

MARISSOL MAXIMIANO DE OLIVEIRA

**EFEITOS DA NEUROPATIA PERIFÉRICA NO EQUILÍBRIO ESTÁTICO E NO
PADRÃO CINEMÁTICO 3D DA MARCHA DE DIABÉTICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Paulo Roberto dos S. Amorim

Coorientadora: Amanda Piaia Silvatti

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

Oliveira, Marissol Maximiano de, 1992-
O48e Efeitos da neuropatia periférica no equilíbrio estático e no padrão
2021 cinemático 3D da marcha de diabéticos / Marissol Maximiano de
Oliveira. - Viçosa, MG, 2021.
106 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Inclui apêndice.

Orientador: Paulo Roberto dos Santos Amorim.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 86-100.

1. Diabetes mellitus. 2. Neuropatias diabéticas. 3. Equilíbrio (Fisiologia). 4. Marcha humana. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. II. Título.

CDD 22. ed. 616.462

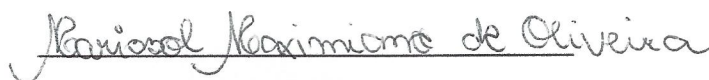
MARISSOL MAXIMIANO DE OLIVEIRA

**EFEITOS DA NEUROPATIA PERIFÉRICA NO EQUILÍBRIO ESTÁTICO E NO
PADRÃO CINEMÁTICO 3D DA MARCHA DE DIABÉTICOS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Educação Física,
para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

APROVADA: 25 de março de 2021

Assentimento:



Marissol Maximiano de Oliveira
Autora



Paulo Roberto dos Santos Amorim
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que esteve comigo durante todo o processo, ao qual foi essencial para meu crescimento.

Agradeço a minha família. Aos meus pais (Marcionilia Oliveira e Juarez Maximiano), aos meus irmãos (Mardyore Maximiano, Maiara Maximiano e Miky Maximiano) e tia zula por todo apoio, força e cuidado desde o início. Obrigada por viverem meu sonho.

Agradeço a professora Amanda pela primeira oportunidade, por toda contribuição no processo, pelas infinitas orientações e conversas. Por ter me ensinado a pensar além do óbvio e com isso ter me deixado um ensinamento de valor para a vida. Uma profissional a qual admiro, respeito e me espelho.

Agradeço ao professor Paulo por todo conhecimento e orientação transmitido no processo. Seus ensinamentos caminharão comigo ao longo da minha jornada e que um dia eu possa vir a ser um pouco do profissional que você é.

Agradeço ao Laboratório de Análises Biomecânicas, onde fiz mais que companheiros de trabalho, fiz verdadeiros amigos que foram a minha família mais próxima na cidade de Viçosa.

Agradeço a técnica do laboratório e amiga Nara Luisa (braço esquerdo e direito da professora Amanda) pelo apoio, contribuições e companheirismo.

Agradeço a Ana Luiza, Isabella Rodrigues e Isabella Caetano por todas as contribuições científicas, apoio, cuidado, amizade e carinho. Minhas amigas, vocês são grandes presentes.

Agradeço aos meus amigos de Viçosa e Manhuaçu por acreditarem em mim quando muitas vezes eu deixei de acreditar, pela força, ouvido e companheirismo.

Agradeço a Marina, por me passar confiança e me mostrar diversas vezes que eu podia continuar.

Agradeço ao Yuri Xavier pela parceria e desenvolvimento do trabalho, sua ajuda foi extremamente necessária para chegarmos até aqui.

Agradeço ao médico neurologista Lucas Vilas Boas por acessibilidade e auxílio no processo de seleção da amostra.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A todos, minha eterna gratidão!

“A presença de Deus suaviza os declives”.
(PE Fábio de Melo)

RESUMO

OLIVEIRA, Marissol Maximiano, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2021. **Efeitos da Neuropatia Periférica no equilíbrio estático e no padrão cinemático 3D da marcha de diabéticos.** Orientador: Paulo Roberto dos Santos Amorim. Coorientadora: Amanda Piaia Silvatti.

O Diabetes Mellitus (DM) é uma doença considerada como um crescente problema de saúde de ordem mundial, pois pode afetar todas as idades e sexos. A DM se caracteriza pela presença de hiperglicemia crônica acometida por disfunção na secreção e/ou ação do hormônio insulina. O controle inadequado da glicemia pode favorecer o surgimento de complicações e entre elas, temos a neuropatia diabética periférica (NDP) como uma das mais incapacitantes e mais comuns. A NDP está associada a perda progressiva dos neurônios menos calibrosos das extremidades, ocasionando principalmente a perda de sensibilidade dos pés. Afeta negativamente a cinestesia, proporcionando alterações posturais e sensoriais que conseqüentemente podem contribuir para o surgimento de alterações no equilíbrio estático e no padrão de marcha dos portadores. O objetivo desse estudo consiste em analisar os efeitos da neuropatia periférica no equilíbrio estático e no padrão cinemático 3D da marcha de diabéticos. Para realizar a avaliação do equilíbrio estático, a amostra foi composta por 42 participantes de ambos os sexos, com faixa etária de 40 a 75 anos, divididos igualmente em três grupos: Grupo diabético com neuropatia periférica (GNP, n=14), Grupo diabético sem neuropatia (GPD, n=14) e Grupo controle não diabético (GPC, n=14). Para realizar a análise do padrão cinemático 3D da marcha, a amostra foi composta por 60 voluntários de ambos os sexos (30 homens e 30 mulheres), com faixa etária de 40 a 75 anos, divididos igualmente em três grupos: GNP, n=20, GPD, n=20 e GPC, n=20. O diagnóstico de NDP foi confirmado através da eletroneuromiografia e foram considerados portadores de DM1 e DM2. Para avaliação do equilíbrio estático, foi utilizada a plataforma de força (AMTI) com uma frequência de 1.000 Hz. Os voluntários foram avaliados através de uma tarefa consistente em duas tentativas de 30 segundos com os dois pés e olhos abertos e foi calculado o centro de pressão - COP, que permite a detecção de diferenças sutis no processo de controle postural. Para a análise do padrão cinemático 3D da marcha foram utilizados vinte e oito marcadores retro-reflexivos posicionados em pontos anatômicos

específicos do membro inferior e pelve. A aquisição dos dados foi realizada através de 17 câmeras (OptiTrack Prime 17W) com frequência de aquisição de 240Hz posicionadas em torno dos participantes. Cada participante realizou 6 caminhadas com 10 metros de comprimento e velocidade auto-selecionada. A partir das coordenadas tridimensionais foram calculados (Visual 3D, © 2016 C-Motion Inc.) os segmentos pelve, coxa, perna e pé, o que possibilitou a análise da articulação do quadril (3 graus de liberdade), joelho (1 grau de liberdade), tornozelo (3 graus de liberdade) e variáveis espaço temporais. Em relação a avaliação do equilíbrio (postura estática), maiores oscilações do COP foram encontradas pelo GNP em ambos os eixos (anteroposterior e latero lateral) em relação ao GPD/GPC, mostrando que essa população possui um maior distúrbio do equilíbrio em relação aos outros grupos. Em relação as variáveis espaço temporais da marcha, podemos observar que a maioria dos parâmetros analisados com exceção do tempo de duplo apoio e comprimento de passo esquerdo (evidenciados pela neuropatia) são afetados pelo diabetes antes do diagnóstico clínico da neuropatia. Em relação a amplitude de movimento, portadores de diabetes com neuropatia apresentaram uma menor amplitude de movimento do joelho direito e quadril (esquerdo e direito) nos graus de flexão/extensão em relação ao grupo controle durante a marcha, evidenciando o efeito da neuropatia. Na análise de movimentos específicos, como o momento da perda de contato da ponta do pé com o solo durante a marcha, podemos observar o efeito da diabetes através de alterações biomecânicas nas articulações do tornozelo direito e quadril (esquerdo e direito), visto que o grupo apresentou uma menor flexão plantar de tornozelo direito e maior flexão de quadril (esquerdo e direito) em relação ao GPC. Somente quando se trata do tornozelo esquerdo que esse efeito é evidenciado pela neuropatia, com menores valores de flexão plantar em relação ao GPC. Através dos resultados encontrados no presente estudo, podemos observar que portadores de NDP apresentaram maiores distúrbios em seu equilíbrio estático, através de uma maior oscilação do centro de pressão nos eixos antero posterior e latero lateral e já na análise referente ao padrão de movimento da marcha, podemos observar que o diabetes mesmo sem o diagnóstico clínico de neuropatia já é capaz de proporcionar alterações. Essas informações são importantes, pois podem auxiliar educadores físicos na prescrição de atividade física que possam contribuir para a melhora dos

distúrbios do equilíbrio e marcha dos portadores de diabetes com e sem neuropatia e assim, minimizar o risco de queda.

Palavras-chave: Diabetes mellitus. Neuropatia periférica. Equilíbrio estático. Marcha.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Marissol Maximiano, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2021. **Effects of peripheral neuropathy on static balance and 3D kinematic gait pattern in diabetics.** Adviser: Paulo Roberto dos Santos Amorim. Co-Adviser: Amanda Piaia Silvatti.

Diabetes Mellitus (DM) is a disease considered to be a growing global health problem, as it can affect all ages and genders. DM is characterized by the presence of chronic hyperglycemia affected by dysfunction in the secretion and/or action of the hormone insulin. Inadequate blood glucose control can favor the emergence of complications and among them, we have diabetic peripheral neuropathy (PDN) as one of the most disabling and most common. PND is associated with the progressive loss of less caliber neurons in the extremities, mainly causing loss of sensation in the feet. It negatively affects kinesthesia, providing postural and sensory changes that can consequently contribute to the emergence of changes in static balance and in the gait pattern of patients. The aim of this study is to analyze the effects of peripheral neuropathy on static balance and on the 3D kinematic pattern of gait in diabetics. To perform the static balance assessment, the sample consisted of 42 participants of both sexes, aged 40 to 75 years, divided equally into three groups: Diabetic group with peripheral neuropathy (GNP, n=14), Diabetic group without neuropathy (GPD, n=14) and non-diabetic control group (GPC, n=14). To perform the analysis of the 3D kinematic gait pattern, the sample consisted of 60 volunteers of both genders (30 men and 30 women), aged 40 to 75 years, divided equally into three groups: GNP, n=20, GPD, n=20 and GPC, n=20. The diagnosis of PDN was confirmed by electroneuromyography and they were considered to have DM1 and DM2. To assess static balance, the force platform (AMTI) was used with a frequency of 1000 Hz. The volunteers were evaluated through a task consisting of two attempts of 30 seconds with both feet and eyes open, and the center of pressure - COP was calculated, which allows the detection of subtle differences in the postural control process. Twenty-eight retro-reflective markers positioned at specific anatomical points of the lower limb and pelvis were used to analyze the 3D kinematic pattern of gait. Data acquisition was performed using 17 cameras (OptiTrack Prime 17W) with an acquisition frequency of 240Hz positioned around the participants. Each participant performed 6 walks with 10

meters in length and self-selected speed. From the three-dimensional coordinates (3D Visual, © 2016 C-Motion Inc.) the pelvis, thigh, leg and foot segments were calculated, which allowed the analysis of the hip joint (3 degrees of freedom), knee (1 degree of freedom), ankle (3 degrees of freedom) and space-time variables. Regarding the assessment of balance (static posture), greater COP oscillations were found by the GNP in both axes (anteroposterior and latero lateral) in relation to the GPD/GPC, showing that this population has a greater balance disorder in relation to the others groups. Regarding the spatiotemporal variables of gait, we can observe that most of the parameters analyzed, with the exception of double support time and left step length (evidenced by neuropathy) are affected by diabetes before the clinical diagnosis of neuropathy. Regarding range of motion, diabetic patients with neuropathy had a lower range of motion in the right knee and hip (left and right) in the degrees of flexion/extension compared to the control group during gait, showing the effect of neuropathy. In the analysis of specific movements, such as the moment of loss of contact between the toes and the ground during gait, we can observe the effect of diabetes through biomechanical changes in the right ankle and hip joints (left and right), since the group presented less plantar flexion of the right ankle and greater flexion of the hip (left and right) in relation to the GPC. Only when it comes to the left ankle that this effect is evidenced by neuropathy, with lower plantar flexion values compared to GPC. Through the results found in the present study, we can observe that PND patients presented greater disturbances in their static balance, through a greater oscillation of the pressure center in the anteroposterior and latero lateral axes, and in the analysis regarding the gait movement pattern, we can observe that diabetes, even without a clinical diagnosis of neuropathy, is already capable of causing changes. This information is important, as it can help physical educators in the prescription of physical activity that can contribute to the improvement of balance and gait disorders in patients with diabetes with and without neuropathy, thus minimizing the risk of falls.

Keywords: Diabetes mellitus. Peripheral neuropathy. Static balance. Gait.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Dados epidemiológicos referentes ao diabetes no mundo. Diabetes Atlas, 9 edition.....	22
Figura 2. Plataforma de força (Fx, Fy e Fz são as forças ao longo do eixo x, eixo y e eixo z).....	34
Figura 3. Fases e interações cinemáticas que ocorrem durante o ciclo da marcha. .	39
Figura 4. Fluxograma com as partes da coleta de dados.....	44
Figura 5. Plataforma de força.....	45
Figura 6. Representação do deslocamento médio do COP nos eixos anteroposterior e latero lateral de um voluntário durante a aquisição dos dados.	47
Figura 7. Posição das câmeras OptiTrack Prime.	49
Figura 8. Representação do modelo de marcação utilizado no estudo.....	51
Figura 9. Segmentos rígidos criados a partir das referências ósseas no software Visual 3D.....	52
Figura 10. Representação do passo e passada.	53
Figura 11. Representação dos movimentos do quadril, joelho e tornozelo no plano sagital.....	54
Gráfico 1. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão plantar/dorsiflexão de tornozelo esquerdo e direito do GNP.....	60
Gráfico 2. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão plantar/dorsiflexão de tornozelo esquerdo e direito do GPD.....	60
Gráfico 3. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão plantar/dorsiflexão de tornozelo esquerdo e direito do GNP, GPD e GPC.	61
Gráfico 4. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão/extensão de joelho esquerdo e direito do GNP.....	64

Gráfico 5. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão/extensão de joelho esquerdo e direito do GPD.....	64
Gráfico 6. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão/extensão de joelho esquerdo e direito do GPC.....	65
Gráfico 7. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão/extensão de quadril esquerdo e direito do GNP.....	67
Gráfico 8. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão/extensão de quadril esquerdo e direito do GPD.....	68
Gráfico 9. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão/extensão de quadril esquerdo e direito do GPC.....	68
Quadro 1. Representação dos movimentos no sistema de coordenadas.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estruturas ósseas para marcação dos membros inferiores direito e esquerdo.	50
Tabela 2. Características gerais da amostra referente a análise do equilíbrio estático separadas por grupo. Média (\pm desvio padrão) dos valores de idade, estatura e massa corporal de cada grupo.	56
Tabela 3. Valores médios (\pm desvio padrão), bem como comparação entre os grupos, das variáveis do COP de cada grupo sobre a plataforma de força com olhos abertos	56
Tabela 4. Comparação entre os grupos dos valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis espaço-temporais durante a marcha.....	58
Tabela 5. Comparação entre os grupos dos valores médios (\pm desvio padrão), da amplitude de movimento da articulação do tornozelo direito e esquerdo (flexão plantar/dorsiflexão, inversão/eversão, adução/abdução) durante a marcha.	61
Tabela 6. Comparação entre os grupos dos valores angulares (média \pm desvio padrão) das articulações do tornozelo direito e esquerdo (flexão plantar/dorsiflexão, inversão/eversão, adução/abdução) no momento do contato e perda de contato com o solo durante a marcha.....	62
Tabela 7. Comparação dos valores angulares (média \pm desvio padrão) referentes a amplitude de movimento da articulação do joelho esquerdo e direito (flexão/extensão) durante a marcha entre grupos.	65
Tabela 8. Comparação dos valores angulares (média \pm desvio padrão) das articulações do joelho esquerdo e direito (flexão/extensão) de cada grupo no momento do contato e perda de contato com o solo durante a marcha.	66
Tabela 9. Comparação dos valores angulares (média \pm desvio padrão) referentes a amplitude de movimento da articulação do quadril (flexão/extensão adução/abdução, rotação interna/rotação externa) durante a marcha.	69

Tabela 10. Comparação dos valores angulares (média \pm desvio padrão) das articulações do quadril esquerdo e direito (flexão/extensão, adução/abdução, rotação interna/rotação externa) de cada grupo no momento do contato e perda de contato com o solo durante a marcha.70

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

DM	Diabetes mellitus
DM1	Diabetes mellitus tipo 1
DM2	Diabetes mellitus tipo 2
NP	Neuropatia periférica
NDP	Neuropatia diabética periférica
COP	Centro de pressão
AP	Anteroposterior
LL	Latero lateral
ENMG	Eletroneuromiografia
GNP	Grupo diabético com neuropatia periférica
GPD	Grupo diabético sem neuropatia
GPC	Grupo controle não diabético
3D	Tridimensional
AF	Atividade física

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	17
JUSTIFICATIVA.....	20
OBJETIVOS.....	20
REVISÃO DE LITERATURA	21
MATERIAIS E MÉTODOS	42
RESULTADOS.....	55
DISCUSSÃO	71
CONCLUSÃO	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXO A.....	101

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Diabetes Mellitus (DM) é uma doença considerada como um crescente problema de saúde de ordem mundial, pois pode afetar todas as idades e sexos (IDF, 2019). O aumento da prevalência do DM está associado a diversos fatores, como rápida urbanização, transição epidemiológica, transição nutricional, maior frequência de estilo de vida sedentário, excesso de peso, crescimento (principalmente em países em desenvolvimento) e envelhecimento populacional em decorrência do aumento da expectativa de vida (principalmente em países desenvolvidos) e, também, à maior sobrevivência dos indivíduos com DM (SBD, 2019-2020).

O DM se tornou um dos desafios que mais cresce no século 21, de acordo com dados estatísticos, o número de adultos que vivem com a doença tem triplicado nos últimos 20 anos (IDF, 2019). Atualmente, cerca da metade dos 463 milhões de adultos que possuem o distúrbio metabólico, não são diagnosticados e, portanto, correm alto risco de desenvolver complicações graves relacionadas ao DM (IDF, 2019).

A DM se caracteriza pela presença de hiperglicemia crônica acometida por disfunção na secreção e/ou ação do hormônio insulina (SHOURABI et al., 2020; EGAM e DINNEEN, 2019). Entre os tipos mais comuns, encontramos o diabetes tipo 1 (DM1), onde as células β -pancreáticas são destruídas, geralmente por mecanismos inflamatórios autoimunes, onde o processo destrutivo normalmente leva à deficiência de insulina (ADA, 2018). O diabetes tipo 2 (DM2) é caracterizado como um distúrbio metabólico associado a vários graus de resistência à insulina (EGAM e DINNEEN, 2019).

O controle inadequado do DM pode desenvolver alterações anatômicas, estruturais e funcionais de múltiplos órgãos devido a complicações. A exposição à hiperglicemia crônica sustentada por um período prolongado pode resultar em complicações microvasculares (retina, rins ou nervos periféricos) e macrovasculares (doença vascular periférica, doença cardiovascular e doença cerebrovascular) (EGAM e DINNEEN, 2019). As síndromes neuropáticas são complicações comuns do DM e a mais prevalente é a neuropatia sensório-motora periférica diabética crônica (NDP), podendo afetar até 50% das pessoas com DM (DYCK et al., 1993; ALBERS et al., 2014). A NDP está associada ao aumento da mortalidade, principalmente como

resultado de suas duas principais consequências clínicas, ulceração do pé diabético e sintomas neuropáticos dolorosos (VADEVELOO et al., 2018; DIETRICH et al., 2017; ALLEMAN et al., 2015). Assim, ocorrerão déficits sensoriais, motores e está associada à perda progressiva das fibras nervosas do sistema nervoso periférico somático e autonômico (BOULTON et al., 2005), ocasionando principalmente a perda da sensibilidade nos pés (FERREIRA et al., 2010) gerando uma perda de toque leve, à diminuição da sensibilidade ao contraste e a percepção de profundidade (YANG et al., 2020). Tais fatores contribuem para a instabilidade gerando distúrbios de equilíbrio (GOLDBERG et al., 2008; BONNET et al., 2009; GREGG et al., 2004; LEINNINGER et al., 2004) e alterações no padrão de movimento da marcha (ALLET et al., 2008; ALLET et al., 2009). A prevalência da NDP é maior em adultos de meia-idade (40-60 anos) e adultos idosos (60+ anos), acompanhada por perda sensorial como percepção de vibração, pressão, dor e posição articular, reduzindo assim efetivamente o controle sobre o equilíbrio e a padrão de movimento da marcha (GREGG et al., 2004).

Manter o equilíbrio corporal requer um processo complexo que envolve as atividades coordenadas de vários componentes sensoriais, motores e biomecânicos (NASHNER, 1993). Timar et al. (2016) hipotetizaram que pelas disfunções associadas aos três componentes principais da NDP: sensitivo (falta de movimento sensorial associado), motor (deficiências na coordenação do movimento) e autonômico (a presença de hipotensão postural), a presença da complicação pode prejudicar o equilíbrio dos pacientes afetados.

Na literatura, existe uma diversidade de estudos que buscam mensurar o equilíbrio em diabéticos com e sem neuropatia, porém entre as medidas de equilíbrio, encontramos na maioria testes subjetivos. As medidas de equilíbrio clínico mais comuns utilizadas em vários estudos incluíram a Escala de Equilíbrio de Berg (BBS), Timed Up and Go (TUG), Teste de Alcance Funcional (FRT) e Avaliação de Mobilidade Orientada ao Desempenho de Tinetti (POMA) (DIXON et al., 2017).

Outros estudos exploraram o impacto da NDP na estabilidade postural avaliada por medidas do centro de pressão (COP) (FIORETTI et al., 2010). O COP é o ponto em uma superfície onde a soma total das forças resultantes pode atuar com a mesma magnitude da força que é distribuída na superfície. O COP é uma ferramenta de medição confiável e tem sido amplamente utilizado para avaliação do equilíbrio

estático (TRUSZCZYNSKA et al., 2016). A plataforma de força é um instrumento utilizado para medir as mudanças no equilíbrio estático e é considerado o padrão ouro para medição do COP (TURNBULL et al., 2017; GOLRIZ et al., 2012).

Muitos estudos investigaram a associação entre medidas de plataforma de força de tarefa única e dupla e quedas (PIIRTOLA e ERA, 2006; ZIJLSTRA et al., 2008) e existem algumas evidências de que os dados do COP, especialmente os indicadores de estabilidade lateral, podem ter valor preditivo para quedas futuras (PIIRTOLA e ERA, 2006; BERGLAND e WYLLER, 2004; MAKI et al., 1994). Portadores de NDP apresentam maior instabilidade postural com maior deslocamento do centro de pressão (LAFOND et al., 2003), maior área de oscilação (NARDONE et al., 2006) e maior instabilidade (TURCOT et al., 2009) quando em pé com os olhos fechados, já que com a eliminação do estímulo visual, o equilíbrio tende a ter uma piora (LAFOND et al., 2003), mostrando que a instabilidade postural está significativamente associada à neuropatia sensorial (SIMONEAU et al., 1994). Diminuições na percepção de movimento das articulações do quadril e tornozelo também podem induzir instabilidades de equilíbrio estático e, assim, aumentar o risco de queda (RESNICK et al., 2001; STROTMEYER et al., 2009; MORRISON et al., 2010).

Em relação ao padrão de movimento da marcha, Allet et al. (2009) e Menz et al. 2004, encontraram problemas sensoriais relacionados a alterações espaço-temporais da marcha em indivíduos com NDP e identificaram que esse grupo apresenta menor velocidade de marcha, cadência diminuída, menor comprimento da passada, maior tempo de apoio (duplo apoio) e maior variabilidade passo a passo em comparação com controles saudáveis.

Kwon et al. (2003), Mueller et al. (1994) e Allet et al. (2009) relataram uma redução da força e amplitude de movimento do tornozelo em portadores de DM, que consideram ser os principais fatores que contribuem para as alterações da marcha. Visto que, a redução da amplitude de movimento de uma articulação distal observada na população diabética (RAO et al., 2006; DEANDREA et al., 2010; SACCO et al., 2015) pode levar à adaptação pelas articulações adjacentes em maior ou menor grau, produzindo diferentes combinações cinemáticas (PHAM et al., 2000; GIACOMOZZI et al., 2002; DEANDREA et al., 2010; SACCO et al., 2015), um padrão diferente de

coordenação de todo o membro inferior pode ser produzido para superar os desafios mecânicos de caminhar com deficiências sensoriais e motoras diabéticas (SAWACHA et al., 2020).

2. JUSTIFICATIVA

Para manter o equilíbrio corporal é necessário o controle das atividades coordenadas de vários componentes sensoriais, motores e biomecânicos, e este deve estar reduzido pela presença da DM e, ainda mais intensificado com a NP. Durante a realização da marcha, portadores de DM com e sem neuropatia podem necessitar de adaptações nas articulações adjacentes em maior ou menor grau, produzindo diferentes combinações cinemáticas. Portanto, faz-se necessário o uso de métodos quantitativos altamente precisos, considerados padrão ouro na literatura para identificar os efeitos da NDP (na faixa etária prevalentemente afetada pela complicação) e da DM sem neuropatia, que possam ressaltar variáveis que estejam associadas ao risco de queda e possam fornecer informações relevantes para educadores físicos na prescrição de atividades físicas necessárias e essenciais para os portadores de DM com e sem neuropatia na melhora da qualidade de vida.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral:

- Analisar os efeitos da neuropatia periférica no equilíbrio estático e no padrão cinemático 3D da marcha de diabéticos.

3.2 Objetivos Específicos:

- Identificar o comportamento do equilíbrio estático através da oscilação do centro de pressão - COP (posição média, deslocamento e desvio padrão do COP no eixo anteroposterior e latero lateral, velocidade média e comprimento do COP) entre os grupos diabéticos com e sem neuropatia periférica em relação ao grupo controle (utilizando a plataforma de força);

- Identificar possíveis alterações no padrão de marcha através da análise cinemática tridimensional das variáveis espaço temporais (tempo de apoio simples e de duplo apoio, comprimento do passo, comprimento da passada, tempo médio do ciclo, tempo médio do passo, cadência, fase de balanço) entre os grupos diabético com e sem neuropatia em relação ao grupo controle;
- Analisar a amplitude de movimento do tornozelo (flexão plantar/dorsiflexão, inversão/eversão, abdução/adução), joelho (flexão/extensão) e quadril (flexão/extensão, abdução/adução, rotação interna/rotação externa) durante a marcha dos grupos diabéticos com e sem neuropatia em relação ao grupo controle;
- Analisar os ângulos articulares do tornozelo (flexão plantar/dorsiflexão, inversão/eversão, abdução/adução), joelho (flexão/extensão) e quadril (flexão/extensão, abdução/adução, rotação interna/rotação externa) em momentos específicos da marcha (momento da perda de contato da ponta do pé com o solo e momento do contato do calcanhar com o solo) dos grupos diabéticos com e sem neuropatia em relação ao grupo controle.

4. REVISÃO DE LITERATURA

Essa sessão será dividida pelos seguintes tópicos: 4.1 Epidemiologia e impacto global do diabetes; 4.2 Neuropatia diabética periférica; 4.3 Equilíbrio Estático; 4.4 Marcha e mobilidade e 4.5 Risco de queda. A seguir será apresentado com mais detalhes cada um destes tópicos, visando abordar o referencial teórico desta dissertação.

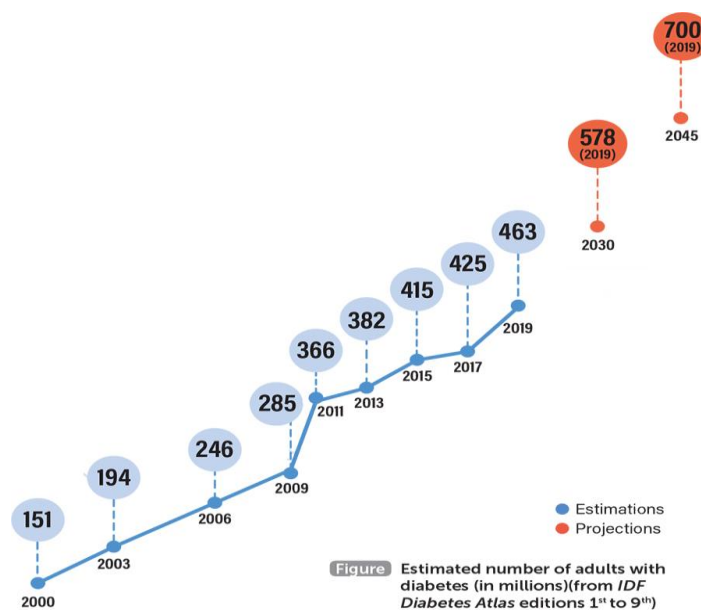
4.1 Epidemiologia e Impacto Global do Diabetes

A incidência e prevalência crescente da DM atingiu níveis mundialmente alarmantes, afetando diversos setores. As despesas devido à DM têm um impacto relevante/significativo nos orçamentos de saúde em todo o mundo. Os maiores gastos em saúde relacionados à DM foram estimados nos Estados Unidos da América com 294,6 bilhões de dólares, seguidos pela China e Brasil, com 109 bilhões e 52,3 bilhões

de dólares, respectivamente. Conhecer dados referentes à frequência de novos casos (incidência) como a de casos existentes (prevalência) são informações importantes para compreender os impactos que a doença representa para os serviços de saúde e para a sociedade, bem como um preditor da futura carga que as complicações crônicas da DM representarão (SBD, 2019-2020).

Segundo a Federação Internacional de Diabetes (International Diabetes Federation - IDF (Figura 1)), em 2019, a DM afetou cerca de 463 milhões de pessoas no mundo com faixa etária entre 20-79 anos de idade em uma proporção de 1 a cada 11 pessoas, representando 9,3% da população mundial. Em 2010, a projeção global para DM em 2025 era de 438 milhões, porém, hoje, essa previsão já foi superada em 25 milhões. A expectativa futura é que o índice se concentre em torno de 578 milhões de pessoas com DM em 2030, correspondendo a 10,2% da população e 700 milhões para o ano de 2045, correspondendo a 10,9%. Isso mostra a que a doença continuará aumentando com o decorrer dos anos causando um impacto considerável (IDF, 2019).

Figura 1. Dados epidemiológicos referentes ao diabetes no mundo.



Fonte: IDF, Diabetes Atlas, 9 edition

Em 2019, havia cerca de 16,8 milhões de pessoas com DM no Brasil, com projeções ainda maiores para o ano de 2030 com 21,5 milhões e 26 milhões para o ano de 2045 (IDF, 2019).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que a glicemia elevada é o terceiro fator, em importância, da causa de mortalidade prematura, superada apenas por hipertensão artéria sistêmica e uso de tabaco (SBD, 2019-2020; WHO, 2009). Estima-se que aproximadamente 4,2 milhões de adultos com idades entre 20 e 79 anos vieram a óbito no ano de 2019, como resultado da DM e suas complicações. Além disso, a DM também pode estar associada a 11,3% das mortes globais por todas as causas entre as pessoas dentro dessa faixa etária (SBD, 2019-2020).

Quando se trata de dados referentes a América Central e do Sul, o número de mortes por DM é maior nos homens (122.200) do que nas mulheres (121.000), e há maior mortalidade relacionada à DM entre os países de renda média (217.300) em comparação aos países de alta renda (25.900). Mais da metade (55,6%, 135.200) das mortes relacionadas à DM na região ocorre no Brasil (IDF, 2019).

A IDF (2019) estima que aproximadamente 4,2 milhões de adultos morreram em consequência da DM e suas complicações em 2019, mostrando que a detecção precoce e o tratamento adequado são essenciais para prevenir a invalidez e morte.

4.1.1 Tipos predominantes: I e II

A DM engloba vários distúrbios relacionados à homeostase metabólica alterada da glicose e sistemas relacionados (NEELAND e PATEL, 2019). O aumento da prevalência da DM no mundo pode ser explicado por uma complexa interação de fatores socioeconômicos, demográficos, ambientais e genéticos. É uma doença complexa que exige cuidados médicos contínuos com estratégias multifatoriais de redução de risco além do controle glicêmico. Educação contínua de autogerenciamento do paciente e suporte são essenciais para a prevenção e redução do risco de complicações (ADA, 2019).

A DM é uma condição crônica que ocorre quando há níveis elevados de glicose no sangue de uma pessoa. Essa condição ocorre quando o corpo não é capaz de

produzir ou produz uma quantidade insuficiente do hormônio insulina ou quando o corpo não consegue utilizar efetivamente a insulina que produz (IDF, 2019). A falta de insulina ou a incapacidade das células de responder a ela levam a altos níveis de glicose no sangue, causando assim, uma hiperglicemia, que é o indicador clínico da DM. O controle inadequado da DM pode levar a complicações de saúde incapacitantes e com risco de vida (IDF, 2019; SBD, 2019-2020).

A diabetes mellitus tipo 1 (DM1) é causada por uma reação autoimune na qual o sistema imunológico do corpo ataca as células beta produtoras de insulina do pâncreas. Como resultado, o corpo produz pouca ou nenhuma insulina. Essa condição pode se desenvolver em qualquer idade, embora o DM1 ocorra com maior frequência em crianças e jovens (IDF, 2019; SBD, 2019-2020).

A diabetes mellitus tipo 2 (DM2) corresponde a 90-95% de todos os casos de DM, sendo o tipo predominante da doença (SBD, 2019; JALALI et al., 2016). Possui etiologia complexa e multifatorial, envolvendo componentes genético (aumento da idade, etnia, história familiar) e ambiental (hábitos dietéticos e inatividade física), que contribuem para o excesso de peso e obesidade, destacando-se como os principais fatores de risco (IDF, 2019). É caracterizado pela incapacidade das células do corpo responderem totalmente à insulina, uma situação denominada 'resistência à insulina', onde o corpo produz, mas não consegue utilizá-la (IDF, 2019). É mais comum em adultos mais velhos, porém, também é visto em crianças e adultos jovens devido a níveis crescentes de obesidade, inatividade física e dieta inadequada. A resistência à insulina e outras anormalidades observadas na síndrome metabólica são tipicamente encontradas no DM2 (NEELAND e PATEL, 2019).

A DM2 pode ser assintomática por um longo período, fazendo com que alguns portadores já apresentem complicações no momento do diagnóstico. Com menor frequência, indivíduos com DM2 apresentam sintomas clássicos de hiperglicemia (poliúria, polidipsia, polifagia e emagrecimento inexplicado) (SBD, 2019-2020).

Mesmo com evidências na literatura relatando que a remissão da DM2 seja possível (VOLPE et al., 2014), tanto a DM1 quanto a DM2 são consideradas, atualmente, como doenças crônicas. Os cuidados com a DM são multidimensionais, como resultado de interações complexas entre fatores ambientais, estilo de vida,

fatores clínicos e genéticos. Cada pessoa tem um perfil único de fatores de risco e complicações, e o acesso a cuidados, educação e medicamentos contínuos influencia fortemente o curso clínico da doença (NEELAND e PATEL, 2019).

A base do tratamento da DM é o autogerenciamento realizado pelo próprio portador, porém, a natureza silenciosa da DM2 acaba se tornando uma grande barreira para motivar mudanças comportamentais dos pacientes (IDF, 2019). O rastreamento consiste em um conjunto de procedimentos cujo objetivo é diagnosticar o DM2 ou a condição de pré-diabetes em indivíduos assintomáticos. Essa atividade tem grande importância para a saúde pública, pois está diretamente ligada à possibilidade de diagnóstico e tratamento precoces, minimizando os riscos de desenvolvimento de complicações, principalmente microvasculares (SBD, 2019-2020).

A hiperglicemia prolongada também pode levar à fraqueza muscular, rigidez articular e alterações degenerativas precoces no cérebro (CAMERON et al., 2001; JACK e WRIGHT, 2012). Todos esses são fatores que podem prejudicar ainda mais o controle do equilíbrio em pessoas com DM2. O equilíbrio prejudicado é um dos três principais fatores de risco para quedas e, portanto, está associado ao medo de cair e à redução da qualidade de vida em pessoas com DM2 (BOULTON, 2010; JERNIGAN et al., 2012). A DM2 também é identificada como um fator de risco independente para quedas em idosos (KELLY et al., 2013; MORRISON et al., 2012).

A DM pode produzir alterações no sistema musculoesquelético. O acúmulo de produtos finais glicosados avançados produz ligações cruzadas dentro do tecido, tornando o tecido mais rígido e mais espesso, limitando a mobilidade articular e limitando o espaço dentro do tendão e dos túneis nervosos (ABATE et al., 2011; BROWNLEE et al., 1992; RAMASAMY et al., 2005; SHAH et al., 2015). A mobilidade articular limitada é observada frequentemente em pacientes diabéticos que apresentam rigidez aumentada da cápsula articular, ligamentos e tendões (SCHULTE et al., 1993; LINDSAY et al., 2005; PETRULEWICZ et al., 2006; SAVAS et al., 2007), o que pode levar à instabilidade postural (MECAGNI et al., 2000) e um risco aumentado de quedas (VAN DEURSEN, 2008).

O impacto das alterações dos parâmetros de marcha nas quedas de pacientes diabéticos é bem demonstrado na literatura. A variabilidade da marcha (alterações nas variáveis espaciais, temporais e angulares), (HAUSDORFF et al., 1997; HAUSDORFF et al., 2001), ou velocidade reduzida (FRIED et al., 1990; MENZ et al., 2003; KRAUSS et al., 2005) demonstraram associação clara com queda.

Na maioria das vezes, as complicações da DM estão associadas ao controle inadequado da glicemia sanguínea, suportando altos níveis de glicose no sangue por longos períodos. A Federação Internacional de Diabetes e a Associação Americana recomendam que os portadores de DM realizem exames de estratificação de risco dos pés anualmente para identificar fatores de risco iniciais para o desenvolvimento de ulcerações e/ou amputações (IDF, 2012; ADA, 2019).

4.1.2 Complicações do diabetes

As complicações da DM são categorizadas como distúrbios microvasculares e macrovasculares, que resultam em neuropatia, retinopatia, nefropatia, doença coronariana, doença cerebrovascular e doença arterial periférica. A DM tem contribuído para agravos, direta ou indiretamente, no sistema musculoesquelético, no sistema digestório, na função cognitiva e na saúde mental, além de ser associado a diversos tipos de câncer (SDB, 2019-2020).

A doença microvascular tende a ocorrer predominantemente em tecidos onde a captação de glicose é independente da atividade da insulina (por exemplo, rim, retina e endotélio vascular) devido à exposição desses tecidos a níveis de glicose que se correlacionam intimamente com os níveis de glicose no sangue. Essas lesões metabólicas causam alteração no fluxo sanguíneo e mudanças na permeabilidade endotelial, deposição de proteína extravascular e coagulação, resultando em disfunção orgânica que, por sua vez, leva a complicações microvasculares (ZOUNGAS et al., 2012; LI TC et al., 2015).

A evidência atual suporta uma relação direta entre o controle glicêmico (limiares clínicos de glicose plasmática e Hb A1c) e a progressão da doença microvascular, incluindo nefropatia, retinopatia e neuropatia (KHALIL, 2017). Apesar disso, em

algumas circunstâncias, as complicações da DM são encontradas mesmo antes da hiperglicemia, evidenciando a grande heterogeneidade desse distúrbio metabólico (SBD, 2019-2020). Ainda não está claro o quanto as complicações crônicas da DM são resultantes da própria hiperglicemia ou de condições associadas, como deficiência de insulina, excesso de glucagon, mudanças da osmolaridade, glicação de proteínas e alterações lipídicas ou da pressão arterial (SBD, 2019-2020).

O estudo das perspectivas diabéticas realizado na Inglaterra no ano de 1998, estabeleceu que o controle glicêmico intensivo em pacientes com DM2 reduz o risco de complicações microvasculares (UKPDS, 1998). Nesse estudo, 3.867 pacientes com DM2 foram randomizados para tratamento intensivo com medicamentos anti-hiperglicêmicos ou tratamento convencional. Como resultados, os autores perceberam que o nível médio de Hb A1c no grupo intensivo foi de 7% em comparação a 7,9% obtido pelo grupo que participou do tratamento convencional durante o período de estudo de 10 anos. O risco de qualquer desfecho de DM (morte súbita, morte por hiperglicemia ou hipoglicemia, infarto do miocárdio fatal ou não fatal, angina, insuficiência cardíaca, acidente vascular cerebral, insuficiência renal e outros) foi 12% menor no grupo de tratamento intensivo do que no grupo de tratamento convencional, impulsionado principalmente por uma redução de risco de 25% em eventos microvasculares (UKPDS, 1998).

O teste de controle e complicação de diabetes também mostrou que o controle glicêmico intensivo usando pelo menos três injeções diárias de insulina ou uma bomba de insulina e monitoramento frequente da glicose no sangue reduziu a incidência e progressão de complicações microvasculares em um estudo de 1.441 pacientes com DM1 (DCCT, 1993). Durante 6 anos de acompanhamento, o risco relativo de neuropatia foi reduzido em 60% no grupo de terapia intensiva em comparação com aqueles no grupo convencional (DCCT, 1993).

Se tratando da NDP, as altas taxas de glicose no sangue pode causar danos aos nervos de todo o corpo e assim contribuir para o aparecimento da complicação em questão. A NDP promove um comprometimento das atividades normais dos nervos em todo o corpo (danos significativos) e pode alterar as funções autonômicas, motoras e sensoriais. A neuropatia periférica é a forma mais comum de neuropatia diabética, afeta os nervos externos dos membros, principalmente dos pés. Altera

principalmente a função sensorial, proporcionando uma dormência progressiva e sensações anormais que facilitam o desenvolvimento da ulceração (pé diabético), infecções graves e, em alguns casos, amputações (IDF, 2019).

4.2 Neuropatia diabética periférica

A NDP diminui consideravelmente a qualidade de vida dos pacientes, causando grande impacto na saúde do indivíduo (BOULTON e MALIK, 1998), podendo ser a principal causa de amputação não traumática (RATHUR e BOULTON, 2005). Ocorre em 40%-59% da população diabética total (DELI et al., 2013; ZIEGLER et al., 2014) e a idade tem sido um fator de risco importante, conforme relatado por muitos pesquisadores (BANSAL et al., 2014; LU et al., 2010; ZIEGLER et al., 2014).

A prevalência da NDP é maior em adultos de meia-idade (40-60 anos) e adultos idosos (60+ anos), acompanhada por perda sensorial como percepção de vibração, pressão, dor e posição articular, reduzindo assim efetivamente o controle sobre o equilíbrio e a coordenação da marcha (GREGG et al., 2004). Na literatura, alguns estudos relataram a deterioração do equilíbrio em portadores de NDP em adultos idosos e adultos de meia-idade (MENZ et al., 2004; CIMBIZ et al., 2005; CAMARGO et al., 2015; GOLDBERG et al., 2008).

Apesar da incerteza da exata etiologia e patogênese da neuropatia, a contribuição das alterações metabólicas da DM para a NDP foi relatada por muitos pesquisadores (BERTELSMANN et al., 1987). Os resultados de um estudo mostram evidências de que a duração do controle diabético prejudicado contribui para a função nervosa alterada (PIRART, 1978). A duração do DM também aumenta o risco de neuropatia, mas a associação entre a duração e prevalência pode depender em parte da idade do paciente, que por si só é um fator de risco (ADLER et al., 1997; SHAW e ZIMMET, 1999)

Estudos realizados com pacientes diabéticos com comprometimento neuropático sugerem déficits na capacidade de manter a postura e indicam maior instabilidade do que a observada em pacientes sem DM (UCCIOLI et al., 1995) e

relatam uma associação direta entre oscilação postural e queda (MORRISON et al., 2010).

Além disso, estudos de instabilidade postural em pacientes com NDP indicaram escores mais elevados para índices de velocidade, área de oscilação (BOUCHER et al., 1995; YAMAMOTO et al., 2001) e aumento da potência de oscilação em frequências médias-altas (0,5-1,0 Hz) (OPPENHEIM et al., 1999), indicando menor controle de estabilidade por parte dessa população (SALSABILI et al., 2011).

Em grupos de diabéticos com ou sem neuropatia, alguns autores encontraram aumento da variabilidade da marcha (DINGWELL e CAVANAGH, 2001), maiores tempos de reação (COURTEMANCHE et al., 1996), menos mobilidade, movimento e força nos tornozelos (MUELLER et al., 1994) ou mudanças nas forças de reação do solo (GRFs) durante a caminhada (KATOULIS et al., 1997).

Não existe um tratamento específico para a NDP, embora muitos medicamentos estejam disponíveis para tratar seus sintomas (FOWLER, 2008). O objetivo principal da terapia é controlar os sintomas e prevenir o agravamento da neuropatia por meio da melhora do controle glicêmico. Alguns estudos sugeriram que o controle da hiperglicemia e a prevenção de excursões glicêmicas podem melhorar seus sintomas (BOULTON et al., 2005). O diagnóstico da NDP é realizado através de exames clínicos com base no histórico dos pacientes (PORTO et al., 2016).

4.2.1 Eletro-neuromiografia (ENMG)

O estudo eletrodiagnóstico é utilizado para fornecer o diagnóstico correto da doença, localizar o nível lesionado, conciliar o tratamento com a correção diagnóstica e fornecer informações a respeito do prognóstico (SAID, 2007; BERTELSMANN et al., 1987; LOREZON et al., 2002). Considera-se a indicação da ENMG quando os profissionais de saúde se deparam com pacientes com diminuição da sensibilidade, sensação de choques e formigamento, dores, fraqueza, diminuição da massa muscular (amiotrofia), câimbras, entre outros (BOULTON et al., 1985; THOMAS, 1997).

O ENMG foi considerado padrão ouro para o diagnóstico da neuropatia por anos e possui grande importância não só para documentar o envolvimento de fibras largas, mas também avaliar a simetria, a gravidade e a progressão da doença, excluindo outras condições coexistentes (NASCIMENTO et al., 2016).

A primeira indicação quantitativa da neuropatia é o estudo da anormalidade da condução nervosa (TESFAYE et al., 2010; DYCK et al., 2011). Um dos principais exames complementares na investigação etiológica dos quadros de ND é a ENMG, sendo esse, um importante método para o diagnóstico diferencial das muitas desordens dos músculos e dos nervos, fornecendo informações em tempo real do que está ocorrendo no nervo e no músculo (STEWART et al., 1996).

4.3 Equilíbrio Estático

Equilíbrio é a capacidade de manter a linha de gravidade do corpo sobre sua base de suporte. Requer a integração de informações sensoriais sobre a orientação do corpo em relação à gravidade e ao ambiente (NARDONE et al., 2010). O equilíbrio é alcançado e mantido por um conjunto complexo de sistemas de controle sensório-motor que necessita de entrada sensorial da visão (visão), propriocepção (tato) e do sistema vestibular (movimento, equilíbrio, orientação espacial) (HEWSTON e DESHPANDE, 2016).

Por definição, o controle postural pode ser caracterizado pela manutenção, obtenção ou restauração do equilíbrio contra a gravidade (POLLOCK et al., 2000). Para reduzir a oscilação postural durante a postura ereta, as estratégias posturais necessárias são proativas ou reativas, envolvendo suporte fixo ou resposta de mudança de suporte. A estabilidade corporal, por sua vez, é alcançada quando o movimento do centro de massa em relação à base de suporte é realizado de forma controlada para evitar uma queda, mesmo quando o primeiro está fora destes (WINTER, 1995).

O envelhecimento, doenças, lesões e certos medicamentos podem afetar um ou mais desses componentes, resultando em um risco elevado de comprometimento do equilíbrio e distúrbios da marcha (AMBROSE et al., 2013; ALAN et al., 2017).

4.3.1 Mecanismos do equilíbrio

O equilíbrio e a marcha requerem a integração central das informações aferentes provenientes de 3 sistemas sensoriais periféricos distintos, mas entrelaçados: os receptores cutâneos vestibulares, visuais e somatossensoriais. A integração central dos sistemas somatossensorial, vestibular e visual ajudam a manter o equilíbrio e coordenar a marcha (BRANDT, 1988). Esses sistemas sensoriais fornecem informações sobre a orientação do corpo em diferentes quadros de referência (D'SILVA et al., 2016). A entrada vestibular é referenciada à gravidade, enquanto as entradas somatossensoriais e visuais são referenciadas à superfície de suporte e ambiente visual (D'SILVA et al., 2016).

A capacidade de recuperação de distúrbios de equilíbrio é essencial para a prevenção de quedas. Além disso, a deterioração das funções sensório-motoras pode diminuir a capacidade de minimizar o desequilíbrio após distúrbios do equilíbrio em idosos com diabetes (LEE et al., 2018).

4.3.2 Relação do Sistema Vestibular e Somatossensorial com o equilíbrio de Diabéticos

O sistema vestibular desempenha um papel importante na manutenção do equilíbrio em condições estáticas e dinâmicas, fornecendo informações de orientação espacial, sendo esse, um sistema importante a ser considerado como um mecanismo potencial pelo qual o equilíbrio e a marcha podem ser afetados (D'SILVA et al., 2016).

Em estudos clínicos e com animais, foi observado que o diabetes afeta a função vestibular, promovendo alterações fisiopatológicas nas estruturas vestibulares periféricas e centrais. Entre as evidências para disfunção vestibular no diabetes, Myers et al. (1985-1987) encontraram mudanças morfológicas e fisiológicas no sistema vestibular periférico em animais com diabetes induzido experimentalmente (MYERS et al., 1985; MYERS e ROSS, 1987).

A disfunção vestibular está associada ao equilíbrio prejudicado e maior risco de queda. À medida que a prevalência do diabetes aumenta, aumenta também o potencial de quedas devido a complicações diabéticas (D'SILVA et al., 2016).

A NDP leva à disfunção somatossensorial nas extremidades inferiores, incluindo diminuição da sensação de posição da articulação do tornozelo e sensação de vibração (YAMAMOTO et al., 2001; SHAH e MULLER, 2012). A sensibilidade da pele do pé e propriocepção são dois fatores importantes no equilíbrio em pé, controle postural e coordenação (SALSABILI et al., 2011), sendo assim, a perda sensorial leva ao comprometimento do equilíbrio (MENZ et al., 2004).

Os ajustes posturais necessários durante a postura estática e a caminhada demonstraram maior variabilidade em pacientes com NDP (MENZ et al., 2004; TURCOT et al., 2009; MORRISON et al., 2012), o que sugere uma dificuldade inerente em regular seus movimentos resultando na necessidade de ajustes mais frequentes de equilíbrio, o que por si só pode ser desestabilizador.

A NDP pode acarretar alterações na distribuição da carga nos pés, que está ligada a mudanças no equilíbrio (GIACOMOZZI et al., 2005). Este último pode ser quantificado pela medição do COP com uma plataforma de força (DUARTE e FREITAS, 2010). As alterações do equilíbrio, aliadas aos distúrbios sensorio-motores característicos do NDP, geram aumento do risco de quedas e amputações (BOULTON et al., 2004), impactando negativamente na qualidade de vida desses pacientes (VAN ACKER et al., 2009).

Tarefas estáticas de equilíbrio em pé bipodais e unipodais com olhos abertos e fechados foram frequentemente empregadas e serviram como condições válidas e confiáveis para examinar a oscilação postural em condições clínicas e não clínicas em desenhos de estudos transversais e longitudinais (CLARK et al., 2010; YOUNG et al., 1999).

Pesquisas realizadas na maioria das populações não especificadas por idade mostram que o diabetes está associado ao aumento da oscilação postural durante a postura estática e declínio no desempenho de tarefas de equilíbrio autoiniciadas (MUSTAPA, 2016).

Estudo realizado por Palma et al. (2013), verificou a interferência da NP no equilíbrio de sujeitos com DM, por meio do teste de balanceamento estático realizado na plataforma de força, com olhos abertos e fechados. Como resultado, os portadores com DM diagnosticados com NP apresentaram maiores oscilações/deslocamentos do centro de massa em ambas as condições em relação aos portadores de DM sem NP e indivíduos saudáveis.

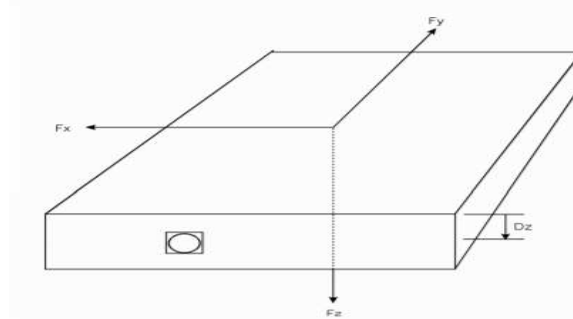
4.3.3 Plataforma de força

Desde o início da década de 1970, as plataformas de força têm sido utilizadas para adquirir medidas quantitativas relacionadas ao equilíbrio e controle postural. É um aparato técnico que fornece uma avaliação indireta das mudanças na oscilação postural, registrando as forças de reação do solo projetadas do corpo (PERRY, 2006; GOLDIE et al., 1989).

A plataforma de força (Figura 2) é uma das ferramentas mais frequentemente aplicadas na avaliação do equilíbrio postural de forma quantitativa (PIIRTOLA e ERA, 2006). É uma placa sob a qual são distribuídos quatro dinamômetros para medir as forças (reação) exercidos pelo corpo sobre a plataforma. A derivação dessas forças é mostrada como um ponto que representa o COP e a variação desses valores ao longo do tempo, é o movimento do centro de massa e o efeito das forças usadas para manter o equilíbrio.

Na maioria das aplicações, a medição é baseada no registro de forças verticais nos cantos da plataforma enquanto o sujeito está de pé na plataforma e, em algumas aplicações, as forças horizontais também são registradas. Com base nas forças verticais que afetam cada canto da plataforma pode ser derivado um valor que representa a localização geométrica do efeito total na plataforma. Este ponto é denominado COP e uma série temporal de valores do COP representa os movimentos do centro de massa e os efeitos das forças usadas para manter o equilíbrio durante o registro (PIIRTOLA e ERA, 2006).

Figura 2. Plataforma de força (F_x , F_y e F_z são as forças ao longo do eixo x, eixo y e eixo z).



Fonte: Manual Bioanalysis (Version 2.2, 2004).

A confiabilidade do teste de equilíbrio usando a plataforma de força varia de moderada a muito alta na população idosa (MOGHADAM et al., 2011), sendo essa considerada padrão ouro para análise quantitativa do equilíbrio (PALMIERI et al., 2002; PIIRTOLA e ERA, 2006; MOGHADAM et al., 2011).

Na literatura encontramos vários parâmetros, incluindo amplitude de oscilação máxima, média, mínima, amplitude de pico a pico, trajetória e velocidade de oscilação. Esses dados são derivados do COP a fim de quantificar alterações no equilíbrio. Diversos estudos usaram uma variedade de medidas de COP para detectar diferenças entre grupos (BALOH et al., 1994; PALMIERI et al., 2002), prever risco de queda (PAJALA et al., 2008; PIIRTOLA e ERA, 2006; BERGLAND e WYLLER, 2004; MAKI et al., 1994), e avaliar a eficácia de programas de treinamento de equilíbrio (CRILLY et al., 1989; JUDGE et al., 1993).

No estudo de Moghadam et al. (2011), os autores avaliaram o nível de confiabilidade referente aos parâmetros associados ao COP durante a postura estática de idosos em pé com os olhos abertos e fechados e em situações de duplas tarefas e os resultados indicaram de alta a muito alta confiabilidade para diversos parâmetros analisados, de forma consistente em todos os níveis de dificuldade postural para ambas as condições de tarefa única e dupla.

4.4 Marcha e mobilidade

A marcha é a propulsão para a frente do centro de gravidade do corpo que envolve a contração voluntária dos músculos dos membros inferiores e do resto do corpo, incluindo a rotação do tronco e o balanço do braço (WINTER, 1989). É uma sequência complexa de eventos que envolve funções somáticas e autonômicas. A locomoção envolve uma combinação de contrações musculares excêntricas e concêntricas, a fim de resistir à gravidade e alcançar a propulsão para a frente do centro de gravidade do corpo. Além da ação motora eferente resultante das contrações musculares, a sensação cutânea plantar e a sensação da posição articular são fatores importantes para o equilíbrio (HENDRICKSON et al., 2014; MARIGOLD et al., 2004; TYSON et al., 2006).

No contato com o solo, ocorre uma contração excêntrica do músculo tibial anterior. Durante a postura intermediária, o complexo tríceps sural se contrai excêntricamente, seguido por uma contração concêntrica na postura terminal. A fase de balanço envolve contrações concêntricas do tibial anterior para uma distância adequada ao solo. Os isquiotibiais e o quadríceps também desempenham um papel importante na marcha, assim como os mecanismos de feedback proprioceptivo dentro do corpo, a fim de manter o equilíbrio estático e dinâmico. Isso é regulado por meio do sistema nervoso central e periférico (WHITTLE, 1996), resultando em uma caminhada que pode ser modelada, conservando cerca de 70% da energia (ALAM et al., 2017).

Pessoas com DM e NDP, em comparação com aqueles sem DM, têm tendão calcâneo tendões de Aquiles e fásia plantar mais espessos (GIACOMOZZI et al., 2005). A amplitude do movimento de dorsiflexão do tornozelo é reduzida em 11-41% (RAO et al., 2006; GIACOMOZZI et al., 2016) e a força do flexor plantar do tornozelo é reduzida em 28-39% em indivíduos com DM em comparação com controles (HASTINGS et al., 2015; GIACOMOZZI et al., 2016).

Pacientes com NDP têm uma estratégia de marcha alterada (KATOULIS et al., 1997; MENZ et al., 2004; ALLET et al., 2008;) e um risco cinco vezes maior de cair (TILLING et al., 2006; BONNET e RAY, 2011; RICHARDSON e HURVITZ, 1995). Gradualmente, a NDP afetará a força muscular distal e deteriorará a função normal de caminhada (GUPTA, 2014). As alterações funcionais promovidas dos nervos periféricos devido a NDP são os principais contribuintes para a instabilidade postural

(EL BARDAWIL et al., 2013) e para a alta variabilidade da marcha que pode aumentar a probabilidade de incidência de queda (DINGWELL et al., 2001).

Estudos que investigaram as alterações envolvidas nos parâmetros da marcha de diabéticos com comprometimento neuropático, perceberam que os indivíduos desenvolvem estratégias adaptativas protetoras na marcha que permitem um maior controle quando há déficits proprioceptivos. Entre as características encontradas foi observada uma velocidade de marcha mais lenta, maior tempo de apoio simples e duplo apoio, menor cadência e menor comprimento do passo e, em particular, aumento do tempo da fase de balanço do pé contralateral, a fim de deslocar o peso corporal do membro lesionado para o lado menos afetado (RASPOVIC, 2013; APRILE et al., 2018).

Numerosas anormalidades, incluindo perda sensorial, diminuição da força dos membros inferiores (capacidade de produção de força) e alterações no sistema nervoso central contribuem para a marcha prejudicada no diabetes (PETROFSKY et al., 2005; SACCO e ARMADIO, 2000; MENZ et al., 2004; ARVANITAKIS et al., 2004). As anormalidades na marcha afetam os pacientes além de simples comprometimentos funcionais. Vileikyte et al. (2005) demonstraram que a instabilidade na marcha foi a associação mais forte com os sintomas de depressão em pacientes com diabetes.

Petrofsky et al. (2005), objetivaram avaliar a função autonômica em relação à marcha e observaram que pessoas com diabetes deram passos adicionais ao caminhar em um caminho linear e durante as curvas. Redução da velocidade de caminhada, cadência e comprimento do passo e menos padrões de aceleração foram observados em indivíduos com neuropatia diabética (MENZ et al., 2004).

Dingwell et al. (2000) e Menz et al. (2004) demonstraram que aqueles com maior perda da sensação cutânea plantar relacionada à NDP tendiam a caminhar com uma velocidade preferencial mais lenta (MENZ et al., 2004; DINGWELL et al., 2000). Alterações no movimento e mobilidade da articulação do tornozelo ocorrem devido às mudanças na pressão plantar (SACCO et al., 2009).

A amplitude de movimento nas cabeças dos metatarsos é reduzida em pacientes com NDP quando comparada àquela de pacientes não diabéticos

(DILIBERTO et al., 2015). É encontrada uma variabilidade relativamente alta passo-a-passo e uma diminuição de instabilidade local, que são vistas como deficiências devido à sua associação com envelhecimento e doença (DINGWELL et al., 2000; BUZZI et al., 2003).

No estudo de Sacco et al. (2015), os autores avaliaram a cinemática dos membros inferiores em grupos de diabéticos com neuropatia (GND), grupos com diabéticos sem neuropatia (GD) e grupo controle não diabético (GC) e perceberam que o GND apresentou maior ângulo de flexão do quadril no contato inicial em comparação com o GD e o GC. GD e GND permaneceram menos estendidos no push-off (fase de apoio de 80%) em comparação com o GC. GD teve maior ângulo de flexão do joelho na fase de contato inicial em comparação com GND e GC. GND e GD mostraram menor ângulo de extensão do tornozelo na fase de contato inicial em comparação com o GC. Esses resultados demonstraram uma semelhança entre GD e GND, mas mostraram diferenças claras entre eles e o GC. Independentemente dos diferentes estágios de diabetes e neuropatia, eles encontraram importantes alterações cinemáticas do tornozelo e joelho em pacientes com diabetes em comparação com os controles.

Na revisão sistemática de Allet et al. (2008), 10 dos 28 estudos analisaram os parâmetros espaço temporais da marcha na população diabética e encontraram uma velocidade mais lenta de caminhada em pacientes com NDP em comparação aos controles saudáveis. Pacientes com NDP reduziram significativamente o comprimento do passo ao caminhar em superfície irregular e apresentaram maior variabilidade no tempo do passo.

Para indivíduos com NDP, uma velocidade de caminhada relativamente mais lenta, passos mais curtos e cadência mais baixa são padrões de caminhada atípicos gerais. Esse padrão de marcha mais lento, que ocorre especialmente com esforços para manter a estabilidade, também é compatível com período de suporte duplo relativamente alto (PAUL et al., 2009).

4.4.1 Análise cinemática

A análise cinemática do movimento humano tem sido utilizada como método de avaliação quantitativa, a qual permite a inferência sobre detalhes do movimento, a partir de uma perspectiva espacial e temporal sem referência com as forças que causam o movimento. A análise biomecânica da marcha baseada em parâmetros cinemáticos tem se mostrado eficiente na identificação de alterações nos padrões de movimento e tem um longo contexto de aplicações clínicas (RASPOVIC, 2013).

A análise bidimensional (2D) é realizada em 2 eixos (x, y) e somente um plano do movimento, enquanto a análise tridimensional (3D) é realizada em 3 eixos (x, y, z) e todos os planos do movimento. A aquisição de dados tridimensionais do movimento é realizada através de um sistema de câmeras de vídeo, um software específico e um computador. Medidas cinemáticas tridimensionais (3D) podem ajudar a identificar déficits em indivíduos através da análise do padrão de movimentos (ROBERTSON et al., 2013).

A marcha é um dos movimentos mais estudados na biomecânica. Katoulis et al. (1997) definem a marcha como o resultado de uma complexa interação neural, muscular e esquelética, comandada pelo sistema nervoso central. Ela é considerada um ciclo repetitivo, que tem por característica uma fase de apoio, que corresponde a aproximadamente 60% do ciclo de uma e uma fase de balanço que corresponde a 40% restantes (Figura 3). Por ser um ciclo repetitivo, a análise apenas de um período, ou seja, de um único ciclo, permite a observação de todo evento.

A fase de apoio é dividida em 5 etapas descritas por Perry et al., (1992) (0 a 60% do ciclo):

- Primeira (toque do calcanhar (0%)): o momento que corresponde ao início da marcha quando ocorre o contato do calcanhar com o solo.
- Segunda (resposta da carga (0 a 10%)): o momento corresponde ao aumento da quantidade de carga sobre o membro inferior de referência.
- Terceira (médio apoio: (10 a 30%)): o movimento corresponde a descarga de todo peso do corpo sobre o membro inferior de referência. Nessa fase o membro contralateral está em balanço.
- Quarta (fase terminal de apoio (30 a 50%)): o momento corresponde ao deslocamento do peso do corpo para a região anterior do pé (ante-pé) do

membro inferior de referência, porém sem a retirada do calcâneo do chão. Nesta fase o membro contralateral está na fase de toque de calcanhar.

- Quinta (fase de pré balanço (50 a 60%)): o momento corresponde a retirada do calcâneo do solo com o peso do corpo colocado na região anterior do pé (ante pé) do membro inferior de referência. Nesta fase, o membro contralateral está na fase de resposta da carga.

A fase de balanço é subdividida em 3 etapas (60 a 100% do ciclo):

- Primeira (fase de balanço inicial (60 a 73%)): o momento corresponde ao início da anteriorização do membro inferior de referência em relação ao corpo.
- Segunda (fase de balanço médio (73 a 87%)): o momento corresponde ao início da anteriorização do membro inferior de referência em relação ao corpo.
- Terceira (fase de balanço final (87 a 100%)): o momento corresponde a chegada do membro inferior de referência ao final da fase de balanço terminando o ciclo total da marcha.

Figura 3. Fases e interações cinemáticas que ocorrem durante o ciclo da marcha.

	%	EVENTS	LOWER LIMB	KNEE JOINT	ANKLE JOINT	SUBTALAR JOINT	MIDTARSAL JOINT
STANCE		I.C. ↗ foot flat	medial rotation	flexion	plantar flexion	pronation	free motion
	20	midstance	lateral rotation	extension	dorsi-flexion	supination	restricted
	40	heel rise		flexion			
	60	toe-off	medial rotation	extension	dorsi-flexion		
100	I.C. ↘						

Fonte: Gráfico (adaptado de Mann, 1975, Fig. 13-18, p. 266; Rodgers, 1988, Fig. 1, p. 1823; Chan & Rogers, 1994; Mann & Mann, 1997, Fig. 7.24, p. 149.

4.5 Risco de queda

Algumas das primeiras evidências de NP em pacientes com diabetes são vistas nos dedos dos pés (DYCK, 1987). A explicação mais provável é que a lesão do nervo, tanto longitudinal quanto segmentar, ocorre aleatoriamente em muitos locais e aumenta proporcionalmente com o comprimento do axônio. Essa neuropatia sensorial resulta em uma redução da percepção sensorial aferente e afeta os pacientes com neuropatia, promovendo alterações biomecânicas e os sujeitando a ulcerações, porque com a perda de sensibilidade, nenhuma dor pode ser sentida nos locais de aumento da pressão (CAVANAGH et al., 1993). Embora as quedas estejam associadas a muitos fatores de risco, a neuropatia é uma causa conhecida de sensibilidade diminuída do pé e maior frequência de quedas é relatado nesse público em questão (DUCIC, 2004; WALLACE et al., 2002; COONER-KERR, 2002).

Os fatores de risco de queda são frequentemente categorizados como específicos da pessoa (intrínsecos), que incluem características do indivíduo, como idade, habilidades funcionais, doenças crônicas e distúrbios da marcha (SARTINI et al., 2010), e ambientais (extrínsecos). Condições relacionadas à idade, como artrite, diabetes, incontinência e visão prejudicada, foram preditores significativos de limitação funcional moderada (DUNLOP et al., 2002), que, por sua vez, são fortemente associados ao aumento do risco de quedas. Os idosos com DM2 têm uma alta prevalência de quedas e o fator de risco comumente identificado é o equilíbrio deficiente (HEWSTON e DESHPANDE, 2016).

Os indivíduos com condições neurológicas que afetam a marcha (hemiparético, parkinsoniano, neuropático e espástico) têm um risco aumentado de quedas. A marcha neuropática e a instabilidade da marcha foram os dois subtipos de marcha que previram o risco de quedas (VERGHESE et al., 2010).

Os distúrbios da marcha e do equilíbrio foram identificados de forma consistente em várias revisões como um dos fatores de risco mais fortes para quedas (TINETTI et al., 1988; RUBENSTEIN et al., 1994; DEANDREA et al., 2010). A perda sensorial e o equilíbrio prejudicado são considerados fatores de risco de queda. O DM, por exemplo, pode afetar a entrada sensorial dos pés, resultando em um aumento do risco de quedas, fraturas e morte (SCHNEIDER et al., 2013; HOFFMAN et al.,

2015). A NP tem sido considerada o preditor mais dominante de quedas no diabetes, porque a diminuição da função somatossensorial da extremidade inferior reduz a capacidade de detectar mudanças no equilíbrio e fazer os ajustes necessários para evitar quedas (MACGILCHRIST et al, 2010). Pacientes com NDP frequentemente apresentam dormência e dor nas extremidades devido a diminuição da função dos nervos periféricos, além de instabilidade de equilíbrio devido a diminuições nas funções proprioceptivas. Como a velocidade da caminhada e a largura do passo diminuem mais em pacientes com NDP do que naqueles sem NP, os pacientes com NDP apresentam alto risco de queda (MENZ et al., 2004; ALLET et al., 2009).

Em uma revisão de literatura contendo 12 estudos retrospectivos envolvendo 3.628 quedas, Rubenstein et al. (1994) identificaram como principais causas de quedas em idosos, acidentes em que o meio ambiente onde estão inseridos contribui (31%), distúrbios da marcha ou do equilíbrio (17%), tontura (13%) e confusão (5%). Ganz et al. (2007) relataram que os preditores mais consistentes de quedas futuras foram a marcha clinicamente anormal ou distúrbios de equilíbrio.

A revisão sistemática realizada por Tinetti et al. (2010) relatou que os fatores de risco mais altamente correlacionados com o risco de queda foram medicamentos, deficiências na força, marcha e equilíbrio. Na revisão de literatura realizada por Berlie e Garwood (2010), os autores relataram que o risco de quedas em pacientes tratados com insulina versus controles não diabéticos foi significativo.

Por causa da diminuição do feedback proprioceptivo durante a caminhada, os idosos com diabetes caminham mais devagar e têm maior variabilidade da passada, aumentando o risco de quedas (PIJPERS et al., 2012). Pijpers et al. (2012) descobriram que em indivíduos com mais de 65 anos com diabetes, 30,6% caíram recorrentemente em comparação com 19,4% sem diabetes, onde quedas recorrentes foram definidas como pelo menos duas quedas em um período de 6 meses.

Idosos de ambos os sexos com diabetes possuem uma maior probabilidade de sofrer uma fratura após a queda em comparação com não diabéticos da mesma faixa etária, apesar da densidade mineral óssea semelhante (NAPOLI et al., 2014; STROTMEYER et al., 2005). Essa qualidade óssea comprometida possivelmente acontece devido a concentrações mais elevadas de produtos finais de glicação

avançada nos ossos em decorrer do diabetes (YAMAGUCHI et al., 2011) o que aumenta o risco de fraturas em 64% em indivíduos com diabetes em comparação com controles saudáveis (STROTMEYER et al., 2005). As quedas em pessoas mais velhas com DM são um problema crescente (SCHWARTZ et al., 2002; TILLING et al., 2006). Idosos com DM podem ter alto risco de queda devido a fatores de risco gerais para quedas, como bem como fatores específicos da doença. Maurer et al. (2005) sugere que idosos portadores de DM apresentam um risco maior de cair do que aqueles sem a doença. Idosos com DM têm um risco 2,5 vezes maior de sofrer uma lesão se caírem (MILLER et al., 1999), incluindo maiores probabilidades de fratura (SCHWARTZ et al., 2002) e um maior tempo de reabilitação, devido à cicatrização lenta e ao aumento do risco de infecção.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo possui caráter transversal e foi realizado no Laboratório de Análises Biomecânicas (LAB-UFV) da Universidade Federal de Viçosa (Viçosa, Brasil).

O GNP foi selecionado com a colaboração de um médico neurologista residente no município de viçosa, a partir do diagnóstico de neuropatia diabética emitido através do exame de eletroneuromiografia (Kohden, modelo Neuropack S1, MEB 9400K, 20 Tóquio, Japão) e de sintomas sugestivos. Dados pessoais referentes aos pacientes foram obtidos através de suas fichas cadastrais, como o contato telefônico e data de nascimento.

O GPD foi selecionado através do Centro Estadual de Atenção Especializada (CEAE) de Viçosa, por funcionários da UFV portadores de DM e por pacientes diabéticos não diagnosticados com neuropatia após o exame de eletroneuromiografia.

O GPC foi formado por funcionários, ex-funcionários e participantes beneficiários de projetos da UFV. O convite foi realizado através de contato telefônico e por conversas mediante a explicação individual do projeto.

Este estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética de Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (59855516.0.0000.5153) (Anexo

A) e a participação dos voluntários foi mediante a apresentação do projeto e posterior assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

5.1 Critério de inclusão e exclusão

5.1.1 Grupo de diabéticos com neuropatia

Como critério de inclusão foi considerado ser portador de DM, diagnosticado com NDP e estar na faixa etária de 40 a 75 anos. Foi considerado critério de exclusão, apresentar amputação de membros inferiores, ulceração plantar, ser portador de doença arterial periférica sintomática e para claudicação intermitente, apresentar qualquer outra disfunção que interfira na atividade física (AF) e depender fisicamente ou psicologicamente de outra pessoa para tarefas simples. A partir da análise dos respectivos prontuários, e considerando os critérios de inclusão e exclusão, os voluntários foram convidados a participar do estudo.

5.1.2 Grupo de diabéticos sem neuropatia

Como critério de inclusão foi considerado ser portador de DM e estar na faixa etária de 40 a 75 anos. Foi adotado como critério de exclusão apresentar NDP diagnosticada, apresentar patologias que interfiram na AF (além da própria progressão do DM), apresentar amputação nos membros inferiores e dependência física e psicológica de outras pessoas para tarefas simples.

5.1.3 Grupo controle não diabético

Como critério de inclusão foi considerado ter faixa etária de 40 a 75 anos. Foi considerado como critério de exclusão ser diagnosticado com DM, apresentar qualquer patologia que interfira na AF e dependência física e psicológica de outras pessoas.

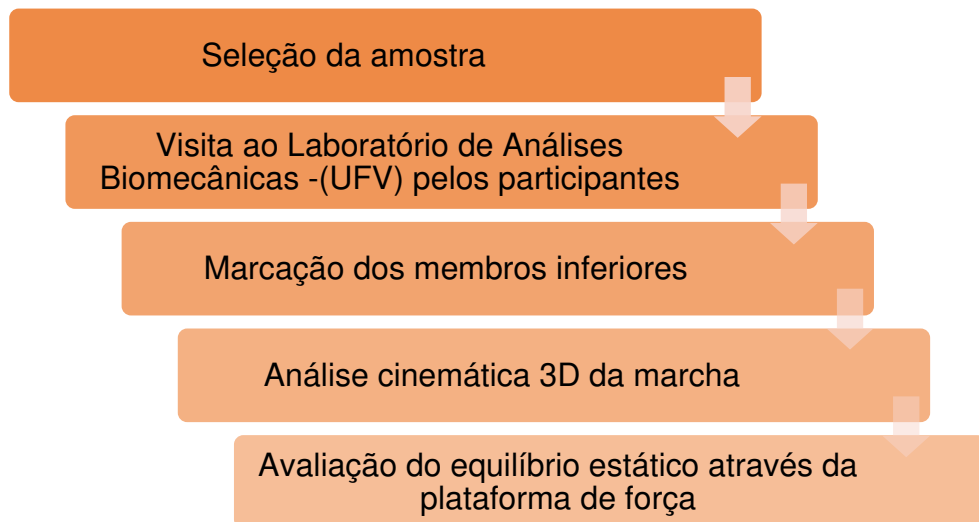
Após o contato, foram admitidos voluntários que se enquadravam nos critérios de inclusão e exclusão indicados anteriormente.

5.2 Design do estudo

A coleta foi realizada no Laboratório de Análises Biomecânicas da Universidade Federal de Viçosa, nos turnos da manhã e tarde conforme a disponibilidade dos participantes. Os participantes compareceram uma vez ao laboratório e a duração dos procedimentos se situaram em torno de 30 minutos.

Os procedimentos foram realizados em uma única etapa composta por duas partes (análise do padrão cinemático 3D da marcha e captura das coordenadas do centro de pressão- COP através da plataforma de força).

Figura 4. Fluxograma com as partes da coleta de dados.



Os participantes foram instruídos a comparecerem utilizando roupas de ginástica para a coleta e após uma conversa inicial explicando os procedimentos, foram coletados dados como estatura (estadiômetro *Filizola*®, Brasil), massa corporal (balança digital- Sanny) e idade dos participantes.

Para a mensuração da estatura, os participantes ficaram descalços, em pé, com os pés e calcanhares unidos, glúteos e a parte superior das costas em contato com a escala e com a cabeça posicionada no plano de Frankfurt. Para mensuração da massa corporal, os participantes continuaram descalços e se dispuseram sob a balança.

5.3 Avaliação do equilíbrio estático

5.3.1 Amostra

A amostra foi selecionada por conveniência e foi composta por quarenta e dois voluntários de ambos os sexos, com faixa etária de 40 a 75 anos, divididos igualmente em três grupos: Grupo Diabético com Neuropatia periférica (GNP, n=14), Grupo Diabético sem Neuropatia (GPD, n=14) e Grupo Controle não Diabético (GPC, n=14), sendo considerados portadores de DM1 e DM2.

5.3.2 Aquisição dos dados

A dinamometria é o método de análise biomecânica que engloba todos os tipos de medidas de força e distribuição de pressão, procurando entender como a força de interação entre o corpo humano e o meio é distribuída, podendo assim interpretar as respostas do comportamento dinâmico do corpo humano (DIAS, 2009).

Para análise do equilíbrio estático, foi utilizada a plataforma de força (AMTI BP400600, AMTI Inc.) que possibilita adquirir a força de reação do solo e os momentos necessários para calcular as coordenadas do centro de pressão (COP) do corpo nas direções anteroposterior (AP) e latero lateral (LL). Os dados dos participantes foram amostrados em uma frequência de 1.000 Hz.

Figura 5. Plataforma de força



Durante a coleta, os participantes descalços se posicionaram sob a plataforma de força com os membros superiores dispostos ao longo do corpo. Eles foram instruídos a manterem uma postura estática com a cabeça erguida e o olhar fixo em um ponto de referência localizado a 1 m de distância.

Os sujeitos foram avaliados através de uma tarefa consistente em duas tentativas de 30 segundos com os dois pés e olhos abertos. Durante os testes, os indivíduos foram instruídos a ficar em silêncio.

Foi calculado o COP, que permite a detecção de diferenças sutis no processo de controle postural nos diferentes grupos. O COP é calculado da seguinte forma (Manual Bioanalysis -Version 2.2, 2004):

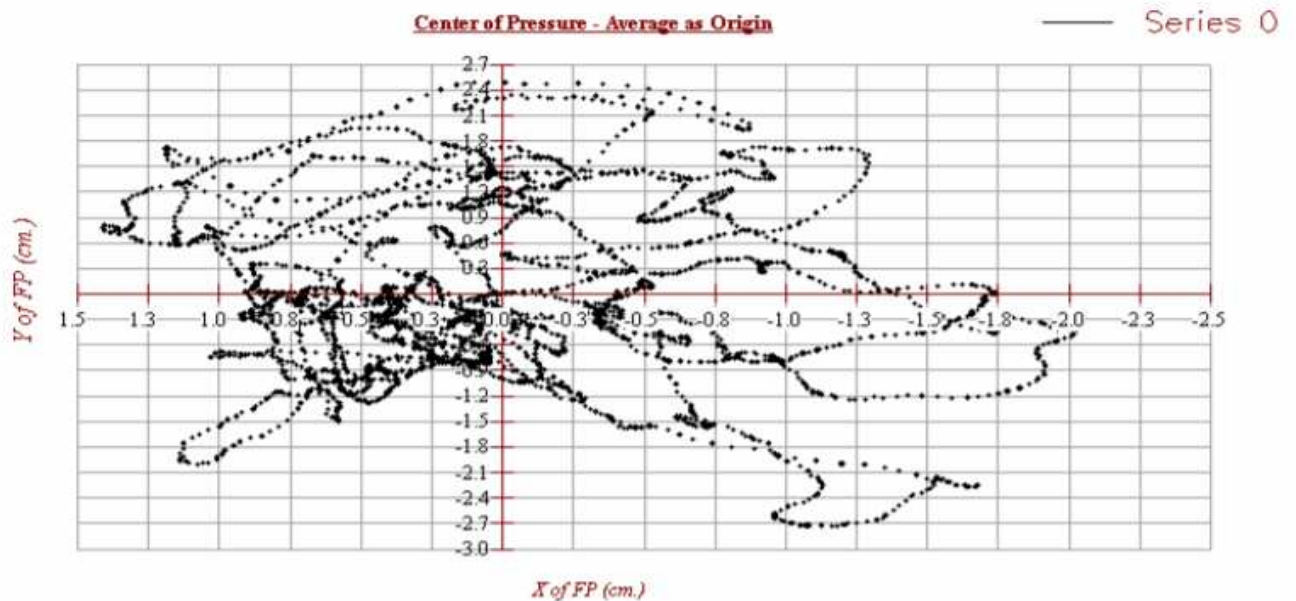
$$COP(x) = \left[\frac{(My + (Z_{off} * Fx))}{Fz} \right] * (-1)$$

$$COP(y) = \left[\frac{(Mx - (Z_{off} * Fy))}{Fz} \right]$$

O $COP_{(x)}$ e $COP_{(y)}$ se referem às coordenadas x e y do centro de pressão. Z_{off} é a translação da origem do sistema de coordenada da plataforma de força para origem da projeção do centro de massa na plataforma. F_x , F_y e F_z são as forças ao longo do eixo x, eixo y, eixo z; M_x , M_y e M_z são os momentos sobre o eixo x, y e z.

A figura 6 exemplifica a variação do COP em X (latero lateral) e Y (anteroposterior) durante a tarefa realizada.

Figura 6. Representação do deslocamento médio do COP nos eixos anteroposterior e latero lateral de um voluntário durante a aquisição dos dados.



Fonte: Software Net Force

A força aplicada sobre a plataforma de força é detectada pelos sensores e os sinais elétricos são amplificados e registrados em um computador. Com a obtenção dos dados, foram calculadas as variáveis do COP referentes ao equilíbrio estático.

5.3.3 Variáveis:

As variáveis calculadas para avaliar e comparar o COP foram:

- Média COP-X (cm) - A posição média da coordenada x do centro de pressão. Se refere ao deslocamento do COP ao longo do eixo x, (x) é calculado para cada frame. Esses números são somados e divididos pelo número total de quadros (N).
- Média COP-Y (cm) - A posição média da coordenada y do centro de pressão. O deslocamento ao longo do eixo y, (y) é calculado para cada frames. Esses números são somados e divididos pelo número total de quadros (N).
- Desvio-padrão COP-X - O desvio padrão do COP ao longo do eixo x.
- Desvio-padrão COP-Y - O desvio padrão do COP ao longo do eixo y.

- Deslocamento médio da coordenada do COP em X (cm).
- Deslocamento médio da coordenada do COP em Y (cm).
- Velocidade média total do COP (cm / seg).
- Comprimento total da trajetória do COP.

5.4 Captura e análise do padrão cinemático 3D da marcha

5.4.1 Amostra

Para realizar a análise do padrão cinemático 3D da marcha, a amostra foi composta por sessenta voluntários de ambos os sexos (30 homens e 30 mulheres), com faixa etária de 40 a 75 anos, divididos igualmente em três grupos: Grupo diabético com neuropatia periférica (GNP, n=20), Grupo diabético sem neuropatia (GPD, n=20) e Grupo controle não diabético (GPC, n=20), sendo considerados portadores de DM1 e DM2. Cada grupo foi composto por 10 homens e 10 mulheres.

5.4.2 Aquisição dos dados

A cinematria é uma metodologia biomecânica que se destina à obtenção de variáveis cinemáticas para a descrição de posições ou movimentos no espaço. Para tal, na presente pesquisa, será utilizada para análise do padrão cinemático 3D da marcha dos grupos diabéticos com e sem neuropatia em relação ao grupo controle não diabético.

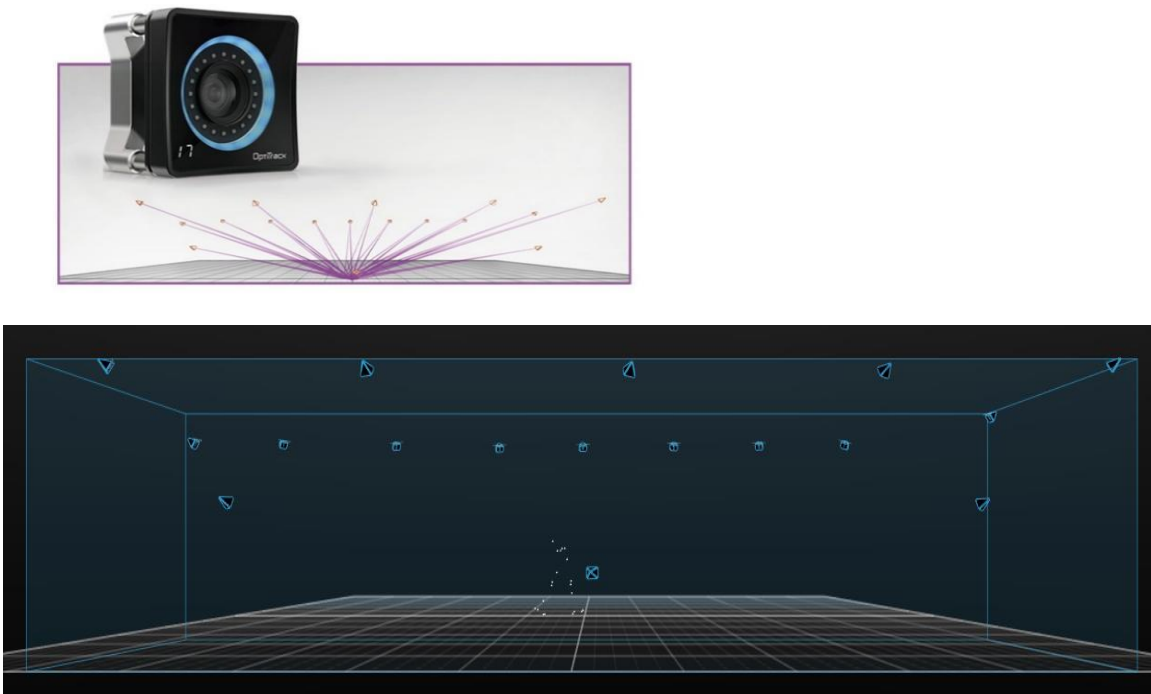
Inicialmente, todas as etapas de calibração dos equipamentos foram conduzidas de acordo com as orientações do fabricante, com auxílio de um triedro estático e um bastão em movimento (CERVERI; BORGHESE; PEDOTTI, 1998).

A análise do padrão cinemático 3D da marcha foi realizada através de 17 câmeras OptiTrack Prime 17W (© 2017 NaturalPoint, Inc. USA), com frequência de aquisição de 240Hz posicionadas em torno dos participantes. A alta frequência utilizada nos permite identificar mais detalhes referente ao movimento.

5.4.2.1 Tarefa

Cada participante realizou 6 caminhadas com velocidade auto-selecionada, considerada confortável por cada voluntário, em um espaço de aquisição de 10 metros de comprimento, 3 metros de largura e 2,5 metros de altura. Das 6 caminhadas, 3 iniciaram com o membro inferior direito e 3 com o esquerdo. Os comandos foram realizados com incentivo verbal.

Figura 7. Posição das câmeras OptiTrack Prime.



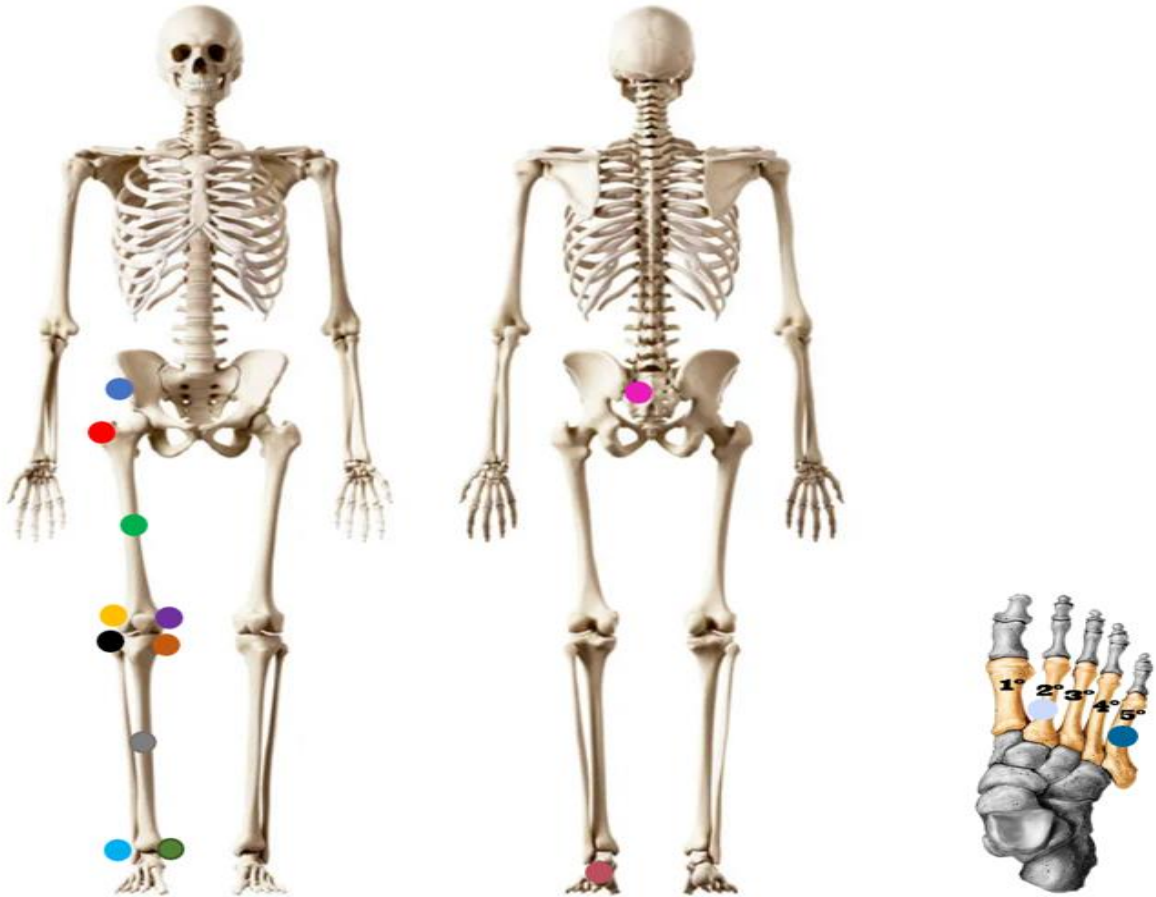
5.4.4 Modelo de Marcação

Vinte e oito marcadores retro-reflexivos foram posicionados em pontos anatômicos específicos do membro inferior e pelve. A marcação dos pontos anatômicos dos membros inferiores e pelve seguirá o modelo apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Estruturas ósseas para marcação dos membros inferiores direito e esquerdo

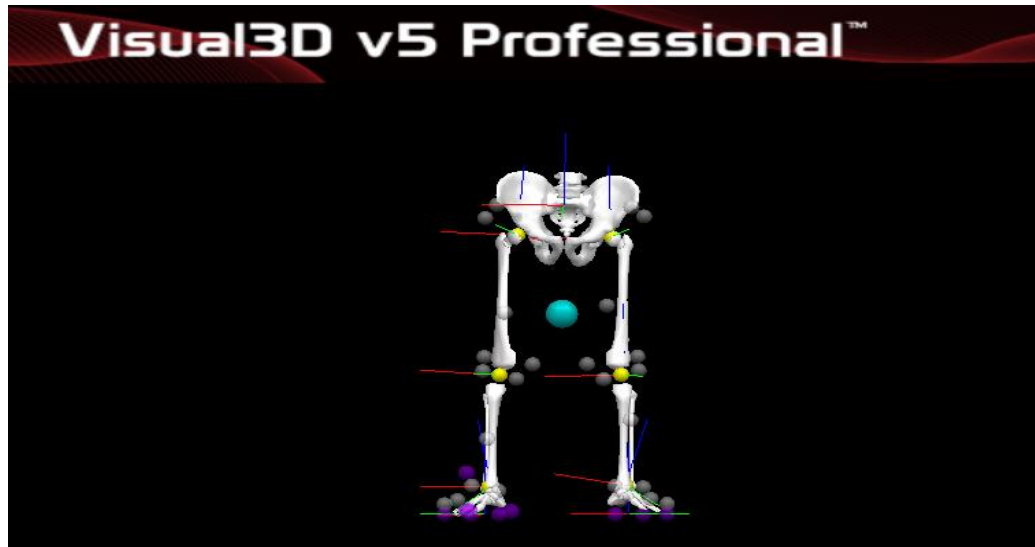
Ponto anatômico	Localização
Espinha ilíaca pósterior superior 	Na parte posterior do osso ilíaco, abaixo da terminação da crista ilíaca
Espinha ilíaca anterior superior 	Projeção óssea na extremidade anterior da crista ilíaca
Trocânter 	Borda superior do fêmur (extremidade proximal)
Ponto geométrico: meio da coxa 	Ponto médio da coxa
Epicôndilo lateral do fêmur 	Porção lateral da extremidade distal do fêmur
Epicôndilo medial fêmur 	Porção medial da extremidade distal do fêmur
Cabeça da fíbula 	Pósterio-lateralmente à tibia
Cabeça da tibia 	Lado anterior-medial da perna
Ponto geométrico: meio da perna 	Ponto médio da perna
Maléolo medial da tibia 	Região distal da tibia
Maléolo lateral da fíbula 	Região distal da fíbula
Calcâneo 	Parte posterior do pé
2º Metatarso 	Região do antepé
5º Metatarso 	Região do antepé

Figura 8. Representação do modelo de marcação utilizado no estudo.



As coordenadas tridimensionais de cada ponto foram obtidas pelo sistema OptiTrack no *software* de análise Motive MTV-BDY. A partir das coordenadas tridimensionais foram calculados (Visual 3D, © 2016 C-Motion Inc.) os segmentos pelve, coxa, perna e pé, o que possibilitou a análise da articulação do quadril (3 graus de liberdade), joelho (1 grau de liberdade) e tornozelo (3 graus de liberdade).

Figura 9. Segmentos rígidos criados a partir das referências ósseas no software Visual 3D.



C-Motion

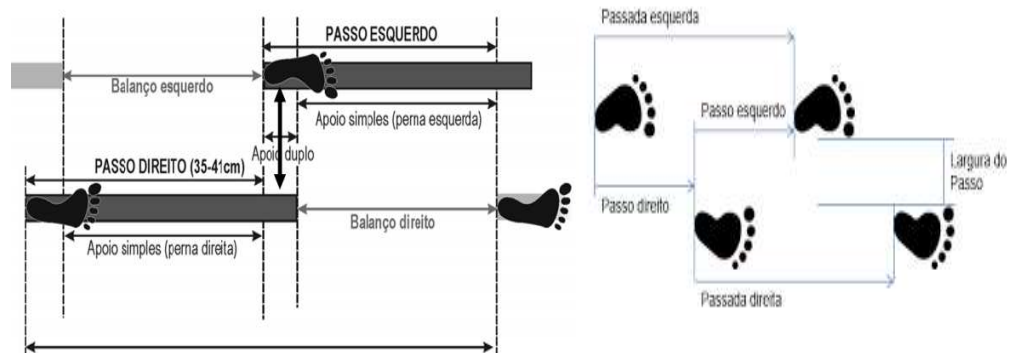
5.4.6 Variáveis

5.4.6.1 Espaço-temporais

Foram calculadas as variáveis espaço-temporais da marcha, tempo do ciclo (s), tempo de apoio único e duplo apoio (seg), comprimento do passo (cm), comprimento da passada (cm), cadência (número de passos por minuto), fase de balanço (seg), tempo do passo (seg).

A figura abaixo representa as variáveis espaço temporais calculadas e dimensões do passo e passada.

Figura 10. Representação do passo e passada.



Fonte: Sacco I.N.C 2013.

5.4.6.2 Angulares

Foram calculadas as variações angulares do quadril (flexão/extensão, rotação interna/rotação externa) do joelho (flexão/extensão) e tornozelo (adução/abdução, flexão/extensão, inversão/eversão) em função do ciclo da marcha para obtenção dos valores angulares em dois momentos específicos da marcha: momento do contato do calcanhar com o solo e o momento da perda de contato da ponta do pé com solo de ambos os pés (direito e esquerdo). Foram calculadas também as amplitudes de movimento, definida pela diferença entre o valor máximo e o mínimo, para a articulação do quadril, joelho, e tornozelo, e seus respectivos graus de liberdade.

A figura abaixo é uma representação das curvas dos movimentos realizados no plano sagital dos ângulos articulares do quadril (flexão/extensão), joelho (flexão/extensão) e tornozelo (flexão plantar/ dorsiflexão) em momentos específicos da marcha (contato do calcanhar com o solo e perda de contato da ponta dos dedos com o solo). Através das porcentagens do ciclo podemos identificar o momento das fases e o movimento da articulação envolvida durante a marcha.

Figura 11. Representação dos movimentos do quadril, joelho e tornozelo no plano sagital.



Fonte: Sacco I.N.C 2013.

5.5 Análise estatística

5.5.1 Análise estatística da avaliação do equilíbrio

Utilizou-se a estatística descritiva com valores expressos em média e desvio-padrão para todas as variáveis.

Foi calculada a média das duas tentativas para todas as variáveis. Para verificar a normalidade das variáveis: Média COP-X e COP-Y, Desvio-padrão COP-X e COP-Y, Deslocamento médio da coordenada do COP em X e Y, Velocidade média total do COP e Comprimento total da trajetória do COP foi aplicado, separadamente, em cada variável, o teste de Shapiro Wilk.

Após a confirmação da normalidade dos dados, para compararmos as diferenças entre os grupos, utilizamos o Anova de 1 fator com post hoc de Tukey-Kramer nas variáveis referentes ao deslocamento do COP nos eixos AP e LL (cm), desvio-padrão do COP nos eixos AP e LL, posição média do COP (cm), velocidade média do COP (cm/seg) e comprimento do COP (cm).

Todas as variáveis foram analisadas estatisticamente utilizando o software Matlab® (Mathworks INC. Natick, MA, USA) e foi adotado um nível de significância de $p < 0,05$.

5.5.2 Análise estatística da análise 3D da marcha

Para verificar a normalidade dos dados referentes às variáveis espaço-temporais e angulares da marcha foi aplicado o teste Lilliefors em cada variável separadamente. Após a verificação da normalidade foi inicialmente aplicado uma análise de variância (ANOVA) com dois fatores para testar se havia diferenças significativas em relação ao gênero, porém, não foi identificada diferença entre os gêneros. Assim, optamos por englobar os participantes em seus respectivos grupos (condição da doença) sem levar em consideração o gênero.

Objetivando testar diferenças entre os grupos diabéticos com e sem neuropatia e controle não diabético, foi utilizado, o teste anova de 1 fator com post hoc de Tukey-Kramer, foi aplicado separadamente, nas variáveis espaço-temporais (tempo do ciclo, tempo de apoio único e duplo apoio, comprimento do passo, comprimento da passada, cadência, fase de balanço, tempo do passo) e angulares da marcha (movimentos de flexão plantar/dorsiflexão; abdução/adução; inversão/eversão de tornozelo; movimentos de flexão/extensão do joelho; movimentos de flexão/extensão; abdução/adução; rotação interna/ rotação externa de quadril) nos momentos de contato e perda de contato durante a marcha e as amplitudes de movimento para a articulação do quadril, joelho, e tornozelo, e seus respectivos graus de liberdade.

Todas as variáveis foram analisadas estatisticamente utilizando o software Matlab® (Mathworks INC. Natick, MA, USA) e foi adotado um nível de significância de $p < 0,05$.

6. RESULTADOS

6.1 Análise do equilíbrio estático

6.1.1 Amostra

As características gerais da amostra referente a análise do equilíbrio estático separadas por grupo podem ser visualizadas na Tabela 2.

Tabela 2. Média (\pm desvio padrão) dos valores de idade, estatura e massa corporal de cada grupo.

	<i>n</i>	GNP	GPD	GPC	<i>p</i>
Idade (anos)	14	61,7 (\pm 4,9)	59,07 (\pm 6,2)	59,4 (\pm 5,4)	0,4026
Estatura (m)	14	1,68 (\pm 0,10)	1,62 (\pm 0,10)	1,59 (\pm 0,07)	0,0821
Massa Corporal (kg)	14	85,9 (\pm 15,4)	86,8 (\pm 18,7)	69,6 (\pm 10,3) *	0,0071

* GPC foi significativamente menor que GNP e GPD ($p < 0,05$). GNP: portador de diabetes com neuropatia; GPD: portador de diabetes sem neuropatia; GPC: controle não diabético, m: metros, kg: quilogramas.

As variáveis idade e estatura não apresentaram diferenças significativas entre os grupos. GNP e GPD apresentaram significativamente maior massa corporal em relação ao GPC, o que já é esperado por se tratar de uma característica comum na população diabética.

6.1.2 Centro de pressão – COP

Os valores médios (\pm desvio padrão), bem como comparação entre os grupos, das variáveis do COP de cada grupo sobre a plataforma de força com olhos abertos são exibidos na tabela 3 a seguir.

Tabela 3. Variáveis referentes ao COP de cada grupo.

VARIÁVEL	GNP	GPD	GPC	<i>p</i>
Deslocamento do COP no eixo AP [cm]	0,40 (\pm 0,09) *	0,31 (\pm 0,11)	0,33 (\pm 0,09)	0,0005
Deslocamento do COP no eixo LL [cm]	0,29 (\pm 0,11) *	0,15 (\pm 0,06)	0,11 (\pm 0,06)	0,0007
Desvio padrão do Cop no eixo AP	0,51 (\pm 0,12) *	0,40 (\pm 0,13)	0,42 (\pm 0,11)	0,0005
Desvio padrão do Cop no eixo LL	0,52 (\pm 0,59) *	0,22 (\pm 0,09)	0,19 (\pm 0,07)	0,0005
Posição média do COP no eixo LL [cm]	0,46 \pm (1,54)	-0,08 (\pm 1,91)	0,016 (\pm 1,57)	0,9843

Posição média do COP no eixo AP [cm]	-1,80 (±3,99)	-1,48 (±2,55)	-2,00 (±2,59)	0,9762
Velocidade (m/s)	24,10 (±4,93)	24,30 (±4,49)	29,50 (±4,45) +	0,0043
Comprimento do COP [cm]	7,00 (±1,93)	7,22 (±1,48)	8,86 (±1,33) +	0,0073

* GNP foi significativamente maior que GPD e GPC; + GPC foi significativamente maior que GNP e GPD; ($p < 0,05$). GNP: portador de diabetes com neuropatia; GPD: portador de diabetes sem neuropatia; GPC: controle não diabético, cm: centímetro, seg: segundos.

A posição média do centro de pressão não obteve diferença significativa entre os grupos. O deslocamento e desvio padrão, em ambos os eixos, do GNP foram significativamente maiores em relação aos grupos GD e GC. Entretanto, a velocidade média e comprimento do GNP foram significativamente menores em relação ao GC.

6.2 Análise do padrão cinemático 3D da marcha

6.2.1 Amostra

As características gerais da amostra referente a análise do padrão cinemático 3D da marcha separadas por grupo foram descritas com valores médios (\pm desvio padrão). Cada grupo foi composto por 20 participantes com 10 homens e 10 mulheres. Em relação à idade (anos), GNP apresentou ($63,1 \pm 5,2$), GPD ($58,6 \pm 6,6$) e GPC ($58,5 \pm 7,2$). Em relação a estatura (m), GNP apresentou ($1,65 \pm 0,09$), GPD ($1,62 \pm 0,10$) e GPC ($1,60 \pm 0,09$). A massa corporal (kg) de GNP apresentou ($82,3 \pm 16,5$), GPD ($83,4 \pm 17,2$) e GPC ($70,5 \pm 11,6$). As variáveis idade e estatura não apresentaram diferenças significativas entre os grupos. GNP e GPD apresentaram significativamente maior massa corporal em relação ao GPC, o que já é esperado por se tratar de uma característica comum na população diabética.

6.2.2 Variáveis espaço temporais da marcha

Os valores médios (\pm desvio padrão), bem como comparação entre os grupos, das variáveis espaço-temporais de cada grupo durante a marcha são exibidos na tabela 4 a seguir.

Tabela 4. Variáveis espaço-temporais de cada grupo durante a marcha.

VARIÁVEL	GNP	GPD	GPC	p
Tempo do ciclo (s)	1,26±0,19	1,23±0,11	1,07±0,10*	0,0003
Tempo de duplo apoio (s)	0,47±0,11	0,44±0,07	0,36±0,05**	0,0003
Fase de balanço (ESQ) (s)	0,86±0,14	0,83±0,09	0,71±0,07*	0,0002
Fase de balanço (DIR) (s)	0,86±0,15	0,83±0,09	0,71±0,07*	0,0002
Tempo de apoio simples (ESQ) (s)	0,39±0,05	0,39±0,02	0,35±0,02*	0,0047
Tempo de apoio simples (DIR) (s)	0,39±0,05	0,39±0,03	0,35±0,03*	0,0082
Comprimento de passo (ESQ) (cm)	0,54±0,11	0,57±0,08	0,64±0,07	0,0029
Comprimento de passo (DIR) (cm)	0,54±0,09	0,57±0,09	0,64±0,08*	0,0031
Tempo de cadência (ESQ) (passos/min)	97,8±1,8	98,1±9,05	111,98±11,4 ⁺	0,0002
Tempo de cadência (DIR) (passos/min)	96,2±13,3	98,4±9,8	112,9±11,2 ⁺	0,002
Tempo de passo (ESQ) (s)	0,62±0,09	0,61±0,05	0,54±0,05*	0,0006
Tempo de passo (DIR) (s)	0,63±0,09	0,61±0,06	0,53±0,05*	0,0001
Comprimento de passada (cm)	1,08±0,20	1,15±0,17	1,28±0,15 ⁺	0,0025
Largura da passada (cm)	0,113±0,023	0,114±0,027	0,118±0,022	0,8188

* GPC foi significativamente menor que GNP e GPD; + GPC foi significativamente menor que GNP e GPD; + + GPC foi significativamente menor que GNP; +++ GPC foi significativamente maior que GNP; (p<0,05). GNP: portador de diabetes com neuropatia; GPD: portador de diabetes sem neuropatia; GPC: controle não diabético, DIR: (direito); ESQ: (esquerdo); (s): segundos; (cm): centímetros.

Em relação à largura da passada, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos. GNP apresentou um tempo de duplo apoio significativamente maior que o GPC, entretanto o comprimento de passo (esquerdo) foi significativamente menor na mesma comparação.

Os grupos GNP e GPD apresentaram significativamente maior tempo do ciclo, maior fase de balanço (esquerda e direita), menor cadência (esquerda e direita), maior tempo do passo (esquerdo e direito), maior tempo de apoio simples, menor comprimento de passada, e menor comprimento do passo direito em relação ao GPC.

6.2.3 Variáveis angulares

Quadro 1. Representação dos movimentos no sistema de coordenadas.

TORNOZELO:	X	DORSIFLEXÃO (+)	FLEXÃO PLANTAR (-)
	Y	INVERSÃO (+)	EVERSÃO (-)
	Z	ADUÇÃO (+)	ABDUÇÃO (-)
JOELHO:	X	FLEXÃO (+)	EXTENSÃO (-)
QUADRIL:	X	FLEXÃO (+)	EXTENSÃO (-)
	Y	ADUÇÃO (+)	ABDUÇÃO (-)
	Z	ROTAÇÃO INTERNA (+)	ROTAÇÃO EXTERNA (-)

6.2.3.4 Articulação do tornozelo

Os gráficos abaixo representam as curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão plantar/dorsiflexão de tornozelo esquerdo e direito do GNP, GPD e GPC, respectivamente. Valores negativos representam o movimento de flexão plantar e valores positivos representam o movimento de dorsiflexão.

Podemos observar que as curvas de flexão plantar/dorsiflexão possuem um formato semelhante entre os três grupos. As linhas com a cor azul e verde respectivamente representam o momento da perda de contato e momento do contato da perna contralateral durante o ciclo. A linha vermelha traçada nos gráficos representa o momento da perda de contato da ponta do pé com o solo e nos mostra maiores valores de flexão plantar do membro esquerdo do GPC em relação a GNP e do membro direito do GPC em relação a GNP/GPD. Esse momento específico geralmente representa um percentual em torno de 60% do ciclo, já nas figuras abaixo podemos observar que esse momento ocorre um pouco após, visto que os grupos tiveram maior duração do ciclo, em torno de 69% para GNP, 68% para GPD e 66% para GPC. Podemos esperar tais alterações devido as condições da doença para GNP e GPD e a condição de envelhecimento no GPC, já que a faixa etária dos participantes do estudo se concentram em meia e terceira idade. É importante ressaltar a variabilidade do GNP em ambos os membros em relação a GPD e GPC.

Gráfico 1. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão plantar/dorsiflexão de tornozelo esquerdo e direito do GNP.

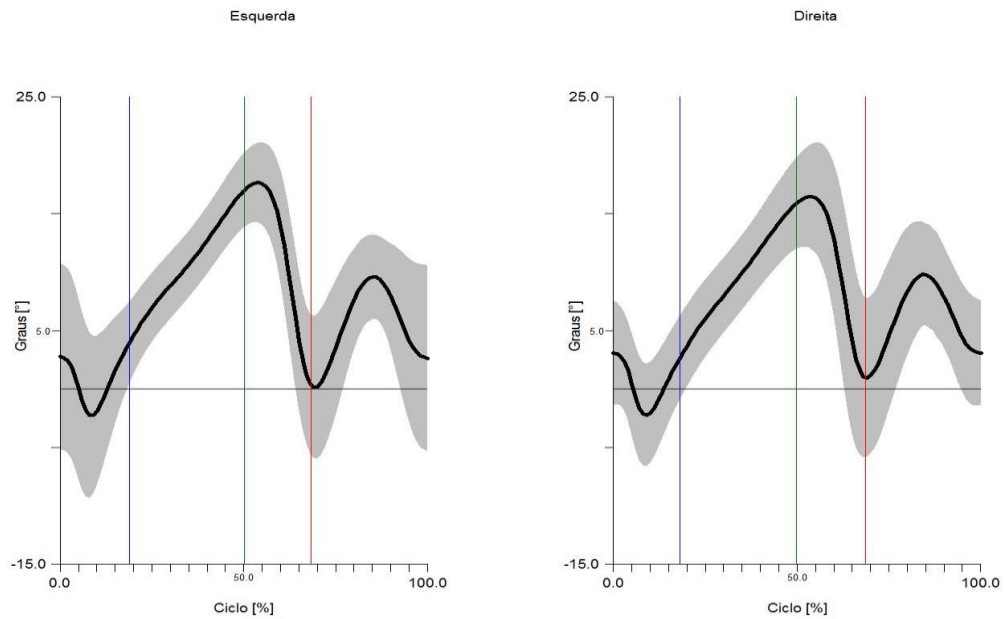


Gráfico 2. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão plantar/dorsiflexão de tornozelo esquerdo e direito do GPD.

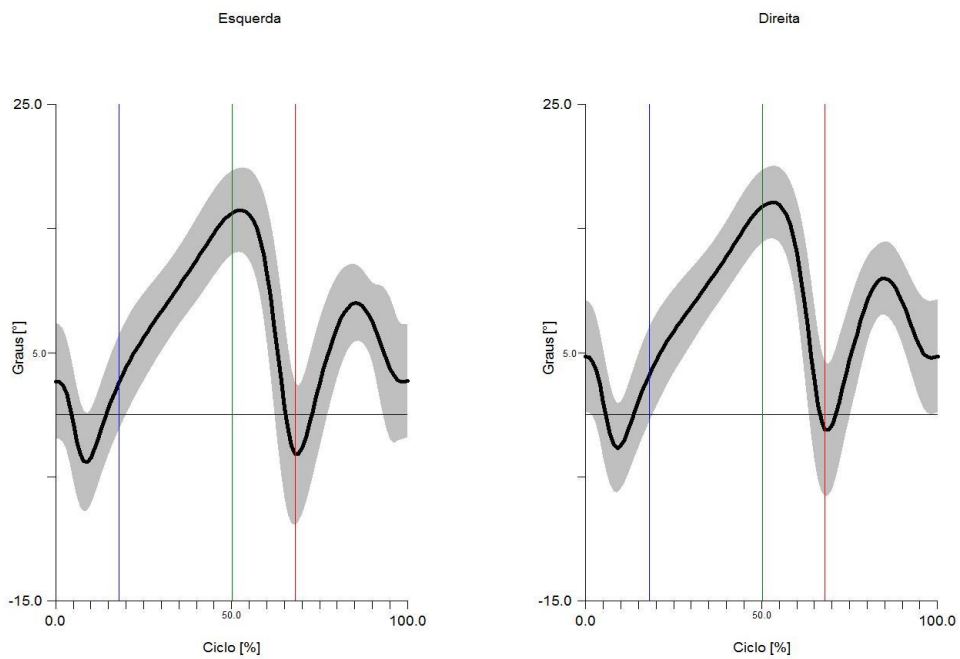
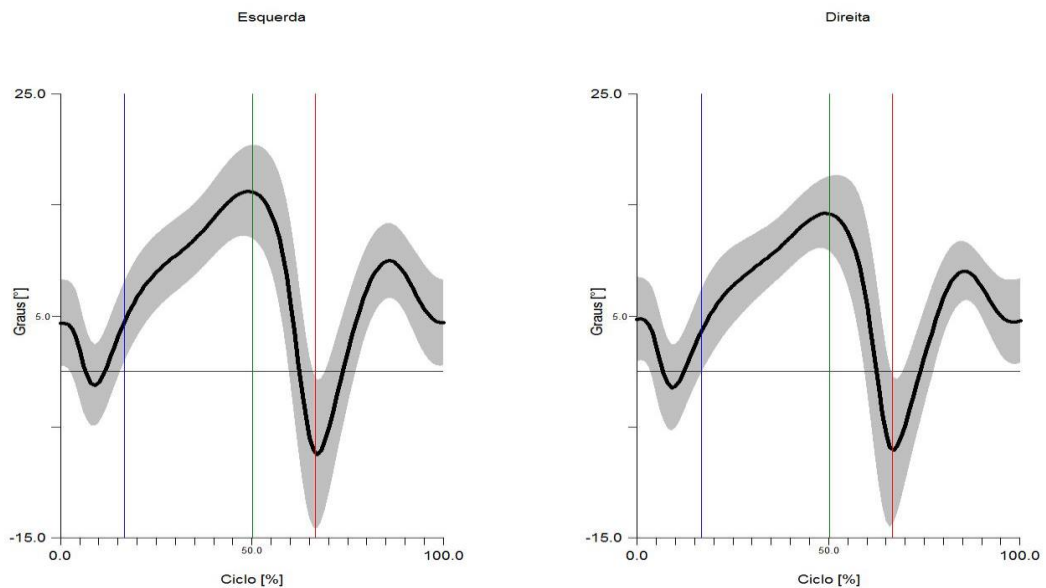


Gráfico 3. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão plantar/dorsiflexão de tornozelo esquerdo e direito do GNP, GPD e GPC.



Universidade Federal de Vicosa

page 3

Os valores médios (\pm desvio padrão), bem como comparação entre os grupos, dos valores angulares referentes a amplitude de movimento da articulação do tornozelo direito e esquerdo (flexão plantar/dorsiflexão, inversão/eversão, adução/abdução) durante a marcha são exibidos na tabela 5 a seguir.

Tabela 5. Amplitude de movimento da articulação do tornozelo direito e esquerdo durante a marcha.

AMPLITUDE DE MOVIMENTO DO TORNOZELO	GNP	GPD	GPC	p
Flexão plantar/dorsiflexão do tornozelo esquerdo	29,8° (\pm 4,52°)	29,7° (\pm 4,72°)	32,2° (\pm 5,67°)	0.2188
Inversão/eversão do tornozelo esquerdo	23,7° (\pm 10,8°)	21,1° (\pm 9,80°)	20,78° (\pm 5,29°)	0.517
Adução/abdução do tornozelo esquerdo	25,0° (\pm 6,44°)	28,0° (\pm 5,88°)	27,5° (\pm 7,58°)	0.3273
Flexão plantar/dorsiflexão do tornozelo direito	29,3° (\pm 7,07°)	30,1° (\pm 5,31°)	31,2° (\pm 6,38°)	0.6604
Inversão/eversão do tornozelo direito	31,8° (\pm 14,3°)	28,3° (\pm 7,94°)	29,4° (\pm 8,15°)	0.581
Adução/abdução do tornozelo direito	24,6° (\pm 6,82°)	26,0° (\pm 5,75°)	28,7° (\pm 8,96°)	0.2045

GNP: portador de diabetes com neuropatia; GPD: portador de diabetes sem neuropatia; GPC: controle não diabético. Valores positivos representam o movimento de dorsiflexão, valores negativos representam o movimento de flexão plantar.

Podemos observar através da tabela acima que a amplitude de movimento nos graus de liberdade flexão plantar/dorsiflexão, inversão/eversão e adução/abdução da articulação do tornozelo dos membros inferiores direito e esquerdo não foram afetados pelo diabetes/neuropatia.

Os valores médios (\pm desvio padrão), bem como comparação entre os grupos, dos valores angulares das articulações do tornozelo direito e esquerdo (flexão plantar/dorsiflexão, inversão/eversão, adução/abdução) de cada grupo no momento do contato e perda de contato com o solo durante a marcha são exibidos na tabela 6 a seguir.

Tabela 6. Valores angulares das articulações do tornozelo direito e esquerdo de cada grupo no momento do contato e perda de contato com o solo durante a marcha.

VARIÁVEIS ANGULARES DO TORNOZELO	GNP	GPD	GPC	<i>p</i>
Dorsiflexão de tornozelo esquerdo no momento do contato	2,38° ($\pm 3,49^\circ$)	2,74° ($\pm 4,23^\circ$)	4,23° ($\pm 3,60^\circ$)	0,2689
Inversão de tornozelo esquerdo no momento do contato	6,27° ($\pm 3,14^\circ$)	5,24° ($\pm 3,47^\circ$)	6,55° ($\pm 3,27^\circ$)	0,4222
Abdução de tornozelo esquerdo no momento do contato	-23,2° ($\pm 9,63^\circ$)	-26,42° ($\pm 13,80^\circ$)	-28,16° ($\pm 14,83^\circ$)	0,4747
Flexão plantar de tornozelo esquerdo no momento da perda de contato	-1,27° ($\pm 4,79^\circ$)	-4,29° ($\pm 4,56^\circ$)	-7,47° ($\pm 6,13^\circ$) ⁺	0,0018
Inversão de tornozelo esquerdo no momento da perda de contato	5,78° ($\pm 2,92^\circ$)	4,65° ($\pm 5,06^\circ$)	6,63° ($\pm 6,85^\circ$)	0,4848
Abdução de tornozelo esquerdo no momento da perda de contato	-19,43° ($\pm 7,09^\circ$)	-18,94° ($\pm 9,49^\circ$)	-21,39° ($\pm 10,67^\circ$)	0,6736
Dorsiflexão de tornozelo direito no momento contato	3,24° ($\pm 4,27^\circ$)	4,82° ($\pm 4,17^\circ$)	4,67° ($\pm 3,48^\circ$)	0,3918
Inversão de tornozelo direito no momento contato	7,55° ($\pm 3,49^\circ$)	7,20° ($\pm 3,77^\circ$)	7,35° ($\pm 4,37^\circ$)	0,9604

Abdução de tornozelo direito no momento contato	-27,70° (±9,48°)	-31,25° (±11,63°)	-28,73° (±13,51°)	0,6137
Flexão plantar de tornozelo direito no momento da perda de contato	-0,023° (±5,74°)	-2,01° (±4,03°)	-7,57° (±5,81°) *	0,001
Inversão de tornozelo direito no momento da perda de contato	7,34° (±3,37°)	6,50° (±5,37°)	5,12° (±6,26°)	0,395
Abdução de tornozelo direito no momento da perda de contato	-24,24° (±7,22°)	-24,90° (±6,78°)	-21,96° (±9,09°)	0,4606

* GPC foi significativamente maior que GNP e GPD; + GPC foi significativamente maior que GNP; (p<0,05). GNP: portador de diabetes com neuropatia; GPD: portador de diabetes sem neuropatia; GPC: controle não diabético. Valores positivos representam o movimento de dorsiflexão, valores negativos representam o movimento de flexão plantar.

Os movimentos de inversão/eversão e abdução/adução da articulação do tornozelo não tiveram diferenças significativas. GPD e GNP realizaram uma menor flexão plantar de tornozelo no momento da perda de contato do membro direito com o solo em relação ao GPC. Enquanto no membro esquerdo esse efeito é evidenciado pela GNP em relação ao GPC.

6.2.3.5 Articulação do joelho

Os gráficos abaixo representam as curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão/extensão do joelho esquerdo e direito do GNP, GPD e GPC, respectivamente. Valores negativos representam o movimento de extensão e valores positivos representam o movimento de flexão.

Podemos observar que as curvas são semelhantes em ambos os grupos e que ocorre uma maior variabilidade em torno dos 20% do ciclo no GNP e GPD quando comparados ao GPC. Nos momentos das perdas de contato não obtivemos diferenças significativas entre os grupos.

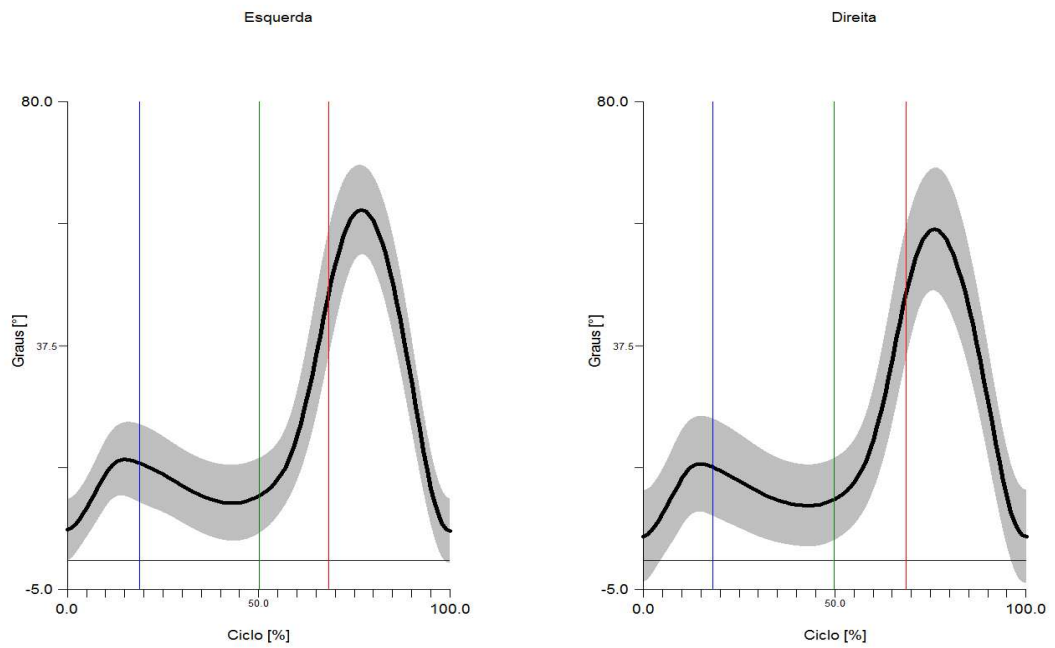
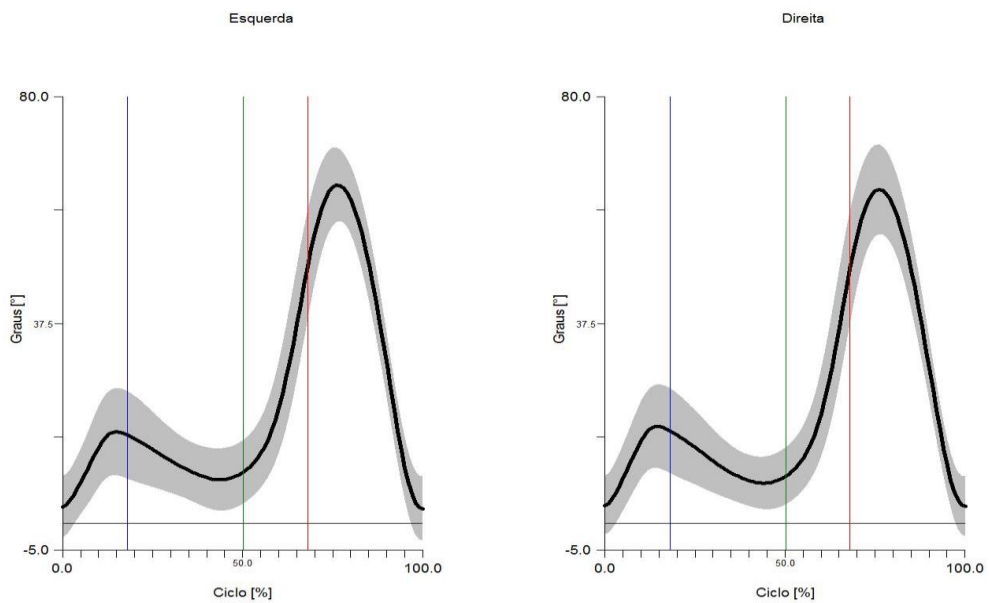
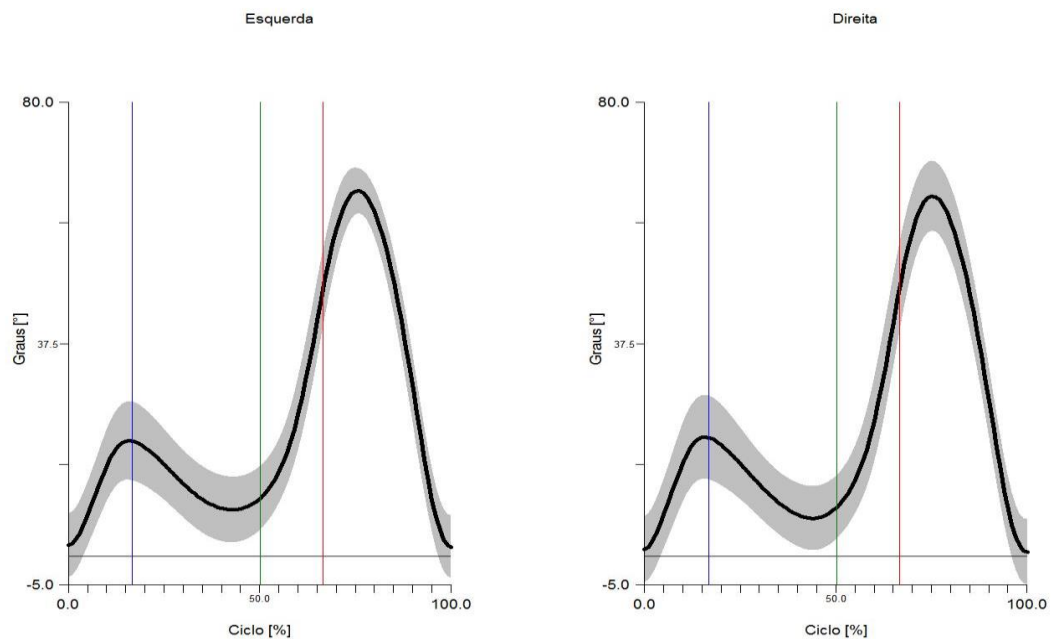
Gráfico 4. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão/extensão de joelho esquerdo e direito do GNP.**Gráfico 5.** Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão/extensão de joelho esquerdo e direito do GPD.

Gráfico 6. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão/extensão de joelho esquerdo e direito do GPC.

Os valores médios (\pm desvio padrão), bem como comparação entre os grupos, dos valores angulares referentes a amplitude de movimento da articulação do joelho esquerdo e direito (flexão/extensão) durante a marcha são exibidos na tabela 7 a seguir.

Tabela 7. Valores angulares referentes a amplitude de movimento da articulação do joelho esquerdo e direito durante a marcha.

AMPLITUDE DE MOVIMENTO DO JOELHO	GNP	GPD	GPC	p
Flexão/extensão do joelho esquerdo	63,6° (\pm 5,61°)	65,5° (\pm 5,32°)	67,0° (\pm 5,59°)	0,1709
Flexão/extensão do joelho direito	61,2° (\pm 8,46°)	65,06° (\pm 5,58°)	67,3° (\pm 5,58°) *	0,0202

* GPC foi significativamente maior que GNP; ($p < 0.05$). GNP: portador de diabetes com neuropatia; GPD: portador de diabetes sem neuropatia; GPC: controle não diabético. Valores positivos representam o movimento de flexão, valores negativos representam o movimento de extensão.

O GNP apresentou valores significativamente menores de amplitude de movimento durante a marcha nas articulações do joelho direito no grau de liberdade de flexão/extensão que o GC, sendo observado o efeito da neuropatia.

Os valores médios (\pm desvio padrão), bem como comparação entre os grupos, dos valores angulares das articulações do joelho esquerdo e direito (flexão/extensão) de cada grupo no momento do contato e perda de contato com o solo durante a marcha são exibidos na tabela 8 a seguir.

Tabela 8. Valores angulares das articulações do joelho esquerdo e direito de cada grupo no momento do contato e perda de contato com o solo durante a marcha.

VARIÁVEIS ANGULARES DO JOELHO	GNP	GPD	GPC	p
Flexão de joelho esquerdo no momento do contato	5,52° (\pm 5,8°)	3,30° (\pm 5,48°)	1,90° (\pm 5,25°)	0,1147
Flexão de joelho esquerdo no momento da perda de contato	47,80° (\pm 6,22°)	48,37° (\pm 5,27°)	47,0° (\pm 4,37°)	0,721
Flexão de Joelho direito no momento do contato	4,47° (\pm 8,01°)	3,51° (\pm 5,27°)	1,12° (\pm 5,6°)	0,2443
Flexão de joelho direito no momento da perda de contato	47,12° (\pm 7,66°)	48,04° (\pm 6,63°)	47,13° (\pm 5,02°)	0,8782

Nenhuma das variáveis apresentou diferença significativa. GNP: portador de diabetes com neuropatia; GPD: portador de diabetes sem neuropatia; GPC: controle não diabético. Valores positivos representam o movimento de flexão, valores negativos representam o movimento de extensão.

Como podemos observar na tabela acima, os valores angulares de flexão/extensão da articulação do joelho no contato e na perda de contato como o solo não tiveram diferenças significativas.

6.2.3.6 Articulação do quadril

Os gráficos abaixo representam as curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão/extensão de quadril esquerdo e direito do GNP, GPD e GPC, respectivamente. Valores negativos representam o movimento de extensão e valores positivos representam o movimento de flexão.

Os gráficos mostram que as curvas possuem um padrão semelhante entre os três grupos. Através dele, podemos observar uma maior variabilidade dos dados do GNP e GPD em comparação com o GPC. A fase da perda de contato que geralmente acontece em torno dos 60% se posterga, acontecendo em torno de 69% para GNP, 68% para GPD e 66% para GPC, visto que os participantes realizam o ciclo mais devagar.

As linhas com a cor azul e verde respectivamente representam o momento da perda de contato e momento do contato da perna contralateral durante o ciclo. A linha vermelha traçada nos gráficos representa o momento da perda de contato da ponta do pé com o solo e nesse momento podemos observar que GNP/GPD realizam uma maior flexão de quadril esquerdo e direito em relação ao GPC. GPC nesse momento se encontra em uma posição neutra.

Gráfico 7. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão/extensão de quadril esquerdo e direito do GNP.

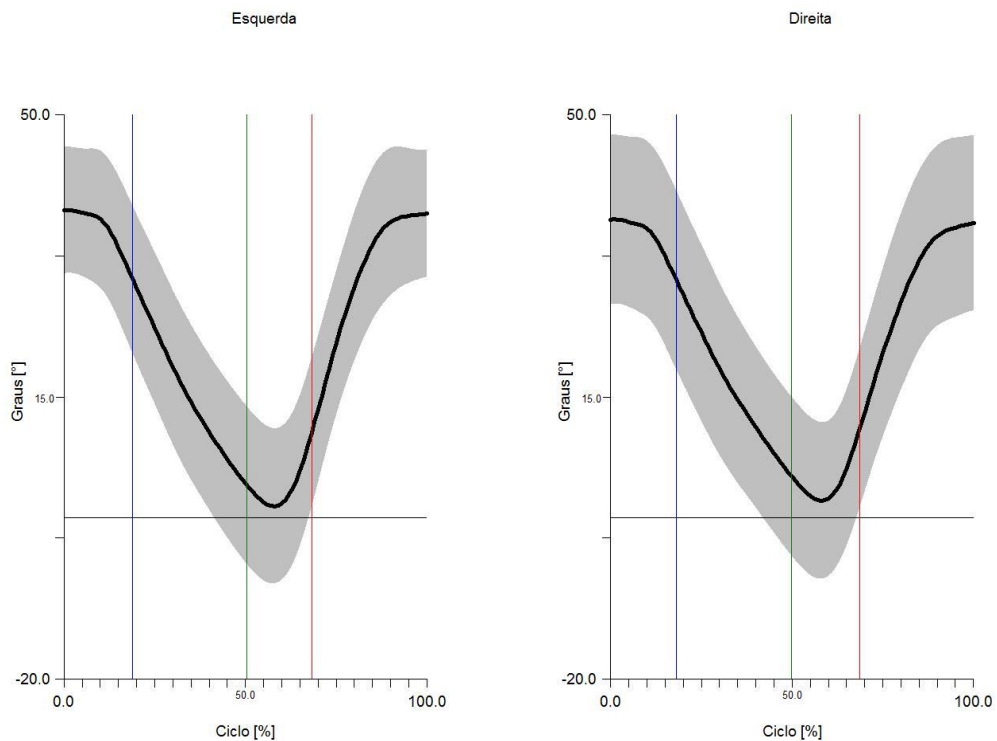


Gráfico 8. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão/extensão de quadril esquerdo e direito do GPD.

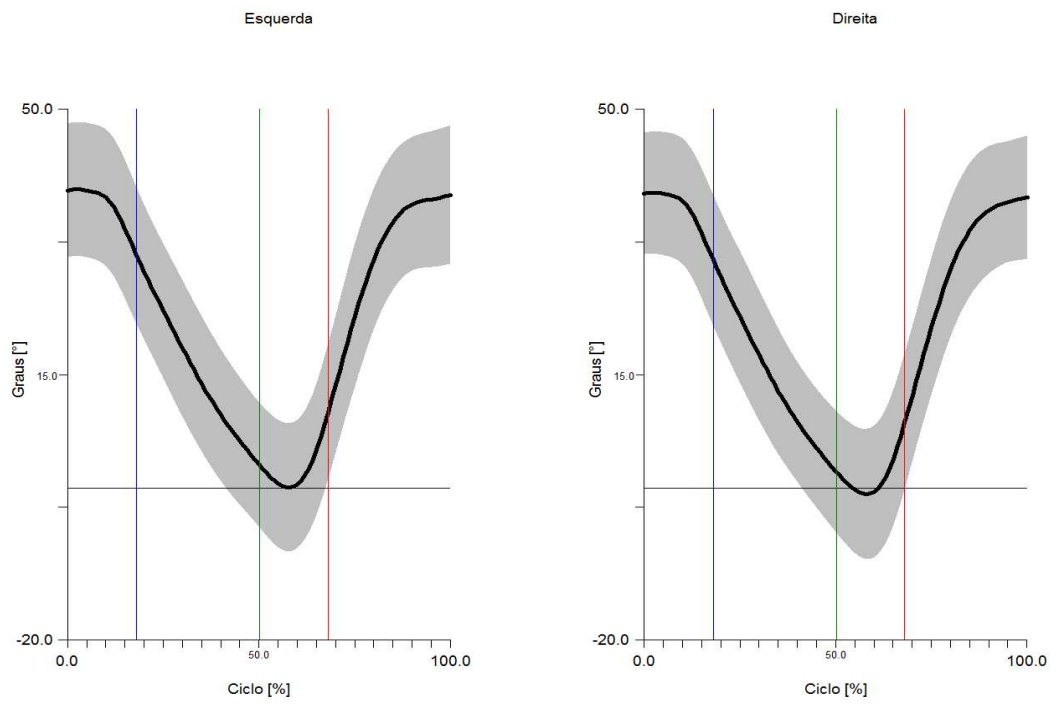
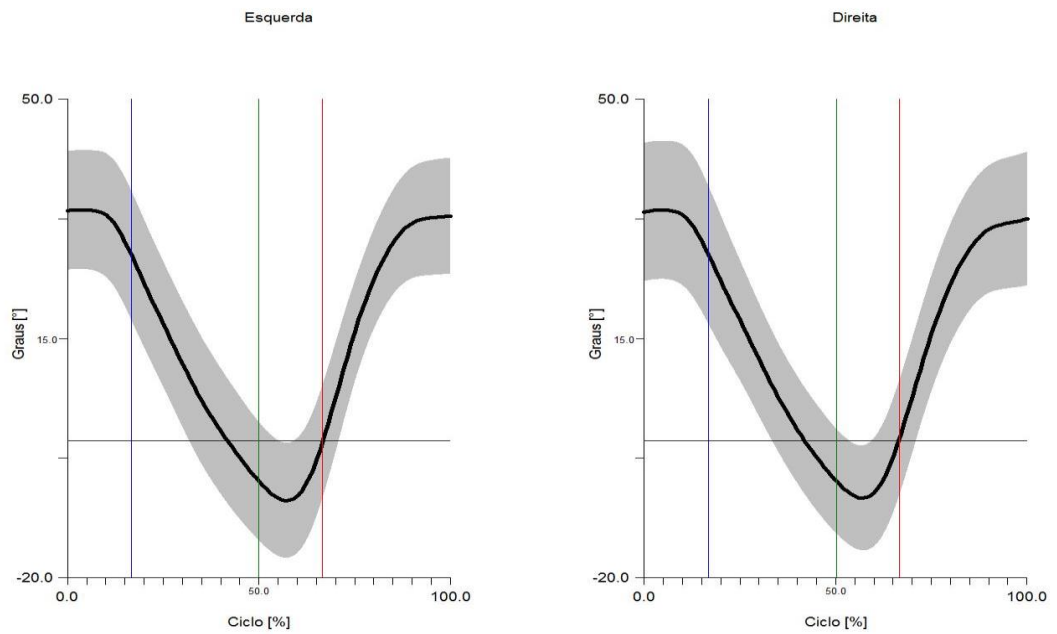


Gráfico 9. Curvas médias (\pm desvio padrão) de flexão/extensão de quadril esquerdo e direito do GPC.



Os valores médios (\pm desvio padrão), bem como comparação entre os grupos, dos valores angulares referentes a amplitude de movimento da articulação do quadril (flexão/extensão adução/abdução, rotação interna/rotação externa) durante a marcha são exibidos na tabela 9 a seguir.

Tabela 9. Valores angulares referentes a amplitude de movimento da articulação do quadril durante a marcha.

AMPLITUDE DE MOVIMENTO DO QUADRIL		GNP	GPD	GPC	p
Flexão/extensão	de				
quadril esquerdo		43,4° (\pm 5,66°)	46,6° (\pm 6,36°)	49,2° (\pm 5,95°) *	0,0132
Adução/Abdução	de				
quadril esquerdo		15,4° (\pm 3,89°)	15,6° (\pm 4,20°)	17,0° (\pm 4,03°)	0,3744
Rotação interna/rotação externa	de				
quadril esquerdo		21,9° (\pm 5,88°)	21,4° (\pm 7,88°)	24,3° (\pm 10,6°)	0,4964
Flexão/extensão	de				
quadril direito		42,4° (\pm 7,01°)	45,9° (\pm 6,32°)	49,11° (\pm 7,27°) *	0,0133
Adução/abdução	de				
quadril direito		15,5° (\pm 4,10°)	16,0° (\pm 4,18°)	16,8° (\pm 3,64°)	0,5927
Rotação interna/rotação externa	do				
quadril direito		21,0° (\pm 6,24°)	20,2° (\pm 5,65°)	22,1° (\pm 7,44°)	0,6535

* GPC foi significativamente maior que GNP; ($p < 0,05$). GNP: portador de diabetes com neuropatia; GPD: portador de diabetes sem neuropatia; GPC: controle não diabético. Valores positivos representam o movimento de flexão e valores negativos representam o movimento de extensão.

O GNP apresentou valores significativamente menores de amplitude de movimento durante a marcha nas articulações do quadril no grau de liberdade de flexão/extensão que o GC.

É importante ressaltar, que o GD não teve diferença significativa entre os GC e GNP, o que pode indicar uma fase transitória da doença em questão, pois é possível observar uma tendência decrescente entre $GNP < GPD < GPC$ nas mesmas variáveis.

Os valores médios (\pm desvio padrão), bem como comparação entre os grupos, dos valores angulares das articulações do quadril esquerdo e direito (flexão/extensão, adução/abdução, rotação interna/rotação externa) de cada grupo no momento do contato e perda de contato com o solo durante a marcha são exibidos na tabela 10 a seguir.

Tabela 10. Valores angulares das articulações do quadril esquerdo e direito de cada grupo no momento do contato e perda de contato com o solo durante a marcha.

VARIÁVEIS ANGULARES DO QUADRIL	GNP	GPD	GPC	p
Flexão de quadril esquerdo no momento do contato	38,31° (±7,85°)	39,31° (±8,49°)	33,51° (±7,98°)	0,0623
Abdução de quadril esquerdo no momento do contato	-0,08° (±4,73°)	-0,43° (±3,78°)	-1,19° (±2,63°)	0,6471
Rotação externa de quadril esquerdo no momento do contato	-14,72° (±7,33°)	-9,37° (±10,69°)	-10,50° (±13,09°)	0,2534
Flexão de quadril esquerdo no momento da perda de contato	10,90° (±9,88°)	9,70° (±8,34°)	0,08° (±7,87°) *	0,0003
Abdução de quadril esquerdo na perda de contato	-3,91° (±5,40°)	-5,51° (±4,81°)	-6,06° (±4,49°)	0,3629
Rotação externa de quadril esquerdo na perda de contato	-6,66° (±4,89°)	-4,30° (±5,31°)	-4,98° (±6,30°)	0,3868
Flexão de quadril direito no momento do contato	37,0° (±10,51°)	38,72° (±7,65°)	33,07° (±8,88°)	0,1415
Abdução de quadril direito no momento do contato	-2,30° (±3,56°)	-1,10° (±2,94°)	-2,59° (±3,31°)	0,3223
Rotação externa do quadril direito no momento do contato	-13,38° (±7,74°)	-13,01° (±9,83°)	-11,32° (±13,42°)	0,8075
Flexão de quadril direito no momento da perda de contato	10,87° (±10,53°)	8,44° (±8,60°)	0,26° (±7,37°) *	0,0011
Abdução de quadril direito no momento da perda de contato	-5,53° (±4,28°)	-4,04° (±3,73°)	-6,25° (±5,0°)	0,2728
Rotação externa de quadril direito no momento da perda de contato	-6,69° (±5,74°)	-8,33° (±6,28°)	-6,73° (±5,85°)	0,6165

* GPC foi significativamente menor que GNP e GPD; ($p < 0,05$). GNP: portador de diabetes com neuropatia; GPD: portador de diabetes sem neuropatia; GPC: controle não diabético. Valores positivos representam o movimento de flexão e valores negativos o movimento de extensão.

GPD e GPN apresentaram valores significativamente maiores de flexão de quadril no momento da perda de contato do membro (direito e esquerdo) com o solo

em relação ao GPC. A articulação do quadril do GPC no mesmo momento se encontra em posição neutra.

Os movimentos de abdução/adução e rotação externa/interna da articulação do quadril não foram significativamente diferentes.

7. DISCUSSÃO

O presente estudo objetivou analisar os efeitos da NDP no equilíbrio estático (através da oscilação do COP emitidos pela plataforma de força. - deslocamento e desvio padrão nos eixos AP e LL, velocidade média, posição média e comprimento do COP) e no padrão de marcha (através das variáveis espaço temporais, amplitude de movimento do tornozelo (flexão plantar/ dorsiflexão, inversão/eversão, abdução/adução), joelho (flexão/extensão) e quadril (flexão/extensão, abdução/adução, rotação interna/rotação externa) durante a marcha e os ângulos articulares do tornozelo (flexão plantar/ dorsiflexão, inversão/eversão, abdução/adução), joelho (flexão/extensão) e quadril (flexão/extensão, abdução/adução, rotação interna/rotação externa) em momentos específicos da marcha (momento da perda de contato da ponta do pé com o solo e momento do contato do calcanhar com o solo). Assim, a discussão será apresentada em dois tópicos: avaliação do equilíbrio estático e avaliação cinemática 3D da marcha.

7.1 Avaliação do equilíbrio estático

Neste estudo não foi encontrada uma diferença significativa entre os grupos em relação à posição média do COP. Entretanto, o GNP apresentou um maior deslocamento do COP em ambos os eixos dentro de uma menor área. O comprimento do COP refere-se ao deslocamento total do COP nas direções AP e LL (BARATTO et al., 2002) e serve como uma medida de resultado válida em várias populações para avaliar o equilíbrio (JAKOBSEN et al., 2011; STYLIANOU et al., 2011) e maiores deslocamentos do COP estão associados a maiores déficits de equilíbrio (BOUCHER et al., 1995, LAFOND et al., 2003; NAJAFI et al., 2010; TURCOT et al., 2009). Esses maiores deslocamentos já foram observados em pacientes com NDP quando

comparados com portadores de DM sem NP e indivíduos saudáveis (BOUCHER et al., 1995, LAFOND et al., 2003; NAJAFI et al., 2010; TURCOT et al., 2009). Lee et al. (2018) avaliaram o controle do equilíbrio lateral e encontraram um intervalo significativamente maior do grupo de idosos com diabetes em relação aos idosos não diabéticos. Simoneau et al. (1994), relata que indivíduos com NDP em posição estática com os olhos abertos tiveram uma maior oscilação em torno de 66% quando comparados com pessoas saudáveis da mesma idade (SIMONEAU et al., 1994). Lee et al. (2018) avaliaram o equilíbrio de uma população de idosos com diabetes através das oscilações do COP em uma plataforma de força e em conclusão, relataram que o diabetes em adultos mais velhos foi associado a declínios na capacidade de minimizar o desequilíbrio após distúrbios do equilíbrio. Essa capacidade reduzida pode ser atribuída a uma menor força muscular e sensibilidade plantar.

O comprimento da trajetória do COP do GNP foi significativamente menor em relação ao GC. A diminuição da área com apoio bipodal, em alguns casos, pode não ser um bom preditor de instabilidade, já que indivíduos com Mal de Parkinson também apresentam áreas de oscilação menores que indivíduos sem a doença (HORAK, 1997).

A velocidade média da trajetória do COP do GNP foi significativamente menor em relação ao GPC. Contrariamente, Boucher et al. (1995) e Lee et al. (2018) encontraram uma maior velocidade de oscilação em portadores de diabetes com e sem neuropatia em comparação com os controles de idades correspondentes.

Assim, a partir do dado de comprimento (área), em um primeiro momento, o grupo poderia ser considerado com baixo risco (estável), no entanto, GNP apresentou grande oscilação corporal em ambos os eixos, o que poderia indicar uma maior instabilidade. A presença de fatores pertencentes a neuropatia periférica, como declínio sensorial, declínio da força muscular e diminuição dos reflexos musculares, estariam relacionados com a piora do equilíbrio. Palma et al. (2013) relata que quanto maior a gravidade/classificação da NDP, maior será o deslocamento do COP, o que pode estar associado a um maior risco de quedas, mesmo em situações de baixa complexidade, como a posição estática.

Os ajustes posturais necessários durante a postura estática e a caminhada demonstraram maior variabilidade em pacientes com NDP (MENZ et al., 2004; TURCOT et al., 2009; MORRISON et al., 2012) o que sugere uma dificuldade inerente em regular seus movimentos resultando na necessidade de ajustes mais frequentes de equilíbrio, o que por si só poderia ser desestabilizador.

7.2 Avaliação cinemática 3D da marcha

É estabelecido na literatura que a NDP prejudica os sistemas somatossensoriais e de controle motor, o que por sua vez afeta a geração e o controle da marcha (SACCO et al., 2014), visto isso, a hipótese inicial deste trabalho foi que devido às alterações sensitivas e motoras específicas proporcionadas pela NDP, tal população apresentaria os maiores comprometimentos nas variáveis relacionadas à avaliação da marcha.

7.2.1 Variáveis espaço-temporais

Em relação às variáveis espaço-temporais, obtivemos diferenças significativas na maioria dos parâmetros analisados, com exceção da largura da passada, que não apresentou diferença significativa entre os grupos analisados.

GNP apresentou um tempo de duplo apoio mais longo durante a marcha em relação ao GPC. Concordando com nossos resultados, esse achado também foi abordado por Sawacha et al. (2012) e por Fernando et al. (2013), o que pode sugerir que essa população necessite de um tempo maior na realização de possíveis ajustes posturais para a retomada da tarefa. Estudo de Grewal et al. (2013) analisou o tempo de duplo suporte, sendo um grupo de portadores de NDP com úlceras, e outro grupo de portadores de NDP sem úlceras e GPC não diabético. Os autores verificaram que os portadores de NDP, independente da presença de úlceras, tiveram um tempo maior de duplo apoio que o GPC e relataram, que possivelmente, as alterações do comprometimento proprioceptivo dos membros inferiores interferiram de forma negativa nessa diferença.

Os valores considerados dentro da normalidade para o comprimento do passo situam-se entre (membro esquerdo: $0,74\pm 0,2$; membro direito: $0,62\pm 0$). GNP apresentou (membro esquerdo: $0,54\pm 0,11$; membro direito: $0,54\pm 0,09$); GPD (membro esquerdo: $0,57\pm 0,08$; membro direito: $0,57\pm 0,09$) e GPC membro esquerdo: $0,64\pm 0,07$; membro direito: $0,64\pm 0,08$). Podemos observar que os 3 grupos apresentaram valores maiores do que aqueles considerados dentro na normalidade, o que é esperado ao se considerar a condição da doença para GNP/GPD e o envelhecimento para o GPC, já que a faixa etária dos participantes do estudo se concentram entre meia e terceira idade. O GNP apresentou menor comprimento do passo esquerdo em relação ao GPC. Camargo et al., (2015) aborda que a fraqueza dos músculos flexores plantares do tornozelo, observada em pacientes com NDP, pode levar a passos mais curtos e está associada ao comprometimento do desempenho funcional. Um menor comprimento do passo como característica da população com NDP também foi encontrada por outros autores (RASPOVIC, 2013; APRILE et al., 2018). Em relação ao comprimento do passo direito, observamos o efeito do diabetes, onde GNP e GPD apresentaram um menor comprimento de passo direito em relação ao GPC.

Os valores referentes a cadência dentro da normalidade se concentram entre ($113,84\pm 4,30$) passos/minuto. GPN apresentou (membro esquerdo: $97,8\pm 1,8$; membro direito: $96,2\pm 13,3$), GPD (membro esquerdo: $98,1\pm 9,05$; membro direito: $98,4\pm 9,8$) e GPC (membro esquerdo: $111,98\pm 11,4$; membro direito: $112,9\pm 11,2$). Os resultados encontrados para GNP, GPD e GPC são menores que a faixa de normalidade, porém já são esperados, devido às condições das doenças para os grupos de diabéticos com e sem neuropatia e para GPC pela condição de envelhecimento, já que a faixa etária dos participantes é classificada em meia idade e idosos. Em nossos resultados foi observado que GNP e GPD possuem uma menor cadência em relação ao GPC. Gomes et al. (2011) relata que pessoas saudáveis possuem geralmente uma cadência aumentada, o que em contraste com nossos resultados sugere que a cadência diminuída seja encontrada como efeito do DM, entretanto, Menz et al. (2004) e Richardson et al. (2004) estudaram a variabilidade passo-tempo em uma população diabética e não encontraram diferenças significativas entre os grupos em relação às medições feitas em uma superfície plana.

Os valores de tempo de apoio simples considerados dentro da normalidade se concentram em (membro esquerdo: $0,63\pm 0,04$; membro direito: $0,63\pm 0,02$). GNP apresentou (membro esquerdo: $0,39\pm 0,05$; membro direito: $0,39\pm 0,05$), GPD (membro esquerdo: $0,39\pm 0,02$; membro direito: $0,39\pm 0,03$) e GPC (membro esquerdo: $0,35\pm 0,02$; membro direito: $0,35\pm 0,03$). Apesar dos valores encontrados nos grupos não estarem dentro da normalidade, podemos observar as diferenças entre os grupos. Em relação ao tempo de apoio simples, GNP e GPD apresentaram significativamente maiores valores em relação ao GPC em ambos os membros. Sawacha et al. (2012b) relatou que os pacientes com DPN tiveram maior duração percentual na fase de apoio da marcha. Outros estudos relataram que os pacientes com NDP tiveram um tempo de apoio mais longo (SAWACHA et al., 2009; SAVELBERG et al., 2010).

GNP ($1,26\pm 0,19$) e GPD ($1,23\pm 0,11$) tiveram uma maior duração do ciclo em relação ao GPC ($1,07\pm 0,10$). Esses resultados mostram que diabéticos com e sem neuropatia caminham mais devagar.

Os valores considerados dentro da normalidade durante a fase de balanço se concentram entre (membro esquerdo: $0,43\pm 0,02$, membro direito: $0,43\pm 0,2$). Os valores de GNP se concentram entre (membro esquerdo: $0,86\pm 0,14$; membro direito: $0,86\pm 0,15$); GPD (membro esquerdo: $0,83\pm 0,09$; membro direito: $0,83\pm 0,09$) e GPC (membro esquerdo: $0,71\pm 0,07$; membro direito: $0,71\pm 0,07$). Podemos observar que os 3 grupos apresentaram valores maiores do que aqueles considerados dentro da normalidade, o que é esperado, devido a condição da doença para GNP/GPD e envelhecimento para o GPC, já que a faixa etária do estudo se concentra entre meia e terceira idade. GNP e GPD apresentaram significativamente um maior tempo da fase de balanço em ambos os membros em relação ao GPC. Esse resultado também foi encontrado por Raspovic et al. (2013) e Aprile et al. (2018) que relataram um aumento do tempo de desligamento do pé contralateral com a finalidade de deslocar o peso corporal do membro lesionado para o lado menos afetado.

Com exceção da largura da passada, que não apresentou diferença significativa, os resultados desse estudo mostra que GNP e GPD apresentaram um aumento em todos os parâmetros temporais (tempo do ciclo, tempo de duplo apoio, tempo de apoio simples, tempo do passo, cadência, fase de balanço) e redução em todos os parâmetros espaciais da marcha (comprimento do passo esquerdo e direito

e comprimento da passada). A redução quantitativa desses parâmetros reflete um padrão de marcha mais conservador e pode estar atrelado a um mecanismo compensatório adaptativo para a patologia no sistema proprioceptivo e por causa do aumento da demanda de atenção necessária para controlar e regular a complexidade da marcha (KO et al., 2012). Passos mais curtos, cadência reduzida e período de suporte duplo relativamente alto são padrões de caminhada atípicos gerais da população com NDP (PAUL et al., 2009).

7.2.2 Variáveis angulares

Quando analisamos a amplitude de movimento das articulações dos membros inferiores durante a marcha, podemos observar que o GNP apresentou valores de amplitude de movimento significativamente menores na articulação do joelho direito no grau de liberdade flexão/extensão em relação ao GPC, sendo observado o efeito da neuropatia. Nossos resultados corroboram com Fernando et al. (2013) que relataram uma amplitude de movimento reduzida no joelho em flexão e extensão no GNP em comparação com indivíduos não diabéticos. Katoulis et al. (1997) também encontrou uma redução na amplitude de movimento de flexão/extensão na articulação do joelho de portadores de NDP em relação ao GPC. O autor sugere que isso poderia estar associado a um mecanismo compensatório para o enrijecimento da articulação do tornozelo para manter o equilíbrio postural normal e enfatiza que uma possível associação com glicação do tecido na articulação do joelho não pode ser excluída.

O GNP apresentou também valores de amplitude de movimento significativamente menores durante a marcha em ambas as articulações do quadril no grau de liberdade flexão/extensão em relação ao GPC, sendo observado o efeito da neuropatia. Esses achados também foram encontrados por Ko et al. (2011) na população diabética em relação a população não diabética onde os participantes com diabetes tinham uma menor amplitude de movimento do quadril no plano sagital durante a caminhada normal do que aqueles sem diabetes (SAWACHA et al., 2009).

Não encontramos diferenças significativas na amplitude de movimento do tornozelo entre os grupos GNP, GPD e GPC. Raspovic et al. (2013) e Yavuzer et al. (2006), também não encontraram diferenças na amplitude de movimento do complexo

articular do tornozelo nos três grupos durante a marcha. A glicação do colágeno pode levar ao espessamento das estruturas periarticulares e pode confundir as diferenças no movimento do tornozelo devido à neuropatia.

Contrariamente, aos resultados aqui apresentados, Hazari et al. (2016) não encontrou nenhuma diferença significativa entre as amplitudes de movimento nas articulações do quadril e joelho ao comparar pacientes com e sem neuropatia diabética.

Em relação à mobilidade articular dos membros inferiores, procuramos analisar dois momentos específicos da marcha: o momento do contato do calcanhar com o solo e o momento da perda de contato da ponta do pé com o solo. Analisamos a articulação do tornozelo em três graus de liberdade (flexão plantar/dorsiflexão, inversão/eversão, abdução/adução), joelho com 1 grau de liberdade (flexão/extensão) e quadril com três graus de liberdade (flexão/extensão, abdução/adução, rotação interna/rotação externa). Em algumas variáveis analisadas, não encontramos os mesmos resultados em ambas as pernas, o que pode sugerir um maior comprometimento em uma delas.

Durante a perda de contato do pé com o solo, o joelho está em flexão e o tornozelo em flexão plantar para as demandas funcionais da propulsão para frente, enquanto os grupos musculares dominantes são contraídos para suportar uma parte do peso corporal antes da fase de balanço. Os músculos contraídos durante a flexão plantar do tornozelo (gastrocnêmio e sóleo) estão no modo de geração de força, enquanto os músculos extensores do joelho (quadríceps) estão no modo de absorção e, portanto, se complementam e compensam uns aos outros nas funções de suporte de peso e alavanca para propulsão para frente (KO et al., 2011).

Ao descrever o padrão de movimento durante a marcha do GNP em relação a mobilidade articular dos membros inferiores, podemos observar a realização de uma menor flexão plantar de tornozelo no momento da perda de contato da ponta do pé do membro esquerdo com o solo em relação ao GPC evidenciando o efeito da neuropatia. Nesse mesmo membro podemos observar uma tendência decrescente representada por maiores valores de flexão plantar realizados pelo GPC (em torno de 8 graus), seguido por uma leve flexão plantar realizado pelo GPD (em torno de 4 graus) e por

uma posição neutra do tornozelo do GNP (em torno de 1 grau) na perda de contato do membro com o chão.

Já no membro direito, nesse mesmo momento (perda de contato da ponta do pé com o solo), podemos observar que o diabetes antes mesmo de alguma complicação vir a ser diagnosticada clinicamente, ele já promove alterações na articulação do tornozelo. GNP e GPD se mostraram semelhantes ao ser comparados e apresentam valores de flexão de tornozelo significativamente menores em relação ao GPC, o que pode sugerir uma perda de mobilidade articular do membro direito para ambos os grupos. Menores valores de flexão plantar nesse momento, pode ocasionar uma perda de propulsão (ato de empurrar o pé contra o solo) e corrobora para formação de um quadro coeso de função distal alterada durante a marcha. A rigidez dessa articulação é prejudicial, pois a amplitude de movimento de flexão plantar completa do tornozelo nesse momento da marcha é necessária para a eficiência de propulsão adequada (SACCO et al., 2015).

Mueller et al. (1995) e Kwon et al. (2003) observaram uma diminuição do movimento dos flexores plantares durante a caminhada em pacientes com diabetes, o que pode estar relacionado à diminuição da força dos músculos da panturrilha (MENZ et al., 2004; GIACOMOZZI et al., 2002; MUELLER et al., 1995; KWON et al., 2003). Assim, como no estudo de Camargo et al. (2015), nossos resultados mostraram que durante a velocidade de caminhada auto selecionada, foi encontrado um comprimento menor do passo na população diabética com e sem neuropatia. O autor sugere que déficits na força muscular do tornozelo em pacientes com NDP levam a passos mais curtos e, junto com déficits de equilíbrio dinâmico, levam a um menor número de passos executados por essa população.

Tanto a flexão plantar do tornozelo quanto a dorsiflexão do tornozelo foram reduzidas nos participantes do GNP quando comparados ao GPC (GOMES et al., 2011). Segundo Hazari et al. (2016) e Fernando et al. (2013) os movimentos articulares já são alterados com a presença do diabetes, e pacientes com NDP tendem a ter uma redução de movimento no tornozelo em dorsiflexão e flexão plantar intensificado. Esta redução da mobilidade articular pode estar associada a um déficit de força do gastrocnêmio e sóleo.

De acordo com Sacco et al. (2009), a redução da flexão plantar de tornozelo no momento da retirada dos dedos do solo, pode alterar a fase de balanço que depende de uma amplitude de movimento adequada do pé/tornozelo para entrar em contato com as regiões plantares em uma ordem temporal progressiva do calcanhar às cabeças metatarsais e hálux. Essa alteração no processo de rolagem do pé levará a uma alteração da distribuição das cargas sobre a superfície plantar, porém não avaliamos em nosso estudo a distribuição de pressão plantar dos voluntários.

Segundo Santos e Barela (2002) e Yavuzer et al. (2006), antes do diagnóstico clínico de NDP, pacientes com DM podem apresentar alterações sensitivas e motoras, modificando o padrão da marcha, o que explica os resultados semelhantes entre GNP e GPD referentes a mobilidade articular do tornozelo.

Em relação à perda de contato da ponta do pé com o solo, não obtivemos diferenças significativas nos graus de liberdade inversão/eversão, abdução/adução dos tornozelos entre os grupos.

Também não obtivemos diferenças significativas nos graus de liberdade do tornozelo no momento do contato do pé com o solo, entretanto, podemos observar uma tendência decrescente entre $GNP < GPD < GPC$ nos valores de dorsiflexão no momento do contato do membro esquerdo (GNP: $2,38 \pm 0,49$; GPD: $2,74 \pm 0,23$ e GPC, $4,23 \pm 0,60$), o que poderia sugerir uma fase transitória da doença entre diabéticos sem neuropatia e neuropatas diabéticos.

Martineli et al. (2013) constataram que no contato inicial do calcanhar no ciclo da marcha houve uma diminuição da dorsiflexão do tornozelo, mostrando que a fase de equilíbrio de dorsiflexão tem amplitude reduzida e duração mais curta nos participantes com NDP. Alguns estudos têm mostrado déficit muscular diretamente relacionado à degeneração da condução nervosa na NDP (ANDREASSEN et al., 2006; ANDERSEN et al., 2004; VAN SCHIE et al., 2004; GIACOMOZZI et al., 2008), resultando em uma redução na amplitude de movimento ativa do tornozelo especialmente para o movimento de dorsiflexão durante o contato do calcanhar no período de apoio da marcha com restrição da mobilidade da articulação do tornozelo e perda do padrão da marcha (SACCO et al., 2009). Muller et al. (2004) acredita que a dorsiflexão e o movimento subtalar limitados restringiam a capacidade do pé de

absorver o choque e a rotação transversal, aumentando, portanto, o risco de ulceração plantar no pé insensível.

Em relação a articulação do joelho também não obtivemos diferenças significativas entre os grupos em nenhum dos momentos durante a marcha, entretanto observamos uma tendência crescente no momento do contato do pé com o solo na realização de flexão de joelho do GNP ($4,47 \pm 8,01$ graus) seguida pelo GPD ($3,51 \pm 5,27$ graus) e GPC ($1,12 \pm 5,61$), o que pode sugerir uma estratégia visando a absorção do impacto (peso do corpo) durante a marcha.

Em nossos resultados, encontramos valores significativamente maiores de flexão em ambas as articulações do quadril no GNP e GPD no momento da perda de contato do membro com o solo em relação ao GPC (nesse mesmo instante as articulações do quadril do GPC se encontram em posição neutra), evidenciando assim, o efeito do diabetes. Esses achados corroboram com Gomes et al. (2011), que investigaram a cinemática de membros inferiores descalços e seus resultados apresentaram maiores valores de flexão do quadril para o GNP em relação ao GPC.

Fernando et al. (2013) explica que essa maior proporção de flexão do quadril pode ser atribuída a um mecanismo compensatório para aumentar a estabilidade na estratégia de marcha de pacientes com NDP. O aumento da flexão do quadril também pode ser um mecanismo compensatório para ajustar a dorsiflexão do tornozelo prejudicada (perda das articulações distais). No estudo de Sacco et al. (2015), indivíduos diabéticos com neuropatia apresentaram suas maiores alterações no quadril e tornozelo. Eles apresentaram diferenças em relação aos dois outros grupos (diabéticos sem neuropatia e controle não diabético), como maior flexão do quadril na perda de contato do pé com o solo, além de um déficit na geração de torques do tornozelo na fase de perda de contato do pé com o solo. Esse resultado também pode ser observado em nosso estudo tendo, abrangendo não somente GNP, mas também GPD.

Com base em seus resultados, Fernando et al. (2013) e Sacco et al. (2015) relatam que é possível que uma compensação seja realizada devido a redução da força dos músculos flexores plantares durante a fase de balanço, movendo a perna para frente o uso dos flexores do quadril pode ser considerado e mais explorado. O

papel mais importante deste grupo muscular durante a marcha é manter uma posição adequada dos pés em relação ao solo durante a fase de balanço (FERNANDO et al., 2013, SACCO et al., 2015).

Sacco et al. (2015), através de seus resultados, explica que por manter maior flexão do quadril e usar menos torque extensor do tornozelo na fase de perda de contato do pé com o solo, o GNP parece usar a função flexora do quadril na tentativa de substituir a função de propulsão do tornozelo. Em seu estudo isso é evidenciado somente no GNP e no presente estudo esses achados também podem ser observados no GPD. No pior estado da doença, o autor alega que as modificações do quadril e joelho são mais evidentes e caracterizam a NDP, quanto maior o comprometimento, maior as alterações (SACCO et al., 2015).

Em pacientes com NDP, a redução dos momentos articulares, que se torna mais pronunciada quando se move da articulação mais proximal para a mais distal, sugere que a neuropatia causa um comprometimento progressivo do membro proximal ao distal. Essa condição impõe a necessidade de uma mudança na estratégia de caminhada do tornozelo para a articulação do quadril, situação conhecida como estratégia de caminhada do quadril (MUELLER et al., 1994).

Este mecanismo particular de compensação da marcha, marcado por uma contribuição significativamente maior do quadril em relação à menor contribuição da articulação do tornozelo na perda de contato do pé com o solo em indivíduos com diabetes, independente da presença de neuropatia, já foi sugerido por Mueller et al. (1994), mas sem confirmar com resultados significativos do quadril e por Sawacha et al. (2010) em indivíduos com diabetes. Contudo, Raspovic et al. (2013) e Yavuzer et al. (2006) encontraram uma diminuição na flexão de quadril em pacientes com NDP quando comparado com indivíduos não diabéticos.

Em relação aos outros graus de liberdade, não observamos diferenças significativas nos movimentos de abdução/adução e rotação interna/rotação externa do quadril entre os grupos em nenhum dos momentos durante a marcha.

7.2.3 Geral

Com base na literatura, a marcha prejudicada em diabéticos é multifacetada e geralmente atribuída a uma interação complexa de deficiência sensorial (vibração prejudicada e sensação de proteção), diminuição da força dos membros inferiores, mobilidade, capacidade de produção de força, bem como disfunção do sistema nervoso central (SACCO et al., 2014).

Nossos resultados, indicam diferenças sutis no padrão de marcha de pacientes com NDP quando comparados a indivíduos diabéticos sem neuropatia e controle não diabético, evidenciando o efeito da neuropatia e o comprometimento esperado nos membros inferiores proporcionado pela complicação (ANDERSEN, 2012; KOVAC et al., 2011). Entretanto, em outros momentos, diante das diversas variáveis analisadas, ao se comparar o GNP com GPD, podemos observar que mesmo antes da complicação vir a ser detectada clinicamente, o diabetes em si já é capaz de promover alterações nas variáveis espaço temporais e angulares da marcha, o que também pode sugerir uma fase transitória da doença.

Os resultados referentes a alterações no padrão de marcha investigados aqui, corroboram com a teoria de que pacientes diabéticos podem desenvolver alterações na marcha antes da perda de informações sensoriais dos pés (KHALAF et al., 2017). Assim como em outros estudos, a análise dos parâmetros espaço-temporais e angulares dos membros inferiores em pacientes com DM revelou alterações contínuas que podem começar antes do desenvolvimento da NDP (LAMOLA et al., 2015; SACCO et al., 2015).

7.2.4 Risco de Queda

Os distúrbios da marcha e do equilíbrio foram identificados de forma consistente em várias revisões como um dos fatores de risco mais fortes para quedas (TINETTI et al., 1988; RUBENSTEIN et al., 1994; DEANDREA et al., 2010). Ganz et al. (2007) relataram que os preditores mais consistentes de quedas futuras foram a marcha clinicamente anormal (visto que a maioria das quedas ocorre durante a caminhada) ou/e distúrbios de equilíbrio.

Nossos resultados mostraram que GNP apresentou maiores deslocamentos no eixo latero lateral em comparação a GPD/GPC e na literatura existem algumas

evidências de que os dados do COP, especialmente os indicadores de estabilidade lateral, podem ter valor preditivo para quedas futuras (PIIRTOLA e ERA, 2006; BERGLAND e WYLLER, 2004; MAKI et al., 1994). Através dos resultados encontrados, podemos prever que essa população possa vir a ter maiores probabilidades de sofrerem quedas.

Com o aumento da prevalência do diabetes e o conhecido risco de queda se torna importante compreender as possíveis mudanças no padrão de marcha aos quais diabéticos com e sem neuropatia são confrontados. Na literatura, existem autores que avaliam em particular os parâmetros claramente associados ao risco de queda (velocidade, comprimento do passo ou variabilidade do tempo do passo) na população diabética e observaram que a diminuição do feedback proprioceptivo durante a caminhada contribui para que idosos com diabetes caminhem mais devagar e possuam maior variabilidade do passo/passada, aumentando o risco de quedas (PIJPERS et al., 2012; ALLET et al., 2008).

Alguns parâmetros da marcha, como a variação do tempo do passo e / ou largura do passo (HAUSDORFF et al., 1997; HAUSDORFF et al., 2001) são conhecidos por estarem associados a um risco aumentado de quedas. Assim como em uma população geriátrica (HAUSDORFF et al., 1997; HAUSDORFF et al., 2001; MENZ et al., 2003), esses parâmetros também estão associados ao risco de queda em pacientes diabéticos, conforme demonstrado por Menz et al. (2004), entretanto não obtivemos diferenças significativas na largura da passada entre os grupos.

Variáveis referentes a velocidade da marcha, tempo de duplo apoio, cadência da marcha, aspectos espaço-temporais são associados com risco de queda sustentados pela literatura, como visto nos trabalhos de Callisaya et al., (2011) e Thaler-Kall et al., (2015).

A redução da amplitude de movimento do quadril também foi associada a uma menor eficiência da caminhada (LEE et al., 1997) e identificada como um fator de risco para quedas (KERRIGAN et al., 2001).

Allet et al. (2008) procuraram analisar características gerais da marcha de 28 estudos para destacar fatores particulares que pudessem explicar o aumento do risco de queda em diabéticos e o parâmetro espaço-temporal mais frequentemente citado

para a previsão do risco de queda foi a variação dos parâmetros do passo (HAUSDORFF et al., 1997; KERRIGAN et al., 2000; HAUSDORFF et al., 2001) assim como, a variabilidade do passo-tempo.

8. CONCLUSÃO

Em resumo, através dos resultados do estudo, podemos observar alterações no equilíbrio (através da postura estática) e na marcha. Muitas dessas alterações não só foram detectadas por portadores de neuropatia como também por diabéticos sem diagnóstico clínico de neuropatia.

Em relação a avaliação do equilíbrio estático realizado através da plataforma de força, podemos observar que portadores de diabetes com neuropatia possuem um maior distúrbio do equilíbrio em relação aos portadores de diabetes sem neuropatia visto que maiores oscilações do COP foram encontradas por essa população em ambos os eixos (AP e LL).

Em relação as variáveis espaço temporais da marcha, podemos observar que a maioria dos parâmetros analisados com exceção do tempo de duplo apoio e comprimento de passo esquerdo (evidenciados pela neuropatia) são afetados pelo diabetes antes do diagnóstico clínico da neuropatia.

Em relação a amplitude de movimento, portadores de diabetes com neuropatia apresentaram uma menor amplitude de movimento do joelho direito e quadril (esquerdo e direito) nos graus de flexão/extensão em relação ao grupo controle durante a marcha, evidenciando o efeito da neuropatia.

Na análise de movimentos específicos, como o momento da perda de contato da ponta do pé com o solo durante a marcha, podemos observar o efeito da diabetes através de alterações biomecânicas nas articulações do tornozelo direito e quadril (esquerdo e direito). Portadores de diabetes sem neuropatia apresentam uma menor flexão plantar de tornozelo direito e maior flexão de quadril (esquerdo e direito) em relação ao GPC. Somente quando se trata do tornozelo esquerdo, esse efeito é evidenciado pela neuropatia, com menores valores de flexão plantar em relação ao GPC.

As informações encontradas no presente trabalho devem ser discutidas por profissionais de educação física, médicos e fisioterapeutas, pois podem auxiliar na elaboração de estratégias de tratamento que podem melhorar os distúrbios do equilíbrio e marcha dos portadores de diabetes com e sem neuropatia e assim, reduzir o risco de queda.

REFERÊNCIAS

- ABATE, M. et al. Limited joint mobility (LJM) in elderly subjects with type II diabetes mellitus. **Archives of gerontology and geriatrics**, v. 53, n. 2, p. 135–140, 2011.
- ADLER, A.I. et al. Risk factors for diabetic peripheral sensory neuropathy. **Diabetes Care**, v. 20, n. 7, p. 1162-1167, 1997.
- ALAM, U. et al. Diabetic neuropathy and gait: a review. **Diabetes therapy**, v. 8, n. 6, p. 1253-1264, 2017.
- ALBERS, J. W.; POP-BUSUI, R. Diabetic neuropathy: mechanisms, emerging treatments, and subtypes. **Current Neurology and Neuroscience Reports**, v.14, n. 8, p. 473, 2014.
- ALLEMAN, C. J. M. et al. Humanistic and economic burden of painful diabetic peripheral neuropathy in Europe: a review of the literature. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v. 109, n. 2, p. 215–225, 2015.
- ALLET, L. et al. Clinical factors associated with gait alterations in diabetic patients. **Diabetic Medicine**, v. 26, n. 10, p. 1003-1009, 2009a.
- ALLET, L. et al. Gait alterations of diabetic patients while walking on different surfaces. **Gait & Posture**, v. 29, n.3, p. 488–493, 2009b.
- ALLET, L. et al. Gait characteristics of diabetic patients: a systematic review. **Diabetes/metabolism research and reviews**, v. 24, n. 3, p. 173-191, 2008.
- AMBROSE, A. F.; PAUL, G.; HAUSDORFF, J.M. Risk factors for falls among older adults: a review of the literature. *Maturitas*, v. 75, n. 1, p. 51–61, 2013.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION et al. 2. Classification and diagnosis of diabetes: standards of medical care in diabetes—2018. **Diabetes care**, v. 41, n. Supplement 1, p. S13-S27, 2018.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. **Diabetes Care**, v. 42, n. Supplement 1, p. S61-S70, 2019.
- ANDERSEN, H., GJERSTAD, M. D., JAKOBSEN, J. Atrophy of foot muscles: a measure of diabetic neuropathy. **Diabetes care**, v. 27, n. 10, p. 2382-2385, 2004.
- ANDREASSEN, C. S., JAKOBSEN, J., ANDERSEN, H. Muscle weakness: a progressive late complication in diabetic distal symmetric polyneuropathy. **Diabetes**, v. 55, n. 3, p. 806-812, 2006.
- APRILE, I. et al. Does first ray amputation in diabetic patients influence gait and quality of life? **The Journal of Foot and Ankle Surgery**, v. 57, n. 1, p. 44-51, 2018.
- ARVANITAKIS, Z. et al. Diabetes mellitus and progression of rigidity and gait disturbance in older persons. **Neurology**, v. 63, n. 6, p. 996-1001, 2004.
- BALOH, R. W. et al. Comparison of static and dynamic posturography in young and older normal people. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 42, n. 4, p. 405-412, 1994.

BANSAL, D. et al. Prevalence and risk factors of development of peripheral diabetic neuropathy in type 2 diabetes mellitus in a tertiary care setting. **Journal of diabetes investigation**, v. 5, n. 6, p. 714-721, 2014.

BARATTO, L. et al. A new look at posturographic analysis in the clinical context: sway-density versus other parameterization techniques. **Motor control**, v. 6, n. 3, p. 246-270, 2002.

BERGLAND, A.; WYLLER, T. B. Risk factors for serious fall related injury in elderly women living at home. **Injury prevention**, v. 10, n. 5, p. 308-313, 2004.

BERLIE, H. D.; GARWOOD, C. L. Diabetes medications related to an increased risk of falls and fall-related morbidity in the elderly. **Annals of pharmacotherapy**, v. 44, n. 4, p. 712-717, 2010.

BERTELSMANN, F. et al. Peripheral nerve function in relation to quality of metabolic control in diabetes. **Journal of neurology**, v. 234, n. 5, p. 334-336, 1987.

BONNET, C. T.; RAY, C. Peripheral neuropathy may not be the only fundamental reason explaining increased sway in diabetic individuals. **Clinical Biomechanics**, v. 26, n. 7, p. 699-706, 2011.

BONNET, C.; CARELLO, C.; TURVEY, M. T. Diabetes and postural stability: review and hypotheses. **Journal of Motor Behavior**, v. 41, n. 2, p. 172–192, 2009.

BOUCHER, P. et al. Postural Stability in Diabetic Polyneuropathy. **Diabetes Care**, v. 18, n. 5, p. 638–645, 1995.

BOULTON, A. J. M et al. Diabetic somatic neuropathies. **Diabetes care**, v. 27, n. 6, p. 1458-1486, 2004.

BOULTON, A. J. M. et al. A prevalência de neuropatia sintomática e diabética em uma população tratada com insulina. **Diabetes care**, v. 8, n. 2, p. 125-128, 1985.

BOULTON, A. J. M. et al. Diabetic neuropathies: a statement by the American Diabetes Association. **Diabetes Care**, v. 28, n. 4, p. 956–962, 2005.

BOULTON, A. J. M. What you can't feel can hurt you. **Journal of vascular surgery**, v. 52, n. 3, p. 28S-30S, 2010.

BOULTON, A. J. M.; MALIK, R. A. Diabetic neuropathy. **Medical Clinics of North America**, v. 82, n. 4, p. 909-929, 1998.

BRANDT, T. H. Sensory function and posture. **Posture and gait: Development, adaptation, and modulation**, 1988.

BROWNLEE, M. Glycation products and the pathogenesis of diabetic complications. **Diabetes Care**, v. 15, n. 12, p. 1835–1843, 1992.

BUZZI, U. H. et al. Nonlinear dynamics indicates aging affects variability during gait. **Clinical biomechanics**, v. 18, n. 5, p. 435-443, 2003.

- CALLISAYA, M. L. et al. Gait, gait variability and the risk of multiple incident falls in older people: a population-based study. *Age and ageing*, v. 40, n. 4, p. 481-487, 2011.
- CAMARGO, M. R. et al. Balance and ankle muscle strength predict spatiotemporal gait parameters in individuals with diabetic peripheral neuropathy. **Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews**, v. 9, n. 2, p. 79-84, 2015.
- CAMERON, N.E. et al. Vascular factors and metabolic interactions in the pathogenesis of diabetic neuropathy, **Diabetologia**, v. 44, p. 1973–1988, 2001.
- CAVANAGH, P. R. et al. Problems with gait and posture in neuropathic patients with insulin-dependent diabetes mellitus. **Diabetic Medicine**, v. 9, n. 5, p. 469-474, 1992.
- CIMBIZ, A.; ÇAKIR, O. Evaluation of balance and physical fitness in diabetic neuropathic patients. **Journal of Diabetes and its Complications**, v. 19, n. 3, p. 160-164, 2005.
- CLARK, R. A. et al. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. **Gait & posture**, v. 31, n. 3, p. 307-310, 2010.
- CONNER-KERR, T.; TEMPLETON, M. S. Chronic fall risk among aged individuals with type 2 diabetes. **Ostomy/wound management**, v. 48, n. 3, p. 28-34, 35, 2002.
- COURTEMANCHE, R. et al. Gait problems in diabetic neuropathic patients. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 77, n. 9, p. 849-855, 1996.
- CRILLY, R. G. et al. Effect of exercise on postural sway in the elderly. **Gerontology**, v. 35, n. 2-3, p. 137-143, 1989.
- DCCT RESERCH GROUP et al. The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of long-term complications in insulindependent diabetes mellitus. **N. Engl. Med.**, v. 329, p. 977-986, 1993.
- DEANDREA, S. et al. Risk factors for falls in community-dwelling older people:" a systematic review and meta-analysis". **Epidemiology**, v. 21. n. 5, p. 658–668, 2010.
- DELI, G. et al. Diabetic neuropathies: diagnosis and management. **Neuroendocrinology**, v. 98, n. 4, p. 267-280, 2013.
- DIAS, A. S. Descrição Biomecânica de saltos específicos do ballet clássico: determinação da influência de movimentos que antecedem os saltos com contra movimento. Faculdade de Desporto – Universidade do Porto. Porto, 2009.
- DIETRICH, I. et al. The diabetic foot as a proxy for cardiovascular events and mortality review. **Current Atherosclerosis Reports**, v. 19, n. 11, 2017.
- DILIBERTO, F. E. et al. Individual metatarsal and forefoot kinematics during walking in people with diabetes mellitus and peripheral neuropathy. **Gait & posture**, v. 42, n. 4, p. 435-441, 2015.
- DINGWELL, J. B. et al. Local dynamic stability versus kinematic variability of continuous overground and treadmill walking. **J. Biomech. Eng.**, v. 123, n. 1, p. 27-32, 2000.

DIXON, C. J. et al. Clinical measures of balance in people with type two diabetes: A systematic literature review. **Gait & posture**, v. 58, p. 325-332, 2017.

D'SILVA, L. J. et al. Impact of diabetic complications on balance and falls: contribution of the vestibular system. **Physical therapy**, v. 96, n. 3, p. 400-409, 2016.

DUARTE, M.; FREITAS, S.M. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. **Brazilian Journal of physical therapy**, v. 14, n. 3, p. 183-192, 2010.

DUCIC, I.; SHORT, K. W.; DELLON, A. L. Relationship between loss of pedal sensibility, balance, and falls in patients with peripheral neuropathy. **Annals of Plastic Surgery**, v. 52, n. 6, p. 535–540, 2004.

DUNLOP, D. D. et al. Incidence of functional limitation in older adults: the impact of gender, race, and chronic conditions. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 83, n. 7, p. 964-971, 2002.

DYCK, P. J. et al. The prevalence by staged severity of various types of diabetic neuropathy, retinopathy, and nephropathy in a population-based cohort: The Rochester Diabetic Neuropathy Study. **Neurology**, v. 43, n. 4, p. 817–817, 1993.

DYCK, P. J. Pathology and pathophysiology—human and experimental. In: Dyck JP, Thomas PK, Asbury AK, Winegrad AI, Porte D, eds. **Diabetic Neuropathy**. Philadelphia: WB Saunders; 1987:205–237.

DYCK, P.J. et al. Diabetic polyneuropathies: update on research definition, diagnostic criteria and estimation of severity. **Diabetes/metabolism research and reviews**, v. 27, v. 7, p. 620-628, 2011.

EGAN, A. M.; DINNEEN, S. F. What is diabetes? **Medicine**, v. 47, n. 1, p. 1-4, 2019.

EL BARDAWIL, M. M. et al. Postural control and central motor pathway involvement in type 2 diabetes mellitus: Dynamic posturographic and electrophysiologic studies. **Alexandria Journal of medicine**, v. 49, n. 4, p. 299-307, 2013.

FEDERATION, Internation Diabetes. IDF Diabetes Atlas Ninth. **Dunia: IDF**, 2019.

FERNANDO, M. et al. Biomechanical characteristics of peripheral diabetic neuropathy: a systematic review and meta-analysis of findings from the gait cycle, muscle activity and dynamic barefoot plantar pressure. **Clinical biomechanics**, v. 28, n. 8, p. 831-845, 2013.

FERREIRA, L. T. et al. Diabetes melito: hiperglicemia crônica e suas complicações. **Arquivo Brasileiros de Ciências da Saúde**, v. 36, p. 182– 188, 2010.

FIORETTI, S. et al. Identification of peripheral neuropathy in type-2 diabetic subjects by static posturography and linear discriminant analysis. **Gait & posture**, v. 32, n. 3, p. 317-320, 2010.

FOWLER, M.J. Microvascular and macrovascular complications of diabetes. **Clinical diabetes**, v. 26, n. 2, p. 77-82, 2008.

FRIED, A. V. et al. ELGAM—Extra-laboratory gait assessment method: Identification of risk factors for falls among the elderly at home. **International disability studies**, v. 12, n. 4, p. 161-164, 1990.

GANZ, D. A. et al. Will my patient fall? **Jama**, v. 297, n. 1, p. 77-86, 2007.

GIACOMOZZI, C. et al. Walking strategy in diabetic patients with peripheral neuropathy. **Diabetes care**, v. 25, n. 8, p. 1451-1457, 2002.

GIACOMOZZI, C. et al. Does the thickening of Achilles tendon and plantar fascia contribute to the alteration of diabetic foot loading? **Clinical biomechanics**, v. 20, n. 5, p. 532-539, 2005.

GIACOMOZZI, C. et al. Muscle performance and ankle joint mobility in long-term patients with diabetes. **BMC musculoskeletal disorders**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2008.

GOLDBERG, A.; Russell, J. W.; Alexander, N. B. Standing balance and trunk position sense in impaired glucose tolerance (IGT)-related peripheral neuropathy. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 270, n. 1-2, p. 165–171, 2008.

GOLDIE, P. A.; BACH, T. M.; EVANS, O. M. Force platform measures for evaluating postural control: reliability and validity. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 70, n. 7, p. 510-517, 1989.

GOLRIZ, S. et al. The reliability of a portable clinical force plate used for the assessment of static postural control: repeated measures reliability study. **Chiropractic & manual therapies**, v. 20, n. 1, p. 14, 2012.

GOMES, A. A. et al. Electromyography and kinematic changes of gait cycle at different cadences in diabetic neuropathic individuals. **Muscle & nerve**, v. 44, n. 2, p. 258-268, 2011.

GREGG, E. W. et al. Prevalence of lower-extremity disease in the US adult population \geq 40 years of age with and without diabetes: 1999–2000 national health and nutrition examination survey. **Diabetes care**, v. 27, n. 7, p. 1591-1597, 2004.

GREWAL, G. S. et al. Reabilitação de equilíbrio: promover o papel da realidade virtual em pacientes com neuropatia periférica diabética. **Journal of the American Podiatric Medical Association**, v. 103, n. 6, p. 498-507, 2013.

GUPTA, A.; GUPTA, Y. Diabetic neuropathy: Part 1. **JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association**, v. 64, n. 6, p. 714-718, 2014.

HASTINGS, M. K. et al. Acquired midfoot deformity and function in individuals with diabetes and peripheral neuropathy. **Clinical Biomechanics**, v. 32, p. 261-267, 2016.

HAUSDORFF, J. M. et al. Increased gait unsteadiness in community-dwelling elderly fallers. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 78, n. 3, p. 278-283, 1997.

HAUSDORFF, J. M.; RIOS, D. A.; EDELBERG, H. K. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 82, n. 8, p. 1050-1056, 2001.

HAZARI, A. et al. Kinetics and kinematics of diabetic foot in type 2 diabetes mellitus with and without peripheral neuropathy: a systematic review and meta-analysis. **Springerplus**, v. 5, n. 1, p. 1819, 2016.

HENDRICKSON, Janna et al. Relationship between asymmetry of quiet standing balance control and walking post-stroke. **Gait & Posture**, v. 39, n. 1, p. 177-181, 2014.

HEWSTON, P.; DESHPANDE, N. Falls and balance impairments in older adults with type 2 diabetes: thinking beyond diabetic peripheral neuropathy. **Canadian Journal of Diabetes**, v. 40, n. 1, p. 6–9, 2016.

HOFFMAN, E. M. et al. Impairments and comorbidities of polyneuropathy revealed by population-based analyses. **Neurology**, v. 84, n. 16, p. 1644-1651, 2015.

HORAK, F. B. Clinical assessment of balance disorders. **Gait & posture**, v. 6, n. 1, p. 76-84, 1997.

JACK, M.M.; WRIGHT, D.E. The role of advanced glycation endproducts and glyoxalase I in diabetic peripheral sensory neuropathy. **Translational Research**, v. 159, n. 5, p. 355-365, 2012.

JAKOBSEN, M. D. et al. The effect of recreational soccer training and running on postural balance in untrained men. **European journal of applied physiology**, v. 111, n. 3, p. 521-530, 2011.

JALALI, M.T.; MOHAMMADTAGHVAEI, N.; LARKY, D. A. Investigating the effects of *Capparis spinosa* on hepatic gluconeogenesis and lipid content in streptozotocin-induced diabetic rats. **Biomedicine & pharmacotherapy**, v. 84, p. 1243-1248, 2016

JERNIGAN, S. D. et al. Diagnostic accuracy of fall risk assessment tools in people with diabetic peripheral neuropathy. **Physical therapy**, v. 92, n. 11, p. 1461-1470, 2012.

JUDGE, J. O. et al. Balance improvements in older women: effects of exercise training. **Physical therapy**, v. 73, n. 4, p. 254-262, 1993.

KATOULIS, E. C. et al. Gait abnormalities in diabetic neuropathy. **Diabetes care**, v. 20, n. 12, p. 1904-1907, 1997.

KELLY, C. et al. Fear of falling is prevalent in older adults with diabetes mellitus but is unrelated to level of neuropathy. **Journal of the American Podiatric Medical Association**, v. 103, n. 6, p. 480-488, 2013.

KERRIGAN, D. C. et al. Kinetic alterations independent of walking speed in elderly fallers. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 81, n. 6, p. 730-735, 2000.

KERRIGAN, D. C. et al. Reduced hip extension during walking: healthy elderly and fallers versus young adults. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 82, n. 1, p. 26-30, 2001.

KHALAF, K. et al. Gait alterations in the UAE population with and without diabetic complications using both traditional and entropy measures. **Gait & posture**, v. 58, p. 72-77, 2017.

KHALIL, H. Diabetes microvascular complications-A clinical update. **Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews**, v. 11, p. S133-S139, 2017.

KO, M.; HUGHES, L.; LEWIS, H. Walking speed and peak plantar pressure distribution during barefoot walking in persons with diabetes. **Physiotherapy Research International**, v. 17, n. 1, p. 29-35, 2012.

KRAUSS, M. J. et al. A case-control study of patient, medication, and care-related risk factors for inpatient falls. **Journal of general internal medicine**, v. 20, n. 2, p. 116-122, 2005.

KWON, O. Y. et al. Comparison of muscle activity during walking in subjects with and without diabetic neuropathy. **Gait & Posture**, v. 18, n. 1, p. 105–113, 2003.

LAFOND, D.; CORRIVEAU, H.; & PRINCE, F. Postural control mechanisms during quiet standing in patients with diabetic sensory neuropathy. **Diabetes Care**, v.27, n. 1, p.173–178, 2003.

LAMOLA, G. et al. Quantitative assessment of early biomechanical modifications in diabetic foot patients: the role of foot kinematics and step width. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, v. 12, n. 1, p. 1-8, 2015.

LEE, L. W.; KERRIGAN, D. C.; DELLA GROCE, U. Dynamic implications of hip flexion contractures¹. **American journal of physical medicine & rehabilitation**, v. 76, n. 6, p. 502-508, 1997.

LEE, P. Y et al. Reactive balance control in older adults with diabetes. **Gait & Posture**, v. 61, p. 67-72, 2018.

LEINNINGER, G. M.; VINCENT, A. M.; & FELDMAN, E. L. The role of growth factors in diabetic peripheral neuropathy. **Journal of the Peripheral Nervous System**, v. 9, n. 1, p. 26–53, 2004.

LI, T. C. et al. Glycemic control paradox: Poor glycemic control associated with higher one-year and eight-year risks of all-cause hospitalization but lower one-year risk of hypoglycemia in patients with type 2 diabetes. **Metabolism**, v. 64, n. 9, p. 1013-1021, 2015.

LINDSAY, J. R. et al. Reduced prevalence of limited joint mobility in type 1 diabetes in a U.K. clinic population over a 20-year period. **Diabetes Care**, v. 28, n. 3, p. 658–661, 2005.

LOREZON, P. et al. Symptomatic diabetic and nondiabetic neuropathies in a series of 100 diabetic patients. **Journal of neurology**, v. 249, n. 5, p. 569-75, 2002.

LU, B. et al. High prevalence of diabetic neuropathy in population-based patients diagnosed with type 2 diabetes in the Shanghai downtown. **Diabetes research and clinical practice**, v. 88, n. 3, p. 289-294, 2010.

MACGILCHRIST, C. et al. Lower-limb risk factors for falls in people with diabetes mellitus. **Diabetic medicine**, v. 27, n. 2, p. 162-168, 2010.

MAKI, B. E.; HOLLIDAY, P. J.; TOPPER, A. K. A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. **Journal of gerontology**, v. 49, n. 2, p. M72-M84, 1994.

MARIGOLD, D. S. et al. Contribution of muscle strength and integration of afferent input to postural instability in persons with stroke. **Neurorehabilitation and neural repair**, v. 18, n. 4, p. 222-229, 2004.

MARTINELLI, A. R. et al. Muscle strength and ankle mobility for the gait parameters in diabetic neuropathies. **The Foot**, v. 23, n. 1, p. 17-21, 2013.

MAURER, M. S., BURCHAM, J., CHENG, H. Diabetes mellitus is associated with an increased risk of falls in elderly residents of a long-term care facility. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 60, n. 9, p. 1157-1162, 2005.

MECAGNI, C. et al. Balance and ankle range of motion in community-dwelling women aged 64 to 87 years: a correlational study. **Physical Therapy**, v. 80, n. 10, p. 1004-1011, 2000.

MENZ, H. B. et al. Walking stability and sensorimotor function in older people with diabetic peripheral neuropathy. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 85, n. 2, p. 245-252, 2004.

MENZ, H.B.; LORD, S.R.; FITZPATRICK, R.C. Acceleration patterns of the head and pelvis when walking are associated with risk of falling in community-dwelling older people. **Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 58, n. 5, p. M446-M452, 2003.

MILLER, D. K. et al. Reported and measured physical functioning in older inner-city diabetic african americans. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 54, n. 5, p. M230-M236, 1999.

MOGHADAM, M. et al. Reliability of center of pressure measures of postural stability in healthy older adults: effects of postural task difficulty and cognitive load. **Gait & posture**, v. 33, n. 4, p. 651-655, 2011.

MORRISON, S. et al. Relation between risk of falling and postural sway complexity in diabetes. **Gait & posture**, v. 35, n. 4, p. 662-668, 2012.

MORRISON, S. et al. Balance training reduces falls risk in older individuals with type 2 diabetes. **Diabetes Care**, v. 33, n. 4, p. 748-750, 2010.

MUELLER, M. J. et al. Differences in the gait characteristics of patients with diabetes and peripheral neuropathy compared with age-matched controls. **Physical therapy**, v. 74, n. 4, p. 299-308, 1994.

MUELLER, M. J. et al. Relationship of plantar-flexor peak torque and dorsiflexion range of motion to kinetic variables during walking. **Physical therapy**, v. 75, n. 8, p. 684-693, 1995.

MUSTAPA, A. et al. Postural control and gait performance in the diabetic peripheral neuropathy: a systematic review. **BioMed research international**, v. 2016, 2016.

MYERS, S. F. et al. Morphological evidence of vestibular pathology in long-term experimental diabetes mellitus: I. Microvascular changes. **Acta oto-laryngologica**, v. 100, n. 5-6, p. 351-364, 1985.

MYERS, S. F.; ROSS, Muriel D. Morphological evidence of vestibular pathology in long-term experimental diabetes mellitus: II. Connective tissue and neuroepithelial pathology. **Acta oto-laryngologica**, v. 104, n. 1-2, p. 40-49, 1987.

NAJAFI, B. et al. Assessing postural control and postural control strategy in diabetes patients using innovative and wearable technology. 2010.

NAPOLI, N. et al. Fracture risk in diabetic elderly men: the MrOS study. **Diabetologia**, v. 57, n. 10, p. 2057-2065, 2014.

NARDONE, A. et al. Balance rehabilitation by moving platform and exercises in patients with neuropathy or vestibular deficit. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 91, n. 12, p. 1869-1877, 2010.

NARDONE, A.; GRASSO, M.; SCHIEPPATI, M. Balance control in peripheral neuropathy: are patients equally unstable under static and dynamic conditions? **Gait & posture**, v. 23, n. 3, p. 364-373, 2006.

NASCIMENTO, O. J. M. do.; PUPE, C. C. B.; CAVALCANTI, E. B. U. Diabetic neuropathy. **Revista Dor**, v. 17, p. 46-51, 2016.

NASHNER, L. M. Practical Biomechanics and Physiology of Balance, [in:] Jacobson GP, Newman CW, Kartush JM (ed.), Handbook of balance function testing, St. Louis, **Mosby Year-Book**, 1993a, p. 261-279, 1993.

NEELAND, I. J.; PATEL, K. V. Diabetes. Diabetes: key markers of Injury and prognosis. In: **Biomarkers in Cardiovascular Disease**. Elsevier, p. 41-51, 2019.

OPPENHEIM, U. et al. Postural characteristics of diabetic neuropathy. **Diabetes care**, v. 22, n. 2, p. 328-332, 1999.

overground walking in neuropathic patients is only indirectly related to sensory loss. **Gait & posture**, v. 14, n. 1, p. 1-10, 2001.

PAJALA, S et al. Force platform balance measures as predictors of indoor and outdoor falls in community-dwelling women aged 63–76 years. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 63, n. 2, p. 171-178, 2008.

PALMA, F. H. et al. Static balance in patients presenting diabetes mellitus type 2 with and without diabetic polyneuropathy. **Arq Bras Endocrinol Metab**. v. 9, n. 57, p.722-726, 2013

PALMIERI, R. M. et al. Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control. **Journal of sport rehabilitation**, v. 11, n. 1, p. 51-66, 2002.

- PAUL, L. et al. The effect of a cognitive or motor task on gait parameters of diabetic patients, with and without neuropathy. **Diabetic Medicine**, v. 26, n. 3, p. 234-239, 2009.
- PERRY, J. et al. Gait Analysis: Normal and Pathological Function. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, v. 12, n. 6, p. 815, 1992.
- PERRY, S. D. Evaluation of age-related plantar-surface insensitivity and onset age of advanced insensitivity in older adults using vibratory and touch sensation tests. **Neuroscience letters**, v. 392, n. 1-2, p. 62-67, 2006.
- PETROFSKY, J.; LEE, S.; BWEIR, S. Gait characteristics in people with type 2 diabetes mellitus. **European journal of applied physiology**, v. 93, n. 5, p. 640-647, 2005.
- PETRULEWICZ-SALAMON, I. The influence of diabetes mellitus on joint mobility. **Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja**, v. 8, n. 5, p. 555-565, 2006.
- PHAM, H. et al. Screening techniques to identify people at high risk for diabetic foot ulceration: a prospective multicenter trial. **Diabetes Care**, v. 23, n. 5, p. 606–611, 2000.
- PIIRTOLA, M.; ERA, P. Force platform measurements as predictors of falls among older people—a review. **Gerontology**, v. 52, n. 1, p. 1-16, 2006.
- PIJPERS, E. et al. Older individuals with diabetes have an increased risk of recurrent falls: analysis of potential mediating factors: the Longitudinal Ageing Study Amsterdam. **Age and ageing**, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2012.
- PIRART, J. Diabetes mellitus and its degenerative complications: a prospective study of 4,400 patients observed between 1947 and 1973. **Diabetes care**, v. 1, n. 3, p. 168-188, 1978.
- POLLOCK, A. S. et al. What is balance? **Clinical rehabilitation**, v. 14, n. 4, p. 402-406, 2000.
- PORTO, F. H. de G.; PORTO, G. C. L. M.; BROTTTO, M. W. L. Additional tests to investigate neuropathic pain. The value of electroneuromyography for neuropathic pain. **Revista Dor**, v. 17, p. 23-26, 2016.
- RAMASAMY, R. et al. Advanced glycation end products and RAGE: a common thread in aging, diabetes, neurodegeneration, and inflammation. **Glycobiology**, v. 15, n. 7, p. 16R-28R, 2005.
- RAO, S.; SALTZMAN, C.; YACK, H. J. Ankle ROM and stiffness measured at rest and during gait in individuals with and without diabetic sensory neuropathy. **Gait & Posture**, v. 24, n. 3, p. 295–301, 2006.
- RASPOVIC, A. Gait characteristics of people with diabetes-related peripheral neuropathy, with and without a history of ulceration. **Gait & posture**, v. 38, n. 4, p. 723-728, 2013.

RATHUR, H. M.; BOULTON, A. J. M. Recent advances in the diagnosis and management of diabetic neuropathy. **The Journal of bone and joint surgery. British volume**, v. 87, n. 12, p. 1605-1610, 2005

RESNICK, H. E. et al. Diabetes, peripheral neuropathy, and old age disability. **Muscle & Nerve**, v. 25, n. 1, p. 43–50, 2001.

RICHARDSON, J. K. et al. A comparison of gait characteristics between older women with and without peripheral neuropathy in standard and challenging environments. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 52, n. 9, p. 1532-1537, 2004.

RICHARDSON, J. K.; HURVITZ, E. A. Peripheral neuropathy: a true risk factor for falls. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 50, n. 4, p. M211-M215, 1995.

ROBERTSON, D. et al. **Research methods in biomechanics**. Human kinetics, 2013.

RUBENSTEIN, L. Z.; JOSEPHSON, K. R.; ROBBINS, A. S. Falls in the nursing home. **Annals of internal medicine**, v. 121, n. 6, p. 442-451, 1994.

SACCO, I. C. N. et al. Alterations in the Lower Limb Joint Moments Precede the Peripheral Neuropathy Diagnosis in Diabetes Patients. **Diabetes Technology & Therapeutics**, v. 17, n. 6, p. 405–412, 2015.

SACCO, I. C. N. et al. Motor strategy patterns study of diabetic neuropathic individuals while walking. A wavelet approach. **Journal of biomechanics**, v. 47, n. 10, p. 2475-2482, 2014.

SACCO, I. C. N. et al. Role of ankle mobility in foot rollover during gait in individuals with diabetic neuropathy. **Clinical Biomechanics**, v. 24, n. 8, p. 687-692, 2009.

SACCO, I.C.; AMADIO, A. C. A study of biomechanical parameters in gait analysis and sensitive cronaxie of diabetic neuropathic patients. **Clinical Biomechanics**, v. 15, n. 3, p. 196-202, 2000.

SAID, G. Diabetic neuropathy—a review. **Nature clinical practice Neurology**, v. 3, n. 6, p. 331-40, 2007.

SALSABILI, H. et al. Dynamic stability training improves standing balance control in neuropathic patients with type 2 diabetes. **Journal of rehabilitation research & development**, v. 48, n. 7, 2011.

SANTOS, A. D.; BARELA, J. A. Alterações do andar em portadores de diabetes mellitus, neuropatia diabética periférica e amputação transmetatarsiana. **Rev. bras. biomec**, p. 21-29, 2002.

SARTINI, M. et al. The epidemiology of domestic injurious falls in a community dwelling elderly population: an outgrowing economic burden. **European journal of public health**, v. 20, n. 5, p. 604-606, 2010.

SAVAS, S. et al. The effects of the diabetes related soft tissue hand lesions and the reduced hand strength on functional disability of hand in type 2 diabetic patients. **Diabetes research and clinical practice**, v. 77, n. 1, p. 77–83, 2007.

SAVELBERG, H. H. C. M. et al. Prolonged activity of knee extensors and dorsal flexors is associated with adaptations in gait in diabetes and diabetic polyneuropathy. **Clinical biomechanics**, v. 25, n. 5, p. 468-475, 2010.

SAWACHA, Z. et al. Abnormal muscle activation during gait in diabetes patients with and without neuropathy. **Gait & posture**, v. 35, n. 1, p. 101-105, 2012.

SAWACHA, Z. et al. Clustering classification of diabetic walking abnormalities: a new approach taking into account intralimb coordination patterns. **Gait & Posture**, 2020.

SAWACHA, Z. et al. Diabetic gait and posture abnormalities: a biomechanical investigation through three dimensional gait analysis. **Clinical biomechanics**, v. 24, n. 9, p. 722-728, 2009.

SCHNEIDER, A. L. C. et al. Diabetes and risk of fracture-related hospitalization: the Atherosclerosis Risk in Communities Study. **Diabetes care**, v. 36, n. 5, p. 1153-1158, 2013.

SCHULTE, L. et al. A quantitative assessment of limited joint mobility in patients with diabetes. **Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology**, v. 36, n. 10, p. 1429-1443, 1993.

SCHWARTZ, A. V. et al. Older women with diabetes have a higher risk of falls: a prospective study. **Diabetes care**, v. 25, n. 10, p. 1749-1754, 2002.

SHAH, K. M.; MUELLER, M. J. Effect of selected exercises on in-shoe plantar pressures in people with diabetes and peripheral neuropathy. **The Foot**, v. 22, n. 3, p. 130-134, 2012.

SHAH, K.M. et al. Relationship between skin intrinsic fluorescence-an Indicator of advanced glycation end products and upper extremity impairments in individuals with diabetes mellitus. **Physical therapy**, v. 95, n. 8, p. 1111-1119, 2015.

SHAW, J. E.; ZIMMET, P. Z. The epidemiology of diabetic neuropathy. **Diabetes Reviews**, v. 7, n. 4, p. 245-252, 1999.

SHOURABI, P. et al. Effects of hydrotherapy with massage on serum nerve growth factor concentrations and balance in middle aged diabetic neuropathy patients. **Complementary Therapies in Clinical Practice**, p. 101141, 2020.

SIMONEAU, G. G. et al. Postural instability in patients with diabetic sensory neuropathy. **Diabetes Care**, v. 17, n. 12, p. 1411–1421, 1994.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes 2019-2020, 2019.

STEWART, J.D. et al. Chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy (CIDP) in diabetics. **Journal of the neurological sciences**, v. 142, n. 1, p. 59-64, 1996.

STROTMEYER, E. S. et al. Nontraumatic fracture risk with diabetes mellitus and impaired fasting glucose in older white and black adults: the health, aging, and body composition study. **Archives of internal medicine**, v. 165, n. 14, p. 1612-1617, 2005.

STROTMEYER, E. S. et al. Sensory and Motor Peripheral Nerve Function and Lower-Extremity Quadriceps Strength: The Health, Aging and Body Composition Study. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 57, n. 11, p. 2004–2010, 2009.

STYLIANOU, A. P. et al. Postural sway in patients with mild to moderate Parkinson's disease. **International Journal of Neuroscience**, v. 121, n. 11, p. 614-621, 2011.

TESFAYE, S. et al. Diabetic neuropathies: update on definitions, diagnostic criteria, estimation of severity, and treatments. **Diabetes care**, v. 33, n. 10, p. 2285-93, 2010.

THALER-KALL, K. et al. Description of spatio-temporal gait parameters in elderly people and their association with history of falls: results of the population-based cross-sectional KORA-Age study. **BMC Geriatrics**. v.15, n. 32, 2015.

THOMAS, P. K. Classificação, diagnóstico diferencial e encenação de neuropatia periférica diabética. **Diabetes**, v. 46, n. Suplemento 2, p. S54-S57, 1997.

TILLING, L. M.; DARAWIL, K.; BRITTON, M. Falls as a complication of diabetes mellitus in older people. **Journal of Diabetes and Its Complications**, v. 20, n. 3, p. 158–162, 2006.

TIMAR, B. et al. The impact of diabetic neuropathy on balance and on the risk of falls in patients with type 2 diabetes mellitus: a cross-sectional study. **PloS one**, v. 11, n. 4, p. e0154654, 2016.

TINETTI, M. E.; SPEECHLEY, M.; GINTER, S. F. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. **New England journal of medicine**, v. 319, n. 26, p. 1701-1707, 1988.

TRUSZCZYŃSKA, A. et al. Assessment of postural stability in patients with lumbar spine chronic disc disease. **Acta of bioengineering and biomechanics**, v. 18, n. 4, 2016.

TURCOT, K. et al. Investigation of standing balance in diabetic patients with and without peripheral neuropathy using accelerometers. **Clinical Biomechanics**, v. 24, n. 9, p. 716–721, 2009.

TURNBULL, P. R. K.; PHILLIPS, J. R. Ocular effects of virtual reality headset wear in young adults. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2017.

TYSON, S. F. et al. Balance disability after stroke. **Physical therapy**, v. 86, n. 1, p. 30-38, 2006.

UCCIOLI, L. et al. Body sway in diabetic neuropathy. **Diabetes care**, v. 18, n. 3, p. 339-344, 1995.

UK PROSPECTIVE DIABETES STUDY (UKPDS) GROUP et al. Intensive blood-glucose control with sulphonylureas or insulin compared with conventional treatment

and risk of complications in patients with type 2 diabetes (UKPDS 33). **The lancet**, v. 352, n. 9131, p. 837-853, 1998.

UPDATE, IDF Diabetes Atlas. International Diabetes Federation. Estados Unidos. 2012.

VADEVELOO, T. et al. Amputation-free survival in 17,353 people at high risk for foot ulceration in diabetes: a national observational study. **Diabetologia**, 2018.

VAN ACKER, K. et al. Prevalence and impact on quality of life of peripheral neuropathy with or without neuropathic pain in type 1 and type 2 diabetic patients attending hospital outpatients clinics. **Diabetes & metabolism**, v. 35, n. 3, p. 206-213, 2009.

VAN DEURSEN, R. Footwear for the neuropathic patient: offloading and stability. **Diabetes/metabolism research and reviews**, v. 24, n. S1, p. S96-S100, 2008.

VAN SCHIE, Carine HM et al. Muscle weakness and foot deformities in diabetes: relationship to neuropathy and foot ulceration in caucasian diabetic men. **Diabetes care**, v. 27, n. 7, p. 1668-1673, 2004.

VERGHESE, J. et al. Neurological gait abnormalities and risk of falls in older adults. **Journal of neurology**, v. 257, n. 3, p. 392-398, 2010.

VILEIKYTE, L.; CREWS, R. T.; REEVES, N. D. Psychological and biomechanical aspects of patient adaptation to diabetic neuropathy and foot ulceration. **Current diabetes reports**, v. 17, n. 11, p. 109, 2017.

VOLPE, M.; RUBATTU, S.; BURNETT, JR. J. Natriuretic peptides in cardiovascular diseases: current use and perspectives. **European heart journal**, v. 35, n. 7, p. 419-425, 2014.

WALLACE, C. et al. Incidence of falls, risk factors for falls, and fall-related fractures in individuals with diabetes and a prior foot ulcer. **Diabetes care**, v. 25, n. 11, p. 1983-1986, 2002.

WHITTLE, M. W. Clinical gait analysis: A review. **Human movement science**, v. 15, n. 3, p. 369-387, 1996.

WINTER, D. A. Human balance and posture control during standing and walking. **Gait & posture**, v. 3, n. 4, p. 193-214, 1995.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **World health statistics 2009**. World Health Organization, 2009.

YAMAGUCHI, T; SUGIMOTO, T. Bone metabolism and fracture risk in type 2 diabetes mellitus. **Endocrine journal**, p. 1107160591-1107160591, 2011.

YAMAMOTO, R. et al. Postural sway and diabetic peripheral neuropathy. **Diabetes research and clinical practice**, v. 52, n. 3, p. 213-221, 2001.

YANG, H. et al. New perspective in diabetic neuropathy: from the periphery to the brain, a call for early detection, and precision medicine. **Frontiers in Endocrinology**, v.10, p. 929, 2020.

YAVUZER, G. et al. Gait deviations of patients with diabetes mellitus: looking beyond peripheral neuropathy. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 42, n. 2, p. 127, 2006.

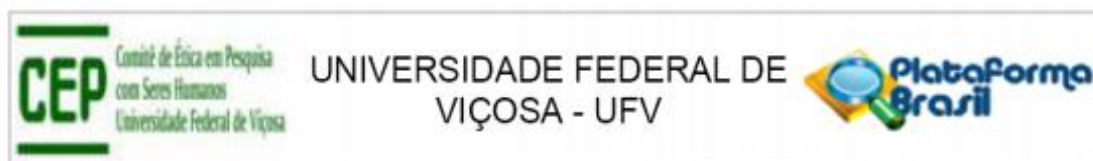
YOUNG, G.; WILSON, W.; BYRNE, C. Relationship between strength qualities and performance in standing and run-up vertical jumps. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 39, p. 4, 1999.

ZIEGLER, D. et al. Epidemiology of polyneuropathy in diabetes and prediabetes. In: **Handbook of clinical neurology**. Elsevier, v. 126, p. 3–22, 2014.

ZIJLSTRA, A. et al. Do dual tasks have an added value over single tasks for balance assessment in fall prevention programs? A mini-review. **Gerontology**, v. 54, n. 1, p. 40-49, 2008.

ZOUNGAS, S. et al. Association of HbA1c levels with vascular complications and death in patients with type 2 diabetes: evidence of glycaemic thresholds. **Diabetologia**, v. 55, n. 3, p. 636-643, 2012.

ANEXO A



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: COMPROMETIMENTO NEUROPÁTICO, NÍVEL DE COMPLICAÇÃO ARTERIAL PERIFÉRICA, AUTO-CUIDADO, QUALIDADE DE VIDA, PARÂMETROS DE EQUILÍBRIO E COMPORTAMENTOS ATIVOS E SEDENTÁRIOS EM PORTADORES DE DIABETES MELLITUS TIPO 2 COM POLINEUROPATIA SIMÉTRICA DISTAL

Pesquisador: Paulo Roberto dos Santos Amorim

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 59855516.0.0000.5153

Instituição Proponente: Departamento de Educação Física

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.800.679

Apresentação do Projeto:

O presente protocolo foi enquadrado como pertencente à Área Temática: Ciências da Saúde

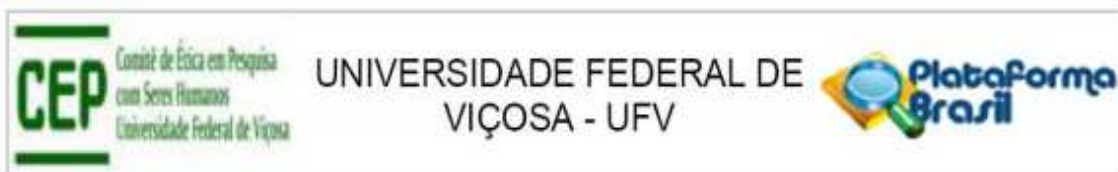
Conforme resumo apresentado no formulário online da Plataforma:

Introdução: O diabetes mellitus tipo 2 (DM2) é uma doença crônica não transmissível (DCNT) com várias comorbidades associadas, como: hipertensão arterial sistêmica (HAS), obesidade, dislipidemia e neuropatia. Considerando as DCNT, a neuropatia diabética (ND) é considerada a

doença que deteriora maior quantidade de sistemas orgânicos, sendo sua manifestação mais frequente a polineuropatia diabética (PND). A PND é responsável por diversos distúrbios metabólicos e vasculares, influenciando assim o nível de atividade física habitual, padrão de marcha, comportamento sedentário, assim como aspectos psicológicos como ansiedade e conseqüentemente a qualidade de vida. **Objetivo:** Avaliar o nível de atividade física habitual, comportamento sedentário, níveis de depressão, ansiedade e qualidade vida em portadores de

DM2 em associação com PND do Centro Estadual de Atenção Especializado (CEAE) e sua relação com fatores de risco relacionados ao desenvolvimento da patologia. **Metodologia:** Os voluntários serão avaliados através de questionários e testes validados e específicos, nos seguintes aspectos:

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 1.800.679

Antropometria, Qualidade de vida, Exames Bioquímicos, Níveis de Depressão e Ansiedade, Análise do Risco de Queda, Comprometimentos Neuropático e Arterial Periférico, Padrão de Marcha, Qualidade do Sono, Autocuidado, Nível de Atividade Física e Comportamento Sedentário. Resultados esperados: Acredita-se que os pacientes com maior comprometimento neuropático e maior tempo de manifestação da doença e idade demonstrarão menor nível de atividade física habitual; maior comportamento sedentário, maior comprometimento em relação ao padrão de marcha, menor qualidade do sono, maior comprometimento arterial periférico e menos propensos ao autocuidado, assim como, maiores índices de depressão e ansiedade em relação aos diabéticos sem neuropatia e controles saudáveis.

Objetivo da Pesquisa:

De acordo com os pesquisadores,

Objetivo primário: Avaliar o nível de atividade física habitual e comportamento sedentário em portadores de neuropatia diabética e sua associação com fatores de risco relacionados ao desenvolvimento do DM2.

Objetivo secundário:

1) Relacionar o nível de atividade física habitual e comportamento sedentário com: O autocuidado de portadores de neuropatia diabética; O risco de queda; Os parâmetros de condução nervosa dos nervos peroneal e sural; A doença arterial periférica; Os parâmetros de equilíbrio estático e dinâmico; Os parâmetros relacionados a marcha; As complicações relacionadas a neuropatia diabética; Os parâmetros metabólicos; A composição corporal; Os níveis de estresse e dor; A qualidade do sono. 2) Avaliar os níveis de estresse e dor através do questionário e escala analógica visual, respectivamente; 3) Comparar todos os parâmetros aferidos entre portadores de DM2 com neuropatia, portadores de DM2 sem neuropatia e controle saudáveis da mesma faixa etária.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os pesquisadores apresentam no formulário online da Plataforma os seguintes Riscos: Os procedimentos antropométricos de mensuração das dobras cutâneas, poderão gerar mínimo desconforto de compressão do aparelho, contudo serão realizados por um profissional treinado para minimizar o desconforto. As medidas antropométricas e a aplicação dos questionários serão realizadas em local apropriado, sem a presença de estranhos, havendo somente a presença do avaliado, avaliador e no máximo um auxiliar, diminuindo assim o risco de inibição. A pesquisa pode também provocar um desconforto pelo tempo exigido ou até um constrangimento pelo teor dos questionamentos. No entanto, a equipe envolvida no estudo tentará minimizar os riscos com

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 1.800.679

atendimento individual e humanizado pautado no respeito e atenção com os pacientes. Você poderá, caso queira, simplesmente não responder determinada pergunta.

e os seguintes Benefícios: Irão receber um relatório com os resultados dos testes e os resultados finais do estudo. Caso seja encontrada qualquer anormalidade, o voluntário será encaminhado para um profissional específico para o tratamento. Os resultados do presente estudo também poderão auxiliar a compreender melhor como a atividade física e o comportamento sedentário influenciam nos parâmetros de saúde relacionados a polineuropatia diabética.

Avaliação: Os riscos e os benefícios estão descritos conforme orientação sobre pesquisa com seres humanos descritas na Resolução 466/12 do CNS.

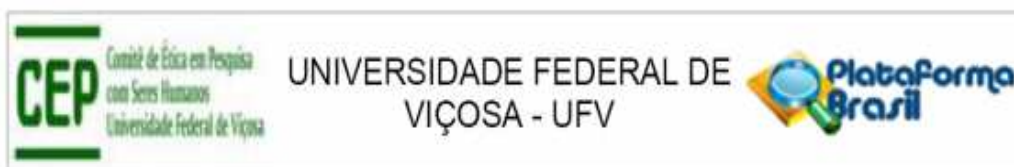
Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O presente estudo pretende avaliar o nível de atividade física habitual e comportamento sedentário em portadores de neuropatia diabética e sua associação com fatores de risco relacionados ao desenvolvimento do DM2.

Para tanto, propõe-se utilizar questionários validados e adaptados para a cultura brasileira, NeuroQOL e NorfolkQOL (TAYANA et al., 2011); (VINIK et al., 2005); (VINIK et al., 2014). Analisar o risco de queda, para isto será utilizado o teste da escala de Berg, validada e adaptada para a cultura brasileira (MIYAMOTO et al., 2004). A escala de Berg é usada para avaliar idosos e pacientes com déficit de equilíbrio independente da idade (BERG et al., 1989). Em associação com o teste, será aplicado a escala Falls Efficacy Scale-International validada e

adaptada culturalmente para medo de queda (FES-I-Brasil), (CAMARGOS et al., 2010). Analisar o comprometimento neuropático, para isto será aplicado o escore de sintomas neuropáticos (ESN) em associação com o escore de comprometimento neuropático (ECN). Analisar o Nível de complicação arterial periférica, para isto será utilizado o Índice Tornozelo-Braquial, sendo um método padrão não invasivo para o diagnóstico na prática clínica (HIRSCH et al., 2006). Analisar a marcha, para isto será feita por análise de cinematria em 3 dimensões, sendo essa considerada o padrão-ouro (MCLEAN et al., 2005). Será analisada a oscilação ântero-posterior do tornozelo por meio de variação angular em conjunto com a análise de força isométrica dos dorsiflexores e plantiflexores do tornozelo pelo dinamômetro portátil (Modelo DD-300 Instrutherm, São Paulo, Brasil) (REZENDE et al., 2013). Analisar o Nível atividade física e comportamento sedentário, para isto serão mensurados pelo acelerômetro tri-axial Actigraph, modelo GT3X. O acelerômetro será utilizado em cima da crista ilíaca superior por um período de 7 dias consecutivos. Analisar o

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 1.800.679

Autocuidado relacionado ao diabetes, para isto será aplicado o questionário de cuidados do diabetes. Esse é um instrumento simples e validado para a população brasileira, sua composição apresenta 3 itens relacionados aos cuidados com o pé diabético (MICHELS et al., 2010). Em associação, será também utilizado o questionário de interpretação da neuropatia diabética validado para nossa cultura (MATOS, 2015) (VILEIKYTE et al., 2006). Analisar o Diagnóstico da neuropatia diabética, para isto será realizado por um médico neurologista por eletroneuromiografia (EMG) através do aparelho eletroneuromiógrafo, fabricante Nihon-Kohden, modelo Neuropack S1, MEB 9400K. Analisar o Nível de depressão e ansiedade, para isto serão avaliados pelos instrumentos inventário de ansiedade de Beck e inventário de depressão de Beck, ambos validados para população brasileira (GOMES-OLIVEIRA et al., 2012) (QUINTÃO et al., 2013). Analisar a qualidade do sono, para isto será utilizado o índice de qualidade de sono de pittsburgh, validado para população brasileira (BUYSSE, et al 1989) (BERTOLAZI et al., 2011). Avaliar a composição corporal e parâmetros metabólicos. Avaliar da composição corporal através das porcentagens de massa magra e gorda que serão mensuradas por segmento corporal pelo equipamento Dualenergy X-ray Absorptiometry (DEXA). Serão também mensurados a perímetria abdominal, de cintura e quadril e a massa corporal. Serão medidas 7 dobras cutâneas, tríceps (DC.TR), bíceps (DC.BI), subescapular (DC.SE), peitoral (DC.PT), axilar média, supra-iliaca, abdominal e perna média (JACKSON & POLLOCK 1978). Analisar os parâmetros metabólicos que serão verificados os resultados dos exames de sangue dos últimos 6 meses dos pacientes (presentes no prontuário): perfil lipídico (LDL-c, HDL-c, colesterol total e triglicerídeos), perfil glicêmico (HbA1C, glicemia pós prandial e glicemia de jejum), insulina de jejum e índice de resistência a insulina (HOMA-IR).

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os pesquisadores apresentaram os seguintes documentos:

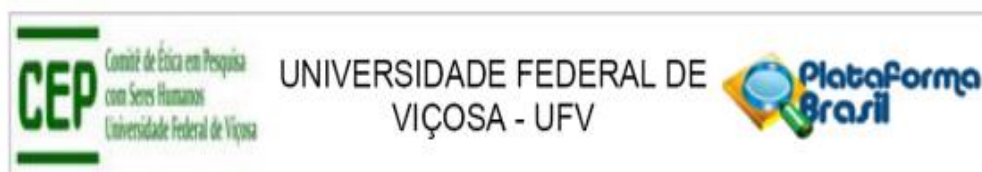
- 1-TCLE
- 2-Autorização do médico
- 3-Questionários

Considerações sobre os documentos: Todos os termos apresentados estão de acordo com as recomendações sobre pesquisas com seres humanos seguindo as orientações da Resolução 466/12 do CNS

Recomendações:

Quando da coleta de dados, o TCLE deve ser elaborado em duas vias, rubricado em todas as suas páginas e assinado, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa, bem como pelo

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 1.800.679

pesquisador responsável, ou pessoa(s) por ele delegada(s), devendo todas as assinaturas constar na mesma folha.

Não é necessário apresentar os TCLEs assinados ao CEP/UFV. Uma via deve ser mantida em arquivo pelo pesquisador e a outra é do participante da pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto aprovado para coleta de dados se iniciar após 01/11/2016.

Considerações Finais a critério do CEP:

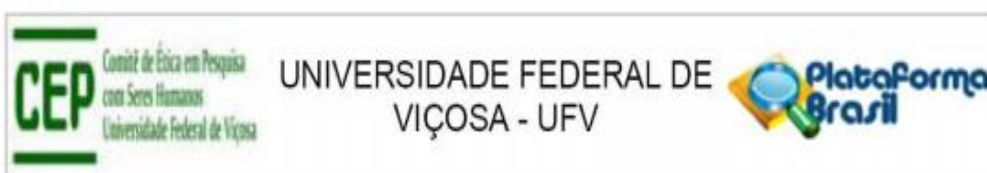
Ao término da pesquisa é necessário apresentar, via notificação, o Relatório Final (modelo disponível no site www.cep.ufv.br). Após ser emitido o Parecer Consubstanciado de aprovação do Relatório Final, deve ser encaminhado, via notificação, o Comunicado de Término dos Estudos.

Projeto analisado durante a 8ª reunião de 2016, realizada no dia 06 de outubro de 2016.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_782041.pdf	17/10/2016 11:22:58		Aceito
Outros	CartaResposta.odt	17/10/2016 11:22:03	Paulo Roberto dos Santos Amorim	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEmodificado.doc	17/10/2016 11:20:00	Paulo Roberto dos Santos Amorim	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRostonova.pdf	12/09/2016 10:16:17	Paulo Roberto dos Santos Amorim	Aceito
Outros	questionarioQVNeuropatia.docx	09/09/2016 15:46:47	Paulo Roberto dos Santos Amorim	Aceito
Outros	QuestionarioRiscodequedas.docx	09/09/2016 15:42:02	Paulo Roberto dos Santos Amorim	Aceito
Outros	QuestionarioSinaisesintomasneuropatia.docx	09/09/2016 15:41:22	Paulo Roberto dos Santos Amorim	Aceito
Outros	questionarioAutocuidado.docx	09/09/2016 15:40:30	Paulo Roberto dos Santos Amorim	Aceito
Outros	questionarioDepressao.docx	09/09/2016 15:39:50	Paulo Roberto dos Santos Amorim	Aceito
Outros	questionarioAnsiedade.docx	09/09/2016 15:38:48	Paulo Roberto dos Santos Amorim	Aceito
Outros	questionarioEscalaBerg.docx	09/09/2016 15:36:50	Paulo Roberto dos Santos Amorim	Aceito

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 1.800.679

Outros	questionarioSono.docx	09/09/2016 15:34:52	Paulo Roberto dos Santos Amorim	Aceito
Outros	autoriza_medico.docx	01/09/2016 17:32:35	Paulo Roberto dos Santos Amorim	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.doc	01/09/2016 17:29:17	Paulo Roberto dos Santos Amorim	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_completo.doc	01/09/2016 17:28:12	Paulo Roberto dos Santos Amorim	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VICOSA, 01 de Novembro de 2016

Assinado por:
HELEN HERMANA MIRANDA HERMSDORFF
(Coordenador)

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br