420	-0.948	-181.940	-1.113	-7.318	-30.703	-0.880
	Y	-51.461	-79.145	-23.991	0.498	-5.594	-49.218	-1.283	-4.497	-212.204	-3.529
	Z	-49.560	-104.559	-22.118	-0.588	-5.237	-63.376	-1.201	-4.062	-211.222	-3.248
PS	X	-45.881	-5.567	-4.749	-14.790	-1.876	-2.341	-115.575	-10.722	-86.307	-69.062
	Y	-12.192	-16.199	-10.812	-13.431	-0.011	-3.488	-13.661	-22.658	-291.273	-11.131
	Z	-9.470	-16.931	-13.154	-4.133	-0.003	-4.426	-15.847	-21.652	-309.876	-10.081
STD	X	-11.812	-85.469	-0.861	-7.680	-7.605	-21.989	-28.209	-0.010	-4.664	-7.217
	Y	-702.025	-2.361	-0.851	-6.801	-0.414	-30.298	-27.212	-31.671	-10.741	-4.382
	Z	-652.025	-1.272	-0.903	-7.739	-0.473	-27.836	-20.923	-34.027	-10.384	-4.188
TD	X	-87.111	-1.892	-129.074	-185.781	-0.990	-0.437	-3.975	-2.213	-20.255	-401.303
	Y	-125.889	-11.517	-119.969	-6.060	-0.181	-2.723	-12.479	-6.226	-3.076	-40.129
	Z	-167.627	-13.860	-96.327	-11.214	-0.138	-2.164	-8.416	-8.739	-3.578	-32.738
AUD	X	-21.087	-10.701	-17.408	-8.697	-19.394	-542.343	-2.401	-26.046	-15.919	-7.118
	Y	-19.325	-57.268	-13.148	-11.125	-23.582	-164.742	-1.862	-315.389	-167.717	-36.205
	Z	-11.733	-64.833	-12.633	-35.451	-40.188	-124.157	-1.623	-228.527	-148.333	-51.804
AUE	X	-8.955	-0.901	-11.731	-24.184	-49.306	-57.867	-0.862	-5.803	-9.027	-8.481
	Y	-15.208	-1.238	-9.084	-7.167	-3.077	-157.414	-3.645	-36.858	-2.870	-9.783
	Z	-21.238	-0.824	-3.655	-8.050	-9.820	-138.028	-4.429	-22.014	-2.198	-11.476

Nota: PP = Posicionamento de pés; E = Eixos; PJ = Pés juntos; PS = Pés separados; STD = Semi tandem; TD = Tandem; AUD = Apoio unipodal direito; AUE = Apoio unipodal esquerdo.

Na Tabela 3 estão inseridos o número de ocorrências em que a oscilação foi maior de olhos abertos, fechados ou que não houve diferença estatística em cada posicionamento de pés para os três eixos ortogonais X, Y e Z.

Tabela 3 - Número de sujeitos com oscilações angulares maiores e ausência de diferença estatística para os eixos X, Y e Z em todas as posições dos pés com olhos abertos e fechados.

Ocorrências estatísticas com maior oscilação de olhos abertos ou fechados													
Posicionamento de pés													
Pés Juntos			Pés Separados		Semi Tandem	Tandem	Unipodal Dt	Unipodal Esq					
CV	E	O	<i>p-valor</i>	O	<i>p-valor</i>	O	<i>p-valor</i>	O	<i>p-valor</i>				
OM OF	X	5	0,0007 a 0,0216	2	0,0001 a 0,007	3	0,0001 a 0,0002	9	0,0002 a 0,03	9	0,0001 a 0,01	8	0,0001 a 0,016
	Y	5	0,0001 a 0,02	3	0,0001 a 0,004	4	0,0001 a 0,01	9	0,0004 a 0,01	9	0,0004 a 0,03	9	0,0001 a 0,019
	Z	5	0,0001 a 0,02	3	0,0001 a 0,01	4	0,0001 a 0,02	9	0,0004 a 0,02	9	0,0004 a 0,02	9	0,0001 a 0,039
OM OA	X	1	0,0383	1	<0,0001	0	-	0	-	0	-	0	-
	Y	1	0,0316	2	0,0002 a 0,007	1	0,0423	0	-	0	-	0	-
	Z	0	-	2	0,0001 a 0,007	1	0,0297	1	0,019	0	-	0	-
SDE	X	4	>0,05	7	>0,05	7	>0,05	1	0,16	1	0,65	2	>0,15
	Y	4	>0,05	5	>0,05	5	>0,05	1	0,05	1	0,95	1	0,13
	Z	5	>0,05	5	>0,05	5	>0,05	0	-	1	0,99	1	0,11

Nota: CV = Característica visual; E = Eixos; OM OF = Oscilação maior de olhos fechados; OM OA = Oscilação maior de olhos abertos; SDE = Sem diferença estatística; O = Número de ocorrências; Dt = Direito; Esq = Esquerdo.

Discussão

A avaliação efetivo do equilíbrio é essencial na prática clínica, pois esta condição fisiológica é fundamental para o adequado desenvolvimento de atividades cotidianas com segurança. Neste escopo, diversos métodos qualitativos e quantitativos são desenvolvidos para essa finalidade na tentativa de reduzir as imprecisões presentes.

Diante disso, Zahedian-Nasab et al.²¹ utilizaram a Escala de Equilíbrio de Berg (EEB) para avaliar a eficácia de um programa de exercícios em 60 idosos. Observando melhora significativa do grupo intervenção em relação ao grupo controle, sendo que a EEB teve como pontuação inicial $36,9 \pm 8,6$ e, depois de seis semanas, o valor de $40,4 \pm 7,7$ ($p < 0,001$). Este aspecto foi corroborado por Downs et al.²², pois demonstraram que a EEB apresentou confiabilidade satisfatória e validade durante o uso deste teste. No entanto, Aartolahti et al.²³ investigaram os efeitos de um treinamento de força e equilíbrio de longa duração em 182 idosos, utilizando a EEB. Depois de dois anos de intervenção,

não encontraram diferença estatística significativa nas pontuações da escala para mulheres ($p=0,39$) e homens ($p=0,73$).

Noamani et al.²⁴ destacaram que, embora a EEB seja útil para aferir o equilíbrio, trata-se de uma avaliação subjetiva, com limitações para compreender os fenômenos envolvidos, e também ressalta a importância de abordagens quantitativas na avaliação do equilíbrio em pé. De modo semelhante, Horak et al.²⁵ demonstraram a eficácia do uso de tecnologias com sensores portáteis e remotos que permitiram monitorar e quantificar o equilíbrio corporal de maneira rápida e precisa.

Assim sendo, neste trabalho, aplicou-se o teste EEB e todos os indivíduos alcançaram pontuação máxima na escala. Este fato foi relevante, pois os participantes em condições plenas de equilíbrio, segundo a EEB, foi complementado pelo novo método biomecânico-computacional e aspectos físico-mecânicos dos movimentos e as grandezas físicas envolvidas nos deslocamentos foram capazes de serem analisadas, permitindo assim, melhor caracterização dos diferentes tipos de movimentos corporais.^{16,26}

Atualmente, em Fisioterapia, a plataforma de força é o instrumento considerado mais preciso para quantificar o equilíbrio estático, pois registra deslocamentos do centro de pressão nos eixos anterior-posterior e médio-lateral. No entanto, o alto custo, a complexidade de uso e a necessidade de operadores especializados limitam a aplicação.¹⁴ Além disso, este dispositivo capta dados apenas em dois eixos, o que torna a análise incompleta por não representar os deslocamentos em um espaço tridimensional.^{14,27}

Rodrigues et al.¹⁹ confirmaram que os sensores inerciais presentes em *smartphone* para avaliação do equilíbrio são ferramentas válidas e tão precisas quanto a plataforma de força. Portanto, ferramentas mais acessíveis e portáteis podem ser usadas para avaliar o equilíbrio, como os sensores embutidos em *smartphones*.

Sob este escopo, este trabalho utilizou-se do acelerômetro presente em *smartphone* auxiliado pelo aplicativo SMMAR-T (AcSMMAR-T) para a análise de equilíbrio estático em indivíduos jovens e saudáveis com e sem privação da visão.

As posições de pés escolhidas foram representadas pelos posicionamentos Pés juntos, Pés separados, Semi tandem, Tandem, Unipodal direito e esquerdo, pois estas posições são amplamente solicitadas durante procedimentos de exames físicos.²⁸⁻³²

Vale ressaltar que a análise de equilíbrio estático por meio de AcSMMAR-T é original no tema e por se tratar de um novo método de avaliação biomecânico-computacional, a casuística deste trabalho foi composta por indivíduos jovens e hígidos. Este aspecto foi fundamental, pois indivíduos jovens e saudáveis estão em plena aptidão

física quando comparados aos idosos que apresentam maior probabilidade de algum déficit funcional.³³

Quando os experimentos de equilíbrios se baseiam em utilização de sensores em *smartphones*, é fundamental o local de posicionamento deste aparato no corpo com a finalidade de reduzir as variáveis indesejáveis.

Rashid et al.³⁴ demonstraram que foi confiável a fixação de *smartphone* em região lombo-sacral L5-S1 para a avaliação da marcha e do equilíbrio em 30 indivíduos saudáveis. Neste mesmo sentido, Ghislieri et al.²⁰, em revisão sistemática, analisou 47 trabalhos e constatou que em 80,9% dos estudos que utilizaram sensores inerciais para a avaliação do equilíbrio optaram pela região lombar-sacral L5-S1 para fixação do dispositivo e com resultados adequados. Estes resultados são similares aos encontrados por Kongsawasdi et al.³⁵ que avaliaram a oscilação postural em idosos com e sem riscos de quedas por meio de medidas de um protótipo de unidade inercial e optaram pela fixação do dispositivo também nesta região anatômica.

Estes achados consolidam a opção da região de fixação do *smartphone* feito neste trabalho e esta escolha foi motivada pela topografia lombar-sacral, pois, esta região apresenta face plana com melhor adaptação do aparato celular e é a localização mais próxima do centro de massa do corpo humano.²⁰

É importante ressaltar que estas pesquisas que utilizaram de sensores inerciais não abordaram integralmente as informações e as formas adicionais de transferência e armazenamento de dados para posterior análise. Em contraste a esse cenário, o AcSMMAR-T, desenvolvido em plataforma Web, é capaz de capturar e fornecer dados quantitativos de oscilação do centro de massa, nos três eixos ortogonais X, Y e Z, e por meio da aceleração e ou deslocamento angular tridimensional em relação ao tempo. Este método tem a competência de aferir, de modo preciso e acurado, deslocamentos mínimos durante as tarefas propostas e permite adquirir, analisar e acompanhar, em tempo real ou remoto, dados de movimentos corporais, delinear gráficos e ajustar matematicamente as funções provenientes dos movimentos. Além disso, calcula grandezas físicas vetoriais e escalares como velocidade, energia e curvas padrões representativas das acelerações e dos deslocamentos angulares registrados.^{16,26,36,37}

Para estas finalidades, o AcSMMAR-T calcula o R^2 , de forma automática, e utiliza nas comparações de curvas ajustadas geradas pelos deslocamentos angulares dos diferentes posicionamentos avaliados e essa métrica estatística é amplamente aplicada em área de Engenharia de Avaliação.³⁸

Por definição, em comparação de curvas, quando o valor de R^2 aproxima de 1, este aspecto indica maior similaridade entre as curvas confrontadas, e valores acima de 0,7 é considerado propício no julgamento do modelo de regressão em Engenharia. Este valor de 0,7 é considerado, nesta área, decorrente aos comportamentos mais previsíveis de materiais que, frequentemente, apresentam padrões entre modelos teóricos e dados experimentais. Este aspecto é diferente às encontradas em sistemas complexos como a biomecânica de tecidos biológicos.³⁸⁻⁴⁰

No presente estudo, a comparação entre as curvas médias das diferentes posições dos pés com olhos abertos e fechados revelou valores de R^2 variando de -702,025 a 0,498, indicando alta heterogeneidade entre essas condições. Esses resultados evidenciam, de forma quantitativa e gráfica, as diferenças nos padrões de oscilação do centro de massa dos indivíduos, demonstrando um método de avaliação mais completo e diferenciado em relação a testes tradicionais.^{38,39}

Outro aspecto de importância foram as análises do equilíbrio estático em diferentes posições de pés com a presença ou não da percepção visual, pois o equilíbrio é intimamente relacionado aos limites de oscilações corpóreas e dependente direto do trabalho harmônico de sistemas orgânicos como a sinergia de ação e reação do aparelho locomotor em relação ao tempo, à força muscular, aos processamentos cognitivo e às diferentes cargas de forças externas.⁴¹

Assim sendo, neste trabalho, optou-se pela avaliação do equilíbrio, sob a ótica de duas variáveis fundamentais na manutenção desta condição, ou seja, a base de sustentação do corpo e a presença do auxílio ou não da percepção visual.

Neste quesito, Rodrigues et al.¹⁹ em experimento comparando dados obtidos de sensores em *smartphones* com plataforma de força, aplicou os métodos em indivíduos utilizando-se de posicionamentos com olhos abertos e apoio bípode, olhos fechados e apoio bípode e olhos abertos e apoio unipodal unilateral. Como resultado, observaram que em posição bípode e com olhos abertos, o corpo oscilou menos que com olhos fechados e, dentre as três modalidades, a posição unipodal e olhos abertos apresentou maior oscilação.

Rashid et al.³⁴ também avaliaram o equilíbrio estático em quatro condições de testes, variando os posicionamentos dos pés e entre olhos abertos e fechados. Os sujeitos participantes eram informados para permanecer estático em superfície fixa e com os olhos abertos, em superfície fixa com os olhos fechados, em superfície flexível com os olhos

abertos e em superfície flexível com os olhos fechados. Estes pesquisadores observaram que a maior oscilação postural ocorreu na tarefa de superfície flexível e olhos fechados.

Kongsawasdi et al.³⁵ testaram um protótipo de sensor inercial de aceleração com coleta de dados em três eixos ortogonais e em diferentes posicionamentos de pés, sendo estes representados por Pés juntos, Semi tandem, Tandem e Apoio unipodal. Nesta pesquisa, todas as posturas foram feitas com os olhos abertos e a conclusão alcançada demonstrou que ocorreu maior oscilação do centro de massa, em ordem crescente, de Pés Juntos, Semi tandem, Tandem a Apoio unipodal, demonstrando a importância do fator base de sustentação.

Cruz et al.⁴² por meio de pesquisa com idosas para determinar a capacidade de manter a postura na privação da visão, mostraram a importância não somente dos olhos estarem abertos, mas a fixação deles em um ponto na parede previamente determinado com resultados mais eficazes.

O equilíbrio postural, em quaisquer modalidades, é notório a dependência direta do efeito da visão, e as pesquisas demonstram, quase na totalidade, maior oscilação do corpo quando existe privação visual em relação à manutenção do equilíbrio com os olhos abertos.^{2,19,34,42,43}

Neste quesito, é importante notar que diversas pesquisas realizadas descrevem, durante os testes com olhos abertos, a fixação da visão em ponto previamente demarcado no ambiente experimental, todavia, outras omitem esta condição ocular, alcançando resultados semelhantes.^{34,35}

Assim sendo, neste trabalho, foi optado para que os sujeitos em testes estejam em condição *ad libitum* no que tange ao local de fixação da visão, pois acredita-se que, no cotidiano, o equilíbrio é mantido com a percepção visual não em foco pontual, mas sim, por meio da complexa relação espacial da direção, dimensão, escala, movimentos entre outros atributos.⁴³ Outro direcionamento foram as análises realizadas observando-se as maiores amplitudes de oscilações nos três eixos ortogonais em cada posição dos pés. Este aspecto se deu pela importância da relação direta da amplitude de deslocamento com o equilíbrio, ou seja, existe um limite máximo que cada indivíduo não deve ultrapassar para a manutenção do estado de estabilidade.^{41,44}

Sob esta condição, em posição de Pés juntos, a somatória da quantidade de sujeitos com oscilações angulares mais elevadas nos eixos X, Y e Z e com olhos abertos (OA), fechados (OF) e ausência de diferença estatística (SDE), foram de 2 (OA), 15 (OF) e 13

(SDE) ocorrências. Este contexto foi similar para as posições Pés separados, com 5 (OA), 8 (OF) e 17 (SDE), e Semi tandem, sendo 2 (OA), 11 (OF) e 17 (SDE).

Em relação aos posicionamentos de Tandem, Unipodal Direita e Unipodal Esquerda, a somatória de ocorrências com maiores oscilações angulares nos eixos X, Y e Z e OA, OF e SDE foram de 1 (OA), 27 (OF) e 2 (SDE) para Tandem, 0 (OA), 27 (OF) e 3 (SDE) Unipodal D e 0 (OA), 26 (OF) e 4 (SDE) Unipodal E.

As maiores ocorrências de oscilações corporais com OF foram nas posições UD, UE e TD, 80/90 vezes (p-valor de 0,0001 a 0,039), enquanto em PJ, OS e STD, não ocorreram diferenças estatísticas em 47/90 ($p > 0,05$), oscilações maiores com OF em 34/90 (p-valor de 0,0001 a 0,0216) e com OA, em 9/90 vezes (p-valor de $< 0,0001$ a 0,0423). Estes resultados demonstraram, em todos os seis posicionamentos analisados, que a condição de olhos fechados apresentou maiores ocorrências de amplitude de oscilações quando comparadas à situação de olhos abertos, principalmente nas posições de Tandem, Unipodal Direita e Unipodal Esquerda. Este cenário corresponde aos alcançados na literatura fixando ou não a visão em ponto pré-determinado.^{19,32,33} Todavia, apesar da superioridade das maiores ocorrências de oscilações amplas em sujeitos com olhos fechados, é digno de nota que nos posicionamentos de Pés juntos, Pés separados e Semi tandem, não foram encontradas diferenças estatísticas em, respectivamente, 13, 17 e 17 eixos ortogonais, ocorrências estas também com valores elevados.

Estas características, particularmente, contrariam os resultados de pesquisas encontradas na literatura, pois acredita-se que este achado se deve justamente ao fato de os sujeitos não precisarem fixar os olhos em algum local específico durante os testes e estarem em posicionamentos com bases mais amplas de apoio no solo. Nestes momentos eram observados nos indivíduos participantes maior conforto e segurança para realizarem oscilações com amplitudes maiores, captados pelo AcSMAR-T, dentro dos limites do equilíbrio. Em relação às posições de Tandem, Unipodal Direita e Unipodal Esquerda, apesar da condição de *ad libitum* da visão, as bases de apoio dos sujeitos no solo apresentaram-se cada vez mais estreitadas. Nestas posições, eram percebidos nos indivíduos mesmo com os olhos abertos, de modo imediato, a elevação da atenção cognitiva como proteção contra queda, e estes sujeitos fixavam, de modo automático, a visão em um ponto ou região do local de testes para a manutenção do equilíbrio. Apesar das características apontadas para manter a estabilidade estática com as bases estreitadas, estes esforços não foram suficientes para superar as ocorrências com maiores oscilações angulares enquanto olhos fechados.

Assim sendo, neste trabalho, acredita-se que o uso de acelerômetro embutido no *smartphone* associado ao sistema computacional SMMAR-T foi apto em capturar, analisar e identificar, de modo consistente, o fenômeno de equilíbrio estático em posicionamentos de pés, com e sem percepção visual, mais solicitados durante exame físico fisioterápico. Com isso, espera-se a ampliação dos conhecimentos nesta área de domínio e, conseqüentemente, contribuir para diagnósticos e tratamentos mais eficazes, além de auxiliar na prevenção e detecção de quedas.

Conclusão

O uso do acelerômetro em *smartphone* associado com o SMMAR-T foi capaz de determinar e analisar, por meio de novo método biomecânico-computacional o equilíbrio estático de pacientes hígidos com e sem os olhos abertos.

Referências

1. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? Clin Rehabil. agosto de 2000;14(4):402–6.
2. Ting LH. Dimensional reduction in sensorimotor systems: a framework for understanding muscle coordination of posture. Prog Brain Res. 2007;165:299–321.
3. Horak FB, Kluzik J, Hlavacka F. Velocity dependence of vestibular information for postural control on tilting surfaces. J Neurophysiol. 1º de setembro de 2016;116(3):1468–79.
4. Silveira CRA, Menuchi MRP, Simões CS, Caetano MJD, Gobbi LTB. Validade de construção em testes de equilíbrio: ordenação cronológica na apresentação das tarefas. Rev bras cineantropom desempenho hum [Internet]. 2006 [citado 30 de abril de 2023]; Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/article/view/3911/16570>
5. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? Age Ageing. setembro de 2006;35 Suppl 2:ii7–11.
6. Guskiewicz KM, Perrin DH. Research and Clinical Applications of Assessing Balance. Journal of Sport Rehabilitation. fevereiro de 1996;5(1):45–63.

7. Woollacott MH, Shumway-Cook A. Concepts and Methods for Assessing Postural Instability. *Journal of Aging and Physical Activity*. julho de 1996;4(3):214–33.
8. Rogers ME, Rogers N, Takeshima N. Balance training in older adults. *Aging Health*. 1º de dezembro de 2005;1:475–86.
9. Mira E. Improving the quality of life in patients with vestibular disorders: the role of medical treatments and physical rehabilitation. *Int J Clin Pract*. janeiro de 2008;62(1):109–14.
10. Schlick C, Schniepp R, Loidl V, Wuehr M, Hesselbarth K, Jahn K. Falls and fear of falling in vertigo and balance disorders: A controlled cross-sectional study. *J Vestib Res*. 2016;25(5–6):241–51.
11. Alexander NB. Postural control in older adults. *J Am Geriatr Soc*. janeiro de 1994;42(1):93–108.
12. Davlin CD. Dynamic balance in high level athletes. *Percept Mot Skills*. junho de 2004;98(3 Pt 2):1171–6.
13. Rogers ME, Rogers NL, Takeshima N, Islam MM. Methods to assess and improve the physical parameters associated with fall risk in older adults. *Prev Med*. março de 2003;36(3):255–64.
14. Patrício NA, Rios MA, Barbosa PC, Ribeiro JR, Vidal DG, Sá KN, et al. Balance assessment in HTLV-1 associated myelopathy or tropical spastic paraparesis. *Rev Soc Bras Med Trop*. 25 de novembro de 2020;53:e20200388.
15. Pinho AS, Salazar AP, Hennig EM, Spessato BC, Domingo A, Pagnussat AS. Can We Rely on Mobile Devices and Other Gadgets to Assess the Postural Balance of Healthy Individuals? A Systematic Review. *Sensors (Basel)*. 5 de julho de 2019;19(13):2972.
16. Chung WF, Fagundes JJ, Coy CSR, Lee HD, Maciejewski NAR, Ensina LA, et al. Método para monitorar e analisar movimentos de articulações e de partes do corpo. INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial, BR102019015290-7; BR102019015290-7, 2019.

17. Lee HD, Maciel M, Spolaôr N, Shoity W, Takaki R, Coy CSR, et al. Computational Web System for Monitoring Movements in Real-time. 2020;
18. Berg K, Wood-Dauphine S, Williams J i., Gayton D. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*. novembro de 1989;41(6):304–11.
19. Rodrigues LA, Santos EGR, Santos PSA, Igarashi Y, Oliveira LKR, Pinto GHL, et al. Wearable Devices and Smartphone Inertial Sensors for Static Balance Assessment: A Concurrent Validity Study in Young Adult Population. *J Pers Med*. 21 de junho de 2022;12(7):1019.
20. Ghislieri M, Gastaldi L, Pastorelli S, Tadano S, Agostini V. Wearable Inertial Sensors to Assess Standing Balance: A Systematic Review. *Sensors (Basel)*. 20 de setembro de 2019;19(19):4075.
21. Zahedian-Nasab N, Jaber A, Shirazi F, Kavousipor S. Effect of virtual reality exercises on balance and fall in elderly people with fall risk: a randomized controlled trial. *BMC Geriatr*. 25 de setembro de 2021;21:509.
22. Downs S, Marquez J, Chiarelli P. The Berg Balance Scale has high intra- and inter-rater reliability but absolute reliability varies across the scale: a systematic review. *J Physiother*. junho de 2013;59(2):93–9.
23. Aartolahti E, Lönnroos E, Hartikainen S, Häkkinen A. Long-term strength and balance training in prevention of decline in muscle strength and mobility in older adults. *Aging Clin Exp Res*. 2020;32(1):59–66.
24. Noamani A, Riahi N, Vette AH, Rouhani H. Clinical Static Balance Assessment: A Narrative Review of Traditional and IMU-Based Posturography in Older Adults and Individuals with Incomplete Spinal Cord Injury. *Sensors (Basel)*. 1º de novembro de 2023;23(21):8881.
25. Horak F, King L, Mancini M. Role of Body-Worn Movement Monitor Technology for Balance and Gait Rehabilitation. *Phys Ther*. março de 2015;95(3):461–70.

26. Lee HD, Chung WF, Coy CSR, Ensina LA, Rodrigues MA, Takaki WSR, et al. SMMAR-T - Sistema de Monitoramento de Movimentos e Análise Remota em Telemedicina. INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial, BR5120200005837; 2020.
27. Fernandes TF, Volpe MITC, Pena FPS, Santos EGR, Pinto GHL, Belgamo A, et al. Smartphone-based evaluation of static balance and mobility in type 2 Diabetes. *An Acad Bras Cienc.* 2024;96(suppl 1):e20231244.
28. Clarke F, Koutedakis Y, Wilson M, Wyon M. Associations Between Balance Ability and Dance Performance Using Field Balance Tests. *Med Probl Perform Art.* setembro de 2019;34(3):154–60.
29. Kozinc Ž, Löfler S, Hofer C, Carraro U, Šarabon N. Diagnostic Balance Tests for Assessing Risk of Falls and Distinguishing Older Adult Fallers and Non-Fallers: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Diagnostics (Basel).* 3 de setembro de 2020;10(9):667.
30. Pedro ACM, Campelo BLD, Souza WC, da Silva Sousa FM, da Rocha RB, Cardoso VS. Therapeutic Interventions to Improve Static Balance in Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Curr Diabetes Rev.* 2024;20(10):e060224226109.
31. Walker WC, McDonald SD. Does neurologic examination during inpatient rehabilitation help predict global outcome after nonpenetrating traumatic brain injury? *PM R.* janeiro de 2011;3(1):6–12.
32. Kashyap B, Phan D, Pathirana PN, Horne M, Power L, Szmulewicz D. Objective Assessment of Cerebellar Ataxia: A Comprehensive and Refined Approach. *Sci Rep.* 11 de junho de 2020;10(1):9493.
33. Freitas J, Barela J. Alterações no funcionamento do sistema de controle de controle postural de idosos. Uso da informação visual. *Revista Portuguesa de Ciência do Desporto.* 2006;6:94–105.

34. Rashid U, Barbado D, Olsen S, Alder G, Elvira JLL, Lord S, et al. Validity and Reliability of a Smartphone App for Gait and Balance Assessment. *Sensors (Basel)*. 25 de dezembro de 2021;22(1):124.
35. Kongsawasdi S, Wiboonsuntharangkoon C, Tajarernmuang P, Wantanajittikul K. Feasibility Study of a Prototype Wearable Inertial Measurement Unit for Elderly Postural Sway Assessment. *J Clin Med Res*. abril de 2024;16(4):174–81.
36. Rodrigues MA, Wu FC, Lee HD. Análise computacional da biomecânica de movimentos da região toracolombar da coluna vertebral por meio de acelerômetro [Dissertação]. [Francisco Beltrão Pr]: Universidade Estadual do Oeste do Paraná; 2020.
37. Bednarski F. Análise da eficácia do uso de acelerômetro para monitorar os movimentos do corpo durante exercícios em equipamentos ao ar livre [Dissertação de Mestrado em Ciências Aplicadas à Saúde]. [Francisco Beltrão Pr]: Universidade Estadual do Oeste do Paraná; 2024.
38. Steiner MTA, Chaves Neto A, Braulio SN, Alves V. Métodos estatísticos multivariados aplicados à engenharia de avaliações. *Gest Prod*. abril de 2008;15:23–32.
39. Rodrigues MA, Ferraz AP, Lee HD, Spolaôr N, Takaki WSR, Coy CSR, et al. Análise computacional da biomecânica de movimentos da coluna vertebral. *Journal of Health Informatics* [Internet]. 19 de novembro de 2024 [citado 24 de abril de 2025];16(Especial). Disponível em: <https://jhi.sbis.org.br/index.php/jhi-sbis/article/view/1307>
40. Saunders JB, Inman VT, Eberhart HD. The major determinants in normal and pathological gait. *J Bone Joint Surg Am*. julho de 1953;35-A(3):543–58.
41. Januário F, Amaral C. Fisiologia do equilíbrio. *Revista da Sociedade Portuguesa de Medicina Física e de Reabilitação*. 2010;19(2):31–7.
42. Cruz N da S, Leite HX, Santos VG, Tinini RC dos R, Junior RSM, Rodrigues AC de MA. Controle postural em idosas na privação da visão. *CPAQV*. 2023;15(3):6.

43. Takakusaki K. Functional Neuroanatomy for Posture and Gait Control. *J Mov Disord.* janeiro de 2017;10(1):1–17.
44. McCollum G, Leen TK. Form and exploration of mechanical stability limits in erect stance. *J Mot Behav.* setembro de 1989;21(3):225–44.

ANEXOS

Anexo 1 – Normas da revista.



Sobre ▾ Edição atual Edições anteriores Submissão Instruções aos autores Pesquisa na PUCPR

[Início](#) / [Instruções aos autores](#)

Instruções aos autores

O periódico **Fisioterapia em Movimento** publica artigos que veiculem resultados de pesquisas em fisioterapia e saúde. Todos os trabalhos que tenham interface com a saúde e cuidado humano são aceitos para avaliação.

O periódico está alinhado com as normas de qualificação de manuscritos estabelecidas pela [OMS](#) e pelo International Committee of Medical Journal Editors ([ICMJE](#)). Trabalhos contendo resultados de estudos com humanos e/ou animais devem obrigatoriamente incluir o número de parecer de aprovação por comitê de ética institucional. Do mesmo modo, qualquer conflito de interesse deve ser informado em documento suplementar e anexado no momento da submissão do artigo. Conflitos de interesse podem ocorrer quando autores, revisores ou editores possuem interesses que possam influenciar a elaboração ou avaliação de manuscritos, podendo ser de natureza pessoal, política, acadêmica, comercial ou financeira. Para mais informações sobre princípios éticos, direito à privacidade, política de correções e retratações, acessar: [Procedimentos Éticos](#).

Todos os artigos devem ser originais e não podem ter sido submetidos para avaliação simultânea em outros periódicos. São aceitos manuscritos que foram depositados em repositórios de preprints ([arXiv](#), [bioRxiv](#), [EmedRx](#), [SciELO](#), etc.) ou institucionais desde que informado no [Formulário sobre Conformidade com a Ciência Aberta](#), que deve ser submetido como arquivo suplementar no momento da submissão. Recomenda-se o compartilhamento de dados, métodos, instrumentos e demais materiais adicionais, preferencialmente disponibilizados em repositórios online abertos ([Figshare](#), [Mandeleley Data](#), [OSF](#), [SciELO Data](#), [Zenodo](#)).

Seguindo os princípios da **Ciência Aberta**, que propõe diretrizes para um fazer científico colaborativo, compartilhado e público, o periódico adota o sistema *single blind peer review*. Desta forma, os pareceristas têm acesso à autoria dos artigos que avaliam, enquanto os autores têm conhecimento de qual editor(a) associado(a) foi designado para seu artigo. Pareceristas e autores, de comum acordo, podem solicitar a publicação dos pareceres dos artigos aprovados com a identificação opcional dos pareceristas e a abertura mútua de suas identidades no processo de avaliação. Para mais informações, acesse: [Processo de Avaliação por Pares](#).

Direitos autorais

Os autores mantêm o direito autoral sobre o artigo publicado e concedem os direitos da primeira publicação ao periódico **Fisioterapia em Movimento**, que utiliza a licença [Creative Commons \(CC-BY\)](#), a qual permite a terceiros o compartilhamento e adaptação dos trabalhos publicados desde que devidamente creditados os autores originais e a publicação no periódico.

Propriedade intelectual e termos de uso

Responsabilidade do site

O periódico se reserva o direito de efetuar alterações relacionadas ao padrão editorial do periódico como, por exemplo, ajustes de layout.

Responsabilidade do(s) autor(es)

Os dados, opiniões e conceitos emitidos nos artigos, bem como a exatidão das referências bibliográficas, são de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

Todo o conteúdo do periódico e os artigos publicados pela **Fisioterapia em Movimento**, exceto onde especificado de outra forma, estão licenciados sob a licença [Creative Commons Attribution](#).

Autores de artigos publicados pela **Fisioterapia em Movimento** mantêm os direitos autorais de seus trabalhos, licenciando-os sob a licença [Creative Commons Attribution CC-BY 4.0](#), que permite que os artigos sejam reutilizados e distribuídos sem restrição, desde que o trabalho original seja corretamente citado.

O periódico **Fisioterapia em Movimento** encoraja os autores a autoarquivar seus manuscritos aceitos, publicando-os em blogs pessoais, repositórios institucionais, mídias sociais acadêmicas e pessoais, desde que seja incluída a citação completa à versão do website do periódico.

Instruções gerais

- Para cobrir os custos de publicação, após o aceite é cobrada uma taxa de publicação de R\$600 para brasileiros e de US\$125 para estrangeiros por artigo aceito para publicação.
- O número máximo permitido de autores por artigo é oito (8).
- Os trabalhos podem ser encaminhados em português ou inglês. Uma vez aceito para publicação, o artigo deverá obrigatoriamente ser traduzido para a língua inglesa, sendo os custos da tradução de responsabilidade dos autores.
- As ilustrações (figuras, gráficos, quadros e tabelas) devem ser limitadas ao número máximo de cinco (5), inseridas no corpo do texto, identificadas e numeradas consecutivamente em algarismos arábicos. Figuras devem ser submetidas em alta resolução (mínimo de 300 dpi) e no formato TIFF ou EPS.
- Os artigos devem ser submetidos exclusivamente pela plataforma [ScholarOne](#). Dúvidas sobre o processo de submissão devem ser encaminhadas ao e-mail: revista.fisioterapia@pucpr.br

Artigo Original: oriundo de resultado de pesquisa de natureza empírica, experimental ou conceitual, sua estrutura deve conter: Página de título, Introdução, Métodos, Resultados, Discussão, Conclusão, Referências. As páginas têm como formato A4 (Word for Windows, fonte Times New Roman ou Arial, tamanho 12, com espaçamento entre linhas de 1,5) e o manuscrito deve ter no máximo 4.500 palavras, excluindo-se página de título, referências, tabelas, figuras e legendas.

Artigo de Revisão: oriundo de estudos com delineamento definido e baseado em pesquisa bibliográfica consistente com análise crítica e considerações que possam contribuir com a ciência, sua estrutura deve conter: Página de título, Introdução, Métodos, Resultados, Discussão (Resultados e Discussão podem ser apresentados juntos), Conclusão, Referências. As páginas têm como formato A4 (Word for Windows, fonte Times New Roman ou Arial, tamanho 12, com espaçamento entre linhas de 1,5) e o manuscrito deve ter no máximo 6.000 palavras, excluindo-se página de título, referências, tabelas, figuras e legendas. **Obs:** Revisões serão aceitas apenas na modalidade sistemática [Cochrane](#).

Relato e Estudo de caso: serão aceitos apenas quando abordarem casos raros, diagnóstico e tratamento originais ou resultados inusitados. Com exceção da Página de título, não há estruturação específica. Sugerimos, contudo, que o texto seja dividido em Introdução, Relato de caso, Discussão, Conclusão, Referências. As páginas têm como formato A4 (Word for Windows, fonte Times New Roman ou Arial, tamanho 12, com espaçamento entre linhas de 1,5) e o manuscrito deve ter no máximo 2.500 palavras, excluindo-se página de título, referências, tabelas, figuras e legendas.

PÁGINA DE TÍTULO

- Título em português e inglês, com o máximo de 12 palavras, suficientemente específico e descritivo.
- Nome completo, ORCID, instituição e respectiva cidade/estado/país de todos os autores. Identificar o autor correspondente e e-mail para contato.
- Resumo e abstract: devem conter no mínimo 150 e no máximo 250 palavras e devem ser estruturados em tópicos: Introdução, Objetivo, Métodos, Resultados, Conclusão e Descritores (no mínimo 3 e no máximo 5). Só serão aceitos descritores listados no [DeCS](#) e no [MeSH](#).

CORPO DO TEXTO

- Introdução: deve apontar o propósito do estudo, de maneira concisa, e descrever quais os avanços que foram alcançados com a pesquisa. A introdução não deve incluir dados ou conclusões do trabalho em questão.
- Métodos: deve ofertar, de forma resumida e objetiva, informações que permitam que o estudo seja replicado por outros pesquisadores. Referenciar as técnicas padronizadas.
- Resultados: devem oferecer uma descrição sintética das novas descobertas, com pouco parecer pessoal.
- Discussão: interpretar os resultados e relacioná-los aos conhecimentos existentes, principalmente os que foram indicados anteriormente na introdução. Esta parte deve ser apresentada separadamente dos resultados.
- Conclusão: deve limitar-se ao propósito das novas descobertas, relacionando-a ao conhecimento já existente. Utilizar citações somente quando forem indispensáveis para embasar o estudo.
- Contribuição dos autores: a contribuição de todos os autores deve ser informada, conforme [Taxonomia CRediT](#), sendo os critérios mínimos de autoria: a. Participar ativamente da discussão; b. Revisão e aprovação da versão final do trabalho.
- Agradecimentos: se houver, devem ser sintéticos e concisos.
- Citações/Referências: devem ser numeradas consecutivamente na ordem em que aparecem no texto e apresentadas no texto, tabelas e legendas por números arábicos sobrescritos. Exemplos:
 - Idosos com OAJ têm nove vezes mais chances de ter um declínio mais rápido da velocidade da marcha do que idosos sem OA, com diminuição de 2,75% da velocidade da marcha por ano.¹
 - Segundo Kaufman et al.² e Kim et al.,³ indivíduos com OAJ tendem a andar em velocidades mais lentas para reduzir o estresse articular na articulação do joelho.

REFERÊNCIAS (Vancouver Style)

ARTIGOS

Parkin DM, Clayton D, Black RJ, Masuyer E, Friedl HP, Ivanov E, et al. Childhood leukaemia in Europe after Chernobyl: 5 year follow-up. *Br J Cancer*. 1996;73:1006-12.

Al-Balkhi K. Orthodontic treatment planning: do orthodontists treat to cephalometric norms. *J Contemp Dent Pract*. 2003 [acesso 4 nov 2003]. Disponível em: www.thejcdp.com

LIVROS

Annas GJ. *American bioethics: crossing human rights and health law boundaries*. New York: Oxford University Press; 2005. 244 p.

Israel HA. Synovial fluid analysis. In: Merrill RG, editor. *Disorders of the temporomandibular joint I: diagnosis and arthroscopy*. Philadelphia: Saunders; 1989. p. 85-92.

DISSERTAÇÕES E TESES

Kaplan SJ. *Post-hospital home health care: the elderly's access and utilization* [dissertação]. St. Louis: Universidade de Washington; 1995.

ANAIS DE CONGRESSOS, CONFERÊNCIAS E CONGÊNERES

Harnden P, Joffe JK, Jones WG, editores. *Germ cell tumours V. Proceedings of the 5th Germ Cell Tumour Conference*; 13-15 set 2001; Leeds, UK. New York: Springer; 2002.

DOCUMENTOS LEGAIS

Brasil. Lei 8080 de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União; 2 set 1990.

Anexo 2 – Comprovante da submissão.

Confirmação da submissão

 imprimir

Obrigado pela sua submissão

Submetido para

Fisioterapia em Movimento

ID do manuscrito

FM-2025-0060

Título

ANÁLISE DO EQUILÍBRIO ESTÁTICO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS COM NOVO MÉTODO
BIOMECÂNICO

Autores

Fulber Koehnlein, Lucas

Lee, Huei

Peiter Ferraz, Alexandre

Shoity Resende Takaki, Weber

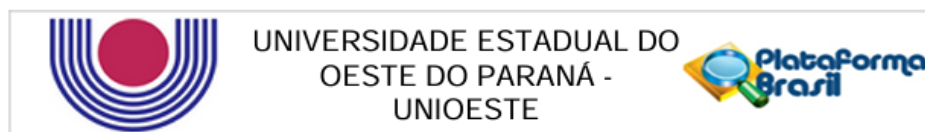
Spolaôr, Newton

Feng Chung, Wu

Data da submissão

11-jul-2025

Anexo 3 – Aprovação do Comitê de Ética.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DO EQUILÍBRIO ESTÁTICO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS POR MEIO DE ACCELEROMETRIA

Pesquisador: LUCAS FULBER KOEHNLEIN

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 70540423.3.0000.0107

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.221.218

Apresentação do Projeto:

Saneamento de pendências da pesquisa:

Título da Pesquisa: ANÁLISE DO EQUILÍBRIO ESTÁTICO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS POR MEIO DE ACCELEROMETRIA

Pesquisador Responsável: LUCAS FULBER KOEHNLEIN

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 70540423.3.0000.0107

Submetido em: 24/07/2023

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ

Situação da Versão do Projeto: Em relatoria

Localização atual da Versão do Projeto: Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

Objetivo da Pesquisa:

Vide descrição anteriormente apresentada.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Vide descrição anteriormente apresentada.

Endereço: RUA UNIVERSITÁRIA 1619

Bairro: UNIVERSITÁRIO

UF: PR

Município: CASCAVEL

Telefone: (45)3220-3092

CEP: 85.819-110

E-mail: cep.prppg@unioeste.br

Anexo 4 – Escala de Equilíbrio de Berg (EEB).

ESCALA DE EQUILÍBRIO DE BERG

1. Posição sentada para posição em pé.
Instruções: Por favor, levante-se. Tente não usar suas mãos para se apoiar.
() 4 capaz de levantar-se sem utilizar as mãos e estabilizar-se independentemente.
() 3 capaz de levantar-se independentemente e estabilizar-se independentemente.
() 2 capaz de levantar-se utilizando as mãos após diversas tentativas.
() 1 necessita de ajuda mínima para levantar-se ou estabilizar-se.
() 0 necessita de ajuda moderada ou máxima para levantar-se.
 2. Permanecer em pé sem apoio
Instruções: Por favor, fique em pé por 2 minutos sem se apoiar.
() 4 capaz de permanecer em pé com segurança por 2 minutos.
() 3 capaz de permanecer em pé por 2 minutos com supervisão.
() 2 capaz de permanecer em pé por 30 segundos sem apoio.
() 1 necessita de várias tentativas para permanecer em pé por 30 segundos sem apoio.
() 0 incapaz de permanecer em pé por 30 segundos sem apoio.
- Se o paciente for capaz de permanecer em pé por 2 minutos sem apoio, dê o número total de pontos para o item 3. Continue com o item 4.
3. Permanecer sentado sem apoio nas costas, mas com os pés apoiados no chão ou num banquinho.
Instruções: Por favor, fique sentado sem apoiar as costas, com os braços cruzados, por 2 minutos.
() 4 capaz de permanecer sentado com segurança e com firmeza por 2 minutos.
() 3 capaz de permanecer sentado por 2 minutos com supervisão.
() 2 capaz de permanecer sentado por 30 segundos.
() 1 capaz de permanecer sentado por 10 segundos.
() 0 incapaz de permanecer sentado sem apoio por 10 segundos.
 4. Posição em pé para posição sentada.
Instruções: Por favor, sente-se.
() 4 senta-se com segurança, com uso mínimo das mãos.
() 3 controla a descida utilizando as mãos.
() 2 utiliza a parte posterior das pernas contra a cadeira para controlar a descida.
() 1 senta-se independentemente, mas tem descida sem controle.
() 0 necessita de ajuda para sentar-se.
 5. Transferências.
Instruções: Arrume as cadeiras perpendicularmente ou uma de frente para a outra, para uma transferência em pivô. Peça ao paciente que se transfira de uma cadeira com apoio de braço para uma cadeira sem apoio de braço, e vice-versa. Você poderá utilizar duas cadeiras ou uma cama e uma cadeira.
() 4 capaz de transferir-se com segurança com uso mínimo das mãos.
() 3 capaz de transferir-se com segurança com o uso das mãos.
() 2 capaz de transferir-se seguindo orientações verbais e/ou supervisão.
() 1 necessita de uma pessoa para ajudar.
() 0 necessita de duas pessoas para ajudar ou supervisionar a tarefa com segurança.
 6. Permanecer em pé sem apoio com os olhos fechados.
Instruções: Por favor, fique em pé e feche os olhos por 10 segundos.
() 4 capaz de permanecer em pé por 10 segundos com segurança.
() 3 capaz de permanecer em pé por 10 segundos com supervisão.
() 2 capaz de permanecer em pé por 3 segundos.

- () 1 incapaz de permanecer com os olhos fechados durante 3 segundos, mas mantém-se em pé.
 () 0 necessita de ajuda para não cair.
7. Permanecer em pé sem apoio com os pés juntos.
 Instruções: Junte seus pés e fique em pé sem se apoiar.
 () 4 capaz de posicionar os pés juntos, independentemente, e permanecer por 1 minuto com segurança.
 () 3 capaz de posicionar os pés juntos, independentemente, e permanecer por 1 minuto com supervisão.
 () 2 capaz de posicionar os pés juntos, independentemente, e permanecer por 30 segundos.
 () 1 necessita de ajuda para posicionar-se, mas é capaz de permanecer com os pés juntos durante 15 segundos.
 () 0 necessita de ajuda para posicionar-se e é incapaz de permanecer nessa posição por 15 segundos.
8. Alcançar à frente com o braço estendido, permanecendo em pé.
 Instruções: Levante o braço a 90°. Estique os dedos e tente alcançar à frente o mais longe possível. O examinador posiciona a régua no fim da ponta dos dedos quando o braço estiver a 90°. Ao serem esticados para frente, os dedos não devem tocar a régua. A medida a ser registrada é a distância que os dedos conseguem alcançar quando o paciente se inclina para frente o máximo que consegue. Quando possível peça ao paciente que use ambos os braços, para evitar rotação do tronco.
 () 4 pode avançar à frente mais que 25cm com segurança.
 () 3 pode avançar à frente mais que 12,5cm com segurança.
 () 2 pode avançar à frente mais que 5cm com segurança.
 () 1 pode avançar à frente, mas necessita de supervisão.
 () 0 perde o equilíbrio na tentativa, ou necessita de apoio externo.
9. Pegar um objeto do chão a partir de uma posição em pé.
 Instruções: Pegue o sapato/chinelo que está na frente dos seus pés.
 () 4 capaz de pegar o chinelo com facilidade e segurança.
 () 3 capaz de pegar o chinelo, mas necessita de supervisão.
 () 2 incapaz de pegá-lo mas se estica, até ficar a 2-5cm do chinelo, e mantém o equilíbrio independentemente.
 () 1 incapaz de pegá-lo, necessitando de supervisão enquanto está tentando.
 () 0 incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não perder o equilíbrio ou cair.
10. Virar-se e olhar para trás por cima dos ombros direito e esquerdo enquanto permanece em pé.
 Instruções: Vire-se para olhar diretamente atrás de você por cima do ombro esquerdo, sem tirar os pés do chão. Faça o mesmo por cima do ombro direito. O examinador poderá pegar um objeto e posicioná-lo diretamente atrás do paciente para estimular o movimento.
 () 4 olha para trás de ambos os lados com boa distribuição do peso.
 () 3 olha para trás somente de um lado; o lado contrário demonstra menor distribuição do peso.
 () 2 vira somente para os lados, mas mantém o equilíbrio.
 () 1 necessita de supervisão para virar.
 () 0 necessita de ajuda para não perder o equilíbrio ou cair.
11. Girar 360°
 Instruções: Gire completamente em torno de si mesmo. Pausa. Gire completamente em torno de si mesmo para o lado contrário.
 () 4 capaz de girar 360° com segurança em 4 segundos ou menos.
 () 3 capaz de girar 360° com segurança somente para um lado em 4 segundos ou menos.
 () 2 capaz de girar 360° com segurança, mas lentamente.

- () 1 necessita de supervisão próxima ou orientações verbais.
- () 0 necessita de ajuda enquanto gira.

12. Posicionar os pés alternadamente no degrau ou banquinho enquanto permanece em pé sem apoio.

Instruções: Toque cada pé alternadamente no degrau/banquinho. Continue até que cada pé tenha tocado o degrau/banquinho 4 vezes.

- () 4 capaz de permanecer em pé independentemente e com segurança, completando 8 movimentos em 20 segundos.
- () 3 capaz de permanecer em pé independentemente e completar 8 movimentos em mais de 20 segundos.
- () 2 capaz de completar 4 movimentos sem ajuda.
- () 1 capaz de completar mais de 2 movimentos com o mínimo de ajuda.
- () 0 incapaz de tentar ou necessita de ajuda para não cair.

13. Permanecer em pé sem apoio com um pé à frente.

Instruções: Demonstre para o paciente. Coloque um pé diretamente à frente do outro na mesma linha; se você achar que não irá conseguir, coloque o pé um pouco mais à frente do outro pé e levemente para o lado.

- () 4 capaz de colocar um pé imediatamente à frente do outro, independentemente, e permanecer por 30 segundos.
- () 3 capaz de colocar um pé um pouco mais à frente do outro e levemente para o lado, independentemente, e permanecer por 30 segundos.
- () 2 capaz de dar um pequeno passo, independentemente, e permanecer por 30 segundos.
- () 1 necessita de ajuda para dar o passo, porém permanece por 15 segundos.
- () 0 perde o equilíbrio ao tentar dar um passo ou ficar em pé.

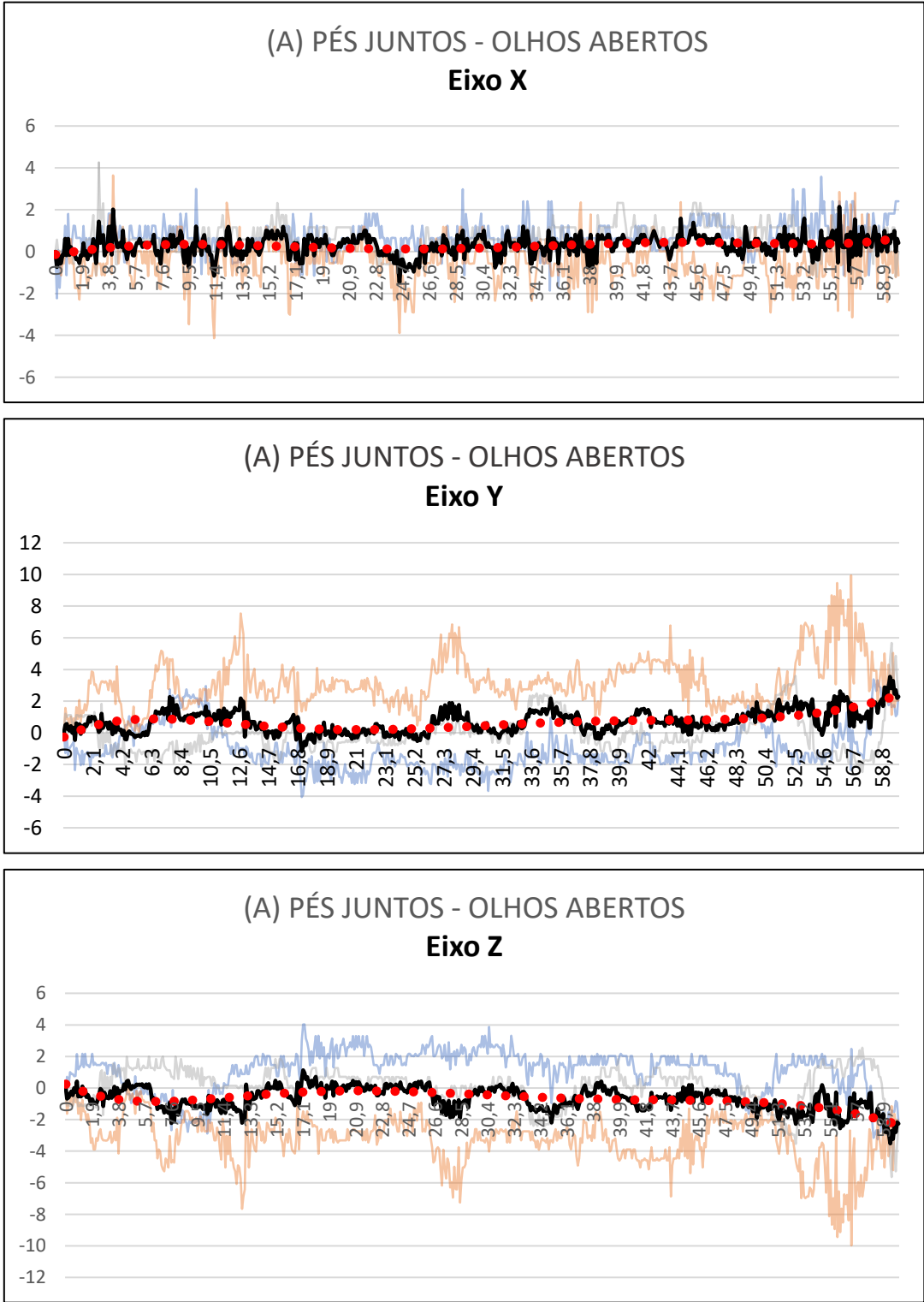
14. Permanecer em pé sobre uma perna.

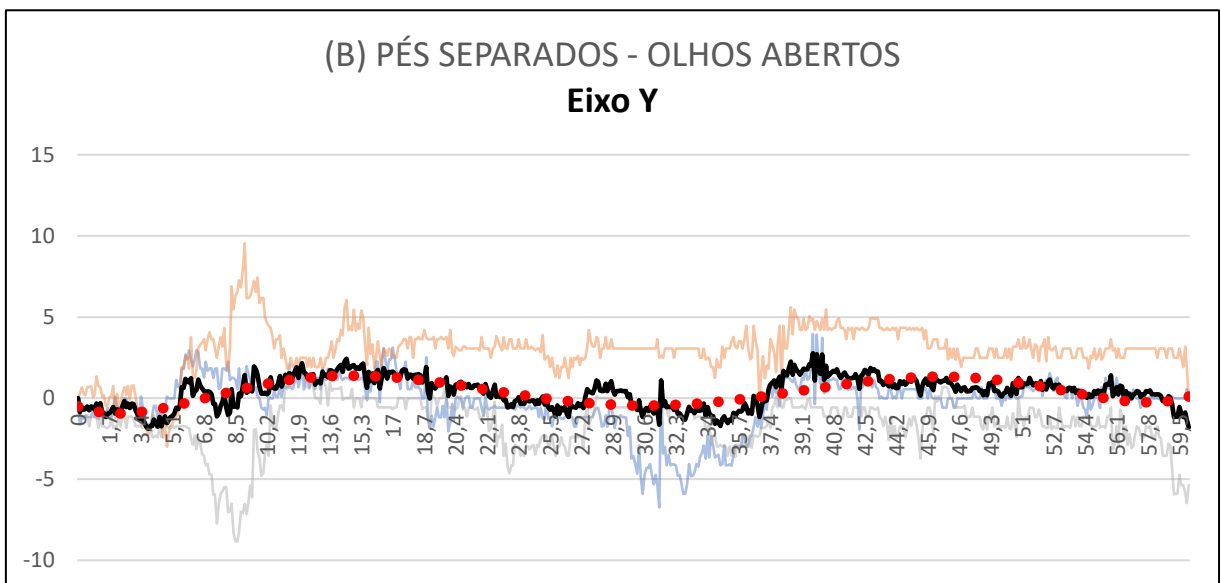
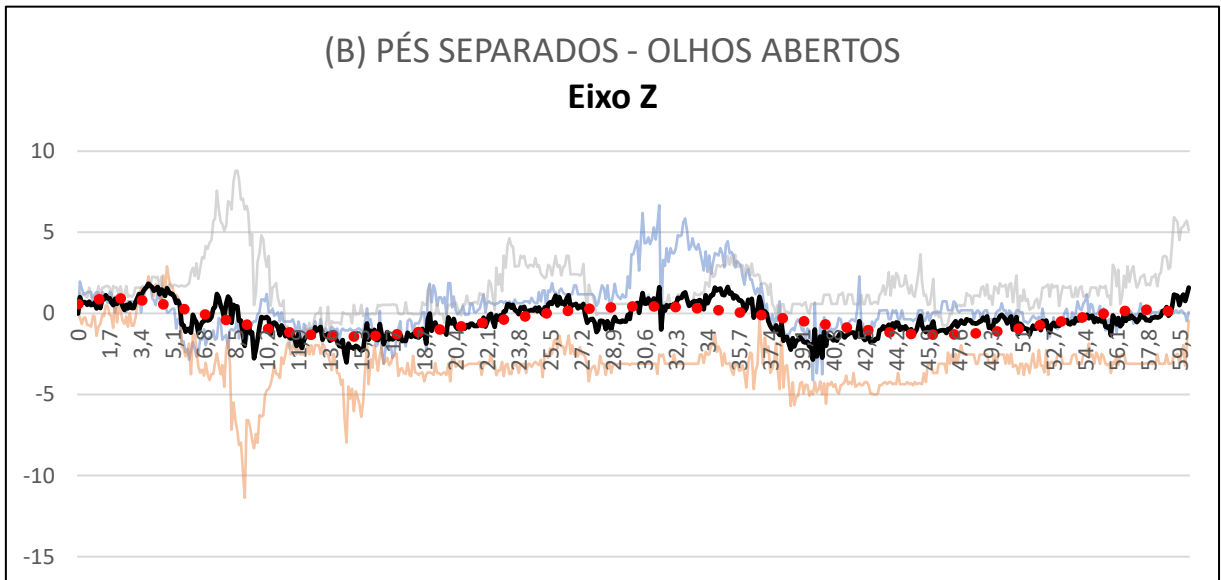
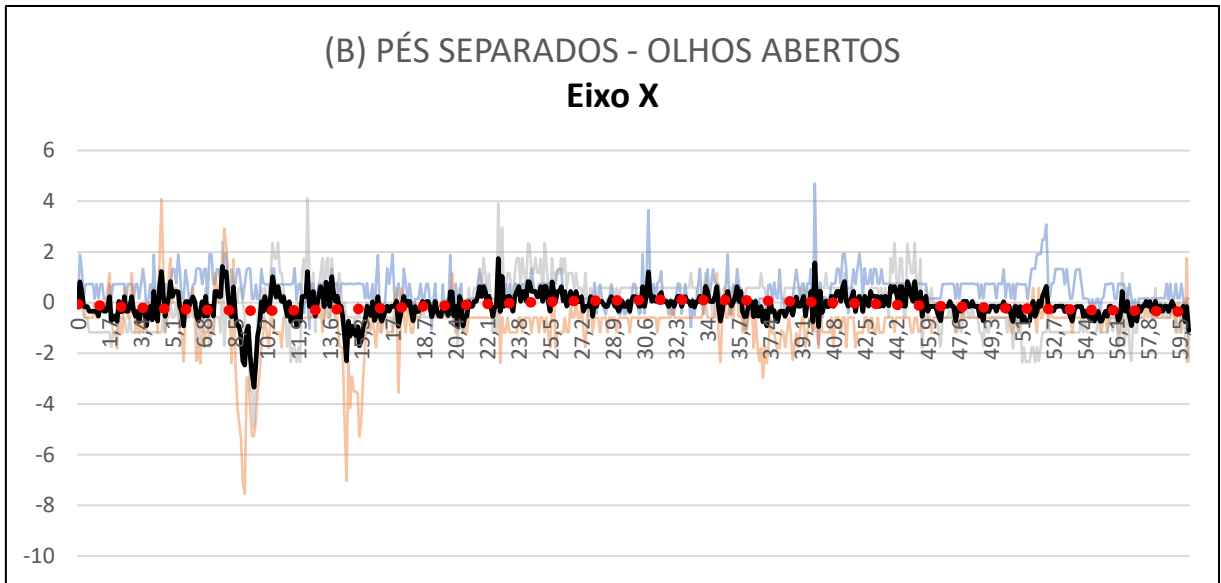
Instruções: Fique em pé sobre uma perna o máximo que você puder sem se segurar.

- () 4 capaz de levantar uma perna, independentemente, e permanecer por mais de 10 segundos.
- () 3 capaz de levantar uma perna, independentemente, e permanecer por 5-10 segundos.
- () 2 capaz de levantar uma perna, independentemente, e permanecer por 3 ou 4 segundos.
- () 1 tenta levantar uma perna, mas é incapaz de permanecer por 3 segundos, embora permaneça em pé independentemente.
- () 0 incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não cair.

TOTAL: _____

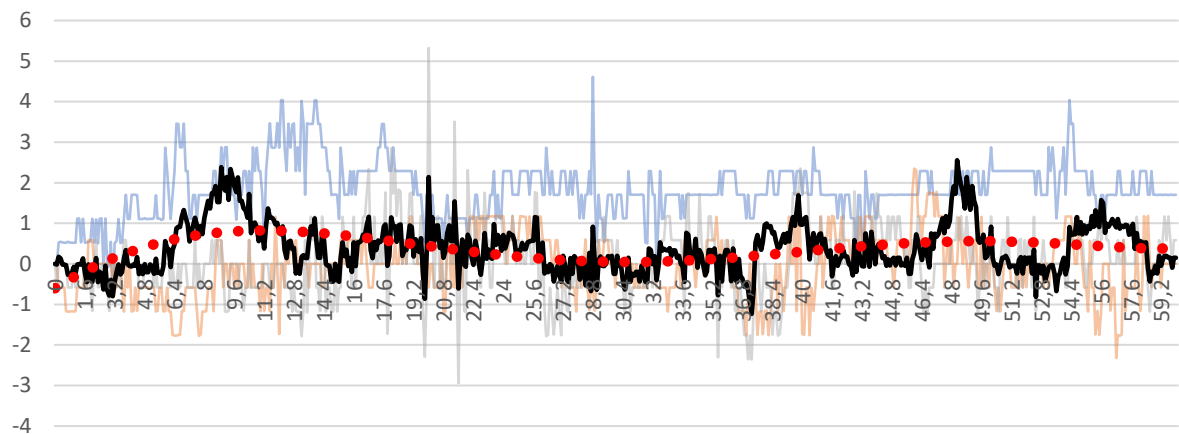
Anexo 5 – Curvas médias com ajuste polinomial grau trinta em todos os posicionamentos de pés com e sem privação visual de um dos participantes da pesquisa (Sujeito 5).





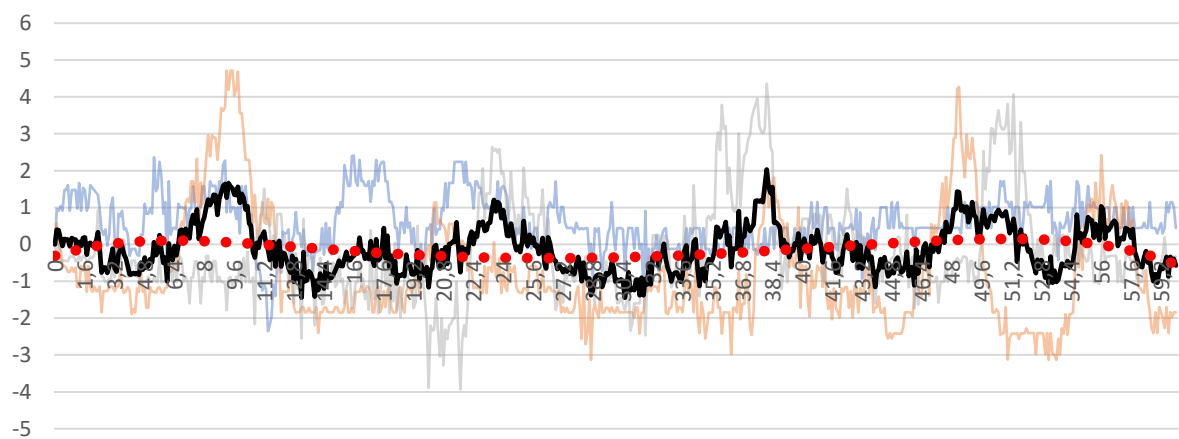
(C) SEMI TANDEM - OLHOS ABERTOS

Eixo X



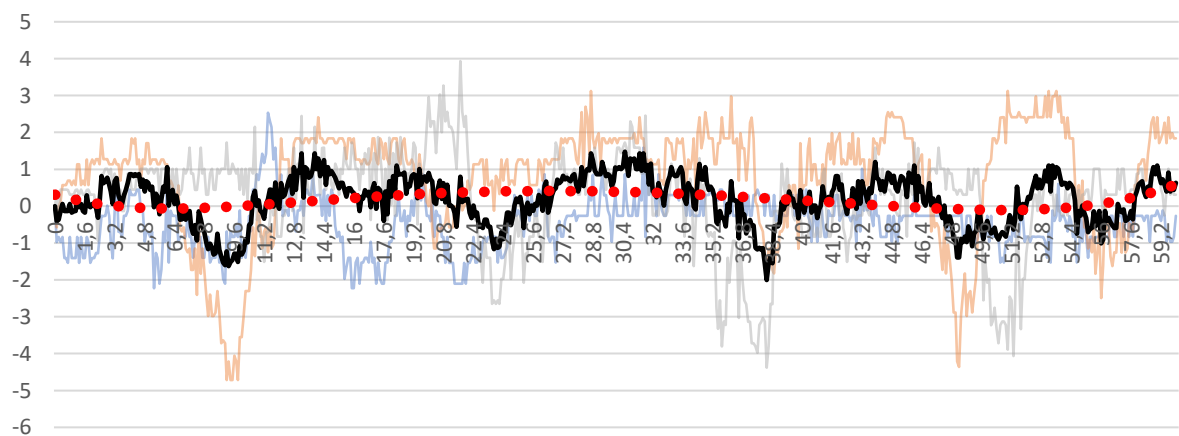
(C) SEMI TANDEM - OLHOS ABERTOS

Eixo Y



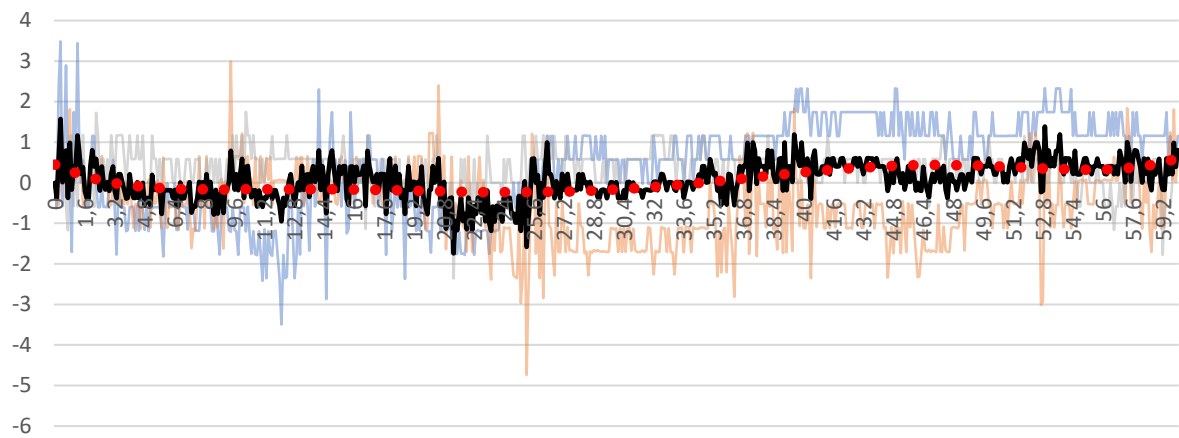
(C) SEMI TANDEM - OLHOS ABERTOS

Eixo Z



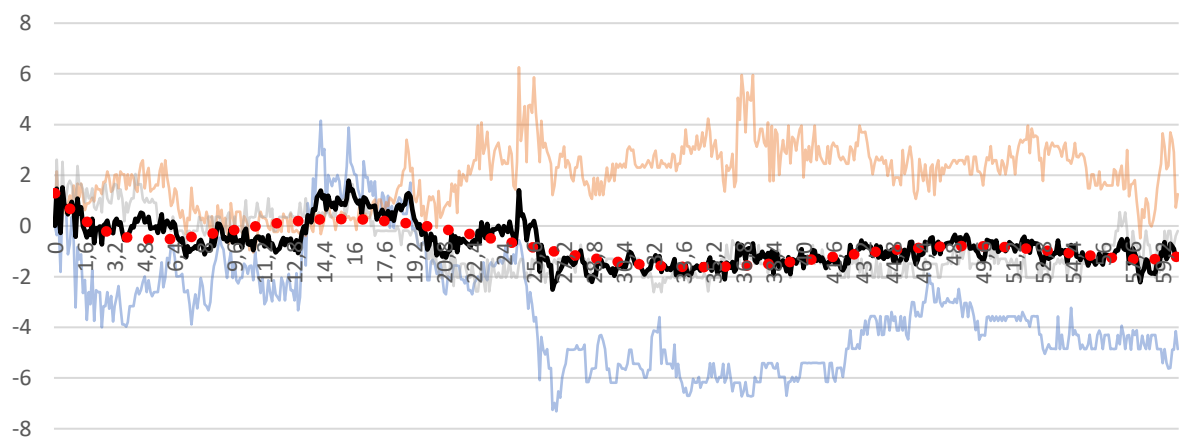
(D) TANDEM - OLHOS ABERTOS

Eixo X



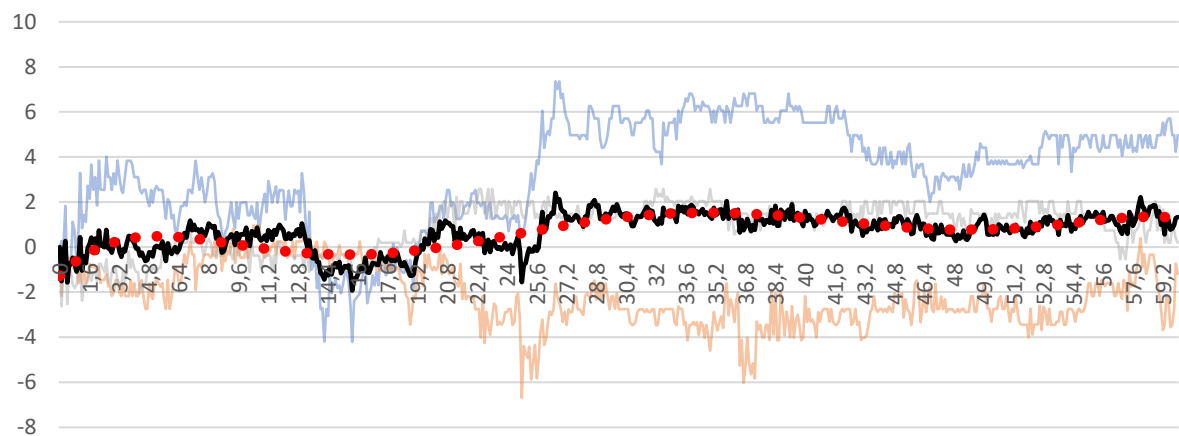
(D) TANDEM - OLHOS ABERTOS

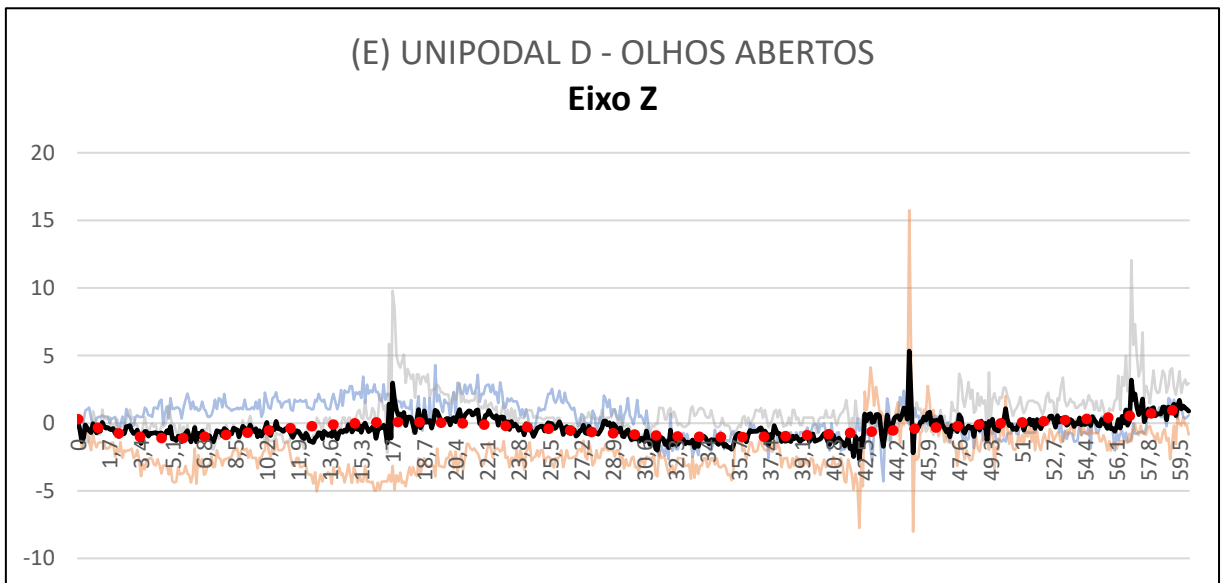
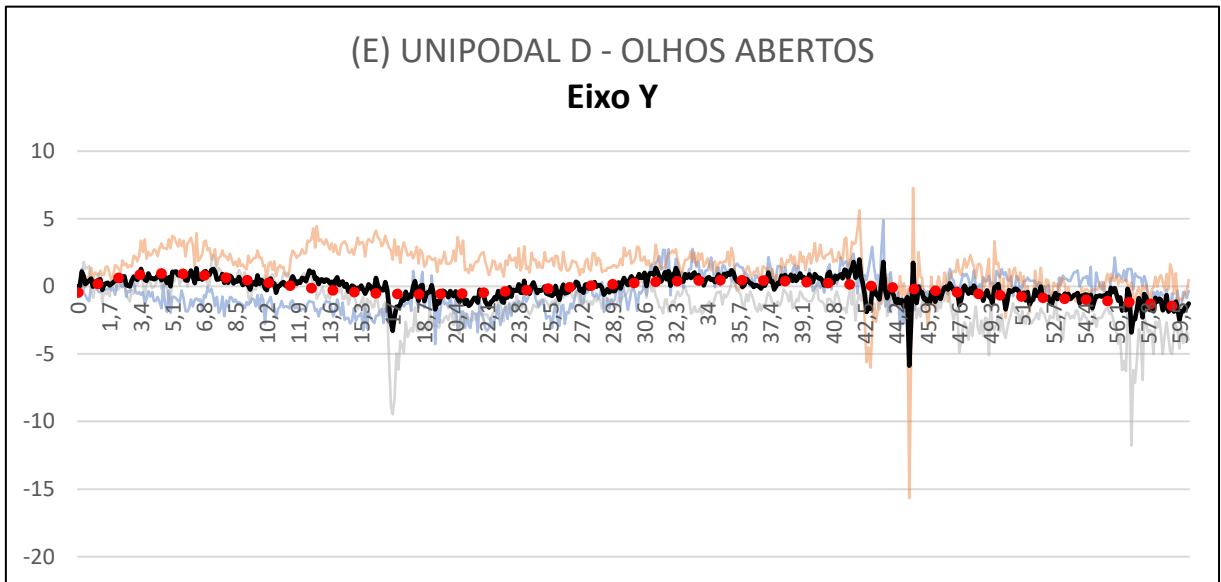
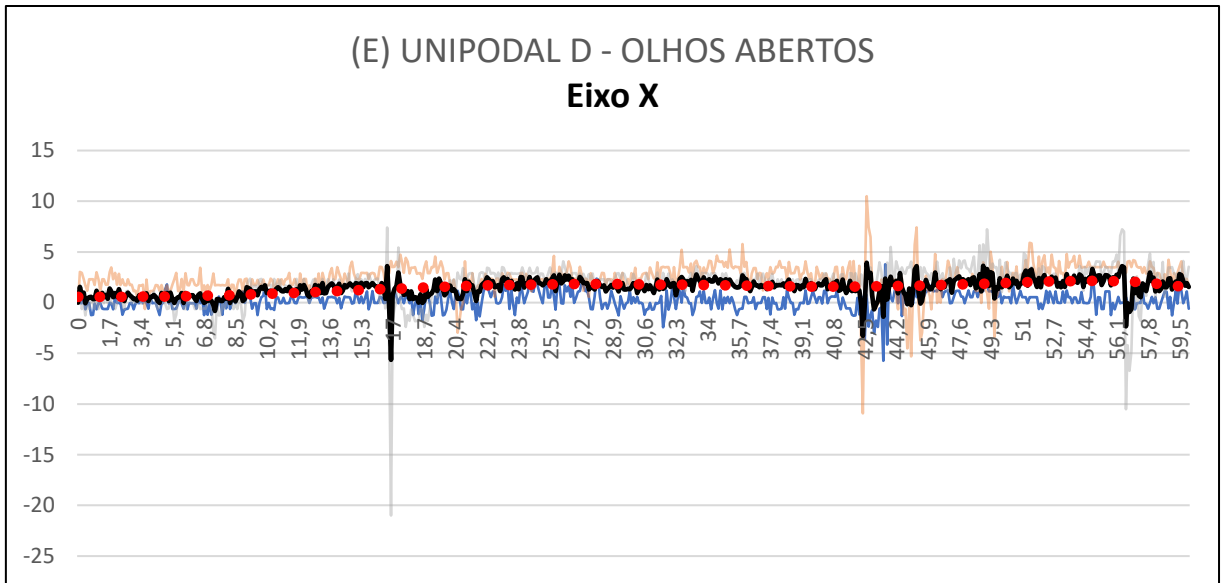
Eixo Y

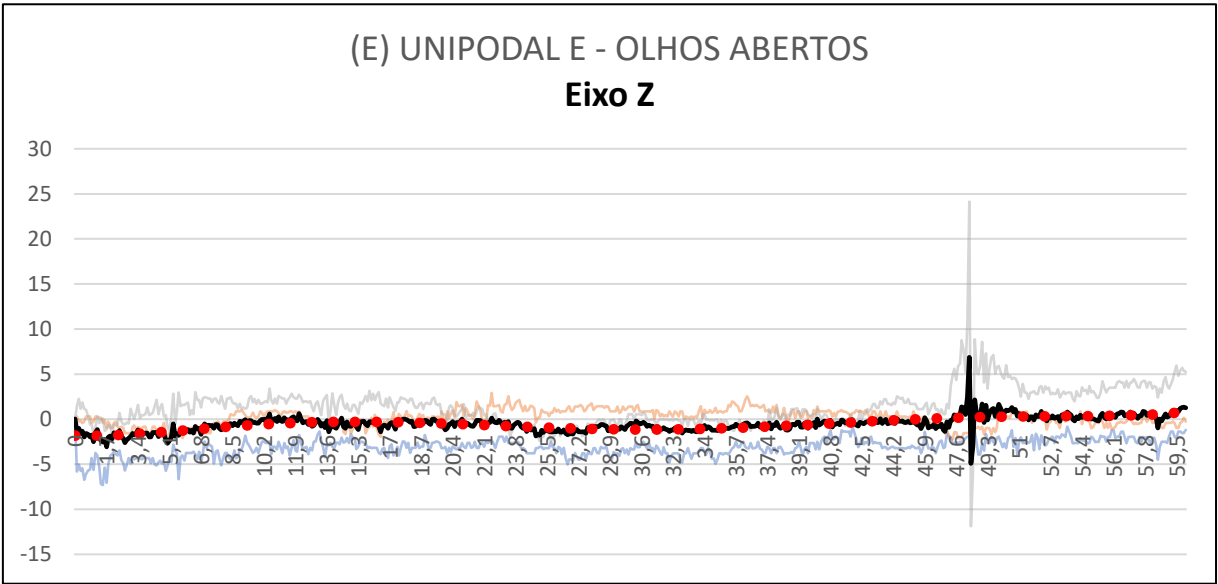
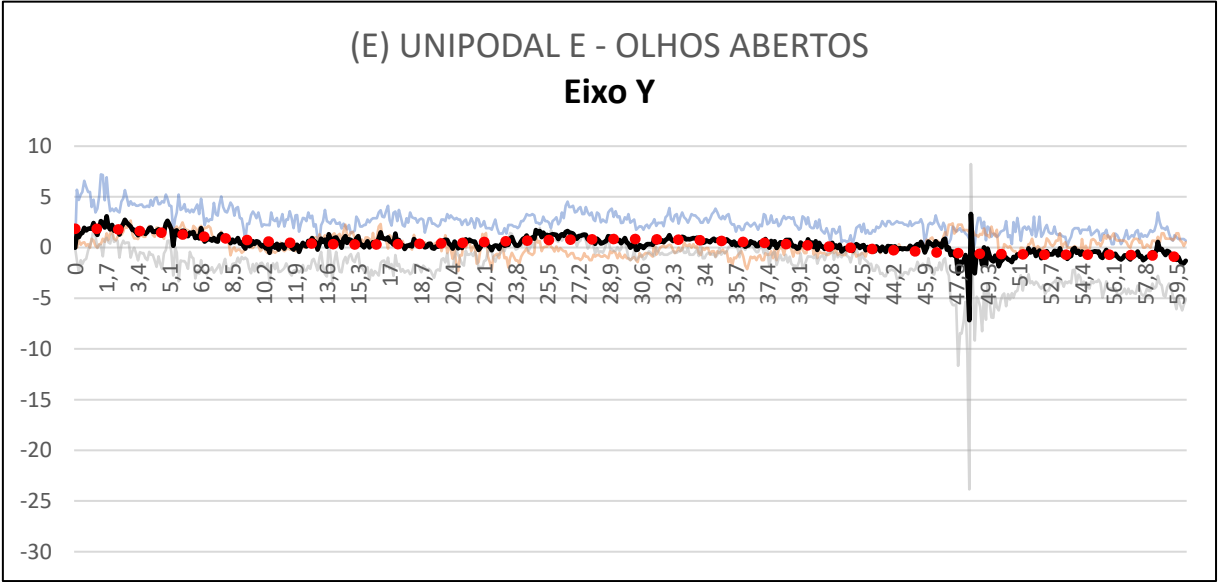
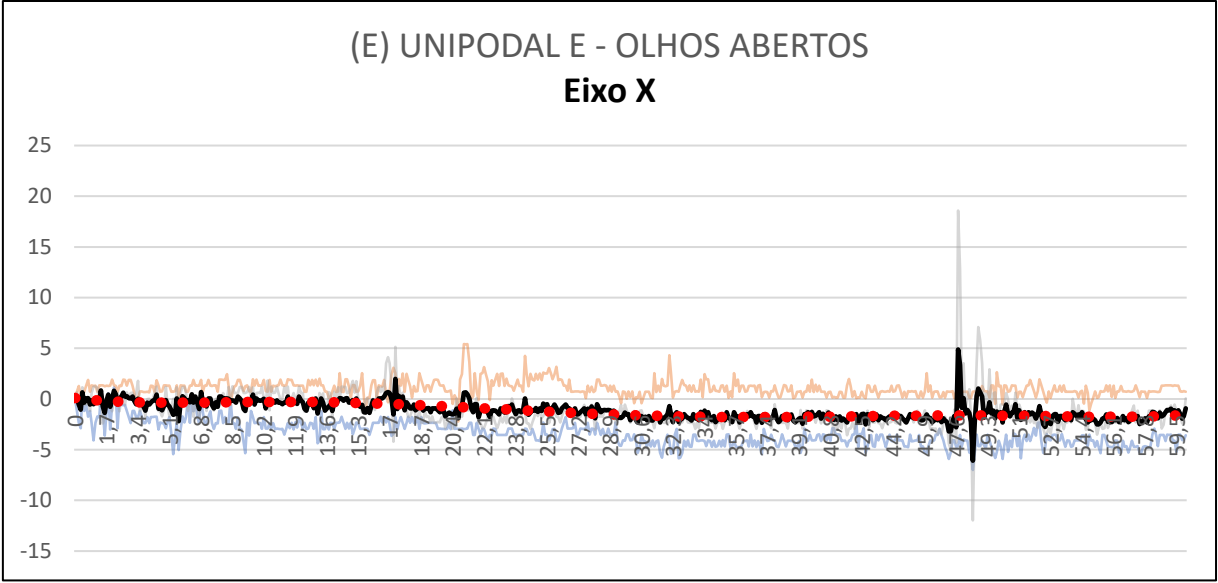


(D) TANDEM - OLHOS ABERTOS

Eixo Z

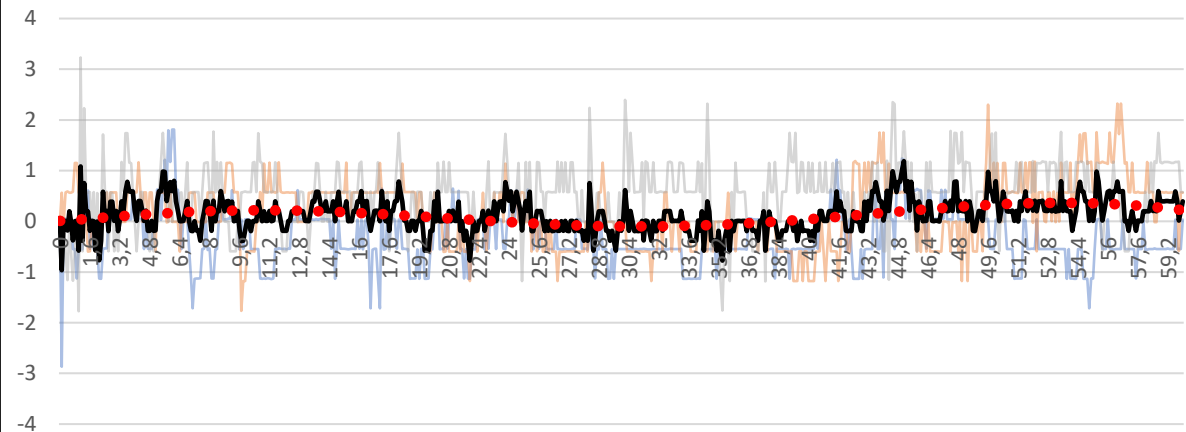






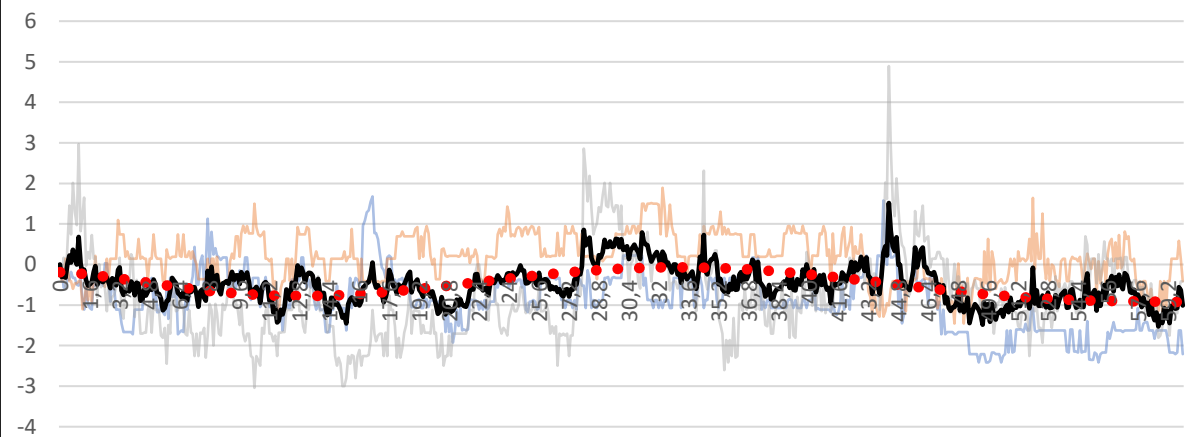
(A) PÉS JUNTOS - OLHOS FECHADOS

Eixo X



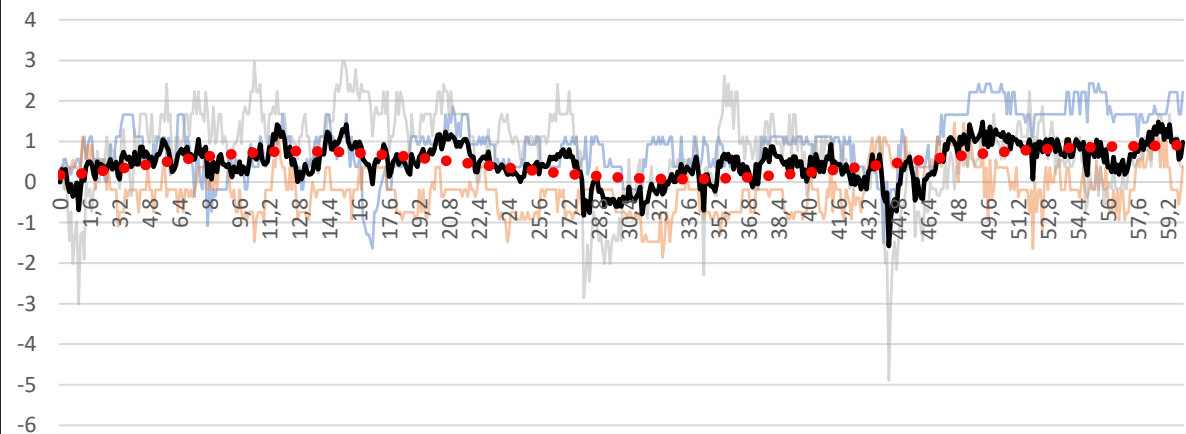
(A) PÉS JUNTOS - OLHOS FECHADOS

Eixo Y



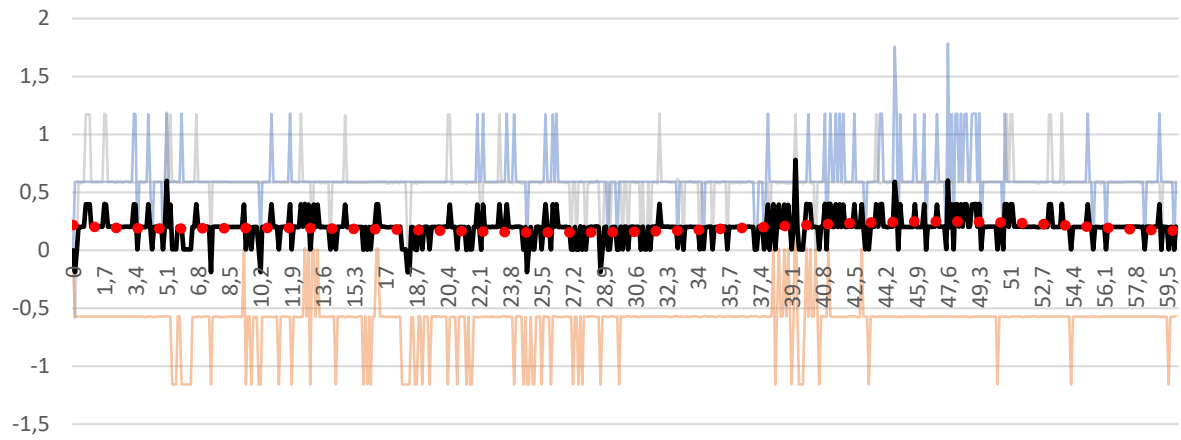
(A) PÉS JUNTOS - OLHOS FECHADOS

Eixo Z



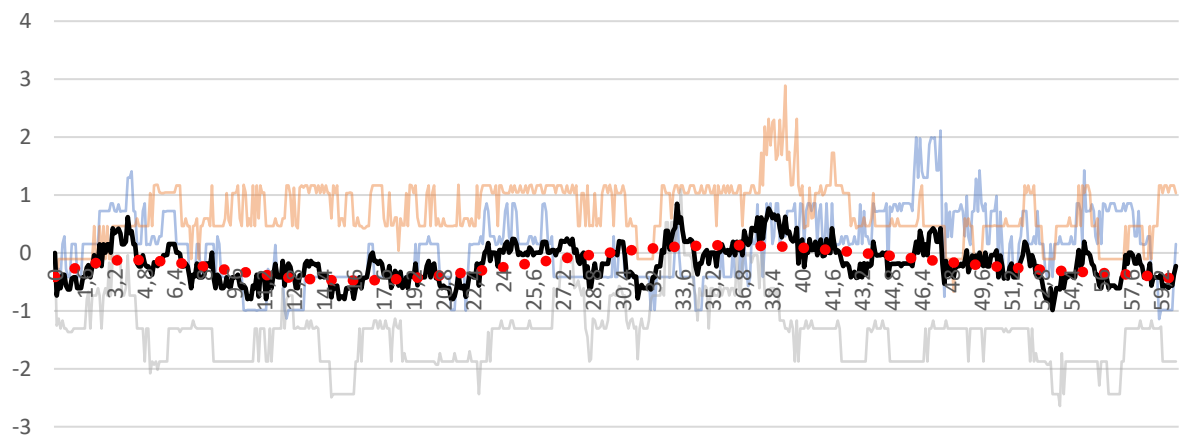
(B) PÉS SEPARADOS - OLHOS FECHADOS

Eixo X



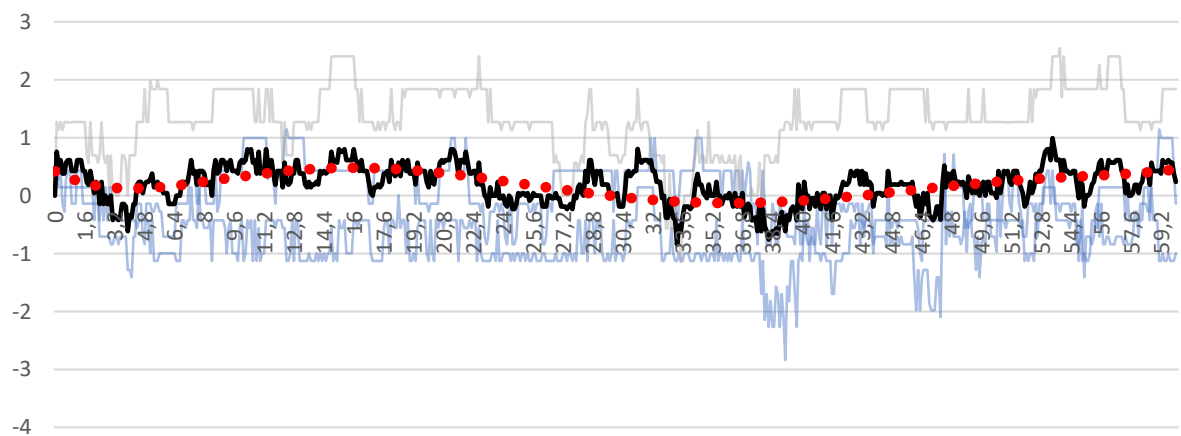
(B) PÉS SEPARADOS - OLHOS FECHADOS

Eixo Y



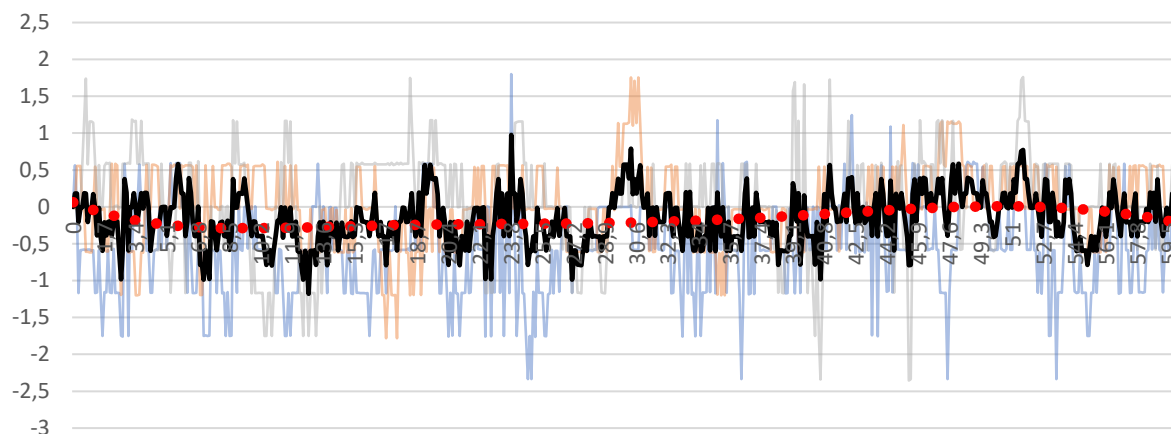
(B) PÉS SEPARADOS - OLHOS FECHADOS

Eixo Z



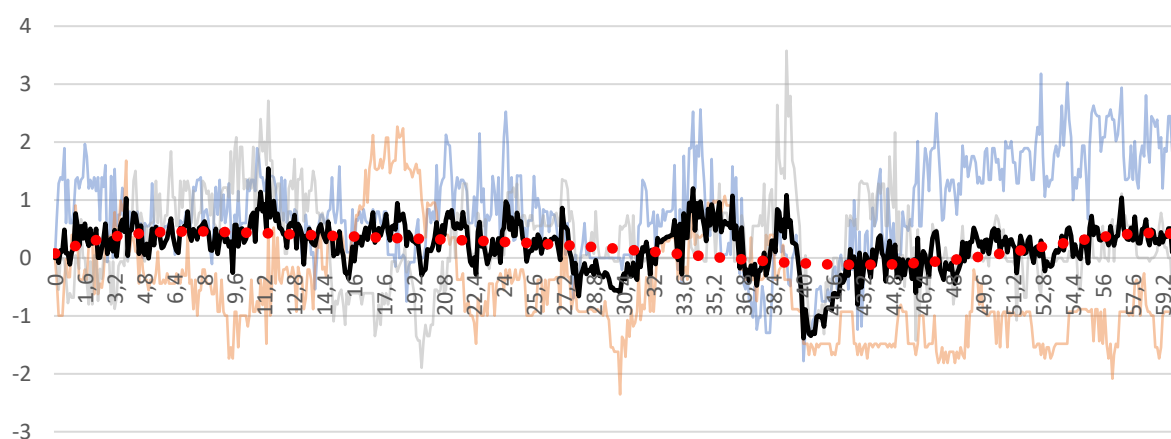
(C) SEMI TANDEM - OLHOS FECHADOS

Eixo X



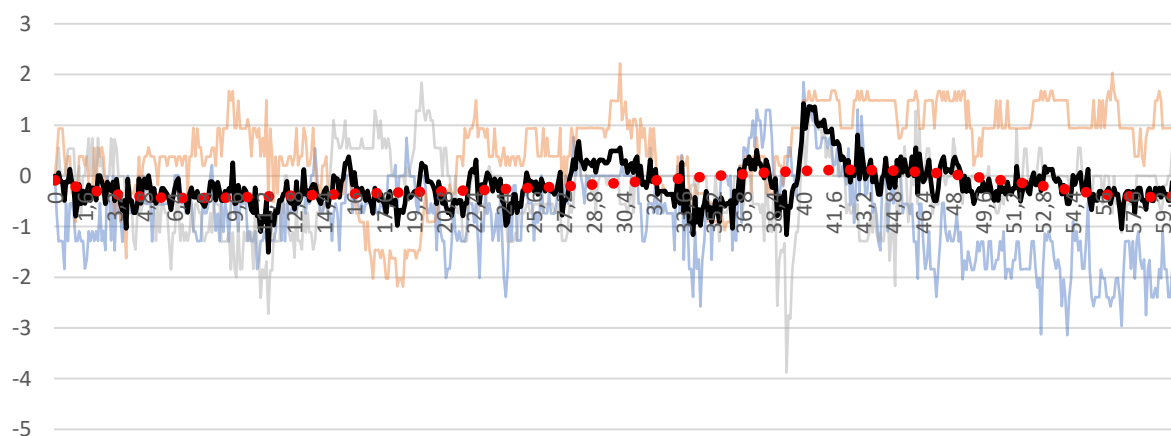
(C) SEMI TANDEM - OLHOS FECHADOS

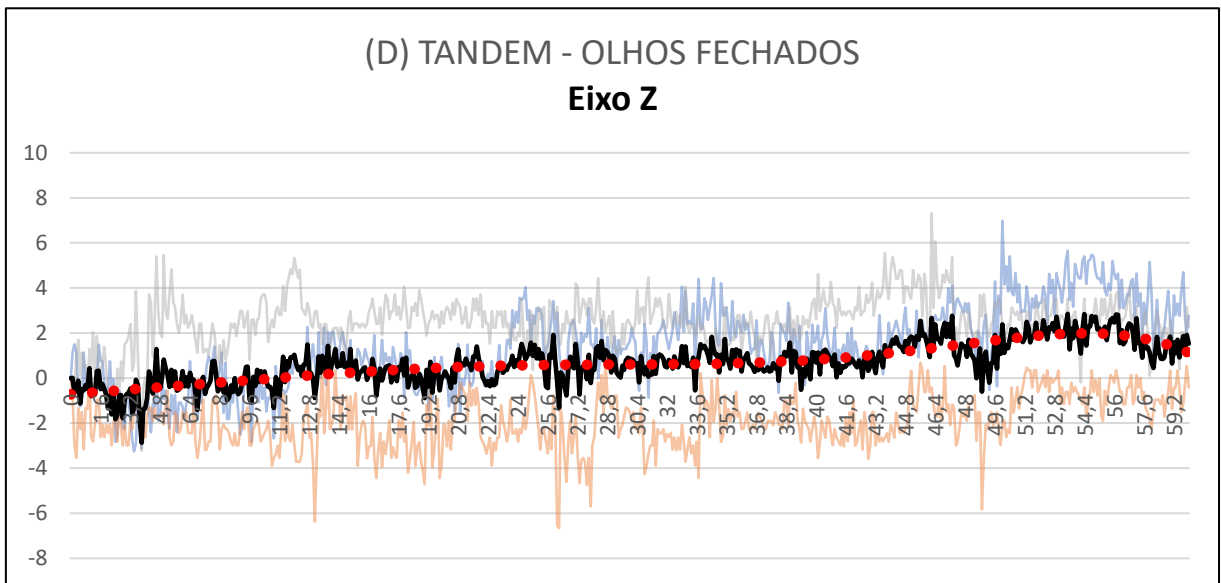
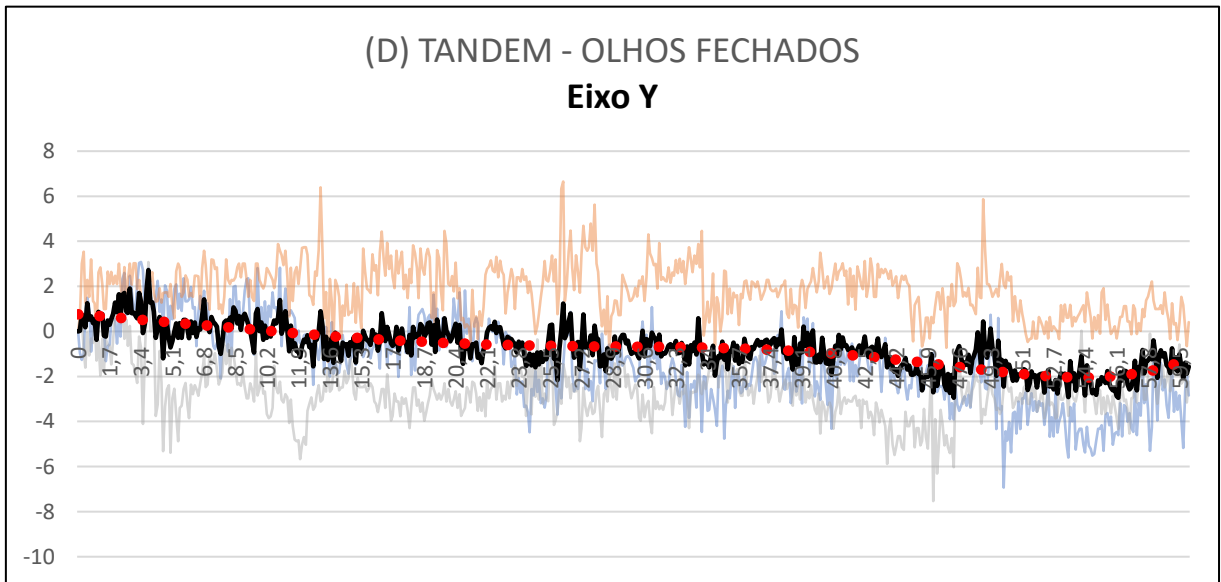
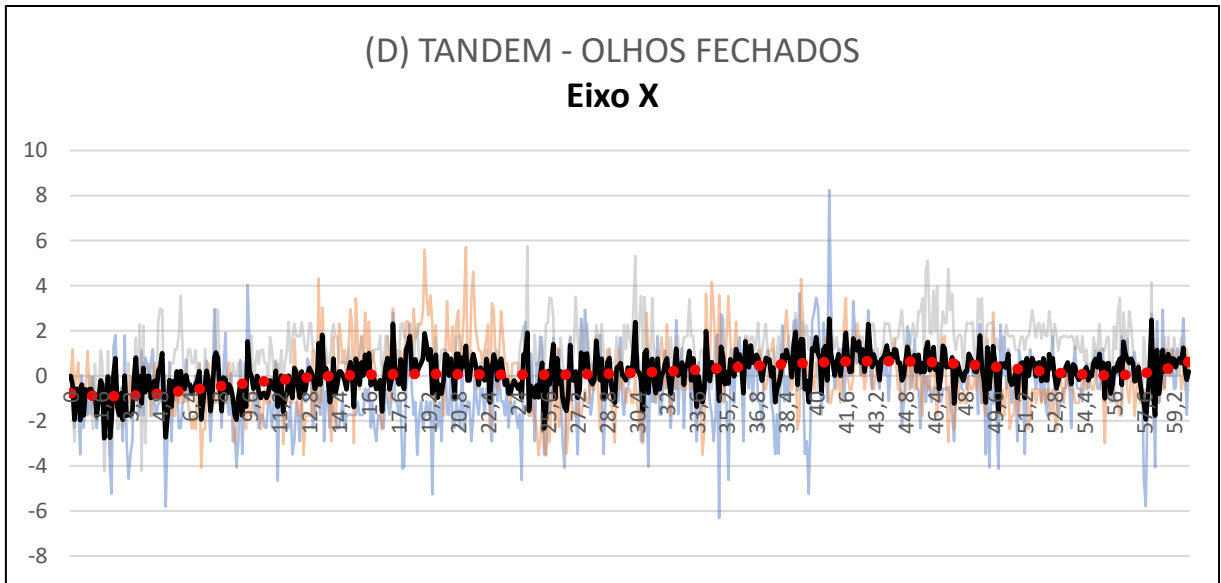
Eixo Y



(C) SEMI TANDEM - OLHOS FECHADOS

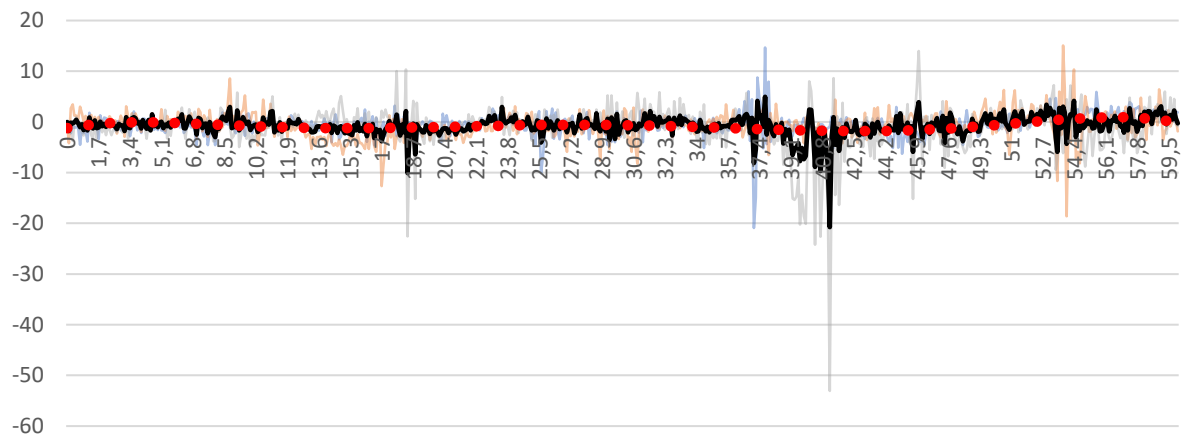
Eixo Z





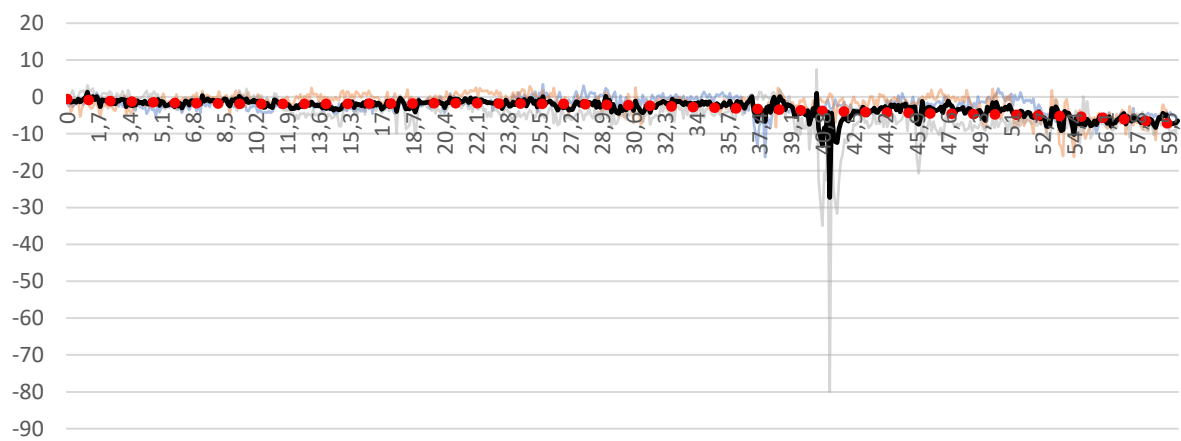
(E) UNIPODAL D - OLHOS FECHADOS

Eixo X



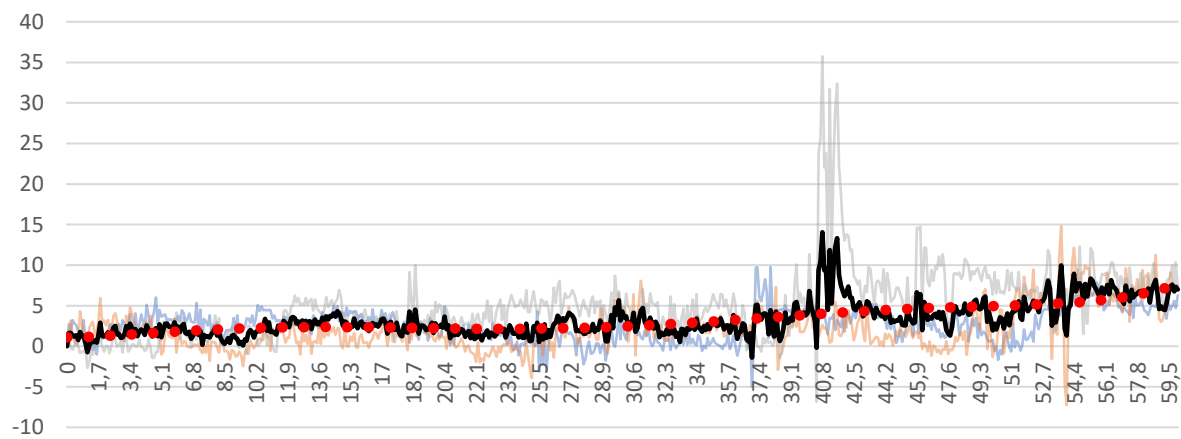
(E) UNIPODAL D - OLHOS FECHADOS

Eixo Y



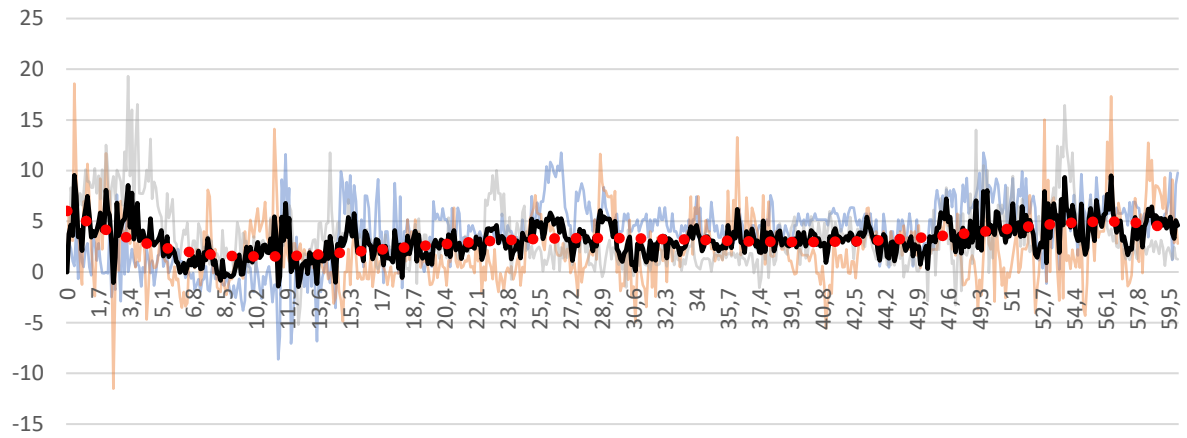
(E) UNIPODAL D - OLHOS FECHADOS

Eixo Z



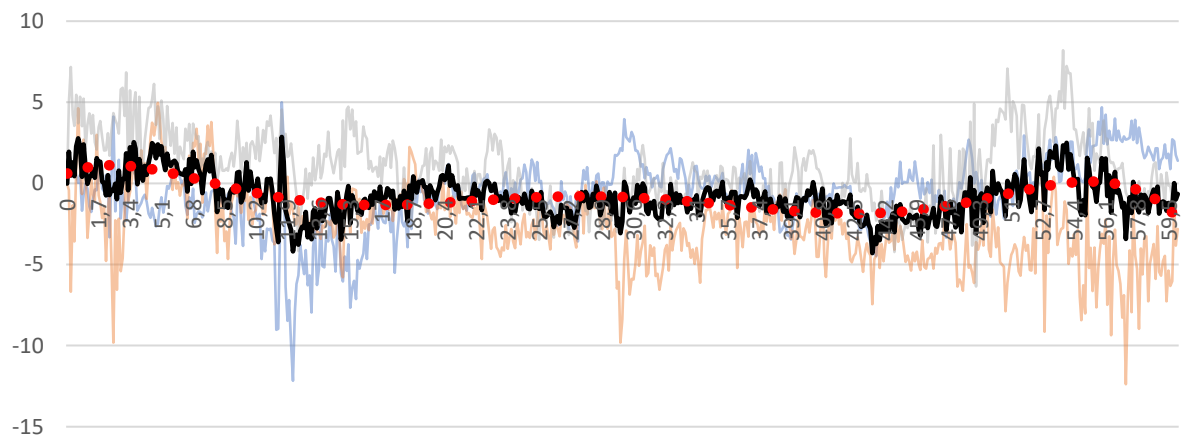
(E) UNIPODAL E - OLHOS FECHADOS

Eixo X



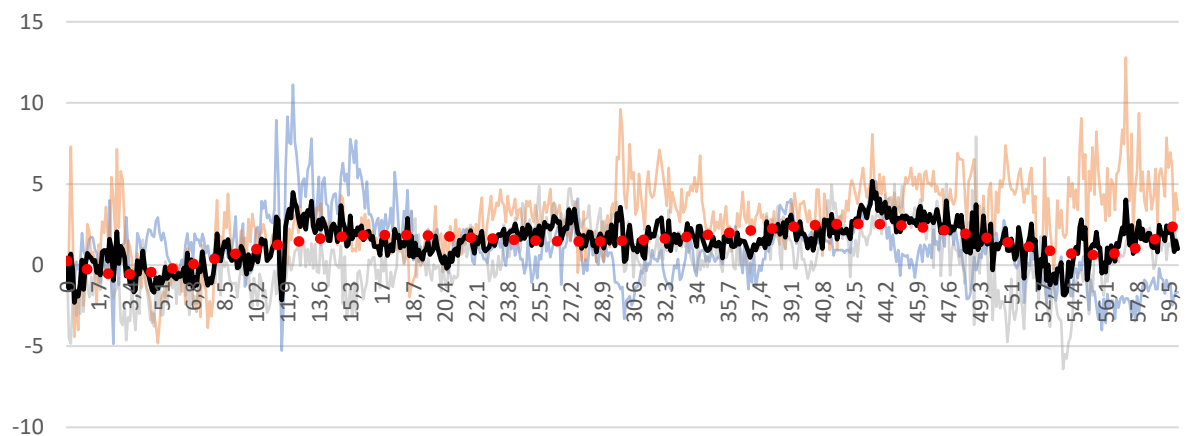
(E) UNIPODAL E - OLHOS FECHADOS

Eixo Y



(E) UNIPODAL E - OLHOS FECHADOS

Eixo Z



Anexo 6 - Curvas médias de olhos abertos e fechados comparadas por meio do coeficiente de determinação (R^2) de um dos participantes da pesquisa (Sujeito 5)

